

Agnes Buchberger

Erntenebenprodukte als Ressource

Produktionsmengen, Verwendung und Nutzungspotentiale von
Erntenebenprodukten des Zuckerrohrs

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Magistra der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften

Studium: Masterstudium Sozial- und Humanökologie

Alpen-Adria-Universität Klagenfurt

Begutachter

Univ.Prof. Dr. Fridolin Krausmann
Alpen-Adria-Universität Klagenfurt
Institut für Soziale Ökologie

Klagenfurt, Juli 2017

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere an Eides statt, dass ich

- die eingereichte wissenschaftliche Arbeit selbstständig verfasst und andere als die angegebenen Hilfsmittel nicht benutzt habe,
- die während des Arbeitsvorganges von dritter Seite erfahrene Unterstützung, einschließlich signifikanter Betreuungshinweise, vollständig offengelegt habe,
- die Inhalte, die ich aus Werken Dritter oder eigenen Werken wortwörtlich oder sinngemäß übernommen habe, in geeigneter Form gekennzeichnet und den Ursprung der Information durch möglichst exakte Quellenangaben (z.B. in Fußnoten) ersichtlich gemacht habe,
- die Arbeit bisher weder im Inland noch im Ausland einer Prüfungsbehörde vorgelegt habe und
- zur Plagiatskontrolle eine digitale Version der Arbeit eingereicht habe, die mit der gedruckten Version übereinstimmt.

Ich bin mir bewusst, dass eine tatsachenwidrige Erklärung rechtliche Folgen haben wird.

(Unterschrift)

(Ort, Datum)

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	- 5 -
TABELLENVERZEICHNIS.....	- 7 -
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	- 8 -
1. EINLEITUNG	- 11 -
TEIL 1: ZUCKERROHR. ALLGEMEIN	- 14 -
2. ALLGEMEINES ZUR ZUCKERROHRPFLANZE	- 15 -
2.1. Klassifikation	- 15 -
2.2. Geschichte: Ursprung und Verbreitung.....	- 16 -
2.3. Gegenwart und Zukunft: Züchtungen und Genmanipulation.....	- 18 -
2.4. Pflanzenkunde	- 19 -
2.4.1. Aufbau der Pflanze	- 19 -
2.4.2. Wachstumsbedingungen und Stoffwechsel	- 23 -
2.5. Kommerzielle Nutzung.....	- 24 -
2.5.1. Zucker	- 25 -
2.5.2. Bioethanol erster Generation.....	- 26 -
3. ANBAU UND ERNTE DER ZUCKERROHRPFLANZE.....	- 30 -
3.1. Anbausysteme	- 30 -
3.2. Ernteverfahren	- 33 -
3.2.1. Die Mechanisierung der Zuckerrohrernte	- 34 -
3.2.2. Verbrennen der Blätter: pro und contra.....	- 36 -
3.2.3. Mechanisierte Ernte der Nebenprodukte: Möglichkeiten.....	- 40 -
3.3. Ökologische und gesellschaftliche Auswirkungen	- 42 -
3.3.1. Biodiversität.....	- 42 -
3.3.2. Bodenquantität und -qualität	- 44 -
3.3.3. Wasserverbrauch und -qualität	- 44 -
3.3.4. Luftqualität	- 46 -
3.4.5. Gesellschaft.....	- 46 -
4. PRODUKTION: LÄNDERPROFILE	- 49 -
4.1. Brasilien	- 52 -
4.2. Indien	- 55 -
4.3. China	- 58 -
4.4. Thailand	- 60 -
4.5. Pakistan.....	- 63 -
4.6. Mexiko	- 65 -

4.7. Kuba	- 67 -
TEIL 2: ZUCKERROHR. NEBENPRODUKTE	- 69 -
5. BERECHNUNGEN: MATERIALFLUSSRECHNUNG IN DER SOZIALEN ÖKOLOGIE . - 70	-
6. BERECHNUNGEN: LITERATURÜBERBLICK.....	- 74 -
6.1. Verhältnis zwischen Ernte- und -nebenprodukten einer Pflanze	- 74 -
6.2. Verhältnis zwischen Nebenprodukt und Fläche	- 81 -
7. BERECHNUNGEN.....	- 83 -
7.1. Faktoren und ihre Berücksichtigung	- 83 -
7.2. Formeln und Parameter	- 86 -
7.2.1. Potentielle Menge an Erntenebenprodukten am Feld (potential crop residues).....	- 86 -
7.2.2. Effektive Menge an Erntenebenprodukten am Feld, nach der Ernte (available crop residues).....	- 91 -
7.2.3. Effektive Menge an Erntenebenprodukten bei der Weiterverarbeitungs-stätte (used crop residues) -	- 94 -
7.2.4. Umrechnung in Frischgewicht	- 96 -
8. ERGEBNISSE	- 99 -
8.1. Ausgewählte Produktionsländer	- 99 -
8.1.1. Brasilien	- 99 -
8.1.2. Indien	- 102 -
8.1.3. China	- 104 -
8.1.4. Thailand	- 106 -
8.1.5. Pakistan.....	- 107 -
8.1.6. Mexiko	- 109 -
8.1.7. Kuba	- 111 -
8.2. Welt, gesamt	- 113 -
8.3. Vergleich mit Ergebnissen laut MFA-Handbuch 2015 und Krausmann 2016.....	- 115 -
8.4. Prognose: 2016 bis 2025	- 121 -
9. VERWENDUNGSPOTENTIALE.....	- 124 -
9.1. Futtermittel	- 124 -
9.2. Elektrizität und Prozesswärme	- 125 -
9.3. Industrie: Treibstoff, Papier, Plastik und Chemikalien.....	- 126 -
10. SCHLUSSBEMERKUNG.....	- 130 -
11. LITERATUR	- 133 -
12. ANHANG	- 154 -

Abkürzungsverzeichnis

2G Ethanol	<i>second generation ethanol</i>
AEC	Asean Economic Community
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, Brasilien
ASEAN	Association of Southeast Asian Nations
AvB	<i>available crop residues, burned harvest</i>
AvG	<i>available crop residues, green harvest</i>
BR	<i>ratio of tops and green leaves not destroyed by burning</i>
Canasat	Monitoramento da Cana-de-açúcar via imagens de satélite, Brasilien
Cañeros	Unión Nacional de Cañeros A.C., Mexiko
Conab	Companhia Nacional de Abastecimento, Brasilien
CTC	Centro Tecnologia Canavieira, Brasilien
DE	<i>domestic extraction</i>
dm	<i>dry matter</i>
dmR	<i>dry matter content, residues</i>
dmRb	<i>dry matter content, burned residues</i>
dmT	<i>dry matter content, tops</i>
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FAOSTAT	Datenbank der FAO
FFW	<i>flex-fuel vehicles</i>
fw	<i>fresh weight</i>
GP	<i>generating potential index</i>
GR	<i>green harvest rate</i>
HF	<i>harvest factor</i>
HI	<i>harvest index</i>
ICIDCA	Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar
ILUC	<i>indirect land use change</i>
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Brasilien
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change

mc	<i>moisture content</i>
MFA	Materialflussrechnung, <i>material flow accounting</i>
NAA	<i>national agricultural area</i>
OCSB	Office of the Cane and Sugar Board, Thailand
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OGTR	Office of the Gene Technology Regulator, Australien
ONEI	Oficina Nacional de Estadística e Información, Kuba
PBS	Pakistan Bureau of Statistics
Pot	<i>potential crop residues</i>
Prod	<i>primary crop harvest</i>
PSMA	Pakistan Sugar Mills Association
RPR	<i>residue-to-product ratio</i>
RRb	<i>recovery rate, burned harvest</i>
RRg	<i>recovery rate, green harvest</i>
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Mexiko
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Mexiko
TgL	<i>share of tops and green leaves in dry matter residues</i>
UB	<i>used crop residues, burned harvest</i>
UG	<i>used crop residues, green harvest</i>
UNICA	União da Indústria de Cana-de-açúcar, Brasilien
UNICADATA	Datenbank der UNICA
USAID	United States Agency for International Development
USDA	United States Department of Agriculture
WIIAD	Winrock International Institute for Agricultural Development

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Typische Anzahl der <i>ratoon</i> -Zyklen in verschiedenen Produktionsregionen	- 32 -
Tabelle 2. Anteil der Anbauflächen unter <i>ratoon</i> -Management in ausgewählten Ländern	- 33 -
Tabelle 3. Anteil mechanisierter Zuckerrohrernte in ausgewählten Ländern: Anteil der Ernte, welche zumindest in Teilschritten mechanisiert eingeholt wird	- 36 -
Tabelle 4. Anteil grüner Zuckerrohrernte in ausgewählten Ländern	- 39 -
Tabelle 5. Prozentueller Anteil ausgewählter Produktionsländer an den weltweiten Produktionsmengen seit 1961. In Klammer steht der jeweilige Rang im globalen Vergleich	- 49 -
Tabelle 6. Produktionsmengen (t) und Anbauflächen (ha) der ausgewählten Nationen, sowie ihr jeweiliger Anteil an der weltweiten Produktion und den weltweiten Anbauflächen im Jahr 2014 .	- 52 -
Tabelle 7. Inländische Materialentnahme (<i>domestic extraction</i> , DE) von Biomasse: A.1.2 Erntenebenprodukte.....	- 70 -
Tabelle 8. Zuckerrohr: Standardwert für <i>harvest factor</i> (a) und <i>recovery rate</i> (b)	- 72 -
Tabelle 9. Verhältnis zwischen Ernte- und -nebenprodukten des Zuckerrohrs: Übersicht über Literaturangaben	- 77 -
Tabelle 10. Verhältnis zwischen Erntenebenprodukten des Zuckerrohrs und der bestellten Fläche: Übersicht über Literaturangaben	- 82 -
Tabelle 11. Verhältnis zwischen Ernte- und -nebenprodukten des Zuckerrohrs: Auswahl der Literaturangaben, welche in dieser Arbeit eine nähere Betrachtung erfahren	- 88 -
Tabelle 12. Zeitreihen: <i>Green Harvest Rate</i> (GR), i.e. Anteil grün geernteten Zuckerrohrs, in Brasilien, Indien, China, Thailand, Pakistan, Mexiko und Kuba, 1961 - 2013	- 92 -
Tabelle 13. Zeitreihe: <i>Green Harvest Rate</i> (GR), i.e. Anteil grün geernteten Zuckerrohrs für Welt, gesamt, 1961 - 2013	- 93 -
Tabelle 14. Erntenebenprodukte des Zuckerrohrs: Anteile der verschiedenen Fraktionen an den gesamten Nebenprodukten in Frischgewicht, jeweiliger Feuchtigkeitsgehalt (<i>moisture content</i> , mc) und Trockengewichtsanteil	- 97 -
Tabelle 15. Übersicht: Rechenschritte und Kennzahlen zur Schätzung der potentiellen, verfügbaren und genutzten Erntenebenproduktmengen des Zuckerrohrs	- 98 -
Tabelle 16. Zuckerrohr: <i>Neue</i> Standardwerte für <i>residue-to-product ratio</i> (a), <i>green harvest rates</i> (b) und <i>recovery rates</i> (c).....	- 121 -

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Aufbau der Zuckerrohrpflanze	20 -
Abbildung 2. Industrielle Verarbeitung von Zuckerrohr zu Rohrzucker oder Agrartreibstoffen, inklusive der Nutzungsmöglichkeiten diverser Nebenprodukte	27 -
Abbildung 3. Anteile der verschiedenen Antriebsysteme (Benzin, Ethanol, <i>Flex-Fuel Vehicles</i> [FFV], Diesel) an der Neuwagenproduktion Brasiliens zwischen 1979 und 2013	28 -
Abbildung 4. Alternative Nutzungsmöglichkeiten der Erntenebenprodukte	38 -
Abbildung 5. Alternative Routen, Zuckerrohr inklusive seiner oberirdischen Nebenprodukte grün zu ernten	41 -
Abbildung 6. Zuckerrohranbauflächen und Produktionsmengen 2011: Gegenüberstellung des Anteils an nationaler landwirtschaftlich genutzter Fläche (NAA) und des Anteils an der Weltproduktion (WP) -	51 -
Abbildung 7. Zuckerrohranbau in Brasilien: (a) Produktionsmenge, (b) kultivierte Fläche, (c) Ertrag (geerntetes Zuckerrohr in Tonnen pro Hektar kultivierter Fläche) und (d) Anteil der kultivierten Fläche an der nationalen landwirtschaftlich genutzten Fläche (<i>national agricultural area</i> , NAA)	53 -
Abbildung 8. Zuckerrohranbau in Indien: (a) Produktionsmenge, (b) kultivierte Fläche, (c) Ertrag (geerntetes Zuckerrohr in Tonnen pro Hektar kultivierter Fläche) und (d) Anteil der kultivierten Fläche an der nationalen landwirtschaftlich genutzten Fläche (<i>national agricultural area</i> , NAA)	56 -
Abbildung 9. Zuckerrohranbau in China: (a) Produktionsmenge, (b) kultivierte Fläche, (c) Ertrag (geerntetes Zuckerrohr in Tonnen pro Hektar kultivierter Fläche) und (d) Anteil der kultivierten Fläche an der nationalen landwirtschaftlich genutzten Fläche (<i>national agricultural area</i> , NAA)	59 -
Abbildung 10. Zuckerrohranbau in Thailand: (a) Produktionsmenge, (b) kultivierte Fläche, (c) Ertrag (geerntetes Zuckerrohr in Tonnen pro Hektar kultivierter Fläche) und (d) Anteil der kultivierten Fläche an der nationalen landwirtschaftlich genutzten Fläche (<i>national agricultural area</i> , NAA)	62 -
Abbildung 11. Zuckerrohranbau in Pakistan: (a) Produktionsmenge, (b) kultivierte Fläche, (c) Ertrag (geerntetes Zuckerrohr in Tonnen pro Hektar kultivierter Fläche) und (d) Anteil der kultivierten Fläche an der nationalen landwirtschaftlich genutzten Fläche (<i>national agricultural area</i> , NAA)	64 -
Abbildung 12. Zuckerrohranbau in Mexiko: (a) Produktionsmenge, (b) kultivierte Fläche, (c) Ertrag (geerntetes Zuckerrohr in Tonnen pro Hektar kultivierter Fläche) und (d) Anteil der kultivierten Fläche an der nationalen landwirtschaftlich genutzten Fläche (<i>national agricultural area</i> , NAA)	66 -
Abbildung 13. Zuckerrohranbau in Kuba: (a) Produktionsmenge, (b) kultivierte Fläche, (c) Ertrag (geerntetes Zuckerrohr in Tonnen pro Hektar kultivierter Fläche) und (d) Anteil der kultivierten Fläche an der nationalen landwirtschaftlich genutzten Fläche (<i>national agricultural area</i> , NAA)	68 -
Abbildung 14. DE Erntenebenprodukte des Zuckerrohrs, 1961 - 2014	73 -
Abbildung 15. Flussdiagramm: Berechnung des Energiepotentials von Erntenebenprodukten	80 -
Abbildung 16. Netzwerk an Einflussfaktoren auf die Erntenebenprodukte des Zuckerrohrs	84 -
Abbildung 17. <i>Potential Crop Residues</i> Brasiliens zwischen 1961 und 2013, Trockengewicht: Vergleich der Ergebnisse bei Berechnung mittels unterschiedlicher <i>Residue-to-Product Ratios</i> (RPR): Hassuani et al. (0,14; 2005), Landell et al. (0,205; 2013), Menandro et al. (0,12; 2017), Romero et al. (0,16; 2007) und Sornpoon et al. (0,37; 2014). ¹	89 -
Abbildung 18. Brasilien: Am Feld verfügbare Erntenebenprodukte (<i>Available Crop Residues, total</i>) in Millionen Tonnen, Trockengewicht, 1961 - 2013.....	100 -
Abbildung 19. Brasilien: Genutzte Erntenebenproduktmengen (<i>Used Crop Residues, total</i>) in Millionen Tonnen, Frischgewicht (58,7% Wassergehalt), 1961 - 2013	100 -

Abbildung 20. Brasilien: Prozentueller Anteil genutzter Erntenebenprodukte nach grüner Ernte (<i>Used Crop Residues, green harvest</i>) und nach Ernte mithilfe von Feuer (<i>Used Crop Residues, burned harvest</i>), Frischgewicht, 1961 - 2013	- 101 -
Abbildung 21. Brasilien: Potentielle (<i>Potential Crop Residues</i>), verfügbare (<i>Available Crop Residues</i>) und genutzte Mengen (<i>Used Crop Residues</i>) an Erntenebenprodukten der Zuckerrohrernte, nach Erntepraxis (<i>green harvest</i> und <i>burned harvest</i>), Trockengewicht, 1961 - 2013.....	- 102 -
Abbildung 22. Indien: Genutzte Erntenebenproduktmengen (<i>Used Crop Residues, total</i>) in Millionen Tonnen, Frischgewicht (82,3% Wassergehalt), 1961 - 2013	- 103 -
Abbildung 23. Indien: Potentielle (<i>Potential Crop Residues</i>), verfügbare (<i>Available Crop Residues</i>) und genutzte Mengen (<i>Used Crop Residues</i>) an Erntenebenprodukten der Zuckerrohrernte, nach Erntepraxis (<i>green harvest</i> und <i>burned harvest</i>), Trockengewicht, 1961 - 2013.....	- 104 -
Abbildung 24. China: Potentielle (<i>Potential Crop Residues</i>), verfügbare (<i>Available Crop Residues</i>) und genutzte Mengen (<i>Used Crop Residues</i>) an Erntenebenprodukten der Zuckerrohrernte, nach Erntepraxis (<i>green harvest</i> und <i>burned harvest</i>), Trockengewicht, 1961 - 2013.....	- 105 -
Abbildung 25. China: Genutzte Erntenebenproduktmengen (<i>Used Crop Residues, total</i>) in Millionen Tonnen, Frischgewicht (82,3% Wassergehalt), 1961 - 2013	- 105 -
Abbildung 26. Thailand: Potentielle (<i>Potential Crop Residues</i>), verfügbare (<i>Available Crop Residues</i>) und genutzte Mengen (<i>Used Crop Residues</i>) an Erntenebenprodukten der Zuckerrohrernte, nach Erntepraxis (<i>green harvest</i> und <i>burned harvest</i>), Trockengewicht, 1961 - 2013.....	- 106 -
Abbildung 27. Thailand: Genutzte Erntenebenproduktmengen (<i>Used Crop Residues, total</i>) in Millionen Tonnen, Frischgewicht (58,7% Wassergehalt), 1961 - 2013	- 107 -
Abbildung 28. Pakistan: Potentielle (<i>Potential Crop Residues</i>), verfügbare (<i>Available Crop Residues</i>) und genutzte Mengen (<i>Used Crop Residues</i>) an Erntenebenprodukten der Zuckerrohrernte, nach grüner Ernte, Trockengewicht, 1961 - 2013.....	- 108 -
Abbildung 29. Pakistan: Genutzte Erntenebenproduktmengen (<i>Used Crop Residues, total</i>) in Millionen Tonnen, Frischgewicht (82,3% Wassergehalt), 1961 - 2013.....	- 109 -
Abbildung 30. Mexiko: Potentielle (<i>Potential Crop Residues</i>), verfügbare (<i>Available Crop Residues</i>) und genutzte Mengen (<i>Used Crop Residues</i>) an Erntenebenprodukten der Zuckerrohrernte, nach Erntepraxis (<i>green harvest</i> und <i>burned harvest</i>), Trockengewicht, 1961 - 2013.....	- 110 -
Abbildung 31. Mexiko: Genutzte Erntenebenproduktmengen (<i>Used Crop Residues, total</i>) in Millionen Tonnen, Frischgewicht (58,7% Wassergehalt), 1961 - 2013	- 111 -
Abbildung 32. Kuba: Potentielle (<i>Potential Crop Residues</i>), verfügbare (<i>Available Crop Residues</i>) und genutzte Mengen (<i>Used Crop Residues</i>) an Erntenebenprodukten der Zuckerrohrernte, nach Erntepraxis (<i>green harvest</i> und <i>burned harvest</i>), Trockengewicht, 1961 - 2013.....	- 112 -
Abbildung 33. Kuba: Genutzte Erntenebenproduktmengen (<i>Used Crop Residues, total</i>) in Millionen Tonnen, Frischgewicht (58,7% Wassergehalt), 1961 - 2013	- 113 -
Abbildung 34. Welt, gesamt: Potentielle (<i>Potential Crop Residues</i>), verfügbare (<i>Available Crop Residues</i>) und genutzte Mengen (<i>Used Crop Residues</i>) an Erntenebenprodukten der Zuckerrohrernte, nach Erntepraxis (<i>green harvest</i> und <i>burned harvest</i>), Trockengewicht, 1961 - 2013	- 114 -
Abbildung 35. Welt gesamt: Genutzte Erntenebenproduktmengen (<i>Used Crop Residues, total</i>) in Millionen Tonnen, Frischgewicht (58,7% Wassergehalt; Indien, Pakistan und China 82,3% Wassergehalt), 1961 - 2013	- 115 -
Abbildung 36. Vergleich: Prozentuelle Anteile der sieben untersuchten Produktionsländer an der Gesamtproduktion von (a) Zuckerrohr und (b) entnommenen Erntenebenprodukten des Zuckerrohrs	

(Nationale Entnahme, DE), berechnet nach Krausmann et al. 2015 und Wirsenius 2000, 1961 - 2013 . - 116 -

Abbildung 37. Vergleich: Prozentuelle Anteile der sieben untersuchten Produktionsländer an der Gesamtproduktion von (a) Zuckerrohr und (b) den *Used Crop Residues, total (fresh weight)* nach Buchberger 2017, 1961 - 2013 - 117 -

Abbildung 38. Vergleich der Ergebnisse: DE nach Krausmann et al. 2015 und *Used Crop Residues, total* für (a) Brasilien, (b) Indien, (c) China, (d) Thailand, (e) Pakistan, (f) Mexiko, (g) Kuba und (h) Welt, gesamt - 119 -

Abbildung 39. Vergleich der Ergebnisse zu Biomasseflüssen des Zuckerrohrs, genutzter und ungenutzter Erntenebenprodukte, 1961 - 2013: (a) Ergebnisse von Krausmann 2016, (b) Ergebnisse von Buchberger 2017 - 120 -

Abbildung 40. Potentielle Mengen von Zuckerrohrerntenebenprodukten (*potential crop residues, fresh weight*) 2015 bis 2025 für Brasilien, Indien, China, Thailand, Pakistan, Mexiko..... - 122 -

Abbildung 41. Schema einer potentiellen, zukünftigen Zuckerrohrverarbeitungsstätte, welche eine Vielzahl an Verwendungspotentialen sämtlicher oberirdischer Pflanzenteile vereint..... - 129 -

1. Einleitung

Zuckerrohr wird weltweit in großen Mengen produziert. Seit 1961 wuchs die globale Produktion von Zuckerrohr von 0,45 Mrd. Tonnen auf knapp 1,9 Mrd. Tonnen (2014) an. Laut FAO wurde Zuckerrohr im Jahr 2014 in 103 Ländern produziert; fünfzehn dieser Länder waren für 88,9% der weltweiten Produktion verantwortlich. Allein in Brasilien, Indien, China, Kuba, Thailand und Mexiko wurden seit 1961 in Summe jährlich zwischen 0,2 Milliarden und 1,4 Milliarden Tonnen geerntetes Zuckerrohr in den Statistiken erfasst; im Jahr 2014 entspricht ihr gemeinsamer Anteil an der weltweiten Zuckerrohrproduktion etwa 77%. Insbesondere seit dem Beginn des 21. Jahrhunderts wurde die Produktion in den meisten dieser Länder ausgeweitet und intensiviert. Zuckerrohranbauflächen stellen etwa 7,7% der kubanischen landwirtschaftlich genutzten Flächen dar, Thailand widmet etwa 6% seiner landwirtschaftlich genutzten Flächen dem Zuckerrohranbau, Pakistan 3,7%, Brasilien 3,5% und Indien 2,8% (2011). Weltweit machen Zuckerrohranbauflächen 0,52% der landwirtschaftlich genutzten Flächen aus (2011; vgl. FAOSTAT 2016).

Angesichts dieser Fakten gilt zu bedenken, dass nur ein Teil der Zuckerrohrpflanze für die Weiterverarbeitung zu Zucker geeignet ist und demnach in den offiziellen Agrarstatistiken als „Ernte“ erfasst wird. Der Rest der Pflanze, *i.e.* der oberste Teil der Halme (Englisch *tops*) und grüne sowie getrocknete Blätter, wird als Erntenebenprodukt bezeichnet und nicht oder nur selten in Agrarstatistiken erfasst.¹ Ein Teil dieser Nebenprodukte wird zu Zwecken der Bodenstabilität und -fertilität am Feld belassen beziehungsweise eingearbeitet. Es gibt mehrere Möglichkeiten den übrigen Teil zu nutzen. Als wichtigste seien hier Verfütterung, Energieerzeugung, Treibstoffherzeugung (theoretisch) und die industrielle Verarbeitung zu Papier, Plastik oder Chemikalien genannt. Aus diesem Grund werden ebendiese Nebenprodukte in dieser Arbeit als Ressource betrachtet. Allerdings zeigt sich im Zuge dieser Arbeit, dass es sich bei letztgenanntem Anteil grundsätzlich um eine *theoretische* Menge handelt, da in manchen Produktionsregionen Erntepraktiken verbreitet waren oder sind, welche diese potentielle Ressource ungenutzt lassen beziehungsweise sie sogar zerstören.

Den methodischen Kontext dieser Arbeit stellt die Methode der Materialflussrechnung (*material flow accounting*, MFA) dar (vgl. Krausmann et al. 2015). Da es sich bei der Nutzung von Nebenprodukten abseits des Feldes in der Logik der MFA um eine genutzte Entnahme

¹ Zum Teil wird in der Literatur auch die Wurzelmasse in der Rede von Erntenebenprodukten miteinbezogen. In dieser Arbeit werden allerdings nur die oberirdischen Nebenprodukte berücksichtigt.

(*domestic extraction*) handelt, sind diese Mengen bei der Berechnung der Materialflüsse eines sozioökonomischen System von Interesse. Eine zentrale Vorannahme dieser Masterarbeit ist, dass es sich hierbei um Mengen handelt, welche sozialökologische und wirtschaftliche Relevanz für Zuckerrohr produzierende Nationalökonomien haben (beziehungsweise haben könnten). Unter Heranziehung gegenwärtiger Standards dieser Methode (vgl. Krausmann et al. 2015), wird geschätzt, dass weltweit etwa 1,1 Mrd. Tonnen Erntenebenprodukte aus dem Zuckerrohranbau genutzt werden (2014).

Ausgehend von der Annahme, dass im Zuckerrohranbau große Mengen von Biomasse als Erntenebenprodukte anfallen und potentiell als biogene Rohstoffe nutzbar sind, untersucht diese Arbeit demnach folgende Forschungsfrage:

Wie entwickeln sich anfallende Mengen und die genutzte Entnahme von Erntenebenprodukten des Zuckerrohranbaus zwischen 1961 und 2013?

Ziel dieser Arbeit ist es, die oberirdischen Mengen an Erntenebenprodukten des Zuckerrohranbaues nachvollziehbar zu schätzen und darzustellen. Dafür werden sowohl historisch angefallene Mengen wie auch gegenwärtig produzierte Mengen an Nebenprodukten der Zuckerrohrernte für die wichtigsten Anbauregionen geschätzt. Im Zuge dessen werden zudem Faktoren für die Schätzungen von Anfall und Verwendung dieser Erntenebenprodukte herausgearbeitet, welche eine verbesserte Datengrundlage für die Materialflussrechnung darstellen sollen:

Wie kann das Verfahren zur Schätzung der Entnahme von Erntenebenprodukten des Zuckerrohrs für die Materialflussrechnung verbessert werden?

Zusätzlich wird auf verschiedene Verwendungsweisen hingewiesen. Zum einen soll auf tatsächliche Nutzungen eingegangen werden, zum anderen sollen Potentiale aufgezeigt werden:

Welchen Nutzungen können Erntenebenprodukte des Zuckerrohrs zugeführt werden; inwiefern handelt es sich bei diesen Mengen um Ressourcen, welche sozioökonomisch genutzt werden können?

Demnach verfolgt vorliegende Arbeit Ziele auf drei Ebenen: Zum einen soll ein umfassender Überblick über das Forschungsobjekt „Kulturpflanze Zuckerrohr“ gegeben werden (Teil 1 dieser Arbeit). Im Zuge dessen erfolgt die detaillierte Auseinandersetzung mit Anbau- und Erntemethoden, insbesondere hinsichtlich ihrer jeweiligen Relevanz für die resultierenden Mengen an Erntenebenprodukten. Zum anderen soll durch diese Arbeit ein Beitrag zur methodischen Weiterentwicklung der Materialflussrechnung geleistet werden und so zur Verbesserung der Datengrundlage hinsichtlich der Schätzung von Erntenebenprodukten des Zuckerrohrs beigetragen werden (Teil 2 dieser Arbeit). Dafür werden potentiell angefallene und genutzte Mengen für die sieben weltweit bedeutendsten Produktionsländer quantifiziert und die hier vorgelegten Ergebnisse mit den Ergebnissen des bisher üblichen Schätzverfahrens nach Krausmann et al. (2015) verglichen. Zum dritten ist diese Arbeit als Abschlussarbeit des Studiums der Sozialen Ökologie angelegt; die Metaebene „nachhaltige Ressourcennutzung“ ist demnach im Anliegen dieser Arbeit – des Aufzeigens von Erntenebenprodukten als Ressource und der Betonung einer ganzheitlichen Nutzung von Zuckerrohr (*integral use of cane*; vgl. Payne 1991) – präsent.

Als Hinführung zu den Berechnungen soll zuerst ein kurzer Überblick über die geschichtliche Entwicklung der Kulturpflanze und ihre gegenwärtige Bedeutung gegeben werden. Zudem wird auf pflanzenökologischen Charakteristika der Pflanze und ihre gesellschaftliche Nutzung eingegangen (Kapitel 2). Es ist daraufhin notwendig, auf einige Aspekte des industriellen Anbaus und der Ernte der Pflanze genauer einzugehen. Wie sich zeigen wird, haben einige dieser Faktoren großen Einfluss auf die produzierten Mengen an Erntenebenprodukten. Die Produktion von Zuckerrohr wird in diesem Zusammenhang einer kritischen Untersuchung hinsichtlich ihrer ökologischen und gesellschaftlichen Auswirkungen unterzogen (Kapitel 3). Nachdem im nächsten Schritt globale Produktionsdaten dargestellt werden und einige der wichtigsten Produktionsländer im Detail besprochen werden (Kapitel 4), werden im Hauptteil dieser Arbeit die Berechnungen angestellt (Kapitel 5 bis 7). An die Darstellung der Ergebnisse (Kapitel 8) schließt eine deskriptive Darstellung der Nutzungsmöglichkeiten (Kapitel 9) an.

TEIL 1: ZUCKERROHR. ALLGEMEIN

2. Allgemeines zur Zuckerrohrpflanze

Im ersten Abschnitt dieses Kapitels (2.1.) wird ein grober geschichtlicher Überblick über die Ursprünge und Entwicklungen der Zuckerrohrpflanze gegeben. Zudem soll unter Punkt 2.2. auf einige allgemeine pflanzenökologische Charakteristika der Pflanze eingegangen werden, um in Anschluss daran ihre Nutzung durch den Menschen zu erläutern. Wie sich zeigen wird, ist bis heute hauptsächlich der Halm der Pflanze von (wirtschaftlichem) Interesse. Erst in jüngster Vergangenheit wuchsen das agronomische und das ökonomische Interesse an den Nebenprodukten der Pflanze. Dieser Punkt wird im zweiten Teil dieser Arbeit wieder aufgegriffen und in aller Ausführlichkeit behandelt.

2.1. Klassifikation

Zuckerrohr gehört der botanischen Familie der Süßgräser (*Poaceae* oder *Gramineae*) und der Unterfamilie der *Andropogoneae* an. Der lateinische Begriff seiner Gattung lautet *Saccharum*. Aufgrund der Eigenschaft der Polyploidie ist eine große genetische und taxonomische Komplexität bei dieser Gattung zu beobachten (vgl. Guimarães et al. 1999). Dies zeigt sich unter anderen in der bis heute nicht gänzlich geklärten Herkunft (siehe Abschnitt 2.2.) und der bis heute strittigen Systematisierung der einzelnen Arten (vgl. Artschwager und Brandes 1958: 8f.; James 2004: 3f.).

So gibt es laut Bakker (1999) zwei bestätigte wilde *Saccharum*-Spezies, nämlich *S. spontaneum* L. und *S. robustum* Brandes und Jeswiet ex Grassl. Erstere finden sich in tropischen Gegenden des afrikanischen und des asiatischen Kontinents sowie in Ozeanien. Zweitgenannte findet sich hingegen lediglich auf Neuguinea und einigen umliegenden Inseln. Beide haben einen niedrigen Zuckergehalt. Bakker zählt des Weiteren vier domestizierte Arten zur Gattung *Saccharum*: *S. officinarum* L., *S. edule* Hassk, *S. barberi* Jeswiet und *S. sinense* Roxburgh (1f.). *S. officinarum*, als „noble cane“ bezeichnet, wurde vermutlich aus der Art *S. robustum* gezüchtet. Im Gegensatz zu ihrer hochwachsenden Wildform, wird die Pflanze nur drei bis fünf Meter hoch, weist einen hohen Zuckergehalt und eine weichere Rinde auf. In den Anfängen der industriellen Zuckergewinnung wurden Sorten dieser Art verwendet. Es wird vermutet, dass es sich bei *S. edule* um eine Mutation oder um eine gezüchtete Spezies von *S. officinarum* handelt, welche nur in Melanesien und Indonesien verbreitet ist und einen geringen Zuckergehalt aufweist. *S. barberi* gilt als nordindische Hybridspezies aus *S. spontaneum* und *S. officinarum* und wächst in subtropischen Gegenden. *S. sinense* entwi-

ckelte sich ebenfalls als Hybrid aus *S. spontaneum* und *S. officinarum* (ebd.: 2; vgl. auch OGTR 2011).

Andere Autoren hingegen gehen von lediglich zwei differenzierbaren Arten aus: *S. spontaneum* und *S. officinarum*, wobei unter zweitgenanntem Begriff alle übrigen oben genannten Arten gruppiert werden sollen (vgl. OGTR 2011: 1).

Moderne, kommerziell produzierte Zuckerrohrsorten sind zumeist interspezifische Hybride des *S. officinarum*, der domestizierten zuckerproduzierenden Art, und des *S. spontaneum*, der robusten Wildspezies (und zum Teil weiterer Arten). Erstgenannte Art bringt die Eigenschaften dicker Halm, hoher Reinheitsgehalt des Saftes und geringer Faser- und Stärkeanteil mit, während letztere eine hohe Resistenz gegen Krankheiten, hohe Widerstandsfähigkeit im Allgemeinen und ausgezeichnete *Ratooning*-Eigenschaften aufweist (vgl. Berding et al. 2004: 27; Cheavegatti-Gianotto et al. 2011: 67).

2.2. Geschichte: Ursprung und Verbreitung

Bis heute gibt es unter Fachleuten keine Einigkeit über die genauen Ursprünge und Verbreitungswege der Zuckerrohrpflanze. Sowohl bezüglich der Entstehung und Verbreitung der Wildform(en) als auch bezüglich vom Menschen kultivierter Arten besteht kein Konsens (vgl. Artschwager und Brandes 1958: 18ff.; Bakker 1999: 1; James 2004: 2ff.). Fest steht allerdings, dass die Pflanze bereits seit mehreren Jahrtausenden von menschlichen Gesellschaften genutzt und kultiviert wird (wenn auch nicht im kommerziellen Sinne).

Artschwager und Brandes (1958) erwähnen die Möglichkeit, dass sich in der Kreidezeit, vor etwa 60 Millionen Jahren, frühere Formen des Zuckerrohrs vom südlichen Asien aus über die damals gegebene Landbrücke in das Gebiet des heutigen Melanesiens verbreitet haben, um dann nach dem Wegbrechen vom Festland eine eigene Entwicklung zu einer Wildform des Zuckerrohrs – *S. robustum* – durchzumachen (1). Es ist auch möglich, dass sich während der späten Kreidezeit im Zuge der Separation der Landflächen an mehreren Orten verschiedene Arten entwickelt haben (vgl. James 2004: 3).

Eine der prominentesten Theorien geht bezüglich der späteren Verbreitung der Pflanze davon aus, dass sich *S. officinarum* durch den Menschen ausgehend von Neuguinea in mehreren Phasen über Asien nach Europa und schließlich nach Amerika verbreitet hat. Aufgrund der Forschungsergebnisse der sogenannten Brandes-Jeswiet Expeditionen nach Papua Neu-

guinea im Jahr 1928 wird vermutet, dass die Domestikation der Pflanze ebendort stattfand. Es wird angenommen, dass *S. officinarum* bereits seit 8000 v. Chr. als Kulturpflanze auf Indonesien und Neuguinea genutzt wird. Durch Selektion der jeweils süßesten Pflanzen soll so aus *S. robustum* diese kultivierte Zuckerrohrart mit all ihren Sorten entstanden sein. Im Zuge menschlicher Migrationsströme wurde die Kulturpflanze über Südostasien, Indien und den Pazifik verbreitet, während sie zuweilen mit anderen wilden Gräsern gekreuzt wurde. In etwa 500 v. Chr. fand die weitere Ausbreitung über das Mittelmeer nach Marokko, Ägypten, Syrien, Kreta, Griechenland und Sizilien statt, um in der Folge bis zu den westafrikanischen Staaten verbreitet zu werden (vgl. Artschwager und Brandes 1958: 21ff.; Bakker 1999: 1; OGTR 2011: 3).

Bereits 500 n. Chr. gibt es erste schriftliche Quellen für die *kommerzielle* Zuckerherstellung in Indien (vgl. Bakker 1999: 1). Durch Christoph Columbus wurde Zuckerrohr 1493 schließlich über die karibischen Inseln nach Mittel- und Südamerika gebracht (vgl. James 2004: 1, 4). Der Sozialanthropologe Sidney Mintz zeichnet in seinem Buch *Die süße Macht: Kulturgeschichte des Zuckers* (1985) ausführlich die historische Entwicklung der menschlichen Nutzung der Zuckerrohrpflanze nach: von einer lokal genutzten Pflanze hin zum weltumspannenden Handel mit dessen Produkten. Die steigende Nachfrage europäischer Staaten nach Zucker ab dem 16. Jahrhundert hatte laut Mintz maßgeblichen Einfluss auf die kolonialen Bestrebungen ebendieser Nationen. In den darauffolgenden Jahrhunderten waren die Entwicklungen des transatlantischen Sklavenhandels und des Kolonialismus eng mit dem zunehmenden Konsum von Zucker verflochten. Im Zuge der industriellen Revolution in England wurde der Konsum des Zuckers massentauglich und erfuhr eine großzügige Integration in die Ernährung der arbeitenden Bevölkerung. Die schnelle und unkomplizierte Verfügbarkeit von Energie in Form von Zucker machte das Produkt seither zu einem wichtigen Bestandteil der menschlichen Ernährung (vgl. James 2004: 2). Bis zur Markteinführung des Zuckers aus Zuckerrüben im frühen 19. Jahrhundert blieb Rohrzucker unangefochtene Hauptquelle dieses Nahrungsmittels (ebd.: 1).

Andere prominente Theorien wiederum gehen von mehreren Zentren der Entstehung und Verbreitung der heute genutzten Sorten aus. Dabei wird wie oben beschrieben, angenommen, dass sich in Neuguinea aus der Wildform *S. robustum* die kultivierten Sorten der Art *S. officinarum* ausgebildet haben. Zudem soll sich davon unabhängig im südlichen Asien die Art

S. spontaneum entwickelt haben (vgl. James 2004: 3f.; OGTR 2011: 3). Viel später, in einem zweiten Schritt könnte die Hybridisierung mit migrierten Sorten des *S. officinarum* stattgefunden haben und so subtropische kultivierte Arten wie etwa *S. sinense* und *S. barberi* entstanden sein (vgl. Artschwager und Brandes 1958: 19).

Sowohl Neuguinea als auch (Nord-)Indien nehmen in den Theorien zur Geschichte der Pflanze demnach eine wichtige Rolle ein (Artschwager und Brandes 1958: 18ff.; James 2004: 2ff.; Mintz 2007: 47ff.).

2.3. Gegenwart und Zukunft: Züchtungen und Genmanipulation

Der Beginn der interspezifischen Kreuzung gegen Ende des 19. Jahrhunderts, ausgehend von Java, markierte einen Durchbruch in der Züchtung kommerziell rentablen Zuckerrohrs (vgl. Ramdoyal und Badaloo 2002: 307f.). Dabei kreuzten holländische ZüchterInnen *S. officinarum* mit *S. spontaneum*, um daraufhin die Hybride mit *S. officinarum* rückzukreuzen (vgl. Berding et al. 2004: 22). Dieser Prozess der Veredelung (Englisch *nobilisation*) führte zu den sogenannten *noble cane*-Sorten. Durch Kreuzung mit anderen Arten wurden weitere kommerziell erfolgreiche Sorten gezüchtet (vgl. Ramdoyal und Badaloo 2002: 309ff.).

Ertragssteigerungen wurden seither durch besseres landwirtschaftliches Management und Züchtungsanstrengungen erzielt. Hinzu kommen Züchtungsziele, wie etwa eine bessere Krankheits-, Schädlings- und Trockenresistenz, bessere Zuckerqualität sowie bessere Verarbeitungsqualitäten, *i.e.* weichere Rinde und geringerer Faseranteil (vgl. Berding, Hogarth und Cox 2004: 36ff.). Die Züchtung neuer Sorten ist ein langwieriger Prozess, welcher (unter heutigen Bedingungen) bis zu zehn Jahre dauern kann (vgl. OGTR 2011: 11; vgl. auch Souza und Sluys 2014: 325).

Zukünftig sollen genetisch veränderte Sorten zu weiteren Ertragssteigerungen führen. Durch Genmanipulation sollen Sorten für den kommerziellen Anbau mit höherer Resistenz gegenüber abiotischem und biotischem Stress und mit verringertem Düngemittel- und Wasserbedarf ausgestattet werden (vgl. Cheavegatti-Gianotto et al. 2011: 63). Zudem sollen eigene Energiesorten geschaffen werden, die etwa weniger Lignin und mehr Zellulose oder bestimmte förderliche Enzyme bilden, welche die Aufspaltung der lignozellulosehaltiger Strukturen in Zucker erleichtern (vgl. transGEN o.J.). Die ersten genmanipulierten Sorten wurden von dem Konzern Monsanto entwickelt. Diese sollten eine Toleranz gegenüber dem Herbizid Glyphosat, bekannt als „Roundup“, aufweisen (Borém, Doe und Diola 2015: 267f.).

Bereits 2011 wurden in Brasilien Feldversuche mit genetisch veränderten Sorten durchgeführt (vgl. Cheavegatti-Gianotto et al. 2011: 63). Weitere Freilandversuche fanden bisher in den Vereinigten Staaten von Amerika, Ägypten, Australien, Argentinien, Indien, Kuba, Pakistan, Südafrika und in Indonesien statt (vgl. transGEN o.J.). 2013 wurde in Indonesien die erste genetisch veränderte Sorte zugelassen (vgl. Lubis 2013: o.S.).

Insbesondere angesichts der zunehmenden Bedeutung der Zuckerrohrpflanze im Kontext erneuerbarer Energieproduktion ist eine Steigerung der Produktivität mithilfe von Biotechnologie für manche Nationen von großem Interesse, um die Ausweitung der Anbauflächen und die damit einhergehenden Folgen gering zu halten. Hinzu kommt das wirtschaftliche Interesse daran, Sorten zu entwickeln, welche für Standorte geeignet sind, an denen Zuckerrohr bisher nicht auf rentable Weise kultiviert werden konnte (vgl. Souza und Sluys 2014: 325f.).

2.4. Pflanzenkunde

2.4.1. Aufbau der Pflanze

Die oberirdische Masse der Zuckerrohrpflanze besteht im Allgemeinen aus dem Halm und den grünen sowie den vertrockneten Blättern. Im Gegensatz zu anderen Kultursorten liegt das wirtschaftliche Interesse in der Entnahme und Weiterverarbeitung des Halmes der Zuckerrohrpflanze und nicht in der Ernte deren Frucht. Der Begriff der Erntenebenprodukte meint in dieser Arbeit die grünen und vertrockneten Blätter der Pflanze sowie den obersten Teil des Halmes, welcher üblicherweise beim Erntevorgang abgehackt wird. Letztgenannter Teil als „Top“ bezeichnet. Je nach AutorIn wird unter dem Begriff „Top“ Unterschiedliches verstanden: Zuweilen umfasst der Begriff den obersten Teil des Halmes inklusive grüner Blätter (Abbildung 1(a); vgl. Alexander 1988; Larson et al. 2001), von manchen wird lediglich der oberste Teil des Halmes als solches bezeichnet (Abbildung 1(b); vgl. Hassuani et al. 2005, Pippo et al. 2011b). Bisweilen wird der Begriff von den AutorInnen nicht konsistent verwendet. Hinzu kommt die unterirdische Wurzelmasse, welche ebenso zu den Erntenebenprodukten gezählt werden kann, aber in den Berechnungen dieser Arbeit nicht weiter berücksichtigt wird.

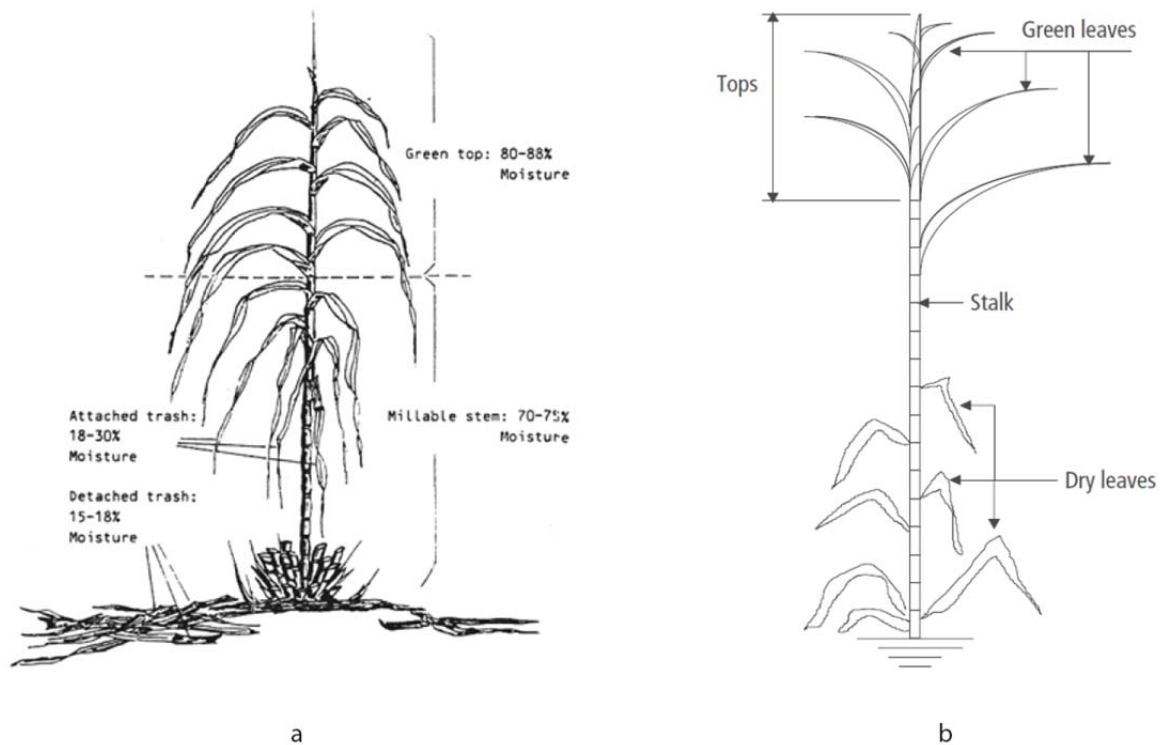


Abbildung 1. Aufbau der Zuckerrohrpflanze (Quellen: (a) Alexander 1988: o.S.; (b) Paes und Oliveira 2005: 21)

Der Halm der Zuckerrohrpflanze wird bis zu fünf Meter hoch, hat je nach Sorte unterschiedliche, üblicherweise aber zwischen zweieinhalb und fünf Zentimeter Durchmesser und bildet keine Äste oder Zweige aus. Der Faser- und Zuckeranteil sowie die Härte der Rinde (Epidermis) der Halme ist Objekt Jahrtausende langer Züchtungsbestrebungen, um das Kauen beziehungsweise die maschinelle Verarbeitung zu vereinfachen und die Erträge zu erhöhen. Zudem können die Halme ein weites Spektrum an Farben aufweisen, auch dies ist von der jeweiligen Sorte sowie von der direkten Sonneneinstrahlung und dem Alter der Pflanze abhängig. Die äußere wachsüberzogene Rinde umschließt eine weichere Masse (das Parenchym), welche von Fasern durchsetzt ist (Faszikel). Der Halm besteht aus mehreren 15 bis 25 Zentimeter langen Gliedern, welche jeweils durch Knoten, den Nodi (Englisch *nodes*) voneinander getrennt sind. Jenen Bereich zwischen zwei Nodi bezeichnet man als Internodium. Diese beiden Teile des Halmes können je nach Sorte in ihrer Form unterschiedlich ausgeprägt sein; die Abstände verringern sich in Boden- und Topnähe. Auch Faktoren wie die Feuchtigkeit, Bodenqualität und Temperatur während des Wachstums haben großen Einfluss auf die Länge und den Durchmesser der Glieder. Im Bereich der Knoten findet sich im Normalfall pro Node eine Knospe (Englisch *bud*). Beim kommerziellen Anbau werden zumeist

Halmstücke von jeweils zwei bis vier Nodi in Reihen ausgelegt (Englisch *setts* oder *seed-pieces*), um aus jeder Knospe eine neue Pflanze zu ziehen (vgl. Artschwager und Brandes 1958: 48ff.; James 2004: 8ff.).

An der Basis jedes Knoten entspringen die Blätter jeweils abwechselnd auf zwei gegenüberliegenden Seiten des Halmes. Ein Blatt besteht aus der Blattscheide (Englisch *sheath*) und der Blattspreite (Englisch *blade* oder *lamina*). Die Blattscheide umschließt den Halm eng und ist durch das Blatthütchen, der Ligula, mit der Spreite verbunden. Dabei sind die offenen Seiten der Blattscheide gegenüber der Knospe angesiedelt, um diese schützend zu umschließen. Das Blatt weitet sich von der Ligula ausgehend auf bis zu zehn Zentimeter und verjüngt sich zur Blattspitze wieder. Es weist eine starke Mittelrippe auf, welche auf der adaxialen Seite weiß und konkav geformt ist während sie auf der abaxialen Seite hellgrün und konvex geformt ist. Die Blätter können je nach Sorte und Wachstumsbedingungen bis zu einem Meter lang werden. Eine Nebenerscheinung der kommerziellen Züchtungen sind scharfkantige Blätter und behaarte, stachelige Blattscheiden, welche eine manuelle Ernte erschweren und für die Verfütterung ungeeignet sind. Wenn sich neue Blätter entwickeln, werden alte, vertrocknete Blätter von der Pflanze abgeworfen (Englisch *free-trashing*, die abgeworfenen Blätter werden im kommerziellen und im wissenschaftlichen Kontext oftmals als *trash* bezeichnet), sodass die Gesamtzahl der Blätter mehr oder weniger konstant bleibt. Diese Eigenschaft ist insbesondere für den kommerziellen Anbau relevant, da die abgeworfenen, auf dem Boden liegengelassenen Blätter als Schutz vor Verdunstung dienen können und nicht abgeworfene tote Blätter Schädlinge anziehen könnten und die Ernte erschweren (vgl. Artschwager und Brandes 1958: 56ff.; James 2004: 10ff.).

Die Zuckerrohrpflanze bildet ihren Blütenstand an der Spitze des Halmes in Form einer 30 bis 60 Zentimeter langen Rispe aus, welche aus zahlreiche Ästchen, sogenannten Ähren, besteht. Auf den Ähren befinden sich auf jeweils gegenüberliegenden Seiten zwei Blüten, jeweils umgeben von Spelzen und Seidenhaaren (vgl. Brandt et al. 1883-1914: 169). Die Verbreitung der Pollen erfolgt mit dem Wind. Wie bei anderen Gräsern stellt die Frucht der Pflanze ein trockenes Korn (Englisch *caryopsis*) dar, welches nicht vom Samen getrennt werden kann (vgl. Cheavegatti-Gianotto et al. 2011: 66).

Das Wurzelsystem der Zuckerrohrpflanze wird in Adventivwurzeln und in permanente Wurzeln eingeteilt. Erstere versorgen die Pflanze in der Keimungsphase und bis der permanente Wurzelstock etabliert ist mit Wasser. Permanente Wurzeln können wiederum in Haft-

wurzeln und Saugwurzeln unterteilt werden. Das Verhältnis zwischen diesen ist sortenabhängig und ist vor allem für die Trockenresistenz der Sorte ausschlaggebend (vgl. Cheavegatti-Gianotto et al. 2011: 65). Zudem hängt die Entwicklung des Wurzelsystems stark von der lokalen Bodenbeschaffenheit ab (vgl. James 2004: 13). Generell befinden sich etwa 50% der Wurzelmasse in den obersten 20 cm des Bodens, 85% befinden sich in den obersten 60 cm (ebd.).

Etwa 10% der Masse (Frischgewicht) der Zuckerrohrpflanze können zu kommerziellem Zucker verarbeitet werden (vgl. Arjchariyaartong 2006: 80). Im Allgemeinen besteht die Pflanze zu 70% aus Wasser, weitere 14% stellen Fasern dar, 13,3% Saccharose (der Anteil kann zwischen 10 und 15% schwanken) und 2,7% lösliche andere Bestandteile (ebd.). Laut Hassuani et al. (2005) gliedern sich die Fraktionen der verschiedenen oberirdischen Erntenebenprodukte bei Frischgewicht folgendermaßen: Grüne Blätter 52,7%, trockene Blätter 23,1% und Tops 24,2%; wenn von Tops inklusive grüner Blätter die Rede ist, ergibt sich demnach ein Anteil von 77% (212). Die *gesamte* oberirdische Biomasse gliedert sich bei Frischgewicht folgendermaßen: Halme 84,1%, grüne Blätter 8,4%, trockene Blätter 3,7%, Tops 3,8% (ebd.). Das Verhältnis dieser Fraktionen lautet bei Erntenebenprodukten in Trockengewicht: Grüne Blätter 41,3%, trockene Blätter 48,4% sowie Tops 10,4% (Tops inklusive grüner Blätter 51,6%). Vor einem knappen halben Jahrhundert wurden die Anteile wie folgt beschrieben: 8,44% Tops, 19,74% grüne und dürre Blätter, 71,82% Halme (vgl. Betancourt 1968 in Delgado und Casanova 2001: 82; vgl. auch ICIDCA 2000: 60). Beeharry (1996) gibt für den mauritischen Kontext folgende Anteile an: 69% Halme, 21% Tops, 10% trockene Blätter und zitiert Alexander (1985), welcher für Puerto Rico angibt, dass 68,6% der oberirdischen Masse Halme, 17,1% Tops und 14,3% trockene Blätter darstellen (444). Das exakte Verhältnis der oberirdischen Pflanzenbestandteile ist stark sorten- und bedingungsabhängig und Objekt jahrzehntelanger Züchtungsbestrebungen.

Der jeweilige Feuchtigkeitsgehalt der Nebenprodukte beläuft sich auf 67,7% bei den grünen Blättern, 13,5% bei den trockenen Blättern und 82,3% bei den Tops (Neto in Hassuani et al. 2005: 25); der (gewichtete, durchschnittliche) Feuchtigkeitsgehalt von Tops inklusive grüner Blätter liegt bei 72,3%, der (gewichtete, durchschnittliche) Feuchtigkeitsgehalt aller Nebenprodukte liegt bei 58,7%. Alexander (1988) gibt für das Top der Pflanze einen Feuchtigkeitsgehalt zwischen 80 und 88% an, während jener der Halme zwischen 70 und 75% be-

trägt. Abgestorbene, noch nicht abgeworfene Blätter haben einen Feuchtigkeitsgehalt zwischen 18 und 30%, während abgeworfene Blätter anfangs einen Feuchtigkeitsgehalt zwischen 15 und 18% aufweisen (o.S.). Bakker (1999) gibt für den Halm einen durchschnittlichen Feuchtigkeitsgehalt von 72,9% an (Spanne zwischen 70,35 und 75,6%).²

2.4.2. Wachstumsbedingungen und Stoffwechsel

Zuckerrohr ist eine mehrjährige Pflanze, welche konstant Temperaturen zwischen 18 und 30° Celsius für ihr ideales Wachstum benötigt. Tropische oder subtropische Gegenden sind hierfür besonders geeignet. Frostzustände werden von der Pflanze nicht vertragen, wobei anzumerken ist, dass im Falle durch Frost abgestorbener Teile, neue Sprosse ausgebildet werden können. Generell wird die Pflanze zwischen dem 30. nördlichen und dem 30. südlichen Breitengrad und auf bis zu 3000 Höhenmetern kultiviert (vgl. Skerman und Riveros 1989: 640).³ Jährliche Regenfälle von zumindest 600 mm m⁻² werden als Minimum angesehen, um Zuckerrohr ohne Bewässerungswirtschaft produzieren zu können (vgl. Qureshi und Afghan 2005: 1). Laut Santos und Diola (2015) sind Regenfälle zwischen 1100 und 1500 mm m⁻² yr⁻¹ optimal, während über die Wachstumsphase hinweg größere und während der Reifephase kleinere Mengen Regen fallen sollten (29). Hohe Luftfeuchtigkeit (80 bis 85%) während des vegetativen Wachstums führt zu gutem Höhenwachstum der Pflanze, während eine Luftfeuchtigkeit von 45 bis 65% während der Reifung ideal ist (ebd.: 30).

Prinzipiell ist die Pflanze dürreresistent, wobei sie während solcher Phasen ihr Wachstum stoppt. Auch gegenüber der kurzfristigen Flutung oder Staunässe der Anbauflächen ist die Pflanze tolerant. Jedoch geht dies bei fortgeschrittenem Alter der Pflanze mit der Reduktion des Zuckergehaltes einher (vgl. Skerman und Riveros 1989: 640).

Zuckerrohr wächst auf einer Vielzahl von Böden, welche meist vor dem Anbau mit Stickstoff, Phosphor und Kalium gedüngt werden. Manchmal wird während der Wachstumsphase erneut Stickstoff gedüngt. Beikräuter müssen vor Bestellung der Felder und während des frühen Wachstums entfernt werden. Erst, wenn das Blätterdach dicht genug ist, werden diese unterdrückt (ebd.).

² Tabelle 9 in Kapitel 6.1. listet mehrere Angaben zum Feuchtigkeitsgehalt aus der wissenschaftlichen Literatur auf.

³ Aktuellere Quellen sprechen von einer Verbreitung zwischen dem 35. nördlichen Breitengrad und dem 30. südlichen Breitengrad und einer Kultivierung auf bis zu 1000 Höhenmetern (vgl. Santos und Diola 2015: 29)

Die Pflanze wächst etwa 12 bis 14 Monate, bevor sie mit der Ausbildung des Blütenstandes beginnt (ebd.: 642f.). Da die Ausbildung eines Blütenstandes mit einem Wachstumsstopp, der Verringerung des Zuckergehaltes im Halm und weiteren unerwünschten Begleiterscheinungen einhergeht, gibt es in der kommerziellen Produktion Maßnahmen, die eine Infloreszenz verhindern sollen beziehungsweise findet die Ernte der Halme statt, bevor die Pflanze in dieses Stadium gelangt (vgl. Hunsigi 2001: 47ff.).

Zuckerrohr gilt als eine der weltweit effizientesten Kulturpflanzen hinsichtlich seiner Fähigkeit, Sonnenlicht in Biomasse umzuwandeln (fotosynthetische Rate $12 - 14 \mu \text{ Mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ sec}^{-1}$; vgl. Qureshi und Afghan 2005: 1). Hunsigi (2006) gibt an, dass Zuckerrohr pro Tag und Quadratmeter zwischen 20 und 40 Gramm Trockenmasse produziert und das *theoretische* Maximum laut Moore (1989) bei $129 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ liegt ($470 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$; 6). Diese Effizienz ist auf mehrere Gründe zurückzuführen. Zum einen ist die Pflanze konkurrenzstark und kann so Ressourcen für sich beanspruchen. Zum anderen zählt Zuckerrohr zu den sogenannten C4-Pflanzen. Das bedeutet, dass sie auch bei geringeren Kohlenstoffkonzentrationen effektiv Fotosynthese betreiben und gleichzeitig Fotorespiration verhindern kann. Zudem nutzt Zuckerrohr ein größeres Lichtwellenspektrum als viele andere Pflanzen. So fixiert Zuckerrohr im Vergleich zu den meisten anderen Kulturpflanzen in etwa die vierfache Menge an Sonnenenergie (vgl. Cheesman 2004: 7).

2.5. Kommerzielle Nutzung

Lange Zeit war der Anbau von Zuckerrohr hauptsächlich der Produktion von Zucker für die menschliche Ernährung gewidmet. Wie bereits beschrieben, gibt es Theorien, die bedeutende geschichtliche Entwicklungen wie etwa Kolonisierung und Sklavenhandel eng mit dem Zuckerkonsum der europäischen Bevölkerung in Verbindung bringen. Zusätzliche Verwendungszwecke der Halme sind etwa die Produktion von alkoholhaltigen Getränken, wie Cachaça in Brasilien oder Mekhong in Thailand, die Produktion nicht-alkoholischer Getränke, die Verfütterung der Halme an Tiere oder das Kauen des Marks. Im Vergleich zu den für die Rohrzuckerproduktion verwendeten Mengen, spielen diese Nutzungsformen lediglich eine geringe Rolle. Allerdings gibt es – vor allem in Brasilien – seit den frühen 1970er Jahren einen konkurrierenden Einsatz zum menschlichen Verzehr des produzierten Zuckers: Der Rohstoff Zucker wird zunehmend für die Produktion von Bioethanol verwendet und kommt somit als Treibstoff zum Einsatz.

An dieser Stelle soll lediglich ein Einblick in die Zucker- und Ethanolproduktion gegeben werden. Ausführliche Auseinandersetzungen mit der kommerziellen Nutzung, der sozioökonomischen Relevanz und den Folgen für die Umwelt finden sich unter anderem bei Cheesman (2004), Delgado und Casanova (2001), Hunsigi (2001), Macedo (2007), Pennington und Baker (1990), Santos et al. (2015) und Zuurbier und van de Vooren (2008).

2.5.1. Zucker

Zucker stellt global einen wichtigen Bestandteil der menschlichen Ernährung dar. Dabei ist aus Zuckerrüben gewonnener Zucker chemisch ident mit aus Zuckerrohr gewonnenem Zucker. Letzterer hatte 2009 einen Anteil von circa 80% der globalen Rohzuckerproduktion (vgl. FAO 2009: 14).

An dieser Stelle werden die landwirtschaftlichen Prozesse des Anbaus und der Ernte übersprungen, um in groben Zügen den Prozess der Zuckerherstellung zu schildern: In einem ersten Schritt werden die Halme von gegebenenfalls noch vorhandenen Blättern befreit. Die Blätter werden in den fabrikeigenen Boilern verheizt, die Halme werden in einem Schredder zerkleinert. Danach werden die zerkleinerten Stücke durch eine Reihe von Walzen geschleust, um so den Saft zu extrahieren. Zuletzt wird heißes Wasser aufgesprüht, um den noch vorhandenen Saft zu lösen. Die überbleibenden Fasern, Bagasse genannt, werden ebenfalls als Brennstoff in den fabrikeigenen Boilern verwendet, um Prozesswärme und Elektrizität für die Zuckerherstellung zur Verfügung zu stellen. Im Durchschnitt fallen pro Tonne geerntetem Zuckerrohr 300 Kilogramm Bagasse an (vgl. Woodhead et al. 2006: 31).

Der ausgepresste Rohsaft wird danach in großen Kesseln mit Kalk versetzt, wodurch Unreinheiten gebunden werden. Der so entstehende Schlamm setzt sich am Boden der Gefäße ab und wird mit der im Boiler entstandenen Asche vermischt als Dünger auf den Feldern ausgetragen. Der geklärte Saft wird abgeschöpft. Nach diesem Schritt der Reinigung folgt das Eindampfen des Saftes, um einen dickflüssigen Sirup zu erzeugen. Dabei wird der Saft in einem Teilvakuum bis zu 70° Celsius erhitzt, wobei währenddessen vermieden wird, dass der Zucker karamellisiert (ebd.).

Daraufhin wird der Sirup in Vakuumtöpfen mit feinen Zuckerkristallen versetzt, um von diesen ausgehend neue Kristalle zu züchten. Übrig bleibt eine Mischung aus Zuckerkristallen und Melasse, welche *Massecuite* genannt wird. Melasse enthält neben anderen Inhaltsstoffen ebenfalls Zucker, welcher jedoch nicht mehr kristallisierbar ist und gilt als wertvoller

Rohstoff. Sie kann verfüttert, zu Alkohol (Rum) vergoren und als Ausgangsstoff in der Hefeproduktion verwendet werden (vgl. Delgado und Casanova 2001: 54). In Zentrifugen wird diese Mischung getrennt, indem die Melasse über kleine Öffnungen entfernt wird. Der übriggebliebene Rohzucker wird mit Wasser besprüht, um letzte Reste der Molasse zu entfernen und danach wieder getrocknet. Der so entstandene Rohzucker wird dann entweder gelagert oder raffiniert (vgl. Woodhead et al. 2006: 31).

Rohzucker hat zu diesem Zeitpunkt einen Reinheitsgehalt von circa 99%. Durch die Raffination soll dieser auf 99,95% angehoben werden. Im Grunde werden dabei ähnliche Prozesse wie in der Rohzuckergewinnung durchlaufen: Der Rohzucker wird bei circa 60° Celsius mit Sirup (*heavy syrup*) versetzt und dann zentrifugiert. Dieser Vorgang wird Affination genannt. Danach wird der Zucker in Wasser gelöst, wodurch eine wolkige bernsteinfarbene Flüssigkeit entsteht. Die Unreinheiten werden durch Aussieben entfernt, die geklärte Flüssigkeit wird durch Sandfilter und ionentauschende Kessel geleitet, um die Farbe zu entfernen. Das Resultat, *fine liquor*, wird durch Verdampfer und Vakuumkessel geleitet, wo letztlich wieder die Kristallisation stattfindet. Danach wird der nun weiße Zucker zentrifugiert, welcher in der Folge hinsichtlich seiner Qualität klassifiziert und verpackt wird (ebd.). Der linke Strang von Abbildung 2, übernommen von Cheavegatti-Gianotto et al. (2001), zeigt unter anderem soeben beschriebene Prozesse.

Zucker ist sowohl in seiner Rohform als auch im raffinierten Zustand ein wichtiger Bestandteil menschlicher Ernährung und erfährt eine große Vielfalt an weiteren Verarbeitungsweisen in der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie (vgl. Cheesman 2004: 5). Zudem kann oben genannter Rohsaft in der Produktion von Agrartreibstoffen eingesetzt werden.

2.5.2. Bioethanol erster Generation

Für Bioethanol erster Generation wird zucker- oder stärkehaltige Biomasse benötigt, deren Zucker durch Enzyme bestimmter Hefesorten fermentiert werden. Bei stärkehaltigen Ausgangsprodukten wie etwa Weizen oder Mais sind vorbereitende Schritte notwendig, damit der Zucker für die Fermentation verfügbar ist (vgl. Bazmi et al. 2007: 248). Bei Zuckerrohr ist es einerseits möglich, den geklärten Rohsaft (Englisch *clarified juice*) als Ausgangsbasis zu verwenden. So wird etwa in Brasilien Zuckerrohr in großen Mengen ausschließlich für diesen Zweck kultiviert (vgl. Abschnitt 4.1. in dieser Arbeit). In der Saison 2014/15 konnten in Brasilien pro Tonne Zuckerrohr 45,76 Liter Ethanol hergestellt werden (vgl. UNICA 2015b: 3). An-

dererseits kann auch das Nebenprodukt des Zentrifugierens, die Melasse, als Ausgangsstoff dienen. So wird beispielsweise in Pakistan beinahe die gesamte produzierte Melasse zur Herstellung von Ethanol eingesetzt (vgl. Abschnitt 4.5. in dieser Arbeit). Angesichts mangelnder Infrastrukturen und diverser Qualitätsverluste im Produktionsprozess liegt die Effizienz bei 240 bis 270 Litern Ethanol pro eingesetzter Tonne Melasse (vgl. Bazmi et al. 2007: 248f.).

Die Produktion von Ethanol vereinfacht gesehen in drei Schritten. Zuerst wird wie oben beschrieben Zucker aus den Halmen gewonnen und geklärt (oder Melasse als Nebenprodukt der Zuckerherstellung erzeugt), welcher (beziehungsweise welche) im zweiten Schritt mithilfe von Enzymen bestimmter Hefesorten fermentiert wird. Dieses gewonnene Ethanol wird im dritten Schritt von Verunreinigungen getrennt. Durch Destillation ist es möglich den Wassergehalt zu reduzieren und Ethanol mit einem Reinheitsgehalt von circa 95% zu gewinnen. In diesem Stadium wird das Produkt wasserhaltiges Ethanol (*hydrous Ethanol*) genannt. Wird der restliche Wassergehalt entfernt, handelt es sich um wasserfreies Ethanol (*anhydrous Ethanol*; vgl. Zuurbier und van de Vooren 2008: 20ff.). Abbildung 2 stellt ebendiese Schritte inklusive der Nutzungspotentiale der anfallenden Nebenprodukte vereinfacht dar:

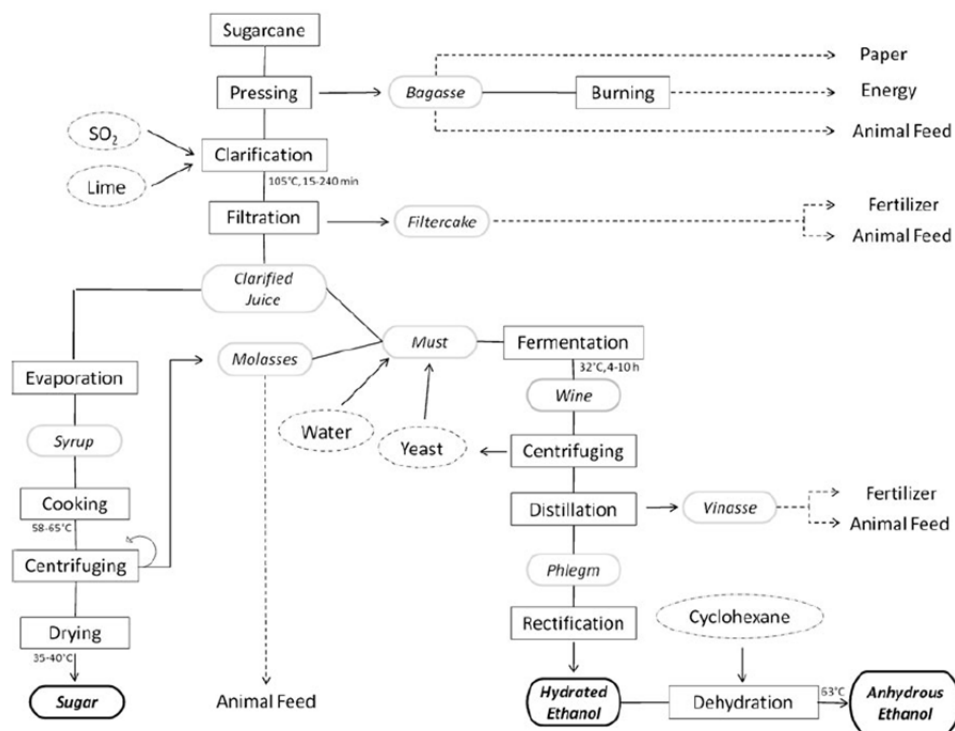


Abbildung 2. Industrielle Verarbeitung von Zuckerrohr zu Rohrzucker oder Agrartreibstoffen, inklusive der Nutzungsmöglichkeiten diverser Nebenprodukte (Quelle: Cheavegatti-Gianotto et al. 2001: 82)

Bioethanol kann auf zwei Weisen als Energieträger eingesetzt werden. Zum einen ist die Beimischung zu normalem Benzin als wasserfreier Alkohol möglich. Zu diesem Zweck wurden sogenannte *Flex-Fuel Vehicles* (FFV) entwickelt, welche mit unterschiedlichen Mischungsverhältnissen von Bioethanol und Benzin umgehen können. Zum anderen gibt es Fahrzeugmodelle, welche ausschließlich durch wasserhaltigen Alkohol, d.h. ohne Beimischung von Benzin, angetrieben werden können (vgl. Kovac und Zimmer 2012: 7f.). Letztgenannte Variante fand bisher lediglich in Brasilien Anwendung, wo vor allem in den 1980er und den frühen 1990er Jahren entsprechende Fahrzeuge auf den Markt gebracht wurden. Wie in Abbildung 3 zu sehen ist, wurden diese Anfang der 2000er Jahre jedoch von den FFV abgelöst (vgl. ANFAVEA 2015: 58).

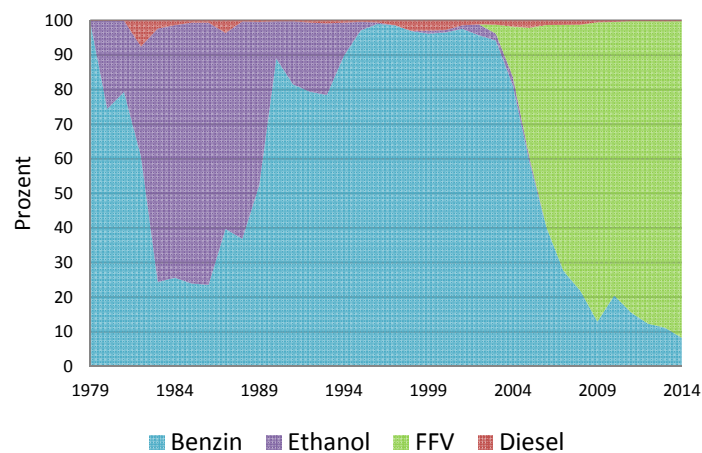


Abbildung 3. Anteile der verschiedenen Antriebsysteme (Benzin, Ethanol, *Flex-Fuel Vehicles* [FFV], Diesel) an der Neuwagenproduktion Brasiliens zwischen 1979 und 2013 (Quelle: ANFAVEA 2015, eigene Darstellung)

Neben der Verwendung im Transportsektor, findet Ethanol mit geringeren Reinheitsgraden auch in anderen Industrien wie etwa Pharmazie Anwendung (vgl. Bazmi et al. 2007: 253).

Goldemberg et al. (2008) untersuchen im Fall Brasiliens die ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Vor- und Nachteile der Ethanolproduktion aus Zuckerrohr(-melasse). Angesichts des Einsatzes der anfallenden Bagasse in der Energiebereitstellung für diverse Verarbeitungsschritte wird Zuckerrohrethanol im Vergleich zu Ethanol aus Zuckerrübe, Stroh oder Mais eine sehr gute Energiebilanz (Verhältnis produzierter Energie zu fossilem Energieeinsatz) ausgestellt (2087). Die möglichen Auswirkungen der soeben beschriebenen konkurrie-

renden Nutzungen der Zuckerrohrhalme auf die Ernährungssicherheit sowie auf die Umwelt der Produktionsländer werden unter Punkt 3.3. beschrieben. Um diese neben anderen Folgen der Zuckerrohrkultivierung beschreiben zu können, soll an dieser Stelle ausführlich auf den Anbau und die Ernte des Zuckerrohrs eingegangen werden.

3. Anbau und Ernte der Zuckerrohrpflanze

Im Hinblick auf die anzustellenden Berechnungen ist es notwendig, einen Überblick über Charakteristika der landwirtschaftlichen Produktion der Zuckerrohrpflanze zu geben. Dies geschieht insbesondere hinsichtlich ihrer Relevanz als Einflussfaktor auf Anfall und Nutzung von Erntenebenprodukten.

Beim Anbau und der Ernte der Pflanze gibt es weltweit unterschiedliche Praktiken, die historisch, geographisch und gesellschaftlich bedingt sind, doch können einige typische und relevante Charakteristika festgemacht werden. Grundsätzlich gelten die folgenden Ausführungen sowohl für die großflächige, industrielle Produktion von Zuckerrohr als auch für den kleinskaligen Anbau, da die besprochenen Aspekte des Anbaus, der Ernte und des Transportes zu Stätten der Weiterverarbeitung für alle Produktionseinheit vergleichbar sind. Es wird darum, sofern es nicht bedeutend ist, nicht weiter auf die Größe der Betriebe eingegangen.

3.1. Anbausysteme

Im industriellen Zuckerrohranbau gelangen verschiedene Systeme zur Anwendung. Großen Einfluss hatten bei deren Entwicklung klimatische wie auch geographische Gegebenheiten. So nehmen beispielsweise Faktoren wie die Notwendigkeit des Bewässerns oder der Trockenlegung und die Geländemorphologie der bestellten Flächen Einfluss darauf, wie diese angelegt werden. Auch der Mechanisierungsgrad des Anbaus und der Ernte, die Verfügbarkeit manueller Arbeitskräfte und die Größe der Farmen sind wichtige Faktoren (vgl. Ellis und Merry 2004: 101).

Prinzipiell gibt es regional unterschiedliche Praktiken bezüglich der Details der Anpflanzung auf die an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden soll. Diese Unterschiede betreffen etwa die Abstände zwischen den angepflanzten Reihen, das Anlegen der Bewässerungsgräben und die Anpassungsweisen an die Neigung der Flächen (ebd.).

In der Regel wird unterschieden, ob die Zuckerrohrpflanze durch frische Stecklinge (sog. *plant cane*) oder durch den verbliebenen Wurzelstock der frisch abgeernteten Pflanze (sog. *ratoon cane* oder Stoppelanbau) gezogen wird. Letztgenannte Praxis nutzt das Potential der Pflanze, nach der Ernte der Halme erneut zu keimen. Dabei wächst nicht nur oberirdisch eine neue Pflanze, sondern es werden auch neue Wurzeln gebildet während Teile des alten Wurzelstockes absterben. Die Abbauprodukte des alten Wurzelstockes dienen damit als Dünger für die neue Pflanze. Bei *ratooning* kann es allerdings zu Ernteeinbußen kommen, wenn das

erneute Sprießen der Halme aus verschiedenen Gründen (stellenweise) beeinträchtigt ist und die daraus resultierenden Lücken nicht mittels einzelner neuer Stecklinge gefüllt werden (sog. *gap filling*). Auch die zunehmende Bodenverdichtung durch wiederholte mechanische Bewirtschaftung, ohne zwischendurch umfassend pflügen zu können, kann der Entwicklung der Pflanzen abträglich sein. Zudem kann die je nach Sorte möglicherweise erhöhte Anfälligkeit für Krankheiten und Schädlinge Ernteeinbußen bewirken. Generell sind verschiedene notwendige Arbeitsschritte bei dieser Anbaupraxis arbeitsintensiv, wie etwa das eben erwähnte *gap filling*, das Entfernen beziehungsweise die Einarbeitung des zurückgebliebenen Strohs und der Wiederaufbau der durch die Ernte beschädigten Infrastruktur am Feld, wie beispielsweise Bewässerungsgräben oder Transportwege. Zudem bleibt für diese Schritte oft nur ein kurzes Zeitfenster, da die neuen Pflanzen schnell sprießen (vgl. Ellis und Merry 2004: 108ff.; Shanthy et al. 2014: 50ff.).

Die Praxis des *ratooning* bringt jedoch auch zahlreiche ökonomische und ökologische Vorteile mit sich. So werden die Kosten (und der Energieeinsatz) des Umpflügens und der Vorbereitung der Flächen sowie auch des Ansetzens neuer Stecklinge eingespart. Rajula Shanthy et al. (2014) sprechen hierbei von operationalen Kosteneinsparungen zwischen 25 und 30% (51); Hunsigi (2001) gibt an, dass netto zwischen 13 und 15% der gesamten Produktionskosten eingespart werden können (206). Matsuoka und Stolf (2012) weisen darauf hin, dass sich die hohen Kosten des Anlegens einer Zuckerrohrplantage erst durch die folgenden *ratoon*-Ernten amortisieren (147). Zudem kann die Folgernte früher eingeholt werden, wodurch der Anbau von Zwischenfrüchten ermöglicht wird (falls kein weiterer *ratoon*-Zyklus folgt). Wie bereits erwähnt, werden außerdem Düngemittel eingespart und der Bodenerosion entgegengewirkt, indem dessen Struktur weniger oft durch die vorbereitenden Maßnahmen des Pflügens aufgebrochen wird (vgl. Ellis und Merry 2004: 108ff.). Entgegen der oben genannten Gründe, die zur Verringerung der Erträge im Laufe mehrerer Zyklen führen können, wird in der Literatur zum Teil davon gesprochen, dass der Ertrag dennoch durch effektives *ratoon management* und die Wahl geeigneter Sorten erhalten werden kann. Verringerte Erträge in den Folgernte sind demnach nicht den physiologischen Voraussetzungen der Zuckerrohrpflanze selbst geschuldet, sondern vielmehr auf schlechtes Management und wenig beeinflussbare Umweltfaktoren zurückzuführen (vgl. Matsuoka und Stolf 2012: 148f.; Shanthy et al. 2014: 51).

Derart rechnen sich die genannten Vorteile in Abhängigkeit von der Sorte, der Art und Qualität der Böden und der Intensität der mechanischen Bewirtschaftung durchschnittlich zwischen ein bis sechs Zyklen lang, bevor erneut der Anbau mit *plant cane* stattfindet. In der Literatur finden sich Angaben von bis zu 20 möglichen Zyklen (vgl. Ellis und Merry 2004: 109) beziehungsweise 20 bis 25, in Ausnahmefällen 36 Zyklen (vgl. Matsuoka und Stolf 2012: 148). Laut Rudorff et al. (2010) sind in Brasilien mindestens fünf bis sieben Zyklen Standard (1060). Allerdings liegt die Praxis in manchen Regionen aufgrund der Boden- und Umweltverhältnisse und aufgrund schlechten Managements bei zwei Zyklen (vgl. Shanthy et al. 2014: 48 für Indien; Matsuoka und Stolf 2012: 147 für Louisiana, USA). Qureshi und Afghan (2005) geben folgende Übersicht bezüglich weltweit üblicher Zyklen:

Tabelle 1. Typische Anzahl der *ratoon*-Zyklen in verschiedenen Produktionsregionen (Quelle: Qureshi und Afghan 2005: 8; ergänzt mit Arjchariyaartong 2006: 77; Conab 2013: 19 und Senties-Herrera et al. 2014: 31)

Anzahl der <i>ratoon</i> -Zyklen	Länder
<i>Plant cane</i>	China, Indonesien
<i>Plant cane</i> + 1 <i>ratoon</i> -Zyklus	Pakistan, Fidschii
<i>Plant cane</i> + 2 <i>ratoon</i> -Zyklen	Indien, USA, Hawaii, Taiwan
<i>Plant cane</i> + 2-3 <i>ratoon</i> -Zyklen	Australien, (Brasilien und Mexiko) ¹ , Thailand
<i>Plant cane</i> + 3-4 <i>ratoon</i> -Zyklen	Dominikanische Republik, Panama
<i>Plant cane</i> + 4-6 <i>ratoon</i> -Zyklen	Barbados, Jamaica, Réunion
<i>Plant cane</i> + mehr als 6 <i>ratoon</i> -Zyklen	Mauritius, Zaire, Mexiko, Brasilien

¹ laut Qureshi und Afghan 2005

Da, wie soeben beschrieben wurde, der Ertrag unter anderem davon abhängen kann, ob eine Fläche mit *plant* oder *ratoon cane* bestellt wurde, liegt es nahe, dass dieser Unterschied bei den folgenden Berechnungen zu den Mengen an Nebenprodukten zu berücksichtigen ist. Da in der wissenschaftlichen Literatur hierzu kein verallgemeinerbarer Faktor gefunden werden konnte, soll an dieser Stelle lediglich ein grober Überblick über das Ausmaß der Anbauflächen unter *ratoon*-Management in jenen Nationen, welche in Kapitel 4 näher beschrieben werden, gegeben werden. Dafür muss größtenteils auf punktuelle Angaben in wissenschaftlicher Literatur zurückgegriffen werden; lediglich Brasilien führt diese Größe in Statistiken an (vgl. Canasat 2016). In den weiteren Berechnungen wird dieser Aspekt nicht gesondert berücksichtigt.

Tabelle 2. Anteil der Anbauflächen unter *ratoon*-Management in ausgewählten Ländern

Nation	%	Referenzjahr	Quelle
Brasilien	71,5%	2013/14	Canasat 2016, eigene Berechnungen
Indien	50%	2014 ¹	Shanthy et al. 2014: 48; Solomon 2014: 117
China	ca. 66%	seit 1980er Jahren	Li 2004: 224
Thailand	<i>keine Angaben</i>		
Pakistan	40 - 50%	2005 ¹	Qureshi und Afghan 2005: 8
Mexiko	87%	2012	Sentías-Herrera et al. 2014: 31
Kuba	<i>keine Angaben</i>		

¹Hier wird mangels näherer Information in der Quelle das Publikationsjahr als Referenzjahr angegeben.

3.2. Ernteverfahren

Es gibt verschiedene Praxen der kommerziellen Zuckerrohrernte. So wurden in vielen Anbau-Regionen auch im ersten Jahrzehnt des 21. Jahrhunderts ebenjene Erntenebenprodukte, die im Fokus dieser Arbeit stehen, zum größten Teil abgebrannt, um die zumeist manuell durchgeführte Ernte zu erleichtern (*pre-harvest burning*). Auch bei mechanischer Ernte wird mit den zeit- und kostensparenden Aspekten des Abbrennens der Blätter argumentiert, da es bisher kaum effiziente Erntemaschinen und -mechanismen für diese Erntenebenprodukte gibt. Es gibt allerdings zunehmend Bedenken bezüglich dieses Ernteverfahrens. Dahinter stehen Gründe des Umwelt- und Gesundheitsschutzes als auch agronomische Argumente. Dem gegenüber gibt es die Praxis der Ernte ohne Abbrennen der Blätter, welche *green cane harvest* genannt wird und ebenso global verbreitet ist. Insbesondere in Regionen, wo hauptsächlich kleinskaliger Zuckerrohranbau stattfindet, wird diese Praxis seit Langem bevorzugt (vgl. Ahmed und Alam-Eldin 2014: 2; Irvine 2004: 152; Singh A. K. et al. 2012: 9).

Eine weitere Unterscheidung wird dahingehend gemacht, ob die Zuckerrohrhalme im Ganzen oder gestückelt geerntet werden (*whole* oder *chopped cane*). Die mechanische Stückelung während des Erntevorgangs fand ausgehend von Australien Verbreitung, hervorgerufen durch die Notwendigkeit, Arbeitskräftemangel auszugleichen. Diese Erntetechnik birgt gewisse Nachteile, da mit dem Stückeln am Feld Verunreinigungen einhergehen, die im Weiteren Auswirkungen auf die Qualität des Zuckers haben können (vgl. Braunbeck et al. 1999: 498f.).

Der Wahl und der Optimierung des Ernteverfahrens kommt große Bedeutung zu, da dieser Schritt gemeinsam mit den Transportkosten zwischen 25 bis 35% der gesamten Kosten der Zuckerrohrproduktion ausmachen (vgl. Weekes 2004: 160). Diesen Aspekt gilt es auch an

späterer Stelle im Zuge der Auseinandersetzung mit möglichen Routen der Nebenproduktternte zu berücksichtigen.

3.2.1. Die Mechanisierung der Zuckerrohrernte

Jahrhundertlang wurde Zuckerrohr mithilfe menschlicher Arbeitskräfte geerntet. Die Versklavung unzähliger Menschen ab dem 16. Jahrhundert war unter anderem durch den großen Bedarf an Arbeitskräften für Zuckerrohrplantagen in mittel- und südamerikanischen Staaten und in der Karibik bedingt (vgl. Hobhouse 2001: 67ff.; Mintz 2007: 61ff.). Die Mechanisierung der Zuckerrohrproduktion und –ernte nahm Mitte des 20. Jahrhunderts ihren Anfang und ist bis heute nur teilweise vollzogen, wie sich im Folgenden zeigen wird (vgl. Weekes 2004: 160f.).

Der Begriff der Mechanisierung ist in Bezug auf das Ernteverfahren graduell zu verstehen. So gibt es beispielsweise Maschinen, welche die Halme im Ganzen abschneiden, während die weiteren Schritte wie etwa des Entfernen des Strohs und das Bündeln und Aufladen für den Transport manuell erledigt werden (*whole stalk harvesters*; vgl. Braunbeck et al. 1999: 498ff.; Singh A. K. et al. 2012: 10ff.). Umgekehrt gibt es auch die Möglichkeit des manuellen Abschneidens der Halme, während die Verladung maschinell erledigt wird (*grab loading*). Die Mechanisierung des Verladens war beziehungsweise ist oftmals der erste Schritt in der Mechanisierung der Ernte (vgl. Payne 1991: 15). Wenn hingegen der gesamte Ernteprozess mechanisiert ablaufen soll, werden sogenannte *combine chopper harvesters* eingesetzt (vgl. Braunbeck et al. 1999: 498ff.; Singh A. K. et al. 2012: 10ff.).

Es gibt mehrere Gründe, die für eine Mechanisierung der Ernte des Zuckerrohrs sprechen. Zum einen wird wie soeben beschrieben für die manuelle Ernte eine große Anzahl an Arbeitskräften benötigt. Vor dem Hintergrund, dass der richtige Erntezeitpunkt bedeutend ist, stellt das Lukrieren einer großen Zahl an Arbeitskräften für diese kurzen Zeitfenster sowohl für kleine als auch für große Anbaubetriebe (zunehmend) ein Problem dar (vgl. Ahmed und Alam-Eldin 2014 für den Sudan; Guilhoto et al. 2002 für Brasilien; Singh A. K. et al. 2012 für Indien). Wie bereits erwähnt wurde, kann Zuckerrohr nur durch das vorherige Abbrennen des Strohs effizient manuell geerntet werden. Angesichts der aktuellen Auseinandersetzung mit den negativen Auswirkungen dieser Praxis auf die unmittelbare Umgebung und die menschliche Gesundheit verbreitet sich die Auffassung, dass das Abbrennen der Blätter vor

der Ernte unterlassen werden sollte. Die logische Folge ist, dass damit auch die manuelle Ernte zunehmend erschwert und verdrängt wird.

Wie Shanthy et al. (2013) betonen, bringt eine großflächige Mechanisierung in Regionen mit vorherrschend kleinskaligem Anbau Schwierigkeiten in der Umsetzung mit sich (145). Zum einen ist ein größerer Abstand zwischen den Reihen notwendig, zum anderen ist die Anschaffung der Maschinen mit hohen Investitionen verbunden (vgl. Singh A. K. et al. 2012: 13).

Die großflächige Mechanisierung der Zuckerrohrernte stockt zudem aufgrund mangelnder technischer Umsetzbarkeit. Vor allem in Kombination mit dem Verzicht auf vorheriges Abbrennen der Blätter gibt es nur wenige Maschinen, die für die kommerzielle Produktion eingesetzt werden können. Vielmehr wird an verschiedenen Orten an einer Weiterentwicklung der Erntemaschinen gearbeitet. Insbesondere bezüglich der zusätzlichen Ernte der Nebenprodukte wie Tops und Blätter wird an der Entwicklung effizienter und ökonomisch rentabler Maschinen und Erntevorgänge gearbeitet (vgl. Braunbeck et al. 1999; Hassuani et al. 2005; Singh A. K. et al. 2012). Folgende Tabelle gibt einen Überblick über den Mechanisierungsgrad einzelner Länder. Dabei wird angesichts mangelnder Informationen in den Primärquellen nicht unterschieden, welche Tätigkeiten der Ernte konkret mechanisiert ablaufen, ob also sämtliche Ernteschritte manueller Arbeit entbehren oder lediglich einzelne Aspekte der Ernte (etwa Abhacken der Halme, Befreiung der Halme von Blättern, Verladung) mechanisiert sind. Während Produktionsländer wie Australien oder die Vereinigten Staaten von Amerika hundert Prozent ihrer Zuckerrohrernte mechanisiert einbringen, findet in einigen der weltweit wichtigsten Produktionsländern die Ernte auch heute noch weitgehend manuell statt (vgl. ISJ 2016: o.S.). Die Notwendigkeit der Mechanisierung wird allerdings auch in diesen Ländern angesichts einer zunehmenden Knappheit an (billigen) Arbeitskräften diskutiert (vgl. etwa Norris et al. 2010 für Thailand; Wegener et al. 2013 für China; Yadav 2007 für Indien).

Tabelle 3. Anteil mechanisierter Zuckerrohrernte in ausgewählten Ländern: Anteil der Ernte, welche zumindest in Teilschritten mechanisiert eingeholt wird (Details dazu, welche Schritte jeweils mechanisiert ablaufen, unbekannt)

Nation	%	Referenzjahr	Quelle
Brasilien	92,3%	2014/15	CTC 2015, eigene Berechnung
Indien	50%	2013 ¹	Shanthy et al. 2013: 146
China	1%	2011	Li und Yang 2015: 5; Wegener et al. 2013: 3
Thailand	5%	2010 ¹	Norris et al. 2010: 1
Pakistan	1%	2016 ¹	ISJ 2016: o.S.
Mexiko	15,94%	2013/14	Cañeros 2016
Kuba	80%	2007 ¹	Pippo et al. 2007: 872

¹Hier wird mangels näherer Information in der Quelle das Publikationsjahr als Referenzjahr angegeben.

3.2.2. Verbrennen der Blätter: pro und contra

Die Entscheidung über das Abbrennen der Blätter vor der Ernte von Zuckerrohr ist von mehreren Faktoren abhängig. Zum einen haben lokale Konventionen, welche aus geographischen wie auch aus demographischen Umständen erwachsen sind, diesbezüglich großen Einfluss. So wird in kleinskaligem Anbau von Zuckerrohr generell weniger oft Feuer bei der Ernte eingesetzt; auch die Nähe etwa zu Schulen, Siedlungen und Flughäfen hat lokal Einfluss auf die Ausübung dieser Praxis (vgl. Irvine 2004: 152; vgl. auch Payne 1991: 13ff.). Zum anderen bestimmen nationale Gesetzgebungen derlei Entscheidungen (vgl. Abschnitt 4.1. zu Brasilien). Des Weiteren ist die Entscheidung auf Skala der einzelnen Farmen beziehungsweise einzelner Plantagen von den jeweils gegebenen Wetterbedingungen abhängig. So haben beispielsweise ausgedehnte Regenperioden vor dem geplanten Erntetermin zur Folge, dass effizientes Abbrennen der Blätter unmöglich ist und grüne Ernte als einzige Option zur Erzielung qualitativ guter Ernte verbleibt (vgl. Irvine 2004: 152).

Der größte ökonomische Nachteil des Abbrennens der Blätter vor der Ernte ist jener, dass dadurch Mechanismen ausgelöst werden, die eine Minderung der Qualität der Halme hervorrufen: Mikroorganismen, welche durch Risse im Halm, die durch das Feuer entstehen können, eindringen, beginnen die Saccharose umzuwandeln. Je länger diese Mikroorganismen vor der Weiterverarbeitung der Halme in den Fabriken Saccharose umwandeln können, desto schlechter ist der Ertrag der Ernte. Dennoch muss eine gewisse Zeitspanne zwischen den Feuern und der Ernte und Verladung liegen, da sich die Arbeitsumgebung abkühlen muss, damit die – zumeist *manuelle* – Ernte gefahrlos möglich ist (vgl. Braunbeck et al. 1999: 497; Singh A. K. et al. 2012: 9; Weekes 2004: 160f.).

Die Feuer stellen zudem eine Belastung der unmittelbaren Umwelt dar. Beim Verbrennen (*flaming phase*) und dem anschließenden Schwelen (*smoldering phase*) der Pflanzen werden Kohlenstoffdioxid (CO₂), Kohlenstoffmonoxid (CO), Stickoxide (NO_x), unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC) und Feinstaub (PM_{2,5}) freigesetzt. Je nach Feuchtigkeitsgehalt der Blätter und Tops handelt es sich dabei um unterschiedliche Mengen. França et al. (2012) geben folgende durchschnittliche Emissionsfaktoren für *pre-harvest* Feuer an (in g kg⁻¹ verbrannte trockene Biomasse): 1303 ± 218 für CO₂, 65 ± 14 für CO, 1,5 ± 0,4 für NO_x, 16 ± 6 für unverbrannte HC und 2,6 ± 1,6 für PM_{2,5} (176). Laut Sornpoon et al. (2014) sind beim Verbrennen der Ernterückstände am Feld (*post-harvest burning*) bis zu 30% mehr Emissionen zu erwarten (681f.).

Nichtsdestotrotz wurden beziehungsweise werden diese Nachteile nach Einschätzung der FarmerInnen *finanziell* durch die Ermöglichung einer höheren Effizienz der Maschinen und/oder der ArbeiterInnen aufgewogen (vgl. Rípoli et al. 2000: 687; Wiedenfeld 2009: 102). Insbesondere bei manueller Ernte stellt das Entfernen der Blätter einen zusätzlichen Arbeitsschritt dar, der zeitaufwändig und anstrengend ist. Bei abgebranntem Zuckerrohr liegt die durchschnittliche Effizienz bei fünf Tonnen Ernte pro Tag und ArbeiterIn. Bei grüner Ernte verringert sich diese auf zwei Tonnen pro Tag und ArbeiterIn (vgl. Irvine 2004: 152). Mendoza und Samson (1999) gehen bei manuell durchgeführter grüner Ernte von Effizienzeinbußen bis zu 40% aus (o.S.). Zudem vertreibt das Feuer potentiell gefährliche Tiere von den Feldern und dient in dieser Hinsicht auch dem Schutz der ArbeiterInnen (ebd.). Bei maschineller Ernte bietet das Abbrennen den Vorteil, dass die Maschinen einwandfreier arbeiten können und die freie Sicht es ermöglicht, die Halme bodennaher abzuschneiden und so mehr Ernte einzubringen. Generell sind die Verluste bei *green cane* höher, da einerseits am Feld eine schlechtere Übersicht herrscht und andererseits mehr Stroh mitaufgeladen wird (vgl. Shanthy et al. 2013: 148f.).

Angesichts der negativen Auswirkungen auf die Luftqualität der unmittelbaren Umgebung wird seit circa zwei Jahrzehnten vermehrt die Möglichkeit des *green cane* Erntevorgangs diskutiert und umgesetzt. Erst in der Folge wurde angesichts der nun zusätzlich anfallenden Materialien deren wirtschaftliche Nutzung in Betracht gezogen. Dabei ist zu unterscheiden, dass es sowohl Nutzungsmöglichkeiten am Feld (*on-site uses*) als auch abseits des Feldes gibt

(*off-site uses*, vgl. Abbildung 4). Auf die Verwendungsmöglichkeiten abseits des Feldes wird in Kapitel 9 eingegangen.

Am Feld kann die Verwendung der Blätter als Mulch zur Feuchtigkeitsspeicherung, zur Beikrautkontrolle sowie zur Düngung dienen (vgl. Matsuoka und Stolf 2012; Mendoza et al. 2001; Trivelin et al. 2013). Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Blätter im besten Fall verarbeitet, *i.e.* gehäckselt, und gleichmäßig zwischen den Reihen verteilt werden müssen, um eine schnelle Zersetzung und Durchlässigkeit zu garantieren.⁴ Dies verlangt wiederum einen zusätzlichen Arbeitsschritt. Falls das Gebiet, in dem das betreffende Feld angesiedelt ist, hohe Niederschläge aufweist, werden die Rückstände schnell zersetzt. Ist dies nicht der Fall, ist eine Einarbeitung der Rückstände notwendig, um negative Effekte einer langsamen Zersetzung des Mulches auf die Folgeernte zu verhindern. Diese Einarbeitung ist generell energieintensiv (vgl. Wiedenfeld 2009: 103). Laut Wiedenfeld (2009) gibt es hinsichtlich der Auswirkungen des Mulchens auf die Bodenbeschaffenheit und Ernte jedoch keine verallgemeinerbaren Ergebnisse (104ff.). Bezüglich des Anteiles an Nebenprodukten, welcher am Feld belassen werden sollte, um agronomische Vorteile daraus zu ziehen, findet in der wissenschaftlichen Literatur eine rege Diskussion statt. Darauf wird im Abschnitt 7.1.2. dieser Arbeit eingegangen.

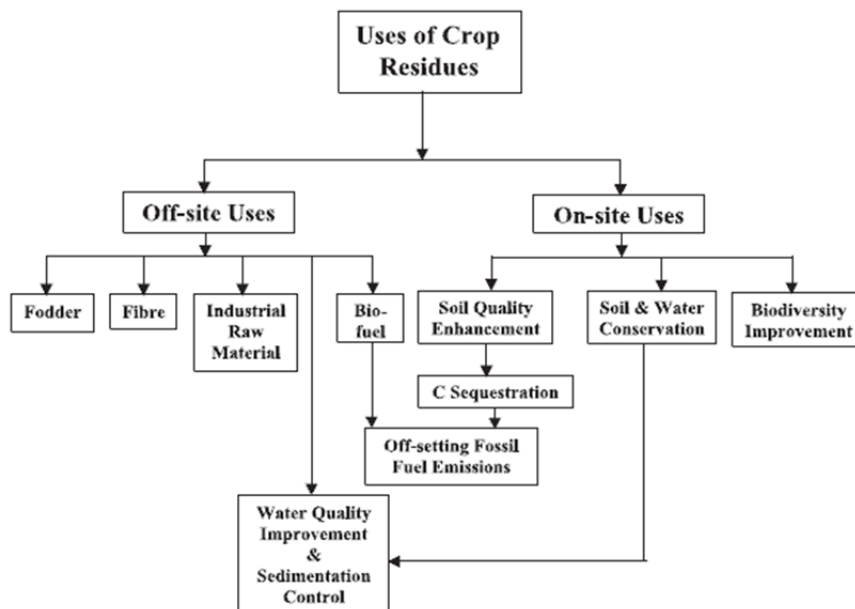


Abbildung 4. Alternative Nutzungsmöglichkeiten der Erntenebenprodukte (Quelle: Lal 2005: 577)

⁴ Hunsigi (2001) empfiehlt die Zugabe von Urea oder anderen Substanzen, welche die Zersetzung beschleunigen können (12).

Aus dem soeben Beschriebenen wird klar, dass die Frage des Abbrennens für die nachfolgenden Berechnungen zentral ist. Zu diesem Zweck fand eine umfassende Recherche zu lokal verbreiteten Erntepraktiken statt, um diese an späterer Stelle in die Berechnungen mit einbeziehen zu können.

Tabelle 4. Anteil grüner Zuckerrohrernte in ausgewählten Ländern

Nation	%	Referenzjahr	Quelle
Brasilien	97%	2015	UNICADATA 2016
Indien	75%	2001	Jain et al. 2014: 423
China	90%	1995	Yevich und Logan 2003: 15
Thailand	23%	2012	Sornpoon et al. 2014: 675
Pakistan	100%	2013 ¹	Aziz 2013: 5ff.; Nazir et al. 2013: 135
Mexiko	8,98%	2013/14	Cañeros 2016
Kuba	86%	1989	Pollitt 2004: 327

¹ Hier wird mangels näherer Information in der Quelle das Publikationsjahr als Referenzjahr angegeben.

Bei Betrachtung dieser Tabelle und den anschließenden Berechnungen gilt zu bedenken, dass bei der Praxis des Abbrennens etwa 80 bis 95% der sogenannten Nebenprodukte vernichtet werden, nicht aber die *gesamten* oberirdische Nebenprodukte. Vor allem die oberen Teile der Tops bleiben bestehen (vgl. Rípoli et al. 2000: 677). Laut Mitchell et al. (2000) werden etwa 95% der Nebenprodukte durch das Feuer zerstört, während die restlichen 5% einfach am Feld belassen werden (zitiert in Park et al. 2003: 5). Beeharry (1996) unterscheidet genauer, indem er angibt, dass 100% der trockenen Blätter (*trash*) und 90% der Tops (inklusive grüner Blätter) verbrannt werden (444).

Es gibt verschiedene Praktiken, wie mit diesen verbleibenden Rückständen verfahren wird. So gibt es die Praxis, das im Feld verbliebene Stroh nach der Ernte zu verbrennen (*post-harvest burning*); dies wird sowohl bei grüner Ernte praktiziert, als auch bei Ernten, wo bereits davor Feuer eingesetzt wurde. Dafür gibt es mehrere Gründe. Zum einen soll so in trockenen Gegenden der Gefahr eines unkontrollierten Feuers entgegnet werden, zum anderen sollen die Felder auf diese Weise billig und schnell für die darauffolgende Kultivierung vorbereitet werden (vgl. Sornpoon et al. 2014: 675; vgl. auch Mendoza und Samson 1999). Eine weitere Option ist die Verfütterung der verbleibenden Tops an Nutztiere (vgl. dazu Abschnitt 9.1.).

3.2.3. Mechanisierte Ernte der Nebenprodukte: Möglichkeiten

Wie bereits beschrieben, meint die Bezeichnung „Erntenebenprodukte“ in dieser Arbeit jene oberirdischen Teile der Zuckerrohrpflanze, die nach der Ernte der Halme übrig bleiben. Je nachdem, ob das beschriebene Erntesystem des Verbrennens angewandt wird, oder nicht, handelt es sich dabei um unterschiedliche Mengen. Da es bei den in dieser Arbeit angestellten Berechnungen um die Darstellung der potentiell verfügbaren Mengen an Erntenebenprodukten geht, werden dabei die unterschiedlichen Routen der Einbringung und deren Effizienz nicht weiter berücksichtigt. Dennoch sollen an dieser Stelle die verschiedenen Möglichkeiten der mechanisierten Einbringung der Nebenprodukte in aller Kürze umrissen werden.

Es gibt mehrere mechanisierte Varianten, die Nebenprodukte des Zuckerrohranbaus zu ernten. Grundsätzlich wird unterschieden, ob diese mitsamt den Halmen (*integral harvesting*) oder zu einem späteren Zeitpunkt in Ballen vom Feld abtransportiert werden (*baling system*). Bei jenen Routen, welche die Trennung der Halme von den Blättern und Tops bei der Fabrik vorsehen, ist es notwendig, dort eine sogenannte *dry cleaning station* zu implementieren. Zweck dieses Schrittes ist die saubere Trennung der Halme von den Blättern, den Tops und von mineralischen Verunreinigungen, um so eine effiziente Weiterverarbeitung zu ermöglichen. Beim Ballensystem wird das Stroh vor der Weiterverarbeitung zu Ballen einige Tage liegen gelassen, um den Feuchtigkeitsgehalt zu minimieren. Zudem wird grundsätzlich unterschieden, ob die Halme ganz oder gestückelt geerntet werden. So ergeben sich laut Hassuani (2005) vier theoretische Möglichkeiten der Nebenprodukternte:

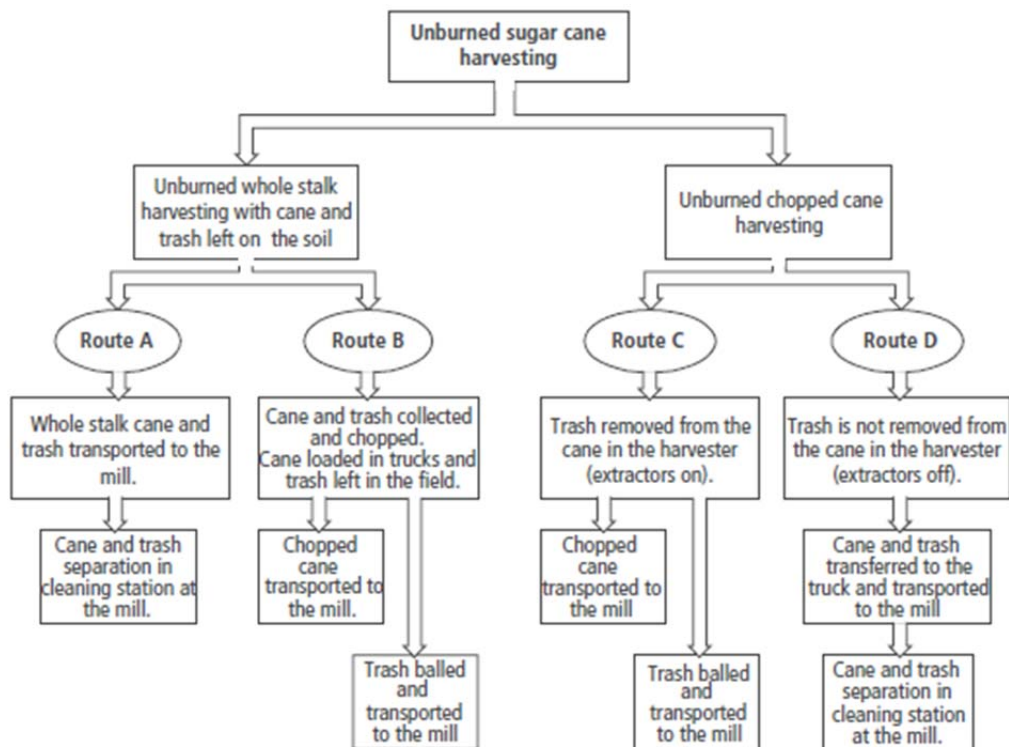


Abbildung 5. Alternative Routen, Zuckerrohr inklusive seiner oberirdischen Nebenprodukte grün zu ernten (Quelle: Hassuani 2005: 45)

Zusätzlich gibt es noch jenen – hier nicht abgebildeten – Weg, bei dem ein bestimmter Anteil der Nebenprodukte am Feld belassen wird, um dort zu den oben genannten Zwecken landwirtschaftliche Verwendung zu finden. Der restliche Anteil wird direkt mit den gestückelten Halmen verladen und zu den Fabriken gebracht (*partial cleaning route*). Auch hier ist es notwendig, bei den Fabriken Einheiten zu installieren, welche der effizienten Separation der Halme von den Nebenprodukten dienen (vgl. Marchi et al. 2005: 67ff.; Paes und Hassuani 2005: 70ff.).

Vor allem im brasilianischen Kontext finden sich agronomische Analysen, welche bezüglich dieser fünf Routen die jeweiligen Kosten der Einbringung und des Transportes, die Verluste am Feld, das Ausmaß mineralischer und pflanzlicher Verunreinigungen, das Transportvolumen der Halme und die Auswirkungen auf die bestellten Felder untersuchen und vergleichen (vgl. Cardoso et al. 2013; Hassuani et al. 2005; Macedo et al. 2001; Michelazzo und Braunbeck 2008). Dabei wird aufgezeigt, dass jene Routen, die von der Ernte ganzer Halme ausgehen (Route A und B), derzeit aufgrund mangelnden Entwicklungsstandes der entsprechenden Maschinen ökonomisch nicht rentabel sind (vgl. Marchi et al. 2005: 69). Im umfassenden Vergleich der verbleibenden drei Routen kommt Filho (2005) zum Schluss, dass jene

Alternative, bei der ein Teil der Nebenprodukte für weitere Zwecke am Feld belassen wird, ökonomisch am rentabelsten ist (85). Dies trifft allerdings nur zu, wenn geringe Mengen (bis zu 50%) des Strohs abtransportiert werden. Cardoso et al. (2013) zeigen, dass die Kosten pro Tonne genutzten Strohs bei direkter Verladung mitsamt der Halme mit anschließender Trennung bei der Fabrik (*integral harvesting*) im Vergleich zur Strohballenroute (*baling system*) billiger ist, wenn die Distanz zwischen Feld und Fabrik bei etwa 30 km und der Anteil des genutzten Strohs bei 30% der verfügbaren Menge liegen (356f.). Sind die Distanzen allerdings größer oder wird ein größerer Anteil des Strohs vom Feld entfernt, zeigt ihre Sensitivitätsanalyse, dass der Abtransport mittels Ballen wirtschaftlich rentabler ist (ebd.: 357ff.).

3.3. Ökologische und gesellschaftliche Auswirkungen

Die kommerzielle Nutzung der Zuckerrohrpflanze birgt zahlreiche Aspekte, welche einer kritischen Erwähnung bedürfen. Dabei sind sowohl negative Auswirkungen auf die betreffenden Gesellschaften als auch auf die Umwelt zu berücksichtigen. Im Folgenden wird auf die negativen Folgen der *Zuckerrohrproduktion* näher eingegangen, auf sozioökonomische und ökologische Auswirkungen der *industriellen Weiterverarbeitung* des Ernteproduktes und des globalen Handels mit Zucker kann im Rahmen dieser Arbeit nicht näher eingegangen werden.

Generell können Umweltprobleme im Zusammenhang mit Zuckerrohrkultivierung in folgende Bereiche eingeteilt werden: Biodiversitätsverlust und Zerstörung von Habitaten, Wasserverbrauch, Luftverschmutzung, Bodenqualität und Erosion. Sozioökonomische Probleme können zum einen die Sicherheit und Gesundheit der involvierten ArbeiterInnen betreffen und zum anderen die Lebenssituation von anderen in den betreffenden Gebieten lebenden Menschen (vgl. Hashem et al. 2015).

3.3.1. Biodiversität

Generell wird Zuckerrohr zumeist großflächig in Monokulturen angebaut. Dies führt insbesondere angesichts intensiver Bewirtschaftung zu einer geringen biologischen Vielfalt der Anbauflächen. Auch der Einsatz von Pestiziden und Insektiziden kann zur Verringerung der Artenvielfalt führen (vgl. Cheesman 2004: 17).

Die biologische Vielfalt der Flächen, die der Zuckerrohrproduktion unterliegen, ist zudem betroffen, wenn Habitate zerstört werden, um Produktionsflächen auszuweiten (ebd.: 12,

17). Darunter fällt etwa die Drainage von Feuchtgebieten oder die Abholzung von Wäldern, insbesondere in tropischen Gebieten (vgl. Hashem et al. 2015: 3). So wurde zwischen 1961 und 2013 die weltweit mit Zuckerrohr kultivierte Fläche von 8,9 Mio. ha auf 26,9 Mio. ha ausgeweitet (jährliche Wachstumsrate von 1,02%). Auf brasilianisches Staatsgebiet entfallen in diesem Zeitraum zwischen 15,3 und 37,8% der weltweiten Anbaugelände (vgl. FAOSTAT 2016), große Teile der Ausweitung brasilianischer Zuckerrohranbauflächen fanden im (Westen des) Bundesstaat(es) São Paulo statt (vgl. Martinelli und Filoso 2008: 886). Im brasilianischen Kontext ist das Thema der Erhaltung von Biodiversität, insbesondere angesichts der zunehmenden Nachfrage nach Bioethanol, ein häufig behandeltes Thema, weshalb dies hier zur Veranschaulichung dienen soll (vgl. Bernard et al. 2011; Cheesman 2004; Macedo 2007; Martinelli und Filoso 2008).

Die Ausweitung der Anbauflächen geht allerdings nicht immer direkt mit Abholzung oder der Drainage von Flächen einher. Zu großen Teilen werden bereits bestehende landwirtschaftliche Flächen umgewidmet (insbesondere Weideflächen, vgl. etwa Martinelli und Filoso 2008: 886). So betrafen im Bundesstaat São Paulo im Jahr 2007 56,5% der Landnutzungsänderungen im Zusammenhang mit Zuckerrohranbau Weideflächen, weitere 40,2% waren davor mit Sommerfrüchten bestellte Ackerflächen. Andere vormalige Nutzungen, wie Plantagen, Wälder oder natürliche Vegetation machten 3,24% aus (Rudorff et al. 2010: 1072f.). Damit im Zusammenhang sind allerdings insbesondere indirekte Landnutzungsänderungen zu beachten (*indirect land use change, ILUC*; vgl. Fischer et al. 2008: 41ff.). Zum Beispiel sind die mit Sojabohne kultivierten Flächen im westlichen Zentrum Brasiliens klimatisch und topographisch sehr gut für den Anbau von Zuckerrohr geeignet. So können FarmerInnen je nach Wirtschaftslage entscheiden, die dortigen Felder für den Zuckerrohranbau umzuwidmen und den Sojaanbau weiter Richtung Norden (Amazonas) zu verlegen. Dementsprechend kann die Ausweitung des Zuckerrohranbaus *indirekt* zu Landnutzungsänderungen führen, welche gravierende Auswirkungen auf die Biodiversität der betroffenen Gebiete haben (vgl. Martinelli und Filoso 2008: 886).⁵

⁵ Im Zusammenhang damit sei darauf verwiesen, dass diese indirekten Effekte ebenso Auswirkungen auf die Treibhausgasbilanz von Bioethanol haben. Searchinger et al. (2008) haben berechnet, dass sich die Zeitspanne, in der sich durch Ausweitung der Zuckerrohrflächen entstandene Kohlenstoffemissionen amortisieren, von vier auf 45 Jahre verlängern kann, wenn man nicht bloß die Umwidmung von Weideflächen beachtet, sondern auch den eben beschriebenen ILUC auf Flächen des brasilianischen Regenwaldes miteinbezieht (1240).

3.3.2. Bodenquantität und -qualität

Böden sind durch den kommerziellen Anbau von Zuckerrohr in mehrfacher Hinsicht negativ betroffen. Durch Bodenerosion und –degradation in Zuckerrohrmonokulturen können Flächen für agrarische Nutzung verloren gehen; insbesondere Böden in tropischen Gebieten, deren Bodenbildungsrate geringer als die Erosionsrate ist, sowie Böden in Hanglagen und zu Brachzeiten sind betroffen. Schätzungen gehen von jährlichen Verlusten zwischen 15 und 500 t Oberboden ha⁻¹ aus (vgl. Hashem et al. 2015: 3), für Felder im brasilianischen Bundesstaat São Paulo wird angenommen, dass es zu Verlusten von bis zu 30 t ha⁻¹ yr⁻¹ kommt (vgl. Martinelli und Filoso 2008: 888). Zusätzlich wird bei der Ernte Bodenmaterial entnommen; zwischen 3 und 5% der eingebrachten Ernte stellt Erde dar (vgl. Cheesman 2004: 119f., 124f.).

Böden werden auch in qualitativer Hinsicht durch Zuckerrohranbau belastet, da sich die Boden- und die Nährstoffzusammensetzung verändern, sowie die Biodiversität der Böden beeinflusst wird. Durch die Bearbeitung mit schweren Maschinen kommt es zu Bodenverdichtung bis zur Versiegelung der Böden. Zusätzlich kann es durch unsachgemäßen Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden zu einer Akkumulation dieser Stoffe und zur Versalzung der Böden kommen (vgl. Cheesman 2004: 125ff.). Die Praxis des Abbrennens der Nebenprodukte vor oder nach der Ernte kann ebenso negative Auswirkungen auf die Böden haben, da die Bodentemperatur, -dichte und -erosionsrate erhöht und die Feuchtigkeit der Böden verringert wird (vgl. Martinelli und Filoso 2008: 891).

Wie in Abschnitt 3.2.2. erwähnt wird, kann der Erosion der Böden entgegengewirkt werden, indem die Oberfläche durch Mulch geschützt wird beziehungsweise gehäckselte Ernterückstände in den Boden eingearbeitet werden (vgl. auch Cheesman 2004: 34). Die Kultivierung von Zuckerrohr über mehrere Jahre hinweg (*ratooning*) kann ebenfalls zur Verminderung der Erosionsrate dienen, da das ausgedehnte Wurzelsystem den Boden stabilisiert und das Umpflügen der Felder minimiert wird (ebd.: 119ff.).

3.3.3. Wasserverbrauch und -qualität

Wasserressourcen in Anbaugebieten sind sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht betroffen. Zum einen werden in der Produktion von Zuckerrohr große Mengen Wasser benötigt, insbesondere wenn es sich um bewässerten Anbau handelt. Laut Mekonnen und Hoekstra (2011) werden im globalen Durchschnitt 210 m³ Wasser pro produzierter Ton-

ne Zuckerrohr benötigt ($176 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$ bei nicht bewässertem Anbau, $238 \text{ m}^3 \text{ ton}^{-1}$ bei bewässertem Anbau; 1586, 1594).⁶ Der *water footprint* brasilianischen und mexikanischen Zuckerrohrs liegt dabei unter diesem Durchschnittswert, während für die Produktion in Kuba mehr als das doppelte dieser Mengen benötigt werden. Auch in Indien und in Pakistan liegt der *water footprint* weit über diesem Durchschnittswert; insbesondere weisen diese beiden Länder einen vergleichsweise hohen *blue water footprint* durch Bewässerung auf. Thailand übersteigt den globalen Durchschnittswert geringfügig (vgl. Mekonnen und Hoekstra 2010: Appendix II).

Die Bewertung des Wasserverbrauches hängt eng mit der Notwendigkeit des Bewässerns zusammen; ist es erforderlich in Gebieten mit genereller Wasserknappheit knappe Wasserressourcen für den Zuckerrohranbau zu verwenden, ist der hohe Wasserbedarf von großer Tragweite für die Region (vgl. Kovac und Zimmer 2012: 32f.).

In qualitativer Hinsicht wirkt sich die zum Teil intensive Anwendung von Agro-Chemikalien wie etwa Düngemittel (insbesondere Stickstoffdünger), Herbiziden und Pestiziden auf das Grundwasser und die umliegenden Gewässer aus. Durch die Auswaschung der Sedimente in das Wassersystem werden örtliche Wasserressourcen verschmutzt (vgl. Hashem et al. 2015: 3f.; Martinelli und Filoso 2008: 888ff.). Zusätzlich können die offenen Wassersysteme der Umgebung durch Rußpartikel verunreinigt werden, falls die Blätter und Tops vor der Ernte abgebrannt werden (vgl. Kovac und Zimmer 2012: 34). In der Folge kann es zu akuten Vergiftungen wie auch zu chronischen Krankheiten der lokalen Bevölkerung sowie der ArbeiterInnen kommen (vgl. Hashem et al. 2015: 3f.). Hinzu kommen oftmals veraltete Bewässerungssysteme, welche mit einer geringen Nutzungseffizienz einhergehen (vgl. Kovac und Zimmer 2012: 32f.). In der Optimierung der Bewässerung liegt bezüglich dieses Aspektes großes Potential, da die Pflanze wie oben besprochen je nach Wachstumsphase unterschiedliche Ansprüche hinsichtlich der Wasserzufuhr hat. So kann einer Verschwendung der Resource entgegengewirkt werden (vgl. Cheesman 2004: 58ff.).

⁶ Dieser Wert erhöht sich drastisch, wenn der *water footprint* der weiterverarbeiteten Produkte betrachtet wird: Pro produzierter Tonne Rohzucker aus Zuckerrohr werden im weltweiten Durchschnitt 1666 m^3 Wasser benötigt, pro Tonne raffiniertem Zucker 1782 m^3 (vgl. Mekonnen und Hoekstra 2011: 1586). Pro Liter Bioethanol aus Zuckerrohr werden 2107 Liter Wasser benötigt (bzw. $91 \text{ m}^3 \text{ GJ}^{-1}$; ebd.: 1592).

3.3.4. Luftqualität

Das oben beschriebene Abbrennen der Nebenprodukte führt zur temporären Verschmutzung der Luft (und der umliegenden Gebiete und Gewässer) mit Rußpartikeln, Asche und Gasen wie etwa Kohlenmonoxid und Ozon (siehe Abschnitt 3.2.2.). Park et al. (2003) berechnen etwa für den australischen Kontext, dass die Praxis des Abbrennens vor der Ernte den größten Beitrag zu den Treibhausgasemissionen der Zuckerrohrproduktion hat (10).

Durch den Rauch, welcher während der Erntezeit die betreffenden Gebiete bedeckt, werden die Wolkenschicht erwärmt sowie jene Aufwinde reduziert, die zur Wolkenbildung beitragen. Problematisch ist hierbei, dass Rauch durchlässiger für Sonnenstrahlung ist, als Wolken und damit weniger Rückstrahlvermögen hat, was Einfluss auf das regionale Klima haben kann (vgl. Hashem et al. 2015: 4).

Laut Sornpoon et al. (2014) ist zu unterscheiden, ob es sich um *pre-harvest* oder um *post-harvest* Feuer handelt. So entstehen bei Letztgenannten bis zu 30% mehr Emissionen und Verunreinigungen, da der *combustion factor* höher ist.⁷ Das bedeutet, dass im Falle von Feuern vor der Ernte ein kleinerer Anteil der Biomasse verbrannt wird (und weniger Emissionen und Stoffe freigesetzt werden) als dies bei Feuern nach der Ernte der Fall ist. *Post-harvest burning* führt in der Studie von Sornpoon et al. (2014) mit einem *combustion factor* von 0,83 zur Verbrennung von 0,66 kg Biomasse m⁻², während bei *pre-harvest* Feuern 0,51 kg m⁻² zerstört werden (679ff.). Ausschlaggebend ist dabei der höhere Feuchtigkeitsgehalt des Brennmaterials, insbesondere der Blätter, bei *pre-harvest* Feuern.

3.4.5. Gesellschaft

Kommerzielle Zuckerrohrproduktion geht auch mit gesellschaftlichen Problematiken einher. Diese können einerseits *Folgen der oben beschriebenen ökologischen Probleme* darstellen. Ein Beispiel stellt die Zerstörung von Subsistenzweisen (*rural livelihoods*), welche von den verschmutzten oder versiegenden Wasserressourcen abhängen, wie etwa Fischerei und Bootsbau, dar (Hashem et al. 2015: 6). Zudem kann es bei der regionalen Bevölkerung infolge der Rauch- und Ascheentwicklung beim Abbrennen der Felder zu Atemwegsproblemen,

⁷ Bei dem *combustion factor* handelt es sich um eine Kennzahl zur Beschreibung unvollständiger Verbrennungsvorgänge, *i.e.* dem Verhältnis zwischen tatsächlich freigesetzter Hitze und dem theoretischen Maximum freisetzbarer Hitze eines Stoffes. Das Verhältnis kann demnach zwischen 0 und 1 liegen, wobei 1 für die vollständige Verbrennung des Stoffes steht, während 0 bedeutet, dass keine Verbrennung stattfindet (vgl. Fontana et al. 2016: 1137).

verringertes Lungenfunktion, verschlimmertem Asthma, zur Entwicklung chronischer Bronchitis und bei Menschen mit Herz- und Lungenerkrankung zu Herzattacken und zum früher eintretendem Tod kommen (vgl. Hiscox et al. 2015: 155; vgl. auch Ribeiro 2008). Insbesondere Kinder und ältere Personen sind von der erhöhten Feinstaubbelastung während der Erntesaison betroffen; ein Zusammenhang zwischen Krankenhausaufenthalten aufgrund von Atemwegsproblemen und der Erntezeit konnte in einer Studie von Cançado et al. (2006) gezeigt werden.

Andererseits sind sozioökonomische Probleme *im Zusammenhang mit der Produktion* selbst festzumachen. Im Zuge der Ausweitung der Anbauflächen kann es zu Vertreibungen oder erzwungenen Umsiedlungen der Bevölkerung kommen. Lebensunterhalte wie etwa jene von ViehzüchterInnen oder kleinbäuerlichen Betrieben werden zerstört (vgl. Kovac und Zimmer 2012: 38f.). In diesem Zusammenhang ist auf das Phänomen des *land grabbing* hinzuweisen. Laut Thorpe (2013) wurden zwischen 2000 und 2013 zumindest 4 Mio. ha Land mittels großskaliger Käufe von der Zuckerindustrie akquiriert. Käufe, welche mit Menschenrechtsverletzungen, Verletzungen des *informed consent*, der Vernachlässigung oder Unterlassung einer umfassenden Begutachtung der sozialen, ökonomischen oder ökologischen Folgen, dem Fehlen transparenter Verträge und/oder dem Fehlen von demokratischen Partizipationsmöglichkeiten der betroffenen Bevölkerung in Verbindung gebracht werden können. Insbesondere indigene Gesellschaften sind hiervon betroffen, Landkonflikte sind zum Teil die Folge (1ff.; vgl. auch Kovac und Zimmer 2012: 38ff.).

Die Arbeit in Zuckerrohrfeldern ist – vor allem, wenn der Mechanisierungsgrad gering ist und es sich um manuelle Ernte handelt – mit zahlreichen körperlichen Gefahren verbunden. Einerseits kann es zu Verletzungen während der Ernte kommen, andererseits sind die ArbeiterInnen aufgrund der körperlichen Belastung und der repetitiven Bewegungen von chronischen physischen Problemen betroffen.⁸ Hinzu kommen weitere Folgeerscheinung der schweren Arbeit und der Arbeitsbedingungen, wie etwa das häufige Auftreten der chronischen Nierenkrankheit (Englisch *chronic kidney disease*; vgl. Hashem et al. 2015: 6f.). Generell sind ErntearbeiterInnen von prekären Arbeitsbedingungen betroffen, zuweilen ist auch

⁸ Zur Veranschaulichung sei hier erwähnt, dass beispielsweise 6 t geerntetes Zuckerrohr pro Tag bedeutet, dass eine Machete etwa 70.000 Mal geschwungen werden musste, während eine Distanz von 4,5 km zurückgelegt wurde und die jeweils 15 kg schweren Bündel von Halmen zwischen 1,5 und 3 m getragen wurden (vgl. Martinielli und Filoso 2012: 893).

von Sklavenarbeit die Rede (vgl. Kovac und Zimmer 2012: 46f.; Martinelli und Filoso 2008: 892f.).

Hinsichtlich der Ausweitung der Produktionsflächen für die Herstellung von Bioethanol gilt es Fragen der Ernährungssicherheit zu berücksichtigen. Eine Reduktion der für Nahrungsmittelproduktion verfügbaren Flächen kann zu Versorgungsengpässen und so zu erhöhten Preisen führen. Laut Fischer et al. (2008) sind allerdings seit den 1990er Jahren Ausweitungen hauptsächlich auf Kosten der Weidewirtschaft vonstattengegangen (44; vgl. hierzu auch Abschnitt 3.3.1. zum Thema *indirect land use change*). Zusätzlich wurden gleichzeitig jene Flächen ausgeweitet, die der Zuckerproduktion für die menschliche Ernährung dienen (vgl. Kovac und Zimmer 2012: 41).

4. Produktion: Länderprofile

Laut FAO wurde Zuckerrohr im Jahr 2014 in 103 Ländern produziert; fünfzehn dieser Länder waren für 88,9% der weltweiten Produktion verantwortlich. Tabelle 5 zeigt die bedeutendsten Produktionsländer des Jahres 2014 sowie in den Zeiträumen 1961 - 2014, 1961 - 1970 und 2000 - 2010. Bei vergleichender Betrachtung der ausgewählten Jahrzehnte lässt sich feststellen, dass es in der Rangordnung der wichtigsten Produktionsländer geringfügige Verschiebungen gab. Einige Nationen, welche Mitte des 20. Jahrhunderts global eine wichtige Rolle spielten, sind im Verlauf der vergangenen Jahrzehnte in ihrer Bedeutung in den Hintergrund getreten. Beispiele hierfür sind Puerto Rico, Kuba, die Dominikanische Republik sowie die Vereinigten Staaten von Amerika (USA). Andere Nationen wie etwa Brasilien, China und Thailand sind im Verlauf dieser Jahrzehnte zu den global wichtigsten Produktionsländern aufgestiegen (FAOSTAT 2016; vgl. hierzu auch Fischer et al. 2008: 30f.).

Tabelle 5. Prozentueller Anteil ausgewählter Produktionsländer an den weltweiten Produktionsmengen seit 1961. In Klammer steht der jeweilige Rang im globalen Vergleich (Quelle: FAOSTAT 2016, eigene Berechnungen)

	2014	1961-2014	1961-1970	2001-2010
Brasilien	39,07 % (1)	27,36 % (1)	14,13 % (2)	34,01 % (1)
Indien	18,69 % (2)	20,54 % (2)	21,91 % (1)	19,72 % (2)
China	6,70 % (3)	5,78 % (3)	3,48 % (8)	6,77 % (3)
Thailand	5,50 % (4)	3,52 % (7)	0,58 % (24)	4,19 % (4)
Pakistan	3,33 % (5)	3,58 % (6)	3,78 % (7)	3,43 % (5)
Mexiko	3,01 % (6)	3,90 % (5)	5,63 % (4)	3,35 % (6)
Kolumbien	1,94 % (7)	2,55 % (10)	2,63 % (10)	2,48 % (7)
Australien	1,62 % (8)	2,53 % (11)	2,99 % (9)	2,30 % (8)
Indonesien	1,52 % (9)	2,10 % (12)	2,00 % (13)	1,79 % (11)
USA	1,46 % (10)	2,56 % (9)	4,23 % (5)	1,99 % (10)
Guatemala	1,45 % (11)	1,05 % (16)	0,45 % (28)	1,35 % (14)
Philippinen	1,33 % (12)	2,68 % (8)	4,19 % (6)	2,09 % (9)
Argentinien	1,30 % (13)	1,62 % (14)	2,13 % (12)	1,55 % (12)
Vietnam	1,05 % (14)	0,79 % (17)	0,28 % (37)	1,09 % (17)
Kuba	0,96 % (15)	4,50 % (4)	9,39 % (3)	1,28 % (15)
Südafrika	0,94 % (16)	1,70 % (13)	2,36 % (11)	1,35 % (13)
Ägypten	0,85 % (17)	1,07 % (15)	1,07 % (19)	1,09 % (16)
Peru	0,60 % (18)	0,78 % (18)	1,60 % (14)	0,58 % (19)

Fortsetzung Tabelle 5

Myanmar	0,59 % (19)	0,40 % (24)	0,25 % (40)	0,55 % (20)
Bolivien	0,44 % (20)	0,34 % (28)	0,20 % (42)	0,39 % (24)
Ecuador	0,44 % (21)	0,65 % (20)	1,45 % (17)	0,48 % (21)
Venezuela	0,33 % (28)	0,62 % (22)	0,71 % (22)	0,61 % (18)
Dominikanische Republik	0,27 % (31)	0,71 % (19)	1,45 % (16)	0,33 % (27)
Bangladesch	0,24 % (32)	0,63 % (21)	1,26 % (18)	0,40 % (23)
Mauritius	0,21 % (34)	0,51 % (23)	1,04 % (20)	0,33 % (28)
Puerto Rico	- (-)	0,23 % (38)	1,53 % (15)	0,00 % (94) ¹

¹0,000385703 %

Betrachtet man die Anteile an der weltweiten Produktionsmenge von Zuckerrohr im Zusammenhang mit den Anteilen der mit Zuckerrohr bestellten Flächen an den jeweiligen nationalen landwirtschaftlich genutzten Flächen so liegt eine Einteilung in mehrere Kategorien nahe. Wie in Abbildung 6 ersichtlich ist, gibt es einerseits Länder, welche angesichts ihrer Produktionsmengen insbesondere global von Bedeutung sind (*i.e.* im Jahr 2011 mehr als zwei Prozent der globalen Erntemengen produziert haben). In diese Gruppe fallen etwa Indien, China und Mexiko (Kategorie A). Andererseits gibt es Nationen, welche zur globalen Produktion von Zuckerrohr lediglich einen geringen Prozentsatz beisteuern, die jeweiligen Produktionsflächen aber einen signifikanten Anteil der nationalen landwirtschaftlich bestellten Flächen (*national agricultural area*, NAA) einnehmen und die Kultivierung der Pflanze demnach beachtenswerten ökologischen wie auch wirtschaftlichen Einfluss auf die jeweilige Nation hat (*i.e.* die mit Zuckerrohr bestellten Flächen mehr als drei Prozent der nationalen landwirtschaftlich genutzten Flächen einnehmen, ihr Anteil an der Weltproduktion jedoch geringer als zwei Prozent ist). Dabei handelt es sich etwa um Kuba, Guatemala, die Dominikanische Republik, Ägypten und die Philippinen (Kategorie B). Brasilien, Pakistan und Thailand erfüllen beide dieser Kriterien, weshalb sie in Abbildung 6 unter Kategorie C zusammengefasst werden.

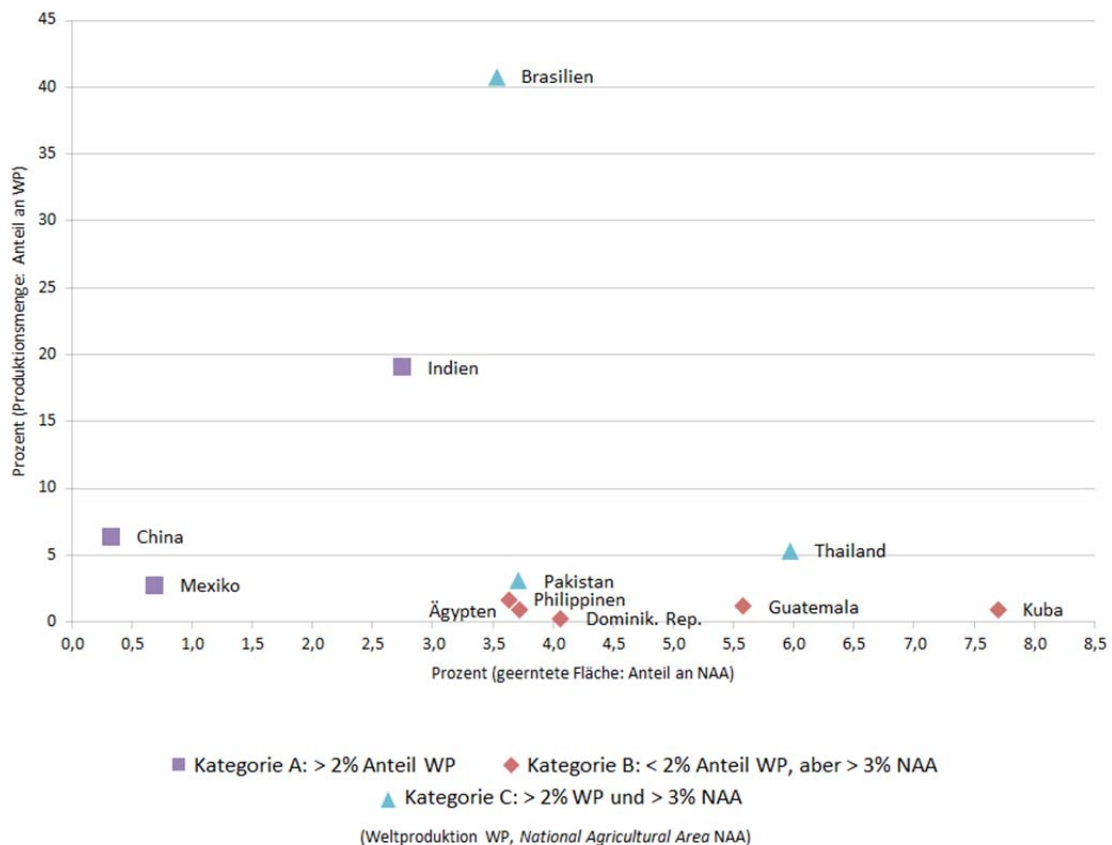


Abbildung 6. Zuckerrohranbauflächen und Produktionsmengen 2011: Gegenüberstellung des Anteils an nationaler landwirtschaftlich genutzter Fläche (NAA) und des Anteils an der Weltproduktion (WP) (Quellen: FAOSTAT 2016 und Weltbank 2015, eigene Berechnungen)

Im Folgenden werden jene sechs Nationen kurz charakterisiert, welche im Jahr 2014 jeweils mehr als zwei Prozent der globalen Erntemengen produziert haben: Brasilien, Indien, China, Thailand, Pakistan und Mexiko (vgl. Tabelle 5). Zudem wird Kuba als Beispiel für Kategorie B miteinbezogen. Insgesamt lag im Jahr 2014 der Anteil dieser sieben Länder sowohl an der Weltproduktion als auch an der weltweiten Anbaufläche bei 77% (vgl. Tabelle 6).

Tabelle 6. Produktionsmengen (t) und Anbauflächen (ha) der ausgewählten Nationen, sowie ihr jeweiliger Anteil an der weltweiten Produktion und den weltweiten Anbauflächen im Jahr 2014
(Quelle: FAOSTAT 2016, eigene Berechnungen)

	Produktions- menge	Anteil an Welt, gesamt	Anbaufläche	Anteil an Welt, gesamt
Brasilien	736108487 t	39,07 %	10419678 ha	38,41 %
Indien	352142000 t	18,69 %	5012000 ha	18,48 %
China	126153469 t	6,70 %	1768388 ha	6,52 %
Thailand	103697005 t	5,50 %	1353025 ha	4,99 %
Pakistan	62826458 t	3,33 %	1140492 ha	4,20 %
Mexiko	56672829 t	3,01 %	761834 ha	2,81 %
Kuba	18000000 t	0,96 %	450200 ha	1,66 %
Welt, gesamt	1884246253 t		27124723 ha	
Summe: Anteil an Welt, gesamt		77,25 %		77,07 %

4.1. Brasilien

Zuckerrohr nimmt in Brasilien seit Beginn des 16. Jahrhunderts eine große wirtschaftliche Rolle ein (vgl. Cheavegatti-Gianotto et al. 2011: 63). Gegenwärtig ist Brasilien mit einem Anteil von 39,1% an der weltweiten Produktion (2014) der weltweit größte Zuckerrohrproduzent. Sein Anteil beträgt mehr als das Doppelte des Anteils Indiens, dem global zweitgrößten Produzenten (18,7%; vgl. FAOSTAT 2016). Das südliche Zentralbrasilien ist mit den Bundesstaaten São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Paraná, Mato Grosso und Mato Grosso do Sul für etwa 90% der gesamten Zuckerrohrproduktion Brasiliens verantwortlich. Insbesondere Bedeutung kommt São Paulo zu, wo knapp 54% des gesamten brasilianischen Zuckerrohrs produziert werden (vgl. Conab 2016). Seit 2008 werden mehr als drei Prozent der landwirtschaftlich genutzten Fläche Brasiliens mit Zuckerrohr bewirtschaftet (Abbildung 7(d); 2011: 3,5%), das entspricht knapp 9,6 Millionen Hektar (Abbildung 7(b); vgl. FAOSTAT 2016). Wiederum entfallen von diesen Flächen mehr als 85% auf das südliche Zentralbrasilien beziehungsweise liegen etwa 52% der gesamten Flächen im Bundesstaat São Paulo (vgl. Conab 2016). Insbesondere seit Beginn des 21. Jahrhunderts ist eine rasante Zunahme der Anbauflächen zu beobachten, während insgesamt die landwirtschaftlich genutzte Fläche weitaus geringeres Wachstum zeigt.

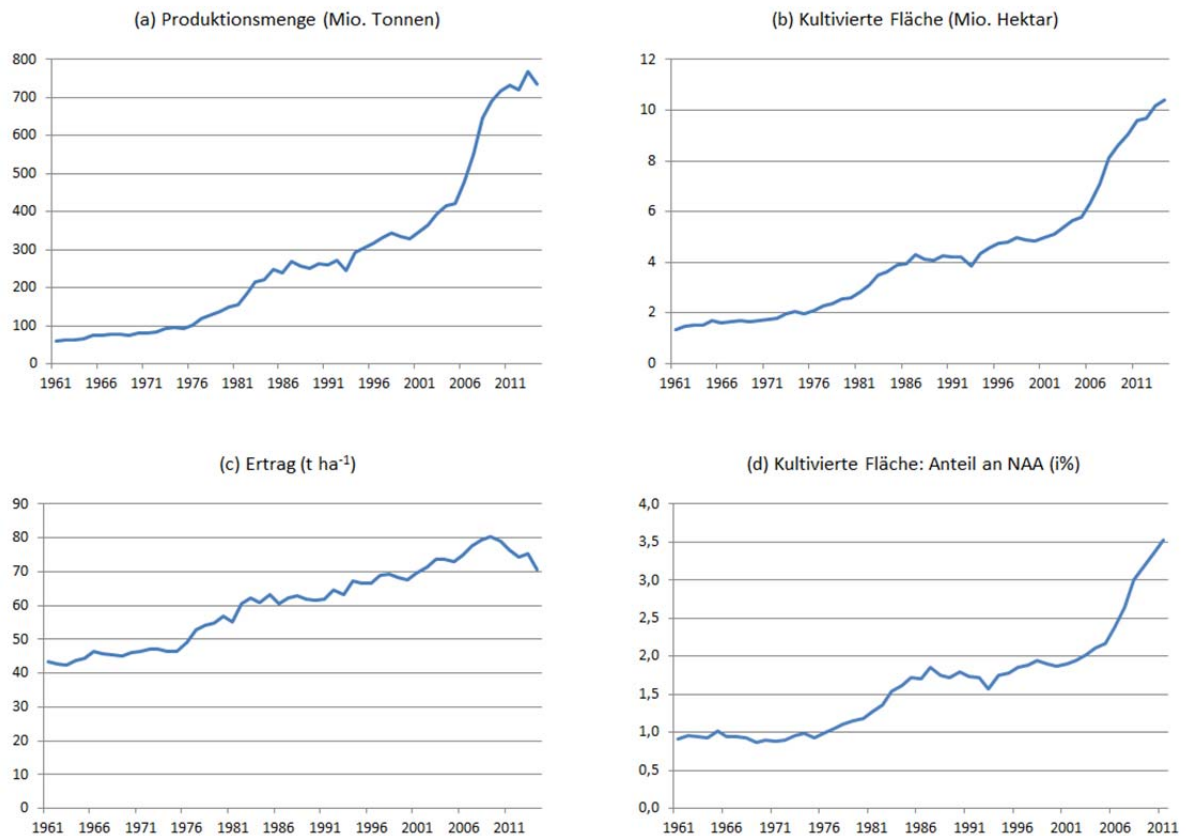


Abbildung 7. Zuckerrohranbau in Brasilien: (a) Produktionsmenge, (b) kultivierte Fläche, (c) Ertrag (geerntetes Zuckerrohr in Tonnen pro Hektar kultivierter Fläche) und (d) Anteil der kultivierten Fläche an der nationalen landwirtschaftlich genutzten Fläche (*national agricultural area*, NAA)
(Quellen: FAOSTAT 2016 und Weltbank 2015, eigene Berechnungen)

Wie bereits erwähnt, nimmt in Brasilien die Produktion von Ethanol eine bedeutende Rolle ein. 2015/16 wurden knapp 60% der Ernte der Ethanolherstellung zugeführt, gesamt wurden 30,5 Milliarden Liter Ethanol produziert. Davon entfallen wiederum etwas mehr als 62% auf die Herstellung von wasserhaltigem Alkohol (19,3 Milliarden Liter; vgl. Conab 2016). Lediglich ein kleiner Anteil dieser Mengen ist – im Gegensatz zum Zucker, wovon 2015/16 mehr als 70% exportiert wurden (vgl. USDA 2016d) – für den Export bestimmt, 2015/16 wurden etwa 2,2 Milliarden Liter ins Ausland verkauft (das entspricht 7,1% der gesamten Ethanolproduktion Brasiliens). Die Vereinigten Staaten von Amerika (knapp 1 Mio. Liter), Südkorea (0,6 Mio. Liter), China (0,15 Mio. Liter) und die Niederlande (0,1 Mio. Liter) waren 2015/16 besonders wichtige Abnehmer, wobei bei den Exportmengen und Abnehmern jährlich große Schwankungen zu beobachten sind (vgl. UNICADATA 2016).

Der hohe inländische Bedarf an Ethanol ist historisch bedingt. Angesichts der Ölpreiskrise 1972 beschloss die brasilianische Regierung seine Abhängigkeit von Erdölimporten zu verrin-

gern, indem sie die Ethanolproduktion auf Basis von Zuckerrohr förderte und so für die inländische Zuckerindustrie einen neuen Absatzmarkt schuf. Das sogenannte *Próalcool*-Programm wurde 1975 verabschiedet und hatte in der Folge große Auswirkungen auf Brasiliens Zuckerrohrproduktion. Neben staatlichen Subventionen und Preisregulierungen wurde die Beimischung von Ethanol zu Benzin gesetzlich verankert. Zudem wurde die Forschung in diesen Bereichen vorangetrieben. Nach Mayer (2010) kann man dieses Programm und seine Auswirkungen in vier Phasen einteilen: In der ersten Phase, zwischen 1975 und 1979 wurden entsprechende Infrastrukturen implementiert, während zwischen 1979 und 1985 die Beimischung von 20% Ethanol zu Benzin verpflichtend wurde und so große Produktionssteigerungen erzielt wurden. Zwischen 1985 und 2000 schwenkte der Fokus wieder auf exportorientierte Zuckerproduktion um und das *Próalcool*-Programm stagnierte. Seit 2000 wurde der inländische Ethanolmarkt wieder forciert und entsprechende Produktionssteigerungen erzielt (76ff.).

Weitere Nutzungen der Zuckerrohrhalme in Brasilien sind die Verfütterung, die Herstellung von Spirituosen (sog. *Cachaça*) und von Sirup für Getränke (vgl. Cheavegatti-Gianotto et al. 2011: 63).

In Brasilien wird Zuckerrohr vor allem von Großkonzernen produziert, insbesondere seit Beginn der großflächigen Mechanisierung können Kleinbauern und –bäuerinnen entsprechende Infrastrukturen nicht mehr finanzieren. Brasilianische Förderungen und Unterstützungssysteme sind zudem hauptsächlich auf Großkonzerne ausgelegt (vgl. Mayer 2010: 85). Gleichzeitig schafft die Zuckerindustrie viele Arbeitsplätze, etwa eine Million Menschen ist in diesem Industriezweig tätig (ebd.: 84; vgl. jedoch hierzu die in Abschnitt 3.4.5. beschriebenen Arbeitsbedingungen). Allerdings sind ebendiese Arbeitsplätze seit den späten 1980er Jahren schwerwiegenden Änderungen unterworfen. Nebst einer fortschreitenden Mechanisierung hatte die gesetzliche Regelung des Einsatzes von Feuer große Auswirkungen auf den Berufsstand der ErntehelferInnen. Mit 1988 trat der erste Erlass in Kraft, welcher das Abbrennen der Felder in der Nähe von Stromleitungen, Straßen und Bahngleisen untersagte, während ein Erlass von 1997 das Abbrennen aller mechanisiert geernteten Flächen im gesamten Bundesstaat São Paulo bis 2005 gänzlich eliminieren sollte (und aller manuell geernteten Felder bis 2012). Letztlich wurde 2002 auf staatlicher Ebene ein Gesetz erlassen, welches ebenso auf die vollständige Abschaffung der Praxis des Feuers als Erntehilfsmittel bis

2031 im Bundesstaat São Paulo abzielt. 2006 unterzeichnete die Vereinigung der Zuckerindustrie UNICA eine Absichtserklärung, welche die Umstellung auf grüne Ernte mechanisch geernteter Flächen bis 2014 und manuell geernteter Felder bis 2017 vorsah (vgl. Ronquim 2010: 16ff.).

4.2. Indien

Indien ist das zweitgrößte Produktionsland von Zuckerrohr (sowohl 2014 wie auch auf den gesamten Zeitraum 1961 - 2014 bezogen). Vor Reis und Futtermitteln ist Zuckerrohr die wichtigste Feldfrucht Indiens (vgl. FAOSTAT 2016). Dabei stellen der nordöstliche Bundesstaat Uttar Pradesh (33% der nationalen Produktion zwischen 2005 und 2010), der südwestliche Bundesstaat Maharashtra (29%) und der südliche Bundesstaat Tamil Nadu (12%) die wichtigsten Produktionsregionen dar (vgl. USDA o.J.a). Im Jahr 2011 wurde auf einer Fläche von knapp fünf Millionen Hektar Zuckerrohr angebaut. Das entspricht 2,8% der 2011 landwirtschaftlich genutzten Fläche Indiens (Abbildung 8(b) und (d)). Neben der Baumwollproduktion ist Zucker die größte Agrarindustrie des Landes und somit von großer ökonomischer Wichtigkeit. Etwa 7,5% der ländlichen Bevölkerung sind in diesem Sektor tätig (vgl. Solomon 2014: 113). Zuckerrohr und seine Produkte steuern etwa 1,1% zum nationalen Bruttoinlandsprodukt bei beziehungsweise machen diese Einnahmen etwa zehn Prozent der in der Landwirtschaft erwirtschafteten Gewinne aus (ebd.: 115).

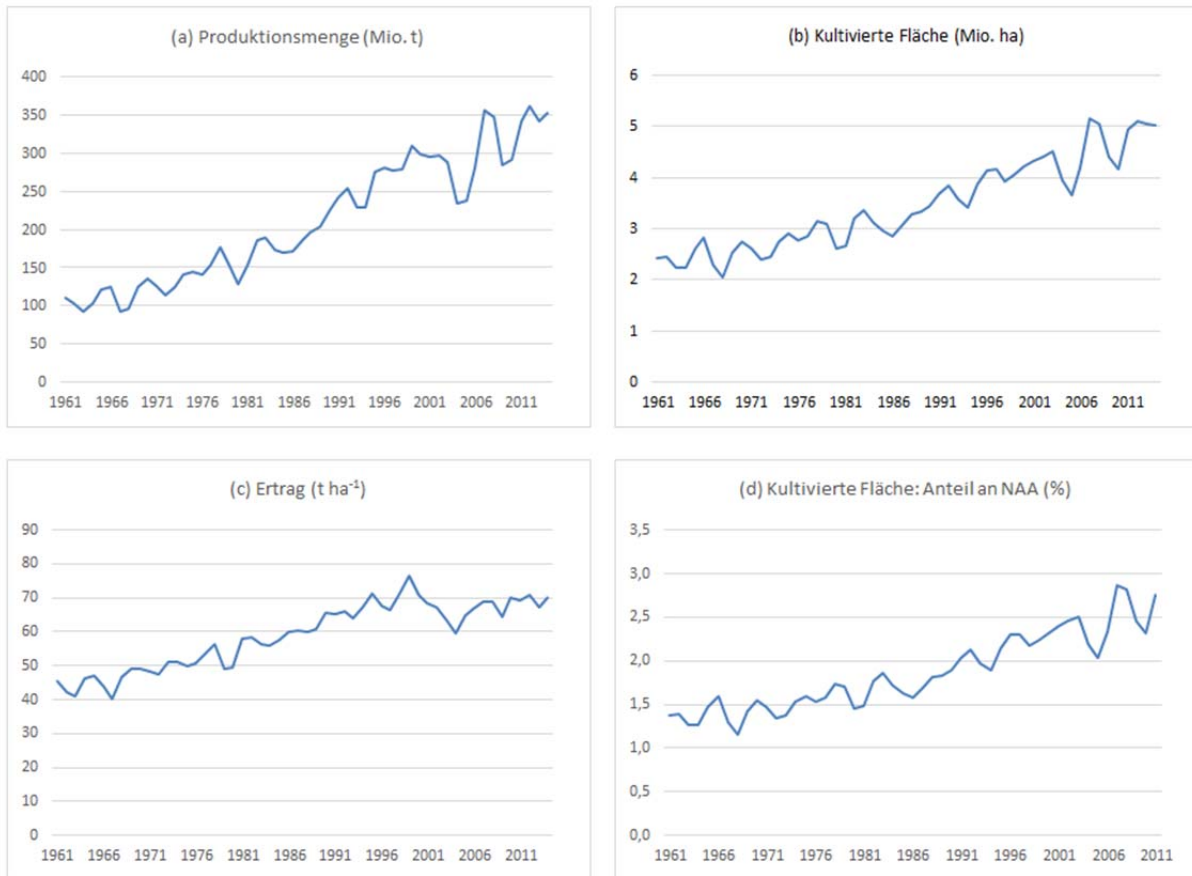


Abbildung 8. Zuckerrohrbanbau in Indien: (a) Produktionsmenge, (b) kultivierte Fläche, (c) Ertrag (geerntetes Zuckerrohr in Tonnen pro Hektar kultivierter Fläche) und (d) Anteil der kultivierten Fläche an der nationalen landwirtschaftlich genutzten Fläche (*national agricultural area, NAA*)
 (Quellen: FAOSTAT 2016 und Weltbank 2015, eigene Berechnungen)

Im vergangenen Jahrzehnt lag Indiens Anteil an der globalen Zuckerproduktion zwischen 11,1% (2008/09) und 17,2% (2014/15), während sein Anteil des nationalen Zuckerkonsums am globalen Zuckerkonsum konstant zwischen 14,5% (2009/10) und 15,5% (2015/16) lag (vgl. USDA 2016d). Beim weltweit zweitgrößten Zuckerrohrproduzenten handelt es sich demnach nicht um ein Exportland, wobei der jährliche Pro Kopf Konsum von raffiniertem Zucker unter dem globalen und weit unter dem europäischen und dem amerikanischen Durchschnittsverbrauch liegt (19,6 kg/Person/Jahr im Vergleich zu 24 kg/Person/Jahr beziehungsweise 35-40 kg/Person/Jahr). Großabnehmer spielen beim nationalen Bedarf eine wichtige Rolle; 35 bis 40% entfallen auf die Privathaushalte. Indiens Bevölkerungswachstum und der steigende Pro Kopf Konsum müssen in den kommenden Jahrzehnten durch Ertrags- und Effizienzsteigerungen in der Zuckergewinnung gedeckt werden, da eine Ausweitung der Flächen nur bedingt möglich ist (vgl. Solomon 2014: 115).

Indiens Zuckerindustrie ist laut Solomon (2014) energieautark, da durch die Verwertung der Nebenprodukte (Bagasse) genügend Energie erzeugt wird, um den Eigenbedarf der Fabriken zu decken und sogar Überschüsse in das Stromnetz einzuspeisen (114).

Im Fall von Indien ist insbesondere zu bedenken, dass hier neben der großskaligen Produktion von raffiniertem Zucker der Sektor des bäuerlichen Gewerbes große Mengen verarbeitet, um sogenanntes *Gur* (traditionell nicht raffinierter, verfestigter Zuckersirup) und *Khandsari* (nicht raffinierter, kristallisierter Zucker) herzustellen (vgl. FAO 1997: 12ff.). So wurden in der Saison 2012/13 laut Bhardwaj und Singh (o.J.) alleine im Bundesstaat Uttar Pradesh zwischen 31 und 32% der Ernte für die Herstellung von *Gur* und weitere ein bis zwei Prozent für die Herstellung von *Khandsari* verwendet (5). Zu betonen ist, dass bei der heimbetrieblichen Herstellung von *Gur* lediglich 50 bis 60% des Saftes aus den Halmen gewonnen werden, der Rest geht entweder im Produktionsprozess verloren oder wird mit der Bagasse verbrannt (ebd.: 2f.). Die Weiterverarbeitung von Zucker zu Ethanol für Treibstoff spielt in Indien bis dato keine Rolle. Das nationale Ethanolprogramm basiert ausschließlich auf Ethanol, welches aus Melasse gewonnen wird (vgl. USDA 2016a: 7f.; vgl. auch USDA 2015c).

Sowohl die Erträge als auch das Ausmaß der bestellten Flächen und damit auch die gesamten Produktionsmengen Indiens waren, insbesondere in den letzten 15 Jahren, starken Schwankungen unterworfen, sind aber seit 1961 insgesamt angestiegen (Abbildung 8). Die Schwankungen erklären sich durch klimatische Unsicherheiten, Probleme in der Bewässerungswirtschaft und die Konkurrenz durch andere Kulturpflanzen sowie durch schwankende Preise, insbesondere in Konkurrenz mit der Herstellung von *Gur* (vgl. FAO 1997: 12f.). Vor allem absehbare Wasserknappheit und unsichere Wetterbedingungen führen oftmals zu der Entscheidung, keine neuen Felder mit Zuckerrohr zu bestellen, sondern lediglich bereits bestehende Felder per *ratooning* zu bestellen (vgl. USDA 2016a: 2). Dies geht wie bereits besprochen in vielen Fällen mit geringeren Erträgen einher.

Als Besonderheit der indischen Zuckerrohrproduktion, welche in dieser Arbeit hinsichtlich der Schätzungen relevant ist, gilt zu erwähnen, dass im Norden des Landes die grünen Tops als Bezahlung der ErnterhelferInnen angesehen und somit entnommen werden (Yadav 2007: 164; vgl. auch Solomon 2011a: 415).

4.3. China

In China wird sowohl Zuckerrohr als auch Zuckerrübe produziert, wobei Rohrzucker im vergangenen Jahrzehnt mehr als 90% der nationalen Produktion ausmachte (vgl. Li und Yang 2015: 1). Ersteres wird vorwiegend im Süden und im Südwesten kultiviert, während Zuckerrübe im Norden des Landes angebaut wird (vgl. FAO 1997: 8). Der Bundesstaat Guangxi spielt für die nationale Zuckerrohrproduktion die wichtigste Rolle, im Wirtschaftsjahr 2013/14 etwa lag der Anteil dieses Bundesstaates an der nationalen Rohrzuckerproduktion bei 68,1% (vgl. Li und Yang 2015: 2). Die Zuckerindustrie spielt in den Regionen Guangxi, Yunnan und im westlichen Guangdong eine dementsprechend große sozioökonomische Rolle (ebd.).

China ist der weltweit drittgrößte Produzent von Zuckerrohr (2014: 6,7% der weltweiten Produktion, vgl. Tabelle 5). Im Jahr 2013 wurde eine Fläche von etwas mehr als 1,8 Mio. ha Zuckerrohr geerntet (Abbildung 9(b)). Das entspricht knapp 0,4% der landwirtschaftlich genutzten Fläche Chinas (Abbildung 9(d)). Bei der Entwicklung dieser Flächen seit 1961 sind große Schwankungen festzustellen, insgesamt ist aber eine Zunahme der kultivierten Flächen zu beobachten.

China ist der derzeit weltweit größte Importeur von Zucker; die nationale Produktion reicht nicht aus, um den heimischen Bedarf zu decken (vgl. USDA 2015a: 1). Vor allem seit 2008/09 ist Chinas Anteil an den weltweiten Importen deutlich gewachsen: 2008/09 lag dieser bei 2,5% während vom Landwirtschaftsministerium der Vereinigten Staaten von Amerika (USDA) für das Wirtschaftsjahr 2016/17 sogar ein Anteil von 14,2% prognostiziert wird. Gleichzeitig ist im selben Zeitraum der Anteil Chinas an der weltweiten Zuckerproduktion von 9,3% auf 4,9% gesunken (vgl. USDA 2016d).

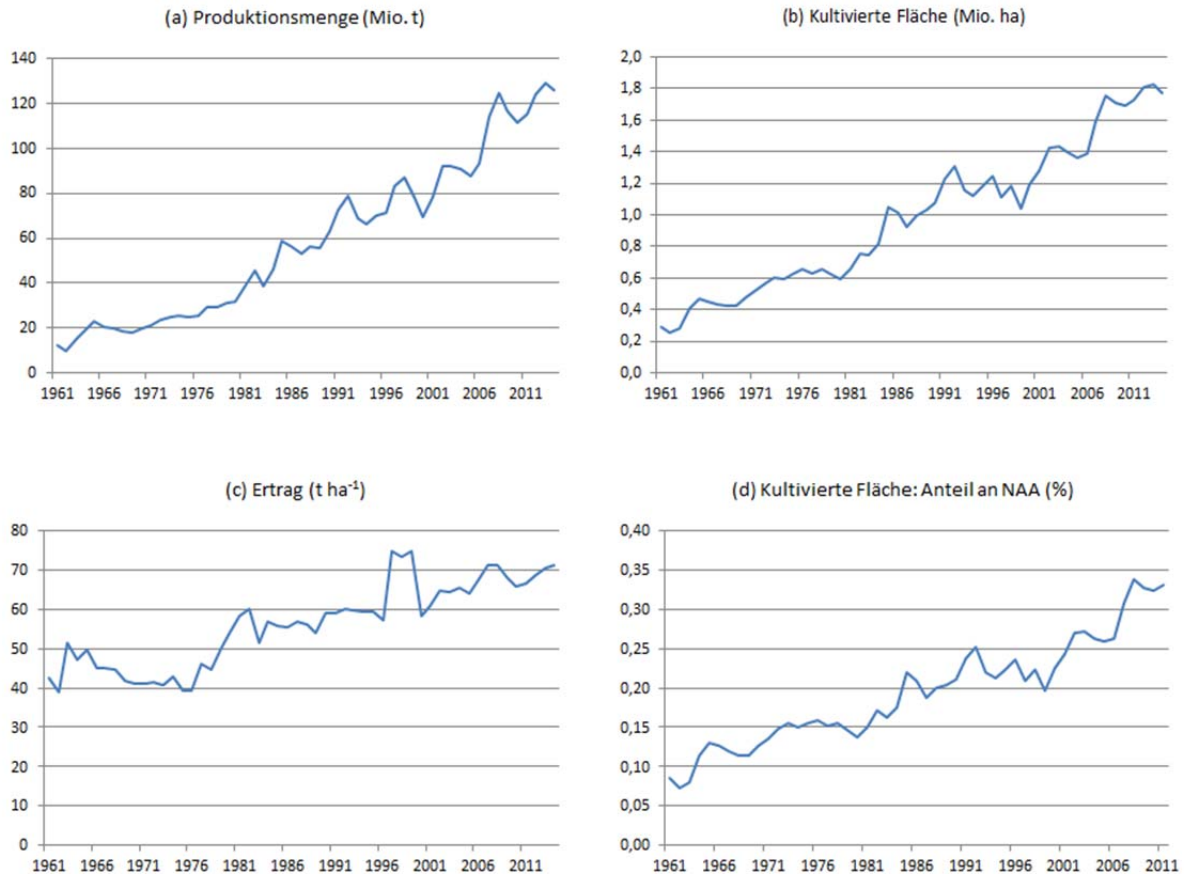


Abbildung 9. Zuckerrohranbau in China: (a) Produktionsmenge, (b) kultivierte Fläche, (c) Ertrag (geerntetes Zuckerrohr in Tonnen pro Hektar kultivierter Fläche) und (d) Anteil der kultivierten Fläche an der nationalen landwirtschaftlich genutzten Fläche (*national agricultural area, NAA*)
(Quellen: FAOSTAT 2016 und Weltbank 2015, eigene Berechnungen)

Gründe für die unzureichende nationale Produktion liegen in der schlechten Konkurrenzfähigkeit der Pflanze: Die heimischen Produktionskosten sind angesichts veralteter und ineffizienter Infrastrukturen (geringe Erträge und hohe Verluste) und des hohen Arbeitskräftebedarfs (sehr niedriger Mechanisierungsgrad) sehr hoch (vgl. Xu und Xia 2013: 14f.). Die Mechanisierung der Ernte zum Zwecke der Einsparung von Produktionskosten ist in weiten Teilen des Südwestens Chinas nicht möglich, da sich zusätzlich zu dem Faktor des vorherrschend kleinskaligen Anbaus mehr als die Hälfte der dortigen Zuckerrohrflächen im Hügel-land befinden. Während der vergangenen fünf Jahre sind die Kosten für Arbeitskräfte im Anbau und der Ernte um 140% gestiegen. Hinzu kommt, dass aufgrund der fortschreitenden Urbanisierung zunehmend Arbeitskräfte für derlei Tätigkeiten fehlen (vgl. USDA 2015a: 3; vgl. auch Li und Yang 2015: 7 und Wegener et al. 2013). Infolge ist der heimisch produzierte Zucker im Vergleich zum billigen importierten Zucker aus anderen Staaten wie etwa Brasili-

en, Thailand oder Indien nicht konkurrenzfähig, obwohl hierauf hohe Zölle eingehoben werden (vgl. Xu und Xia 2013: 14.f.). Die heimischen Abnehmerpreise sind in den vergangenen Jahren zunehmend gesunken, unter anderem infolge der Regierungstaktik, über Jahre hinweg die nationalen Vorräte auszubauen, um diese nun stufenweise wieder abzubauen. Aus dem Zusammenspiel dieser Faktoren resultieren geringe Profite für ProduzentInnen, weshalb andere Feldfrüchte attraktiver sind und Zuckerrohr zunehmend verdrängt wird (vgl. Xu und Xia 2013: 14f.; vgl. auch USDA 2015a: 2f.). Hinzu kommt, dass seit 2008 vermehrt ungünstige Umweltbedingungen wie etwa sehr kalte und regenreiche Saisonen, Dürreperioden und Degradierung einer wichtigen Sorte (ROC22) die Ernten minimiert haben (vgl. Li und Yang 2015: 3f.).

In China wird derzeit kein Ethanol aus dem Zucker des Zuckerrohrs erzeugt (vgl. USDA 2015a: 8f.). Jedoch finden (Neben-)Produkte des Zuckerrohrs beziehungsweise der Zuckergewinnung Verwendung, wie etwa Zuckerrohrsaft, Zellstoff, Alkohol, Hefe, Xylitol oder andere Chemikalien; als Dünge- oder Futtermittel; in der Papier- und Elektrizitätsproduktion (vgl. Li und Yang 2015: 1).

4.4. Thailand

Thailand, gegenwärtig der weltweit viertgrößte Zuckerrohrproduzent, ist im Gegensatz zu den bereits beschriebenen Nationen erst im Laufe der vergangenen Jahrzehnte zu diesem Rang aufgestiegen (vgl. Tabelle 5). Insbesondere angesichts seiner Rolle als Exportland ist dies beachtenswert.

Zuckerrohr wird in Thailand vor allem im Norden, im Nordosten und im Zentrum kultiviert (vgl. Arjchariyaartong 2006: 70). Im Jahr 2011 waren 6% der landwirtschaftlich genutzten Fläche Thailands Zuckerrohrplantagen, das entspricht einer Fläche von 1,3 Mio. ha (Abbildung 10(b) und (d)). Im Jahr 2004 wurden 13,2% der Flächen bewässert, wobei im Zentrum Thailands 27% unter Bewässerungswirtschaft stehen und im Nordosten der Anteil unter einem Prozent liegt (Arjchariyaartong 2006: 24, 77). In Thailand herrscht vor allem kleinskaliger Anbau mit maximal drei *ratooning*-Zyklen vor, was den Vorteil mit sich bringt, flexibel auf die globale Preislage reagieren zu können (ebd.: 70; FAO 1997: 25). Mehr als 80% der ProduzentInnen sind kleinbäuerliche Betriebe mit weniger als 9,5 ha Zuckerrohrfläche, während weitere 12% von mittelgroßen Farmen (zwischen 9,5 und 32 ha) bestellt werden und lediglich 3,6% Großbetriebe sind (2004; vgl. Arjchariyaartong 2006: 72).

Thailand ist derzeit das weltweit zweitgrößte Exportland und weist die niedrigsten Exportpreise von Zucker auf. Gründe hierfür liegen im geringen nationalen Bedarf und in der günstigen geographischen Lage, welche eine billige Verschiffung in seine Abnehmerländer ermöglichen (vgl. FAO 1997: 24). Seit dem Jahreswechsel 2015/16 ist eine Regelung der Wirtschaftsgemeinschaft des Verbandes Südostasiatischer Nationen (ASEAN) in Kraft, welche den meisten südostasiatischen Staaten den zollfreien Import thailändischen Rohzuckers garantiert (*AEC Free Trade Agreement*; vgl. USDA 2016f: 4). Die größten Abnehmer Thailands sind Indonesien, China, Japan, Südkorea und Kambodscha (ebd.: 7). Seit 2008/09 wurden jährlich zwischen 63,5% (2013/14) und 77,2% (2011/12) der nationalen Produktion exportiert (vgl. USDA 2016d). Diese Exporte stellen eine wichtige Einnahmequelle Thailands dar, welche im Agrarsektor monetär lediglich von Fischereiprodukten sowie von Tierprodukten und -nebenprodukten sowie Reis übertroffen wird (vgl. FAO 1997: 26; vgl. auch Arjchariyartong 2006: 47ff.). Zusätzlich exportiert Thailand etwa die Hälfte der produzierten Melasse, hauptsächlich nach Japan, in das Vereinigte Königreich und in andere europäische Staaten (vgl. FAO 1997: 26).

Thailands Zuckerindustrie ist hochgradig staatlich gestützt, mit dem Ziel, durch Subventionen und hohe (fixierte) nationale Abnehmerpreise die Produktion zu stimulieren und so die Exporte weiter auszubauen. Vor der Jahrtausendwende geschah dies vor allem durch die Ausweitung der Flächen im Norden und Nordosten des Landes, seither liegt der Fokus vor allem auf der Verbesserung der Erträge (vgl. FAO 1997: 24ff.; USDA 2016f: 4f.).

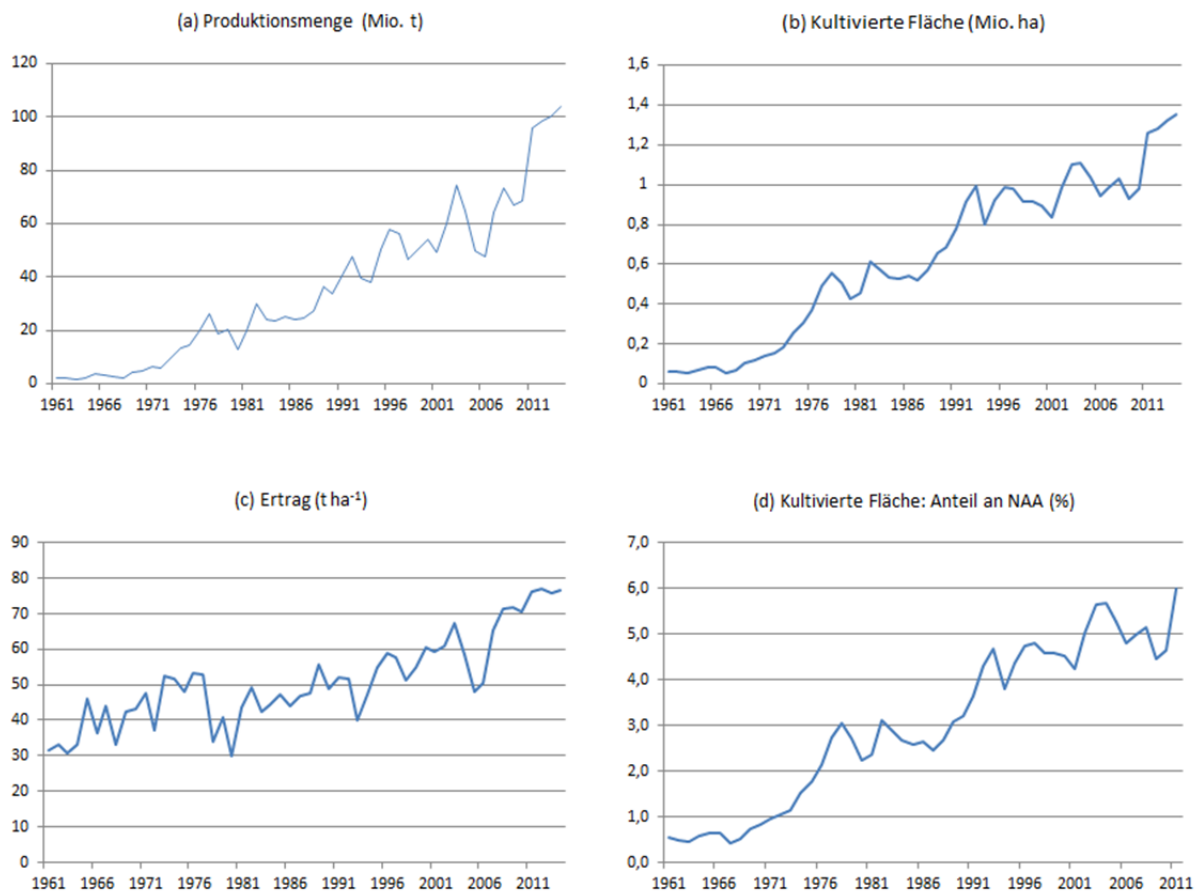


Abbildung 10. Zuckerrohranbau in Thailand: (a) Produktionsmenge, (b) kultivierte Fläche, (c) Ertrag (geerntetes Zuckerrohr in Tonnen pro Hektar kultivierter Fläche) und (d) Anteil der kultivierten Fläche an der nationalen landwirtschaftlich genutzten Fläche (*national agricultural area, NAA*)
(Quellen: FAOSTAT 2016 und Weltbank 2015, eigene Berechnungen)

Zuckerrohr wird in Thailand größtenteils manuell angebaut und geerntet; mehr als 90% der Ernte wird manuell eingeholt. Vor allem in Nordosten des Landes ist diese Tätigkeit laut informellen Quellen mit der Beschäftigung einer Vielzahl illegaler Arbeitskräfte aus Laos und Kambodscha verbunden (vgl. wayned 2015: o.S.). Mit der manuellen Ernte gehen hohe Verluste bei der Ernte und hohe Produktionskosten einher. Anfang des 21. Jahrhunderts wurde die mechanisierte *green cane* Ernte in der Zentrumsregion Thailands eingeführt (vgl. Arjchariyaartong 2006: 74ff.). Laut Sormpoon et al. (2014) wurden 2012 etwa 23% der Flächen gänzlich ohne Feuer geerntet, während bei 82% der restlichen Flächen *pre-harvest* Feuer eingesetzt wurden und die Nebenprodukte bei weiteren 18% nach der Ernte verbrannt wurden (*post-harvest burning*; 675). Vor allem im Norden wird Feuer bei der Ernte eingesetzt (2013: 81,7%), während im Nordosten und im Zentrum deutlich öfter grün geerntet wird (53,6% bzw. 54,1%; vgl. Thongboonchoo 2013: 20). Zu betonen ist, dass die Zuckerrohrernte

in Thailand traditionell ohne Feuer vonstattenging; die Praxis des *pre-harvest burning* der Felder verbreitete sich mit der zunehmenden globalen Einbindung der thailändischen Zuckerindustrie erst seit den 1980er Jahren (vgl. Kongrut 2016: o.S.). Bereits seit den 1980er Jahren wird von staatlicher Seite wie auch vonseiten verschiedener Institutionen der Zuckerindustrie versucht, den ProduzentInnen die wirtschaftlichen und agronomischen Nachteile sowohl von *pre-harvest* als auch von *post-harvest* Feuern zu vermitteln (vgl. etwa USAID 1986). Gegenwärtig forciert die thailändische Regierung mittels besserer Abnehmerpreise für grün geerntetes Zuckerrohr die Minimierung der Praxis des Abbrennens (vgl. Tukaew et al. 2016: 304; vgl. auch Tapaneeyangkul 2010).

4.5. Pakistan

In Pakistan wird Zuckerrohr und in kleinen Mengen Zuckerrübe kultiviert. Zuckerrohrproduktion findet in der Deltaregion der Provinz Punjab (2014/15: 57,5%), in der Provinz Sindh (35,3%) und in Khyber Pakhtunkhwa (K.P.K.; 7,2%) statt (vgl. PSMA 2016). In höher gelegenen Gegenden letztgenannter Provinz wird zudem Zuckerrübe produziert (vgl. USDA 2016c: 3), 2014/15 machte Rübenzucker 0,4% der nationalen Zuckerproduktion aus (vgl. PSMA 2016). Im Jahr 2013 wurden auf einer Fläche von 1,1 Mio. ha knapp 64 Mio. t Zuckerrohr produziert. Mit Zuckerrohr kultivierte Flächen nahmen damit im genannten Jahr etwa 3,7% der landwirtschaftlich genutzten Flächen Pakistans ein (Abbildung 11(d)). Mit einem Anteil von 3,3% an der weltweiten Produktion liegt Pakistan an der fünften Stelle (2014; vgl. FAOSTAT 2016).

Die Zuckerindustrie stellt nach der Baumwollproduktion Pakistans zweitwichtigste agrarwirtschaftliche Branche dar und wird maßgeblich von der Regierung beeinflusst, indem diese etwa den Zuckerpreis und den Preis für Zuckerrohr festlegt und Importe und Exporte kontrolliert (vgl. FAO 1997: 21). Vor allem gegenwärtig ist die Produktion von Zuckerrohr angesichts der fixierten hohen Zuckerpreise für pakistanische Bäuerinnen und Bauern eine attraktive Alternative zur Baumwoll- und Reisproduktion. Dies führt zur Ausweitung der kultivierten Flächen (USDA 2016c: 3). Generell konkurriert die Pflanze in genannten Gebieten mit Reis-, Sonnenblumen- und Baumwollanbau (vgl. FAO 1997: 20).

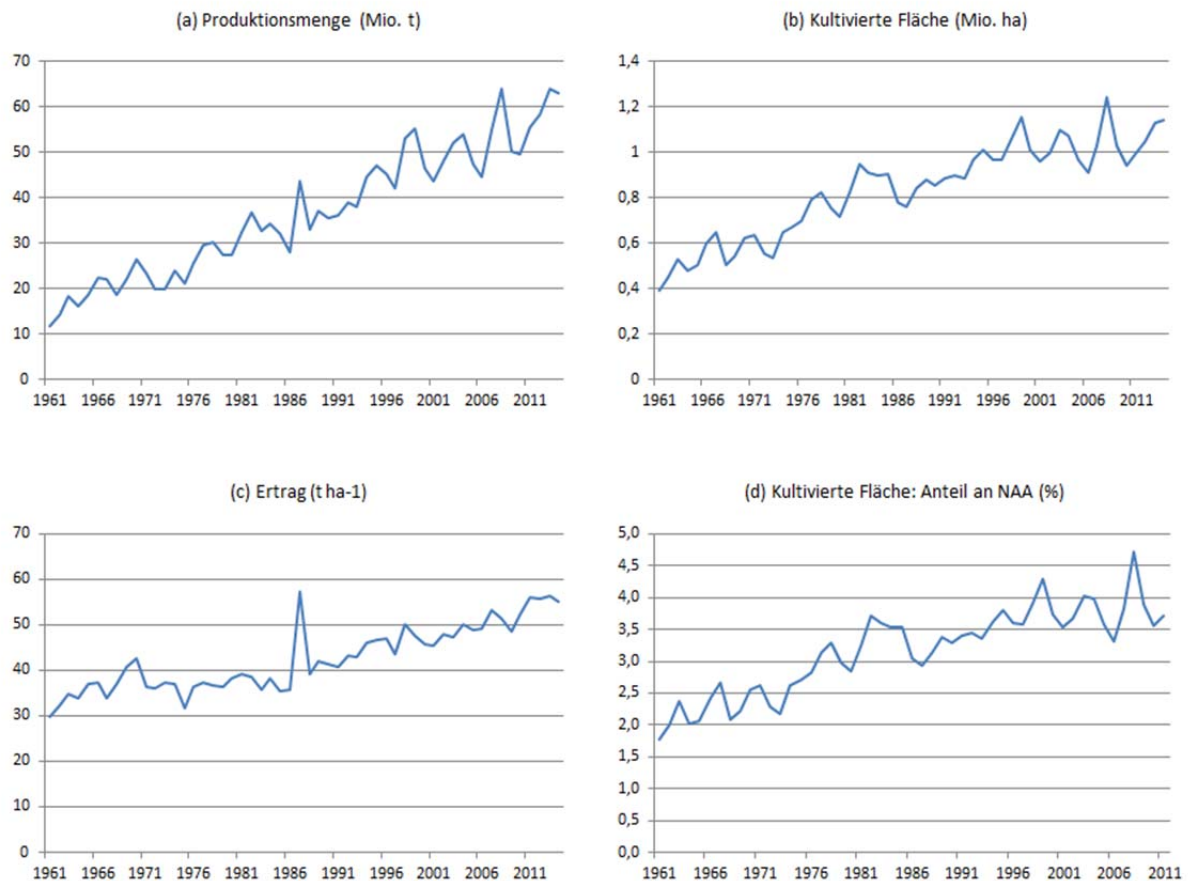


Abbildung 11. Zuckerrohranbau in Pakistan: (a) Produktionsmenge, (b) kultivierte Fläche, (c) Ertrag (geerntetes Zuckerrohr in Tonnen pro Hektar kultivierter Fläche) und (d) Anteil der kultivierten Fläche an der nationalen landwirtschaftlich genutzten Fläche (*national agricultural area, NAA*)
(Quellen: FAOSTAT 2016 und Weltbank 2015, eigene Berechnungen)

Nebenprodukte der Pflanze werden in vielfacher Weise genutzt, etwa in der Papier- und Zellstoffindustrie (Bagasse), als Düngemittel oder zur Ethanolherstellung (vgl. Qureshi und Afghan 2005: 1). Ethanol wird an neunzehn Standorten aus Melasse gewonnen, der Großteil davon wird nach Europa, Korea, Japan, Taiwan, die Philippinen, Dubai und Saudi Arabien exportiert (vgl. Bazmi et al. 2007; USDA 2008: 3). Eine konkurrierende Verwendungsweise des Zuckerrohrs ist die *Gur*-Produktion. Zudem ist Pakistans Regierung angesichts des Wirtschaftswachstums und des prognostizierten erhöhten Energiebedarfs (Bevölkerungswachstum, zunehmende Industrialisierung, zunehmende Motorisierung) aktiv auf der Suche nach möglichen Alternativen zu den teuren Erdölimporten (vgl. Ali et al. 2012: 70).

Die niedriggelegenen Gebiete der Provinz Sindh sind klimatisch am besten für die Kultivierung von Zuckerrohr geeignet, während in Punjab Bewässerung sehr wichtig ist (vgl. Qureshi und Afghan 2005: 1; vgl. auch PBS 2010: Tabelle 6.15). Generell sind die Erträge im

internationalen Vergleich niedrig, der Mittelwert liegt seit 2000 bei 50,6 t ha⁻¹ (vgl. FAOSTAT 2016; vergleiche hierzu auch Abbildung 7(c) bis Abbildung 10(c)). Als Gründe hierfür werden etwa die Verwendung ungeeigneter Sorten, veraltete Methoden der Kultivierung, ineffizientes Düngen, mangelnde und ineffiziente Bewässerung und fehlendes Schädlings- und Krankheitsmanagement angeführt. Die Produktion des Rohstoffes Zuckerrohr machen in der Zuckerproduktion in etwa 70% der Kosten aus (vgl. Qureshi und Afghan 2005: 2ff.).

4.6. Mexiko

Mexiko war 2014 der weltweit sechstgrößte Zuckerrohrproduzent, 3% der globalen Produktion entfielen auf diese Nation. 2013 wurden etwa 61 Mio. t Zuckerrohr auf einer Fläche von 782.000 ha produziert, das entspricht 0,7% der landwirtschaftlich genutzten Fläche Mexikos (Abbildung 11(b) und (d)). Die Bundesstaaten Veracruz (32,5%), Jalisco (13,3%) und San Luis Potosí (9%) produzierten 2014 54% des Zuckerrohrs in Mexiko, insgesamt wird in 15 Bundesstaaten Mexikos Zuckerrohr kultiviert (vgl. SAGARPA 2010b: 9; SIAP 2015: 52). Der Großteil von Mexikos Zuckerexporten geht in die Vereinigten Staaten von Amerika und nach Kanada (vgl. FAOSTAT 2016). Insgesamt sind die exportierten Mengen großen Schwankungen unterworfen: Im Zeitraum von 2008/09 bis 2014/15 wurden jährlich zwischen 14,7% (2009/10) und 41,7% (2013/14) der nationalen Zuckerproduktion exportiert. Das entspricht Anteilen an den weltweiten Exporten im selben Zeitraum zwischen 1,6% (2009/10) und 4,6% (2013/14; vgl. USDA 2016d). Inländische Mengen werden zu 45% von Privathaushalten und zu 55% zu industriellen Zwecken verbraucht; ein Drittel letzterer Menge wird in der Softdrink-Industrie eingesetzt (vgl. Aguilar-Rivera et al. 2012: 220).

Nach Mais ist Zuckerrohr die zweitwichtigste Feldfrucht der mexikanischen Landwirtschaft, wodurch der Zuckerindustrie weitreichende sozioökonomische Bedeutung zukommt: Etwa 0,4% des Bruttoinlandproduktes entfällt auf die Produktion und Verarbeitung von Zucker. Eine Million Menschen sind in diesem Bereich beschäftigt und zu etwa 2,2 Millionen weiteren Arbeitsplätzen wird indirekt beigetragen (vgl. Senties-Herrera et al. 2014: 26; vgl. auch Aguilar-Rivera et al. 2012: 208).

Beinahe die gesamte Zuckerrohrproduktion Mexikos dient der Erzeugung von Rohzucker (vgl. USDA 2016b: 3). Allerdings investiert die mexikanische Regierung in Forschung hinsichtlich der Möglichkeiten der Ethanolherzeugung (vgl. etwa SAGARPA 2010a). Vor allem angesichts ineffizienter und veralteter Technologien und Managementpraktiken, sieht sich die

mexikanische Zuckerindustrie gezwungen, zu modernisieren, um international konkurrenzfähig zu bleiben (vgl. Aguilar-Rivera et al. 2012: 208; Sentíes-Herrera et al. 2014: 31f.).

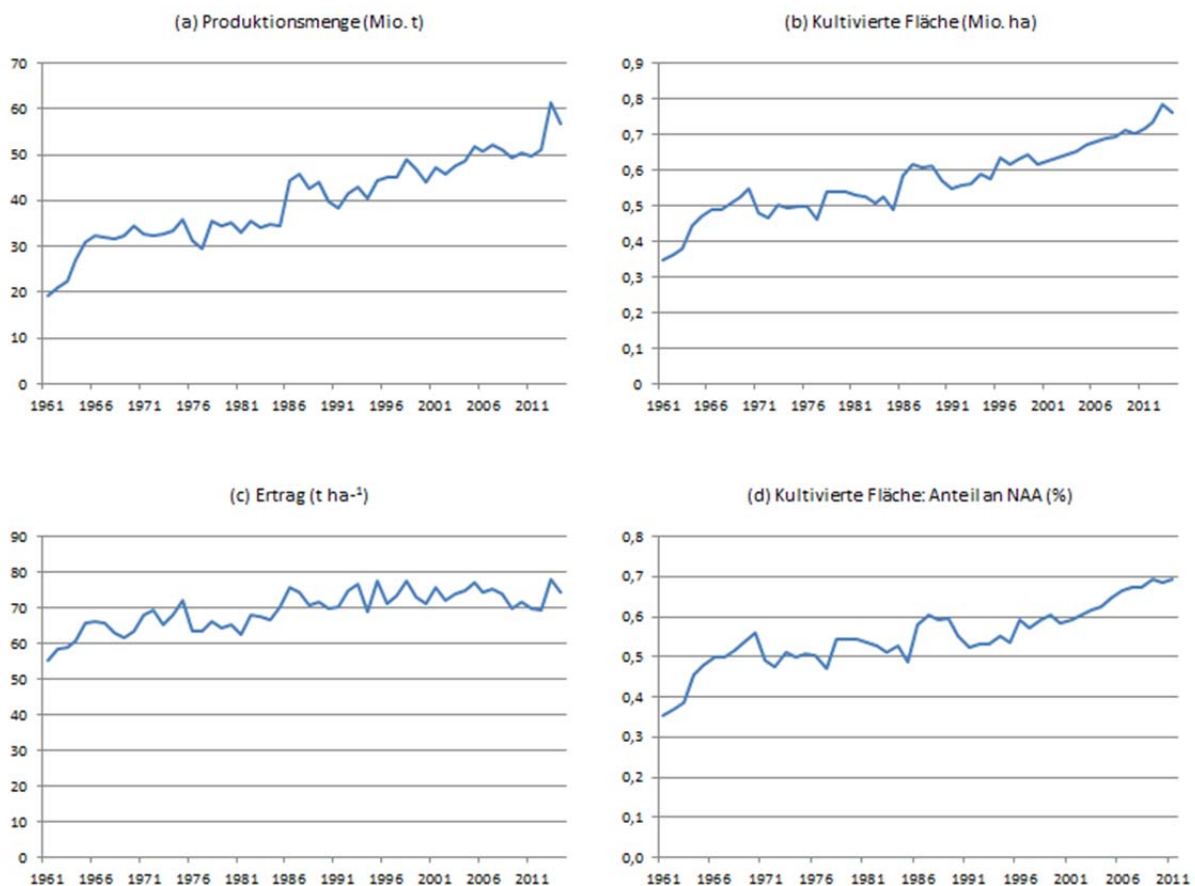


Abbildung 12. Zuckerrohranbau in Mexiko: (a) Produktionsmenge, (b) kultivierte Fläche, (c) Ertrag (geerntetes Zuckerrohr in Tonnen pro Hektar kultivierter Fläche) und (d) Anteil der kultivierten Fläche an der nationalen landwirtschaftlich genutzten Fläche (*national agricultural area, NAA*)
(Quellen: FAOSTAT 2016 und Weltbank 2015, eigene Berechnungen)

Mehr als 75% der ProduzentInnen bestellen Felder, welche weniger als 5 ha umfassen, lediglich 5% der Farmen sind größer als 10 ha (vgl. Sentíes-Herrera et al. 2014: 30). Ein Großteil der Felder wird in Mexiko vor der Ernte abgebrannt; 2015/16 etwa lag der *green cane* Ernteanteil bei 8,3% (vgl. SAGARPA 2016: 5). Von den Nebenprodukten finden Bagasse in den Fabriken zur Energie- und Prozesswärmeerzeugung und geringe Anteile der produzierten Melasse (3,6%) zur Ethanolherzeugung Anwendung (vgl. Aguilar-Rivera et al. 2012: 220).

4.7. Kuba

Kuba war zwischen dem frühen 19. Jahrhundert und Mitte des 20. Jahrhunderts einer der weltweit größten Zuckerproduzenten und -exporteure; hauptsächlicher Abnehmer waren die Vereinigten Staaten von Amerika. Infolge der kubanischen Revolution erfolgte allerdings das politische Zerwürfnis mit den USA, welches unter anderem eine Handelsblockade zur Folge hatte. Einerseits konnte weder Zucker ausgeführt, noch Düngemittel oder Maschinen eingeführt werden. Als Konsequenz verlagerte Kuba seine Handelsbeziehungen zur ehemaligen Sowjetunion und anderen osteuropäischen kommunistischen Staaten. Nach dem Zusammenbruch der UdSSR 1991 folgte ein Kollaps der kubanischen Zuckerindustrie, mit dem diese bis heute zu kämpfen hat (Abbildung 13(a); vgl. Pollitt 2004). Aus diesem Grund wird die kubanische Zuckerindustrie seit Beginn des 21. Jahrhunderts graduell minimiert; so reduzierte sich etwa die Zahl der aktiven Mühlen innerhalb von fünf Jahren um beinahe 45% (1999: 155, 2004: 85; vgl. Pippo et al. 2007; 869f; vgl. auch Pollitt 2004). Ergänzend sei erwähnt, dass Kuba zwischen 1961 und 1992 beinahe durchgehend zwischen 20 und 35% seiner landwirtschaftlich genutzten Flächen der Zuckerrohrproduktion widmete, während das Ausmaß seit den 2000er Jahren unter 10% liegt (Abbildung 13(d)).

Im Jahr 2014 produzierte Kuba 18 Mio. t Zuckerrohr auf einer Fläche von 450.000 Hektar (Abbildung 13(a) und (b)); etwa ein Viertel davon wurde in der Saison 2014/15 exportiert (vgl. USDA 2016d). Im Vergleich zu den bisher besprochenen Nationen weist Kuba sehr geringe Erträge auf (Abbildung 13(c)). Vor allem seit der Auflösung der UdSSR konnten nur mehr vergleichsweise geringe Mengen Düngemittel ausgebracht werden, was in Kombination mit jahrzehntelanger Auslaugung der Böden mittels Zuckerrohrmonokulturen dementsprechend reduzierte Erträge mit sich bringt (vgl. Pollitt 2005: 57).

In Kuba wurden Erntenebenprodukte bereits in den 1980er Jahren als Ressource wahrgenommen, etwa als Mulch oder als zusätzlicher Energielieferant. Angesichts der großflächigen Mechanisierung der Ernte seit den 1980er Jahren, welche die rentable Einholung der Nebenprodukte erlaubte, wurde nach einigen Jahren des Experimentierens mit *pre-harvest* Feuern weitgehend grüne Ernte eingeholt (ebd.: 50ff.). Die Infrastruktur Kubas ist gut ausgebaut, die Felder sind über das Bahnnetz mit sogenannten *storing and cleaning centers* (SCC), wo die Halme von den Blättern und Tops getrennt werden, und mit den Mühlen verbunden. Die Möglichkeit, die Nebenprodukte wirtschaftlich zu nutzen, wurde erkannt, scheitert aber zuweilen an der ineffizienten und veralteten technischen Infrastruktur. Aus diesem Grund

wurden seit Beginn der 1990er Jahren lediglich kleine Mengen Stroh zur Verheizung der Bagasse in den Boilern beigemischt (1992: 3,9%; vgl. Pippo et al. 2007: 872). So betont Assis (2005), dass derzeit gar bewusst mit schlechter Effizienz gearbeitet wird, um Lagerungsprobleme zu vermeiden (*programmed low-efficiency*; 260).

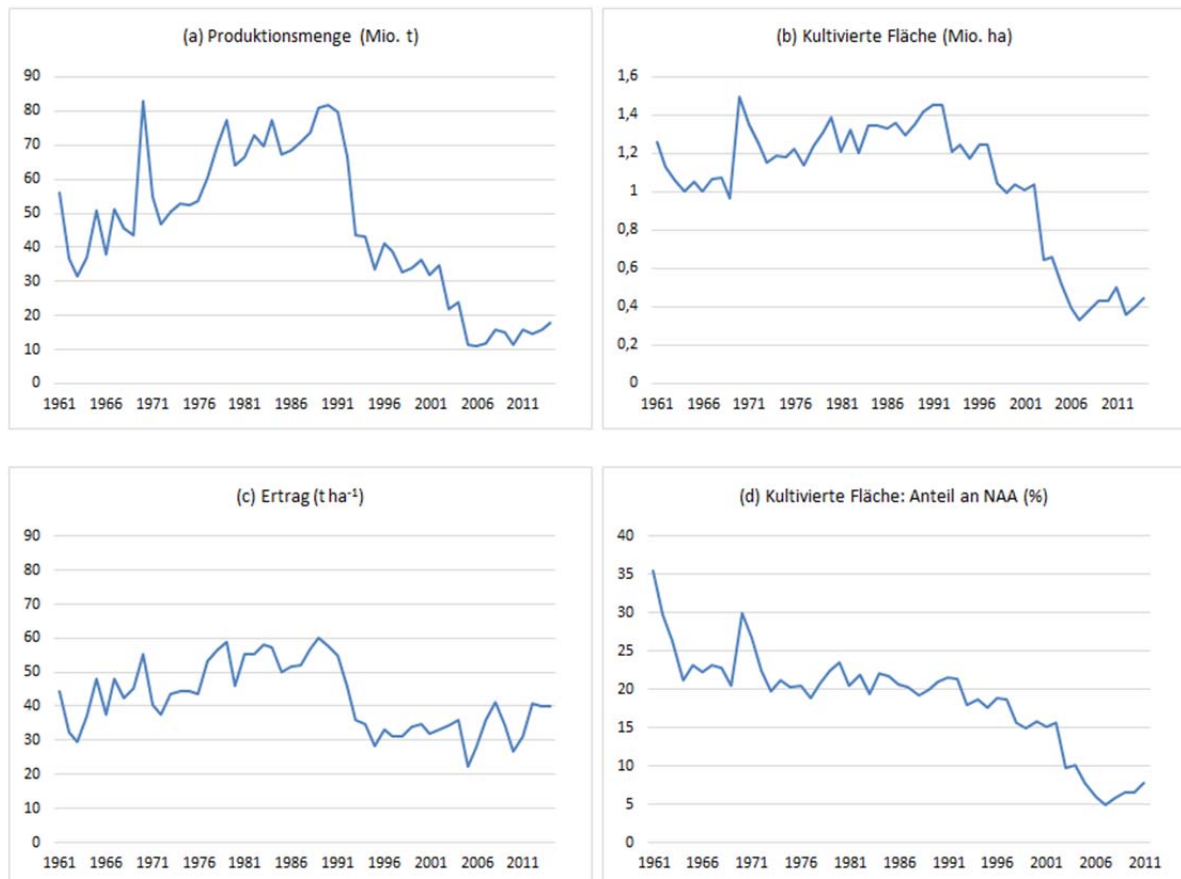


Abbildung 13. Zuckerrohranbau in Kuba: (a) Produktionsmenge, (b) kultivierte Fläche, (c) Ertrag (geerntetes Zuckerrohr in Tonnen pro Hektar kultivierter Fläche) und (d) Anteil der kultivierten Fläche an der nationalen landwirtschaftlich genutzten Fläche (*national agricultural area, NAA*)
(Quellen: FAOSTAT 2016 und Weltbank 2015, eigene Berechnungen)

Gegenwärtig gibt es verschiedene Bestrebungen, die kubanische Zuckerindustrie zu rehabilitieren. So ist etwa die Erzeugung von Elektrizität im Gespräch oder aber die Umstellung auf Bioethanolproduktion (vgl. Assis 2005: 261ff.).

TEIL 2: ZUCKERROHR. NEBENPRODUKTE

5. Berechnungen: Materialflussrechnung in der Sozialen Ökologie

Der Methode der Materialflussrechnung (*material flow accounting*, MFA) liegt das Konzept des gesellschaftlichen Metabolismus zugrunde. Dieses Konzept geht davon aus, dass eine Gesellschaft – in Abgrenzung zur „Natur“ Menschen, Nutztiere und sämtliche Artefakte umfassend – einen Stoffwechsel aufweist, welcher ihrem Aufbau und Erhalt dient. Hierfür werden Stoffe aus der Natur entnommen, in der Gesellschaft verarbeitet oder verbraucht und wiederum (in veränderter Form) an die Natur abgegeben (vgl. Fischer-Kowalski und Haberl 1997: 4ff.; vgl. auch Gierlinger 2010: 11f.). Ebendiese Flüsse über die Systemgrenze Natur-Gesellschaft hinweg sollen mithilfe der MFA quantifiziert werden. Häufig wird eine Volkswirtschaft als Einheit für die Erstellung einer MFA herangezogen (*economy-wide material flow accounting*), wodurch hinsichtlich seiner Materialflüsse eine zweite Systemgrenze berücksichtigt werden muss: jene zu anderen volkswirtschaftlichen Einheiten (Importe und Exporte). Die zu berechnenden Flüsse werden in verschiedene Materialkategorien gegliedert und in metrischen Tonnen gemessen: Biomasse, metallische Erze, nicht-metallische Mineralien und fossile Energieträger (vgl. Krausmann et al. 2015: 15). Bei Importen und Exporten werden sämtliche gehandelte Waren berücksichtigt (ebd.: 16).

Bei der Berechnung der nationalen Entnahme (*domestic extraction*, DE) einer Volkswirtschaft werden in der Materialgruppe der Biomasse unter anderem Erntenebenprodukte berücksichtigt:

Tabelle 7. Inländische Materialentnahme (*domestic extraction*, DE) von Biomasse: A.1.2 Erntenebenprodukte (Quelle: Krausmann et al. 2015: 23, Ausschnitt)

1 digit	2 digit	3 digit
A.1	Biomass	
	A.1.1	Primary crops
	A.1.2	Crop residues (used)
		A.1.2.1 Straw
		A.1.2.2 Other crop residues (sugar and fodder beet leaves, other)

In der MFA finden allerdings nur jene Anteile der Erntenebenprodukte Berücksichtigung, welche die festgelegten Systemgrenzen überschreiten, *i.e.* jene Anteile, die in der betreffenden Nationalökonomie sozioökonomisch genutzt werden, müssen berechnet werden. Jene Teile, die abgebrannt, in den Boden eingearbeitet oder als Mulch zurückgelassen werden,

zählen nicht zur genutzten Entnahme (vgl. Krausmann et al. 2015: 26f.). Verwendete Erntenebenprodukte aus dem Zuckerrohranbau werden unter Punkt A.1.2.2 *other crop residues* eingeordnet. Da produzierte oder auch wirtschaftlich genutzte Erntenebenprodukte nicht oder nur selten in nationalen Agrarstatistiken erfasst werden, müssen die entsprechenden Mengen ausgehend von der statistisch erfassten Produktionsmenge des Ernteproduktes mittels folgender Rechenschritte geschätzt werden (ebd.: 27ff.):

(1) *Available crop residues [t (as is weight)] =*

*Primary crop harvest [t (as is weight)] * harvest factor*

(2) *Used crop residues [t (as is weight)] =*

*Available crop residues [t (as is weight)] * recovery rate*

Der *harvest factor* leitet sich aus dem sogenannten *harvest index* ab, einem weit verbreiteten Maß für den Anteil des Ernteproduktes an der gesamten oberirdischen Biomasse einer Pflanze. Es findet sich in der Literatur keine einheitliche Verwendung dieses Index hinsichtlich der Berücksichtigung des Feuchtigkeitsgehaltes.⁹ Bei Krausmann et al. (2015) gelten die Angaben zum *harvest factor* für das Trockengewicht sowohl des Ernte- als auch des -nebenproduktes und sind demnach *dry matter*-Angaben (27). Zu betonen ist, dass die Biomasseflüsse bei der Materialflussrechnung inklusive des Feuchtigkeitsgehaltes angegeben werden. Für die Berechnung der sozio-ökonomisch genutzten Erntenebenproduktmengen muss demnach zusätzlich der Feuchtigkeitsgehalt der betroffenen Materialien berücksichtigt werden (ebd). Dieser kann sich für Ernte- und -nebenprodukte unterscheiden.

Krausmann et al. greifen für die Berechnung des *harvest factor* von Zuckerrohr auf die Arbeit von Wirsenius (2000) zurück, welcher angibt, dass Zuckerrohrhalme 60% der oberirdischen Masse, die zum Zeitpunkt der Ernte am Feld gemessen werden kann, ausmachen, während Tops und Blätter die restlichen 40% dieser Masse ausmachen. Jene trockenen Blätter, die während des Wachstums abgefallen sind, werden nicht weiter berücksichtigt (92f.). Blätter und Tops haben laut Wirsenius einen Feuchtigkeitsgehalt von 72%, während die Halme 73% Feuchtigkeitsgehalt aufweisen (274). Der Autor geht davon aus, dass 90% der produzierten Tops und Blätter vom Feld entnommen werden (*recovery rate* 0,9; 94).

⁹ Generell gibt es angesichts nicht eindeutiger Verwendung in der Literatur und uneinheitlicher Erhebungsmethoden Kritikpunkte an der Verwendung des *harvest index*; vgl. hierzu Ismail 1993.

Des Weiteren zitieren Krausmann et al. (2015) eine frühere Arbeit von Krausmann et al. (2013), welche basierend auf Wirsenius (2000 und 2003) und Evans (1993), den *harvest factor* 0,7 angeben (Krausmann et al. 2013, Sl: 5). In zitiertem Handbuch zur Erstellung einer MFA werden für die Nebenprodukte der Zuckerrohrernte folgende Angaben gemacht:

Tabelle 8. Zuckerrohr: Standardwert für *harvest factor* (a) und *recovery rate* (b) (Quelle: Krausmann et al. 2015: 28, Ausschnitt)

	E. Asia	E. Europe	Latin America	N. Africa W. Asia	N. America Oceania	S. and C. Asia	Subsaharan Africa	W. Europe
a) Harvest factors. Crop residue [g dry matter (DM) per year] = primary crop harvest [g DM/yr] * harvest factor.								
Sugar Cane	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
b) Recovery rates: Used crop residues [g DM] = available residues [g DM] * recovery rate.								
Sugar Cane	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9

Wie an den Spalten dieser Tabelle ersichtlich ist, werden bei den Angaben zu *harvest factors* und *recovery rates* regionale Unterschiede berücksichtigt.

Schätzt man die DE von Erntenebenprodukten der Zuckerrohrpflanze zwischen 1961 und 2014 für jene in Kapitel 4 genannten Nationen mithilfe soeben beschriebener Methode, ergibt sich seit 1961 jährlich eine DE von Erntenebenprodukten zwischen 150 und 900 Mio. t (*as is weight*) (Abbildung 14). Für diese Berechnung wurden die angeführten Werte für *harvest factor* (0,7) und *recovery rate* (0,9) herangezogen. Um möglichst nah an der Quelle zu bleiben, wurden zudem die Angaben zum Trockengewicht für Halme (27%) und Tops und Blätter (28%) von Wirsenius (2000) übernommen. Hinzu kommt die Annahme, dass keine Verluste – etwa in Form von *pre-harvest* oder *post-harvest burning* – zu berücksichtigen sind.

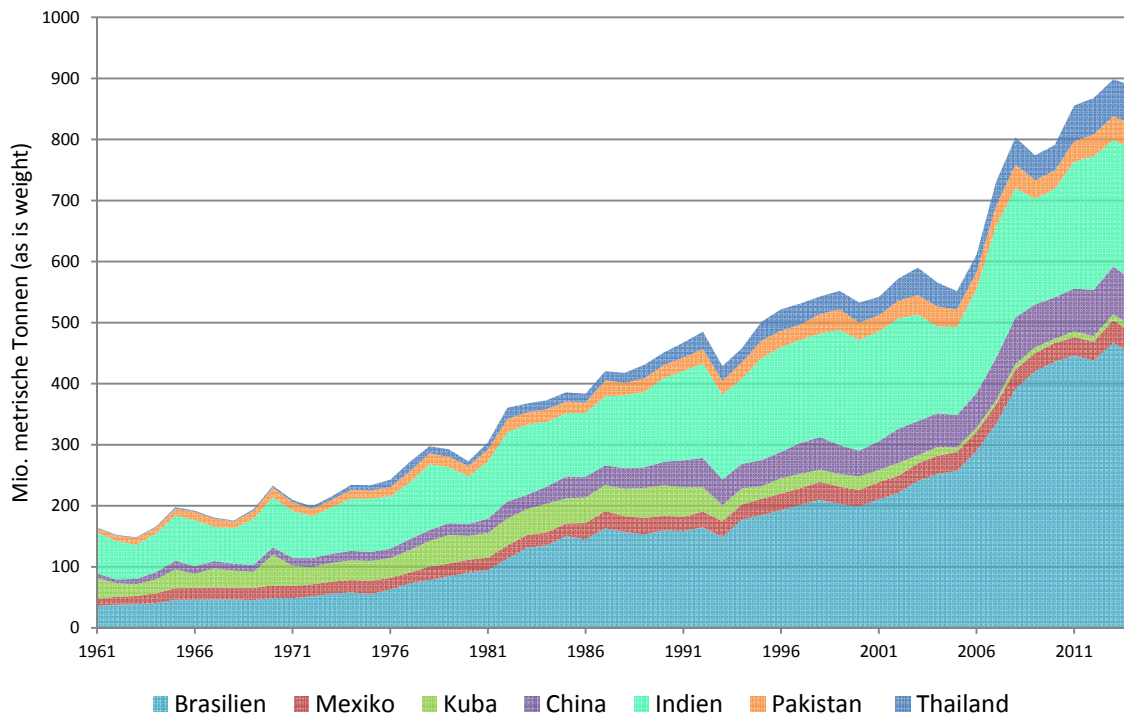


Abbildung 14. DE Erntenebenprodukte des Zuckerrohrs, 1961 - 2014 (Quelle: FAOSTAT 2016, eigene Berechnungen nach Krausmann et al. 2015 und Wirsenius 2000)

Bereits an dieser Stelle kann vermutet werden, dass mit den von Krausmann et al. (2015) empfohlenen Kennzahlen die tatsächlich angefallenen und genutzten Mengen überschätzt werden, da ein sehr hoher Wert für den Anteil an genutzten Erntenebenprodukten (*recovery rate*) und die weit verbreitete und ausschlaggebende Praxis des Abbrennens der Blätter dabei keine Berücksichtigung findet. Es muss im Folgenden überlegt werden, wie dieser Aspekt in der Schätzung der Erntenebenprodukte berücksichtigt werden kann. Bereits an dieser Stelle ist angesichts der großen nationalen (und regionalen) Unterschiede deutlich, dass dieser Faktor weder direkt in den *harvest factor* noch in die *recovery rate* eingerechnet werden kann, noch eine Zusammenfassung in die genannten Regionen zulässt (vgl. Tabelle 8). Näheres dazu in Kapitel 7.

6. Berechnungen: Literaturüberblick

Die Bedeutung von Erntenebenprodukten als Rohstoff für die Energieerzeugung oder andere Nutzungen wurde in der wissenschaftlichen Literatur längst erkannt sowie auch vielfach darauf hingewiesen wird, dass für eine effektive Planung zukünftiger Investitionen und Forschungen genaue Schätzungen zu den verfügbaren Mengen notwendig sind. Es gibt darum zahlreiche Studien, die sich explizit mit der Schätzung von Erntenebenprodukten verschiedener Kulturpflanzen beschäftigen. Oftmals liegt das Hauptaugenmerk dabei auf dem energetischen Potential ebendieser Mengen (vgl. etwa Bentsen et al. 2014; Deng et al. 2015 und Harberl et al. 2011). Laut Meinung mancher AgronomInnen sind nicht alle Pflanzen für derartige Zwecke zu berücksichtigen; neben Zuckerrohr sind vor allem die Nebenprodukte von Mais (*Zea mays*), Sorghum (*Sorghum bicolor*), Reis (*Oryza sativa*) und mancher Getreidesorten von Interesse, während etwa die rasche Zersetzung der Nebenprodukte der Sojabohne (*Glycine max*) oder die geringen Rückstandsmengen bei Baumwolle (*Gossypium hirsutum*) dazu führen, dass diese bei derartigen Berechnungen weniger Berücksichtigung finden (vgl. Lal 2005: 577).

Es gibt verschiedene Herangehensweisen, die anfallenden beziehungsweise nutzbaren Mengen zu berechnen. Einige sind vergleichbar mit den oben beschriebenen Berechnungsschritten einer MFA: Auf Basis der statistisch festgehaltenen Erntemenge und dem eruierten, durchschnittlichen Verhältnis zwischen Ernteprodukt und Erntenebenprodukt – meist *residue-to-product ratio* (RPR) genannt – wird berechnet, welche Mengen an Nebenprodukten theoretisch anfallen. Ansätze dieser Art werden unter Punkt 6.1. beschrieben. Andererseits besteht die Möglichkeit, die Mengen über die durchschnittlich anfallende Menge *pro Hektar* Anbaufläche zu berechnen. Dafür werden bereits eruierte Kennzahlen herangezogen. Abschnitt 6.2. geht darauf in Kürze ein.

6.1. Verhältnis zwischen Ernte- und -nebenprodukten einer Pflanze

Oben erwähnter *harvest index* (HI) beschreibt das Verhältnis zwischen dem geernteten (und wirtschaftlich genutzten) Teil der Pflanze zur gesamten oberirdischen Biomasse der Pflanze zum Zeitpunkt der Ernte; dabei handelt es sich üblicherweise bei beiden Angaben um das Trockengewicht (vgl. etwa Salmoral und Garrido 2015: 2). Entsprechend gibt es Kennzahlen, welche das Verhältnis zwischen Erntenebenprodukten und der gesamten oberirdischen Biomasse oder dem Ernteprodukt angeben. Diese werden etwa *residue-to-product ratio* (RPR)

oder *generating potential index* (GP) – genannt. Der von Krausmann et al. (2015) verwendete Begriff des *harvest factor* (HF), abgeleitet aus dem HI, beschreibt ebenfalls das Verhältnis zwischen Erntenebenprodukten und dem Rest der oberirdischen Pflanze. Laut Bentsen et al. (2014) ist eine Ableitung des Verhältnisses zwischen Ernte- und -nebenprodukten aus dem HI (theoretisch) problematisch und kann zur Überschätzung der angefallenen Mengen führen. Die AutorInnen begründen dies mit der Tatsache, dass bei der Messung eines *harvest index* der Stoppel oder Stumpf der Pflanze miteinberechnet wird, während bei der Messung der RPR dieser Teil der Pflanze nicht berücksichtigt wird (66). Die Höhe des verbleibenden Zuckerrohrhalmstopfels hängt von der jeweiligen Erntemethode ab; so kann beispielsweise manuell geerntetes Zuckerrohr sehr bodennah abgehackt werden, während Erntemaschinen die Halme etwas bodenferner abschneiden, um Verunreinigungen der Ernte durch Bodenunebenheiten zu minimieren. Insbesondere bei mechanisierter grüner Ernte ist die Sicht auf den Boden eingeschränkt (vgl. Kapitel 3). Bei hochgewachsenen Pflanzen kann laut Hay (1995) die Berücksichtigung eines Stopfels von 10 Zentimetern den *harvest index* um bis zu 5% verringern (199). Aufgrund mangelnder Details zum Zustandekommen der Angaben zum HI und zur RPR von Zuckerrohr kann allerdings keine fundierte Aussage hierzu getroffen oder eine entsprechende Korrektur vorgenommen werden. Im Folgenden sollen die Begriffe RPR und HF demnach obgleich ihres vermeintlich unterschiedlichen Zustandekommens synonym verwendet werden.

Die Berechnungen mittels RPR (oder HF) gestalten sich je nach Erkenntnisziel unterschiedlich komplex. Oftmals werden Schätzungen nach demselben Prinzip wie bei Krausmann et al. (2015) ausgeführt: Über die Produktionsmenge und der bekannten RPR werden die theoretisch verfügbaren Mengen berechnet (vgl. etwa Bentsen et al. 2014; Lal 2005; Romero et al. 2007; Salmoral und Garrido 2015). Singh (2015) bezeichnet dieses Ergebnis als „theoretisches Biomassepotential“ (*theoretical biomass potential*, 289f.); dies kommt in einer MFA der oben beschriebenen Menge der *available crop residues* gleich. Faktoren wie etwa Sorte, Wachstumsbedingungen und landwirtschaftliches Management haben Einfluss auf diese Mengen. Der Großteil der untersuchten, aktuellen Studien greift bei der RPR auf Werte aus der Literatur zurück; lediglich Paes und Oliveira (2005), Menandro et al. (2017), Molina Jr. (1991, alle Brasilien), Romero et al. (2007, Argentinien), Sornpoon et al. (2014, Thailand) und Beeharry (2001b, Mauritius) führten selbst Erhebungen im Feld durch und beschreiben in

ihren Publikationen ihre exakte Vorgehensweise. Vor diesem Hintergrund ist in der Gegenüberstellung der Angaben zur RPR kritisch zu beachten, wofür die angegebenen Werte im Detail stehen. Tabelle 9 stellt eine umfassende Übersicht über die in der Literatur gefundenen Angaben zur RPR dar. Ein genauer Blick auf diese Tabelle bestätigt, dass die Vergleichbarkeit der Werte angesichts der oftmals lückenhaften Angaben zu Trockengewicht, miteinbezogenen Pflanzenteilen oder zu den Quellen, *i.e.* dem tatsächlichen Zustandekommen der Faktoren, problematisch ist.

In einem weiteren Schritt wird oftmals mittels zweiter Kennzahl, der *recovery rate*, errechnet, welche Mengen abzüglich des Anteils, der am Feld belassen wird, für den Transport zur Weiterverarbeitungsstätte zur Verfügung stehen (vgl. etwa Braunbeck et al. 1999; Forster-Carneiro et al. 2013; Jölli und Giljum 2005; Koopmans und Koppejan 1997; Samson et al. 2001). Welcher Anteil beziehungsweise welche Nebenprodukte des Zuckerrohrs sinnvollerweise am Feld belassen werden sollten, um die Bodenqualität zu verbessern und Nährstoffe zurückzuführen, ist Gegenstand wissenschaftlicher Diskussionen (vgl. etwa Carvalho et al. 2013; Digonzelli et al. 2011; Fortes et al. 2013; Hassuani et al. 2005; Trivelin et al. 2013). Faktoren wie etwa die lokale Bodenbeschaffenheit und die zu erwartenden Wetterbedingungen haben großen Einfluss auf die konkret sinnvollen Mengen, weshalb sämtliche Angaben zu Prozentsätzen in diesem Fall stark verallgemeinernd sind und lediglich eine grobe Schätzung zulassen.¹⁰ Generell wird in der Literatur von Prozentsätzen zwischen 30 und 70 % ausgegangen (vgl. Tabelle 9).

Zuweilen wird an dieser Stelle die Effizienz der Einholungsrouen berücksichtigt und mittels drittem Faktor berechnet, welche Mengen für die Weiterverarbeitung in den Fabriken zur Verfügung stehen (vgl. etwa Franco et al. 2013; Macedo et al. 2001; Pippo et al. 2007). Singh (2015) fasst unter dem sogenannten *availability factor* sowohl den oben genannten *recovery factor* als auch die Einflüsse durch Erntepaxen und die Effizienz der Einholung (Maschinen, Infrastruktur) zusammen und berechnet so das „verfügbare Biomassepotential“ (*available biomass potential*, 290f.).

¹⁰ Nach Bentsen et al. 2014 ist eine sinnvolle Schätzung der Entnahmeraten auf jeglichen geographischen Skalen, welche über (Bereiche) einzelne(r) Felder hinausgehen, nicht möglich (69).

Tabelle 9. Verhältnis zwischen Ernte- und -nebenprodukten des Zuckerrohrs: Übersicht über Literaturangaben

Bezeichnung	Wert	fresh weight oder dry matter ¹	Feuchtigkeitsgehalt ²	Entnahme	Region	Quelle	Methode ³	Zitationen	Anmerkungen
Harvest index/ assumed partition tops and leaves:stem	0,4:0,6	dm	73%, 72%*			Alexander 1985 und Singh und Solomon 1995, in Wirsenius 2000 :92	Li	Krausmann et al. 2015	* Halme, Tops und Blätter
Ratio of dry weight CT and L* to fresh weight cane	9,6-10,2%	dm/fw	65,4 – 69,3 %		Mauritius	Beeharry 2001b: 424	Er		1 Sorte * Cane Tops (CT), Leaves (L)
Percentage of green matter weight	20-30%	fw	50%	50%	Brasilien	Braunbeck et al. 1999: 500			Quelle unklar
Sugarcane waste (dm) per ton of cane stalk (fw)	(0,316)* 0,158	dm/fw		50%**	Brasilien	Macedo 1998, in Braunbeck et al. 1999: 500			In Macedo 1998 nicht zu finden * 50% Bagasse, 50% Stroh ** zusätzlich können nur 50% der Flächen grün geerntet werden
Residue-to-crop ratio (RCR) in t/t	0,13	fw	60%/ 10%*		Weltweit, Indien	Cardoen et al. 2015a: 43	∅		Range: 0,05 – 0,3 * at harvest/ air dried
RPR	0,05	dm	59,2%*	60%*	Indien	CES 1995 und CMIE 1997, in Singh und Gu 2010: 1370f.	Li	Bhutto et al. 2011; Hilhoidhari et al. 2014; Singh et al. 2008; Singh 2015	* in Singh et al. 2008, zitiert von Hilhoidhari et al. 2014
Residue* to final economic produce ratio	(0,4)	dm/fw	30%		Indien	CES 1995 und CMIE 1997, in Ravindranath et al. 2005: 181	Li		* Residues als Blätter und Bagasse
RPR	0,302	fw	50%	*	Thailand	DEDP 1992, in Sajjakulnukit et al. 2005: 215	Li	Jenjariyakosoln et al. 2014	* Surplus availability factor: 0,986

Fortsetzung Tabelle 9

(on-site) SCAR* yield per ton of millable cane	35%	fw	65%/ 30%**	50%	Kuba	Egusquiza 1994 und ICIDCA 2000, in Pippo et al. 2007: 873	Li	Pippo et al. 2008	* Sugarcane agricultural residues (SCAR) ** at harvest/ air dried
Pro 100 t Zucker 134 t Ernterück- stände	134 t			30-40%	Kuba	ICIDCA 2000: 60	Li	Basanta et al. 2007; Pippo et al. 2006	Quelle unklar
Percentage of trash in field cane	2,02-35%				Weltweit, 10 von 15: USA	Fernandes et al. 1977: 1964	Li	Paes und Oliveira 2005	15 Quellen
Amount of residues per ton of pro- duction	34%	fw	10%	50%	Brasilien	Ferreira-Leitão et al. 2010: 66	Li	Bentsen et al. 2014	Quelle unklar
Residues for each 100 Mt of milled sugarcane	24,2-25 t	fw	50%			Font 2000, in Pippo et al. 2006: 871	Li		
Generating potential index (GP)*	0.22 t	fw	80-85%	50-70%	Brasilien	Forster-Carneiro et al. 2013: 81	Li		Quelle unklar * Tons total residue per ton sugar cane (TR/SC)
Part growing above ground (% of dry matter)	12% tops 29% leaves	dm	74%			Herrera 1999: o.S.	Li		Quelle unklar
Straw/grain ratio	0,25	dm				Lal 1995, in Lal 2005: 578			Quelle unklar
TMSDS/SM Index*	0,205 ± 0,031	dm/fw		42%	Brasilien	Landell et al. 2013: 303	Er		4 Sorten * Total Mass of Sugarcane Dry Straw/Stem Mass
Straw/stalk ratio	12%	dm/fw	68%, 11%*		Brasilien	Menandro et al. 2017: 492	Er		4 Sorten, drei <i>stages of cut</i> , 7 Standor- te (312 samples) * Tops inklus. grüne Blätter, trockene Blätter
Trash index	0,34	fw	43%		Brasilien	Molina Jr. et al. 1991: 9f.; Molina Jr. 1991: 53	Er		1 Sorte

Fortsetzung Tabelle 9

Trash/stalk ratio	14%	dm/fw			Paes und Oliveira 2005: 22 (in Hassuani et al. 2005)			
			13,5%, 67,7%, 82,3%*	50%	Brasilien	Neto 2005: 25f. (in Hassuani et al. 2005)	Er	Landell et al. 2013; Leal et al. 2013; Pippo et al. 2011b; Seabra et al. 2010; Seabra und Macedo 2011; etc.
						Marchi et al. 2005: 67 (in Hassuani et al. 2005)		11-17%, große Anzahl an Sorten an verschiedenen Orten und zu verschiedenen <i>stages of cut</i> *trockener Blätter, grüne Blätter, Tops
Trash/stalk ratio (%)	18,2 ± 5,2%	dm/fw			Weltweit	Paes und Oliveira 2005: 20	∅	10 Quellen, 5 Sorten
Rate SCAR weight/cane stalk weight	0,25-0,3 0,13-0,15	fw dm		50%	Weltweit	Pippo et al. 2011b: 3	∅	dm-Anteil Tops: 0,69-0,76, Blätter (grün und getrocknet): 0,14-0,21
Dry Trash/Cane Yield (TD/CY) ratio	16%	dm/fw			Argentinien	Romero et al. 2007: 422	Er	4 Sorten
Dry trash yield	15%	dm/fw	26%	70%*	Philippinen	Samson et al. 2001: 97, 130		* Einholung von Rückständen alle drei Jahre (nach zweiter Ratoonerte)
RPR	0,37	dm	72,13%, 75,74%, 12,3%, 9,83% *		Thailand	Sornpoon et al. 2014: 678	Er	6 Sorten, 13 Standorte, versch. <i>stages of cut</i> Werte zwischen 0,24 und 0,47 * Halme, grüne Blätter, trockene Blätter, abgeworfene Blätter
Ratio of pro-duct:residue	1:1,6	fw	48%:50%		Zimbabwe	Strehler und Stützle 1987, in Hemstock und Hall 1995: 173		IPCC 2000; Rosillo-Calle et al. 2007; Shonhiwa 2013; Terrapon-Pfaff 2012 Laut Koopmans und Koppejan (1997) handelt es sich hier um die Angabe für Bagasse (19)
Straw/grain ratio	0,2-0,25	dm				Stout 1990 und Larson et al. 1982, in Lal 2005: 578	Li	
RPR	0,3	dm	10% (at harvest)	50%	Thailand	USAID 1989: 9, in Koopmans und Koppejan 1997: 7		Bentsen et al. 2014; Cardoen et al. 2015; Eisentraut 2010; Fischer et al. 2007; Jölli und Giljum 2005; Kimutai et al. 2014; Scott Bentsen und Felby 2010; Terrapon-Pfaff 2012
RPR	0,17				Weltweit	Williams und Larson 1993 und Kadyzewski 1995, in Yevich und Logan 2003: 6	∅	Werte zwischen 0,09 und 0,28

¹ fresh weight (fw), dry matter (dm); ² Feuchtigkeitsgehalt der Nebenprodukte (mc); ³ Eigene Erhebung (Er), Literatur: Übersicht/einzelter Wert (Li), Literatur: Durchschnittswert (∅)

Von anderen AutorInnen wird stattdessen (oder zusätzlich) das energetische Potential der zur Verfügung stehenden Mengen berechnet, indem die potentielle oder die verfügbare Menge mit den entsprechenden Werten zum Energiegehalt multipliziert wird (vgl. etwa Bhattacharya et al. 2005; Rípoli et al. 2000; Shonhiwa 2013). Bei Singh (2015) wird diese Menge als *available bio-energy potential* bezeichnet (291). Zusätzlich kann die Effizienz der angewandten Umwandlungstechnologie berücksichtigt werden (vgl. etwa Portugal-Pereira et al. 2015). Diese Größe wird von Singh (2015) als *available biomass power potential* bezeichnet (291).

Untenstehende Grafik (Abbildung 15) veranschaulicht die von Singh (2015) durchgeführten Rechenschritte, um das verfügbare Biomassekraftpotential (*available biomass power potential*) landwirtschaftlicher Ernterückstände für den Bundesstaat Punjab in Indien zu berechnen. Diese Grafik bietet eine differenzierte Darstellung soeben beschriebener Komplexitätsstufen in der Schätzung von Erntenebenprodukten.

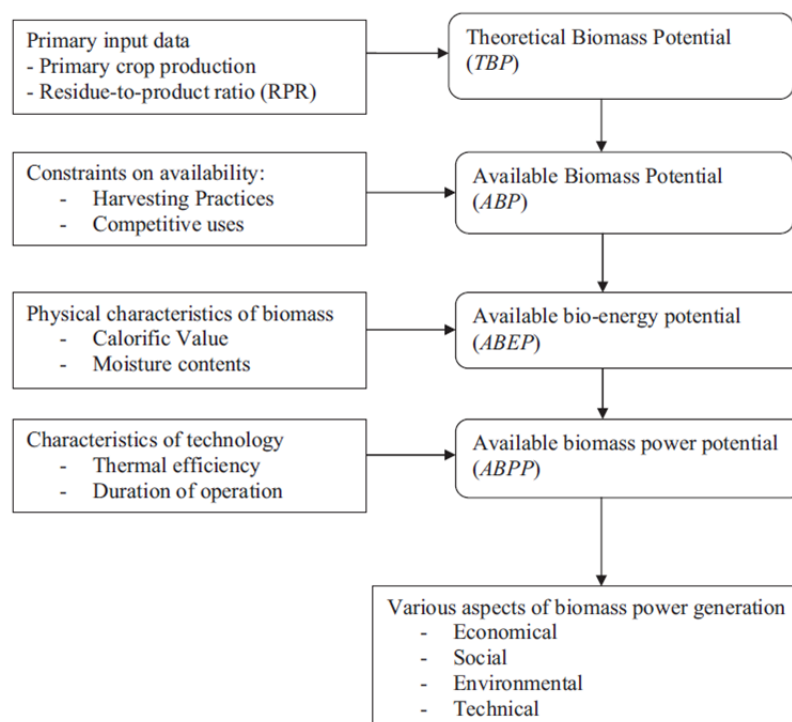


Abbildung 15. Flussdiagramm: Berechnung des Energiepotentials von Erntenebenprodukten (Quelle: Singh 2015: 290)

Die Schätzung der Erntenebenprodukte mittels RPR oder HF erfährt zuweilen hinsichtlich der Berechnung mittels Produktionsdaten Kritik. So stellen etwa Romero et al. (2007) einen signifikanten linearen Zusammenhang zwischen Ertrag und der produzierten Menge an Neben-

produkten fest. Bei zwei der untersuchten Sorten ihrer Studie nahm die Menge an Nebenprodukten (in Trockengewicht) bei steigenden Erträgen linear zu, während bei zwei weiteren Arten nach einer signifikanten Zunahme eine Stabilisierung der Erntenebenproduktmengen ab einem Ertrag von etwa 80 bis 90 t ha⁻¹ festzustellen war (422f.). Laut der Studienergebnisse von Paes und Oliveira (2005) hingegen ist die RPR unabhängig vom Ertrag. Da im Zuge dieser Arbeit weder Feldstudien noch derart kleinskalige Recherchen zu Einflussfaktoren auf die Produktion der Erntenebenprodukte, *i.e.* den Sorten, den gegebenen Wachstumsbedingungen und dem jeweiligen agronomischen Management, durchgeführt werden können, wird im Weiteren in Anlehnung an Paes und Oliveira davon ausgegangen, dass kein signifikanter Zusammenhang zwischen Ertragshöhe und RPR besteht.

6.2. Verhältnis zwischen Nebenprodukt und Fläche

Die Erntenebenproduktmengen können zudem über die kultivierte Fläche berechnet werden. Hierbei wird anstelle der Produktionsmenge die Fläche mit einer Kennzahl multipliziert. Diese Kennzahl bezeichnet das Verhältnis zwischen bestellter Fläche und durchschnittlich produzierten Nebenprodukten. Jölli und Giljum (2005) stellen die Ergebnisse dieser Methode den Ergebnissen oben beschriebener Berechnungsweise gegenüber und stellen fest, dass die Berechnung via RPR durchgehend höhere Ergebnisse liefert (17f.). Die Berechnung über die kultivierte Fläche ist im Vergleich zur Berechnung über die RPR weniger exakt, da hier die Schwankungen in der Produktivität (bedingt durch klimatische Einflüsse, Auswirkungen der Qualität des landwirtschaftlichen Managements, etc.) nicht berücksichtigt werden (vgl. auch Samson et al. 2001: 7). Zudem ist die Berechnung via Produktionsmengen in dieser Arbeit prinzipiell naheliegender, da eine MFA ihren Blick auf die Flussgrößen (Produktionsmengen) richtet und weniger auf das Ausmaß der kultivierten Flächen (vgl. ebenso Jölli und Giljum 2005: 18). Folgende Tabelle gibt einen Überblick über jene in der recherchierten Literatur genannten Werte zum Ertrag an Nebenprodukten pro Hektar.

Tabelle 10. Verhältnis zwischen Erntenebenprodukten des Zuckerrohrs und der bestellten Fläche: Übersicht über Literaturangaben

Wert (Pflanzenteil) ¹	fw/ dm ²	mc ³	Nation	Quelle
5,45 t ha ⁻¹ (Tops) & 10,6 t ha ⁻¹ (<i>trash</i>)	dm	74% & 15%	Brasilien	Barnes 1974, in Naseveen 1988: o.S.
19 t ha ⁻¹			Brasilien	Basanta 2004, in Núñez und Spaans 2008: 31
8,5 t ha ⁻¹				Cardoen et al. 2015a: 43
11,5 Mg ha ⁻¹ year ⁻¹				Carvalho et al. 2013: abstract
12-16 t ha ⁻¹	dm			Digoncelli et al. 2011: abstract
11,65 t ha ⁻¹	dm		Brasilien	Filho 2005: 76
11-21 t ha ⁻¹			Kuba	ICIDCA 2000: 60
6,5 t ha ⁻¹	dm			IPCC 2006: 2.46
10,1 t ha ⁻¹ (Stroh) & 3 t ha ⁻¹ (Blätter) & 0,8 t ha ⁻¹ (Tops)	dm		Brasilien	Macedo 1998: 79
13,89 t ha ⁻¹ (<i>green harvest</i>) 3,18 t ha ⁻¹ (<i>burned harvest</i>)	dm	19,68% 14,13%	Ecuador	Núñez und Spaans 2008: 31
1,01-2,46 t ha ⁻¹ (<i>top leaves</i>) 6,46-8,43 t ha ⁻¹ (<i>stem straw</i>) 6,39-11,14 t ha ⁻¹ (<i>soil straw</i>)			Brasilien	Rípoli et al. 2005, in Landell et al. 2013: 301
25,69 t ha ⁻¹	fw	51,39%	Brasilien	Rípoli 1991, in Rípoli et al. 2000: 679
6,9-16 t ha ⁻¹	dm		Argentinien	Romero et al. 2007: 422
8-25 t ha ⁻¹	dm	26%	Weltweit	Santo 1991, in Samson et al. 2001: 77
12,5 t ha ⁻¹			Philippinen	Samson et al. 2001: 77
10-20 t ha ⁻¹	dm			Trivelin et al. 2013: 345
12,44 ± 2,81 t ha ⁻¹ 12,63 ± 1,75 t ha ⁻¹	fw	9,8%	Thailand	WIIAD 1991: 11 (zwei verschiedene Standorte)

¹ Falls nicht angegeben, betrifft der angegebene Wert die gesamte Menge an Erntenebenprodukten und wurde von den AutorInnen nicht weiter spezifiziert; ² Wert inklusive Feuchtigkeitsgehalt (*fresh weight*, fw) oder als Trockengewicht (*dry matter*, dm); ³ Feuchtigkeitsgehalt (*moisture content*, mc)

Analog zu den oben beschriebenen Rechenschritten können auch hier nach der Eruiierung der potentiellen Mengen an Erntenebenprodukten die entnommenen Mengen und das energetische Potential geschätzt werden.

7. Berechnungen

Im Folgenden wird detailliert dargestellt, wie im Zuge der Berechnungen dieser Arbeit vorgegangen wird. Unter Punkt 7.1. wird ein Überblick über die relevanten Faktoren gegeben und jeweils dargestellt, ob beziehungsweise wie diese Berücksichtigung in den Berechnungen finden. Unter Punkt 7.2. wird Schritt für Schritt dargelegt, wie die Berechnungen im Zuge dieser Arbeit angestellt und welche Parameter hierfür herangezogen werden, um anschließend in Kapitel 8 alle Ergebnisse darzustellen und zu diskutieren.

7.1. Faktoren und ihre Berücksichtigung

Wie sich gezeigt hat, gibt es zahlreiche Faktoren, die Einfluss auf die potentielle und auf die effektiv verfügbare Menge an Erntenebenprodukten des Zuckerrohranbaus ausüben.

Die **potentielle Menge an Erntenebenprodukten am Feld** (zum Zeitpunkt der Ernte; Englisch *potential crop residues*) wird beeinflusst durch (1a) die Sorte, welche bestimmend für den Ertrag und das Verhältnis zwischen Ernte- und –nebenprodukt ist und (1b) das Alter der Pflanze, insofern das Pflanzenwachstum und die Erträge über mehrere Zyklen hinweg schwinden können, (2a) die Umweltbedingungen während des Wachstums, *i.e.* je nach Wachstumsphase angemessene Wasserverfügbarkeit und Temperaturen, (2b) die Bodenbeschaffenheit und -qualität der Felder, (3) das landwirtschaftliche Management, insbesondere (3a) (gegebenenfalls) Bewässerung, (3b) Krankheits- und Schädlingsbekämpfung und (3c) Nährstoffzufuhr. Diese potentielle, vor der Ernte gegebene Menge wird wiederum beeinflusst durch die Erntepraxen, insbesondere (4a) der Frage des Abbrennens der Nebenprodukte vor der Ernte (beeinflusst durch die geographische Lage beziehungsweise durch das Produktionsland mit seinen gesetzlichen Regelungen in diesem Bereich) und (4b) der Höhe, auf der Top und Halm getrennt werden (*topping height*). Die so minimierte Menge soll hier **„effektive Menge an Erntenebenprodukten am Feld (nach der Ernte)“** (Englisch *available crop residues*) genannt werden. Diese Größe wird wiederum von (5a) der sogenannten *recovery rate*, *i.e.* jenem prozentuellen Anteil, der tatsächlich entnommen wird (im Gegensatz zu jenem Anteil der aus agronomischen Gründen am Feld belassen wird) und (5b) der Effizienz, mit der die jeweilige Einholungsroute durchgeführt werden kann, beeinflusst. Letztlich handelt es sich demnach um die **effektive Menge an Erntenebenprodukten bei der Weiterverarbeitungsstätte** (Englisch *used crop residues*).

Abbildung 16 stellt ebengenannte Faktoren und ihre Beziehungen zueinander dar.

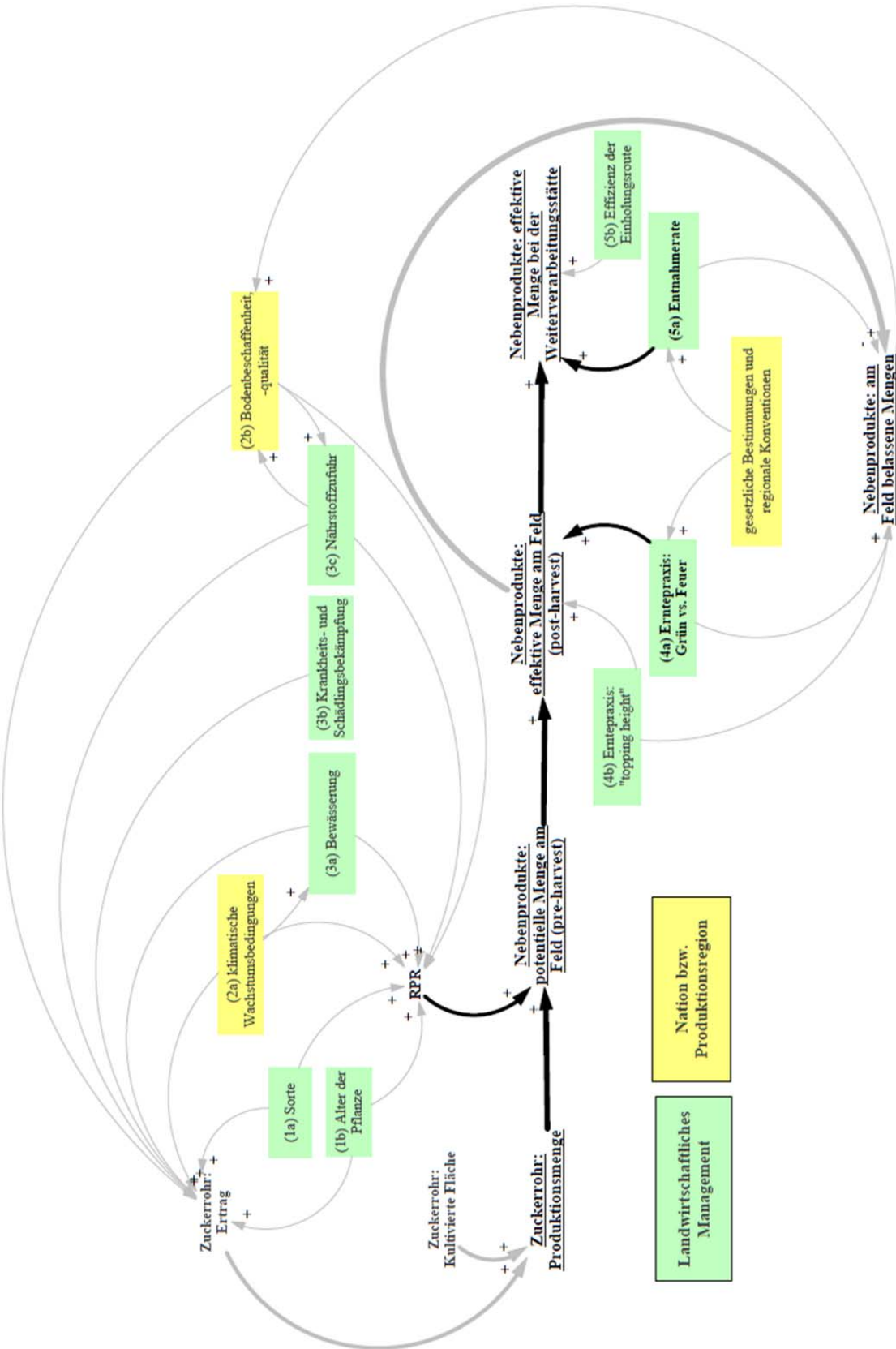


Abbildung 16. Netzwerk an Einflussfaktoren auf die Erntenebenprodukte des Zuckerrohrs (eigene Darstellung)

Bei folgenden Berechnungen werden die Faktoren (1a) und (1b) insofern berücksichtigt, als die verwendete RPR bereits einen Durchschnittswert verschiedener Sorten zu verschiedenen Stadien (*stages of cut*) darstellt. Einschränkend gilt an dieser Stelle zu betonen, dass es im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich ist, die Berechnungen auf regional differenzierter Ebene hinsichtlich der beiden Faktoren (1a) und (1b) durchzuführen.

Die Umweltfaktoren (2a) und (2b) finden bei den Berechnungen ebenso Berücksichtigung, da sie sich in den statistisch erfassten Produktionsmengen von Zuckerrohrhalmen widerspiegeln. Auch die Faktoren (3a), (3b) und (3c) werden somit berücksichtigt.

Von zentraler Bedeutung für untenstehende Berechnungen ist die Praxis des Abtrennens als Faktor (4a). Diesem wird, soweit dies anhand nationaler Statistiken, wissenschaftlicher Studien oder anderer Berichte möglich ist, auf nationaler Ebene und in seiner historischen Dimension Rechnung getragen. Da es weltweit große Unterschiede bezüglich des Ausmaßes an *pre-harvest burning* gibt, dies aber ausschlaggebend für die Mengen an verfügbaren Nebenprodukten ist, gilt es hier zu differenzieren. Die Höhe des Abtrennens des Tops als Faktor (4b) wird bei untenstehenden Berechnungen nicht weiter berücksichtigt, da dies in wissenschaftlichen Berichten keine Erwähnung findet, diesbezüglich somit keine konkreten Daten zur Verfügung stehen.

Um den Biomassefluss der genutzten Erntenebenprodukte des Zuckerrohrs für die Materialflussrechnung zu berechnen, gilt es in einem letzten Rechenschritt die *recovery rate* als Faktor (5a) zu berücksichtigen: jenen Teil, der Eingang in das wirtschaftliche System einer Nationalökonomie findet. Dafür werden Informationen aus wissenschaftlicher Literatur und anderen Berichten herangezogen. Auf die Effizienz verschiedener Einholungsrouen (5b) wird in dieser Arbeit nicht genauer eingegangen, da diese wiederum von einer Vielzahl an Faktoren beeinflusst wird (Infrastruktur, Distanz, Art der Einholung, Zeitfenster etc.), welchen hier nicht Rechnung getragen werden kann und welche keine Verallgemeinerung auf nationale, regionale oder gar globale Maßstäbe zulassen. Hinzu kommt, dass im Falle vorhandener Daten zu Faktor (5b) diskutiert werden müsste, wo die Systemgrenze Umwelt-Sozioökonomie verläuft. Es stellt sich die Frage, ob Verluste, die auf dem Weg zwischen Entnahmeort und Weiterverarbeitungsstätte entstehen, einer weiteren Berücksichtigung aus Perspektive einer Materialflussrechnung bedürfen. Im Kontext dieser Arbeit wird Faktor (5b) dem sozioökonomischen System zugeordnet und gilt demnach nicht als Einflussfaktor auf die nationale Entnahme (zum Zeitpunkt der Überschreitung der Systemgrenze Natur-

Gesellschaft). Vielmehr werden – in dieser Arbeit – jene Mengen, welche mittels des Rechenschritts „effektive Menge an Erntenebenprodukten am Feld (nach der Ernte) x *recovery rate*“ erhoben werden, als genutzte *domestic extraction* (DE) im Sinne der MFA verzeichnet.

7.2. Formeln und Parameter

Vor dem Hintergrund des ersten Teiles dieser Arbeit und soeben geschilderter Überlegungen wurden für Brasilien, Indien, China, Thailand, Pakistan, Mexiko und Kuba folgende Mengen geschätzt: Potentielle, verfügbare und genutzte Erntenebenprodukte des Zuckerrohrs zwischen 1961 und 2013. Im Folgenden soll nun eine umfassende Darstellung der durchgeführten Rechenschritte sowie der jeweils herangezogenen Datensätze und Faktoren stattfinden.

7.2.1. Potentielle Menge an Erntenebenprodukten am Feld (*potential crop residues*)

Um die oberirdische Biomasse an Erntenebenprodukten, welche sich theoretisch zum Zeitpunkt der Ernte auf den Zuckerrohrfeldern befindet, zu bestimmen, wird auf Basis der Produktionsdaten zum geernteten Zuckerrohr und der *residue-to-product ratio* (RPR) die Größe *potential crop residues* geschätzt:

$$Pot (dm) = Prod (fw) * RPR$$

Pot: *Potential crop residues*, dry matter

Prod: *Primary crop harvest*, fresh weight¹

RPR: *Residue-to-product ratio*, dm crop residues per ton of fresh cane

¹ Anmerkung: Je nachdem, ob die verwendete RPR die Größen *Pot* und *Prod* in Trockengewicht oder in Frischgewicht in Verhältnis zueinander setzt, muss hier die Produktionsmenge in entsprechender Form eingesetzt werden; gegebenenfalls ist die Produktionsmenge demnach in Trockengewicht umzurechnen

Bei den **Produktionsdaten** handelt es sich um statistisch erfasste Mengen geernteter Halme in metrischen Tonnen inklusive Feuchtigkeitsgehalt. Als Datenquelle für die benötigten Produktionsdaten (*primary crop harvest*) zu Zuckerrohr wird hier FAOSTAT, die statistische Abteilung der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*, FAO) herangezogen. Diese Entscheidung begründet sich zum einen darin, dass FAOSTAT vollständige Datensätze zu den Produktionsmengen für nunmehr fünfeinhalb Jahrzehnte (1961 – 2015) liefert. Zum anderen wird in zahlreichen nationalen oder institutionellen Datenbanken ausschließlich nach Wirtschaftsjahren berichtet (vgl. etwa *Pakistan Bureau of Statistics* für Pakistan, Canasat und *Compan-*

hia Nacional de Abastecimento für Brasilien, *Oficina Nacional de Estadística e Información* für Kuba, etc.).¹¹ Dies führt – sofern keine monatlich ausdifferenzierten Daten zur Verfügung stehen – zur Problemen in der Vergleichbarkeit von Daten aus verschiedenen Quellen bei einer globalen Betrachtung: Das Wirtschaftsjahr der Zuckerindustrie, das sogenannte *Sugar Marketing Year*, entspricht nicht dem Kalenderjahr. Üblicherweise läuft der Erfassungszeitraum von Mai bis April, Ausnahmen sind etwa Brasilien (April bis März), Australien (Juli bis Juni), China, Kuba, Indien, Pakistan u.v.m. (Oktober bis September) und Thailand (Dezember bis November; vgl. USDA 2016e: 4). Jedoch wurden, sofern dies möglich war, die Daten der FAO mit jenen der nationalen Agrarstatistiken abgeglichen. Auch bei unterschiedlichen Erfassungszeiträumen wurde untersucht, ob auffällige Differenzen zwischen den Daten der FAO und jenen der nationalen Datenbanken auszumachen sind. Es konnten hierbei keine Auffälligkeiten, also keine großen quantitativen Differenzen zwischen den berichteten Mengen, festgestellt werden, sondern zumeist nur geringfügige Unterschiede, welche sich aus den unterschiedlichen Erfassungszeiträumen speisen.

Die **RPR** bezeichnet wie in Kapitel 6.1. beschrieben das Verhältnis zwischen dem Ernteprodukt (Halm) und den Nebenprodukten (Tops, grüne und trockene Blätter). Tabelle 9 bildet die Vielzahl von Angaben zum Verhältnis zwischen dem Halm des Zuckerrohrs und seinen Erntenebenprodukten, welche sich in der Literatur findet, ab. Für den Großteil dieser Angaben konnten allerdings in den betreffenden Publikationen keine spezifischen Informationen zum Zustandekommen der Werte ausgemacht werden. Erforderliche Informationen sind beispielsweise die genaue Beschreibung des Experimentaufbaus, Angaben zur Anzahl der untersuchten Pflanzen wie etwa Sorte und Alter und Angaben zu den untersuchten Standorten. Zuweilen fehlen auch Informationen dazu, wie der Wert zu lesen ist, etwa, ob das Verhältnis Ernte- und -nebenprodukte in Frischgewicht oder Trockengewicht beschreibt oder es sich um einen gemischten Faktor handelt. So wurde die Mehrzahl der aufgelisteten Werte, welche in der Literatur gefunden werden konnte, im Zuge meiner Berechnungen nicht weiter berücksichtigt. Werte, welche in der Literatur nachvollziehbar dargelegt sind,

¹¹ Vergleiche folgende Webseiten der Institutionen beziehungsweise Ämter: *Pakistan Bureau of Statistics* PBS (<http://www.pbs.gov.pk/>), *Canasat* (<http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/>), *Companhia Nacional de Abastecimento* Conab (<http://www.conab.gov.br/>) und *Oficina Nacional de Estadística e Información* ONEI (<http://www.one.cu/>).

finden sich bei Hassuani et al. (2005)¹², Landell et al. (2013), Menandro et al. (2017), Romero et al. (2007) und Sornpoon et al. (2014):

Tabelle 11. Verhältnis zwischen Ernte- und -nebenprodukten des Zuckerrohrs: Auswahl der Literaturangaben, welche in dieser Arbeit eine nähere Betrachtung erfahren (vgl. dazu auch Tabelle 9 in dieser Arbeit)

Quelle	Bezeichnung	Wert	Trocken- oder Frischgewicht	Feuchtigkeitsgehalt ¹
Hassuani et al. 2005	Trash/stalk ratio	0,14	dm/fw	82,3% (T) 67,7% (gL) 13,5% (dL)
Landell et al. 2013	Total mass of sugarcane dry straw/stem mass index	0,205±0,031	dm/fw	k.A.
Menandro et al. 2017	Straw/stalk ratio	0,12	dm/fw	68% (T+gL) 11% (dL)
Romero et al. 2007	Dry trash/cane yield ratio	0,16	dm/fw	k.A.
Sornpoon et al. 2014	Residue-to-product ratio	0,37	dm/dm	72,13% (S) 75,74% (gL) 12,3% (dL) 9,83% (tL)

¹ Halme, stalks: S, Tops: T, grüne Blätter, green leaves: gL, trockene Blätter, dry leaves: dL, abgeworfene Blätter, trashed leaves: tL

Da Molina Jr. (1991) und Beeharry (2001b) für ihre Erhebungen jeweils lediglich eine Sorte untersuchten, werden deren Werte hier nicht weiter in Betracht gezogen.

Abbildung 17 veranschaulicht am Beispiel Brasiliens die Varianz der Ergebnisse zur Größe der *potential crop residues (dm)* – geschätzt auf Basis obengenannter Formel – welche unter Anwendung dieser Werte errechnet wurden. Für die Berechnung nach Sornpoon et al. (2014) ist eine Anpassung der Formel notwendig, da der Wert 0,37 die Erntenebenprodukte in Trockengewicht per produzierte Tonne Halme in Trockengewicht bezeichnet, während alle anderen Werte die produzierten Erntenebenprodukte in Trockengewicht pro Tonne Halme in Frischgewicht bezeichnen:

¹² Der Wert findet sich – wie in Tabelle 9 ersichtlich – in einem von Paes und Oliveira verfassten Kapitel in Hassuani et al. (2005: 19-23). Da betreffende Publikation im Rahmen eines großangelegten Forschungsprojektes verfasst wurde und in vorliegender Arbeit zudem auf weitere Werte (zu Feuchtigkeitsgehalten etc.) aus Hassuani et al. zurückgegriffen wird, soll diese RPR hier und im Folgenden mit „Hassuani et al. 2005“ zitiert werden.

$$Pot (dm) = Prod (dm) * RPR_{Sorn.}$$

Pot: Potential crop residues, dry matter

Prod: Primary crop harvest, dry matter

$RPR_{Sorn.}$: Residue-to-product ratio nach Sornpoon et al. 2014, dm crop residues per ton of dry cane (0,37)

Für die Berechnung des Trockengewichtes der geernteten Halme wurde auf den Feuchtigkeitsgehalt laut Sornpoon et al. (2014) zurückgegriffen (72,13%; 677).

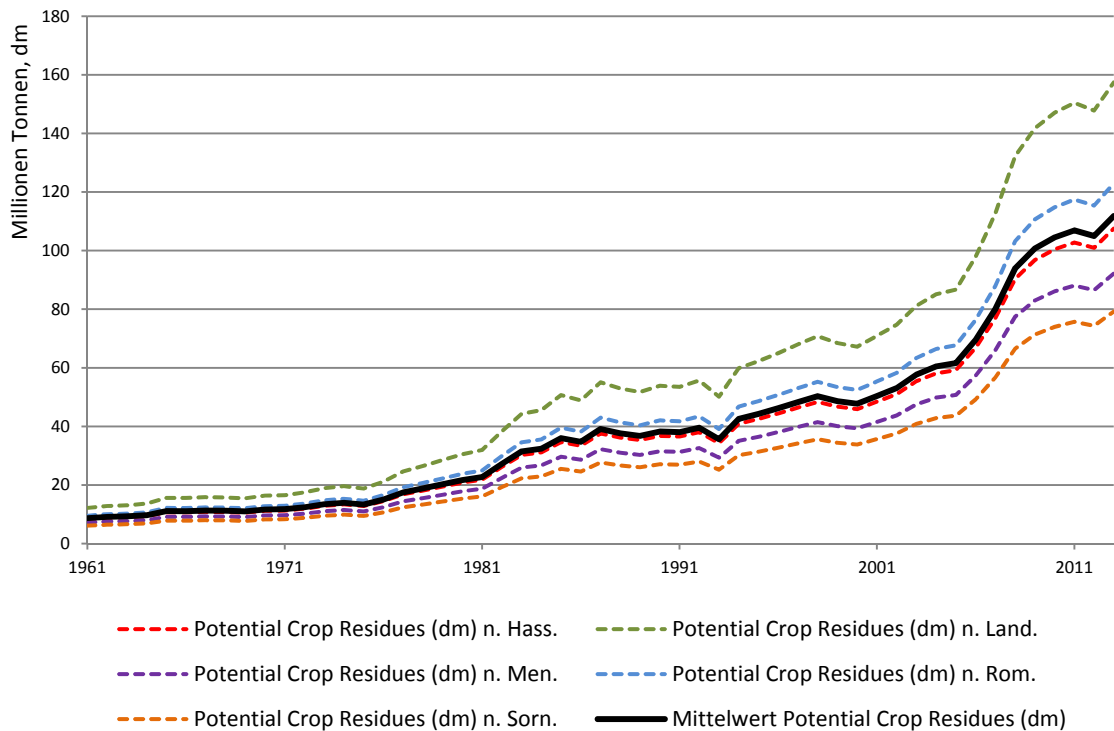


Abbildung 17. Potential Crop Residues Brasiliens zwischen 1961 und 2013, Trockengewicht: Vergleich der Ergebnisse bei Berechnung mittels unterschiedlicher Residue-to-Product Ratios (RPR): Hassuani et al. (0,14; 2005), Landell et al. (0,205; 2013), Menandro et al. (0,12; 2017), Romero et al. (0,16; 2007) und Sornpoon et al. (0,37; 2014).¹ (eigene Berechnungen)

¹ Alle angegebenen Werte ausgenommen jener von Sornpoon et al. (2014) bezeichnen das Verhältnis an Erntenebenprodukten in Trockengewicht zu den Halmen in Frischgewicht (dm/fw); die RPR von Sornpoon et al. (2014) hingegen gilt für Erntenebenprodukte in Trockengewicht im Verhältnis zu den Halmen in Trockengewicht (dm/dm). Dies wurde in den Berechnungen entsprechend berücksichtigt.

Wie in Abbildung 17 ersichtlich ist, liegen jene Ergebnisse nach Hassuani et al. (2005) nahe am Mittelwert der berechneten potentiellen Menge an Zuckerrohrerntenebenprodukten Brasiliens zwischen 1961 und 2013. Die mittlere RPR aller berücksichtigten Werte, berechnet via Mittelwert *potential crop residues (dm)* dividiert durch *primary crop harvest (fw)*, liegt bei 0,146. Für sämtliche Schätzungen, welche in Kapitel 8 dieser Arbeit dargelegt und diskutiert

werden, wird deshalb auf die Angaben von Paes und Oliveira in Hassuani et al. (2005) zum Verhältnis zwischen Ernte- und Nebenprodukt zurückgegriffen (22):

$$RPR_{Hass.} = 0,14 \text{ t trash (dm) t}^{-1} \text{ cane (fw)}$$

Hinzu kommt, dass die Publikation von Hassuani et al. (2005) im Vergleich zu den anderen Publikationen, die für Abbildung 17 herangezogen wurden, eine größere Anzahl an notwendigen Angaben, welche für die weiteren Rechenschritte notwendig sind, vereint: So werden etwa Angaben zur Aufteilung der Erntenebenprodukte in Tops, grüne Blätter und trockene Blätter und zu deren jeweiligen Feuchtigkeitsgehalten gemacht. Wie bereits erwähnt handelt es sich hier zudem um ein langjähriges, großangelegtes Projekt (BRA/96/G31), dessen Ergebnisse vielfach zitiert wurden (vgl. Tabelle 9).

Wiederholend seien hier die Verteilung der Fraktionen genannter Erntenebenprodukte sowie ihre jeweiligen Feuchtigkeitsgehalte laut Hassuani et al. (2005) genannt. Bei Frischgewicht machen grüne Blätter 52,7%, trockene Blätter 23,1% und Tops 24,2% der oberirdischen Erntenebenprodukte aus; wenn von Tops inklusive grüner Blätter die Rede ist, ergibt sich demnach ein Anteil von 77% (212). Die gesamte oberirdische Biomasse gliedert sich bei Frischgewicht folgendermaßen: Halme 84,1%, grüne Blätter 8,4%, trockene Blätter 3,7%, Tops 3,8% (ebd.). Der jeweilige Feuchtigkeitsgehalt der Nebenprodukte beläuft sich auf 67,7% bei den grünen Blättern, 13,5% bei den trockenen Blättern und 82,3% bei den Tops (Neto in Hassuani et al. 2005: 25); der (gewichtete, durchschnittliche) Feuchtigkeitsgehalt von Tops inklusive grüner Blätter liegt bei 72,3%, der (gewichtete, durchschnittliche) Feuchtigkeitsgehalt aller Nebenprodukte liegt bei 58,7%. Das Verhältnis dieser Fraktionen lautet bei Erntenebenprodukten in Trockengewicht: Grüne Blätter 41,3%, trockene Blätter 48,4% sowie Tops 10,4% (Tops inklusive grüner Blätter 51,6%).

In Hassuani et al. (2005) findet sich allerdings keine Angabe zum *Feuchtigkeitsgehalt* der Halme. Somit ist eine einfache Umrechnung des Faktors von „dm Nebenprodukte per fw Halme“ auf „dm Nebenprodukte per dm Halme“ nicht möglich. Wandelt man die RPR nach Hassuani et al. (2005) unter Heranziehung der Angabe zum Feuchtigkeitsgehalt der Halme nach Wirsenius (2000) – 73% – auf dm/dm um, lautet die RPR 0,52 (dm/dm). Unter Heranziehung der Angabe zum Feuchtigkeitsgehalt der Halme nach Sormpoon et al. (2014) – 72,19% – ergibt sich eine RPR von 0,5 (dm/dm). Um nah am nachvollziehbar eruierten Wert

von Hassuani et al. (2005) zu bleiben, wird in dieser Arbeit allerdings von einer Umwandlung der Kennzahl abgesehen.

Für die Berechnung der Größe „potential crop residues (dm)“ wird in dieser Arbeit demnach auf folgende Formel zurückgegriffen:

$$Pot (dm) = Prod (fw) * RPR_{Hass.}$$

Pot: *Potential crop residues, dry matter*

Prod: *Primary crop harvest, fresh weight*

RPR_{Hass.}: *Residue-to-product ratio nach Hassuani et al. 2005, dm crop residues per ton of fresh cane (0,14)*

7.2.2. Effektive Menge an Erntenebenprodukten am Feld, nach der Ernte (available crop residues)

Wie in Kapitel 3.2.2. ausführlich beschrieben, ist der Einsatz von Feuer als Erntehilfsmittel eine weit verbreitete Praktik, welche maßgeblichen Einfluss auf die verfügbaren Mengen an Erntenebenprodukten hat. Um diesen Faktor in meinen Schätzungen zu berücksichtigen, wird in Abweichung zur von Krausmann et al. (2015; vgl. Kapitel 5) vorgeschlagenen Berechnungsweise an dieser Stelle ein weiterer Rechenschritt eingeführt. Mithilfe der *green harvest rate* (GR), welche den Anteil des ohne Feuer geernteten Zuckerrohrs bezeichnet, wird die Größe **available crop residues, green harvest** (AvG) berechnet.

$$AvG (dm) = Pot (dm) * (GR/100)$$

AvG: *Available crop residues, green harvest, dry matter*

Pot: *Potential crop residues, dry matter*

GR: *Percentage of cane harvested green, i.e. cane harvested without pre-harvest burning (variabel)*

Welcher Anteil der Zuckerrohrernte nicht mittels vorherigem Abbrennen der Blätter eingeholt wird (**green harvest rate**, GR), ist für die untersuchten Länder jeweils im Detail zu recherchieren. Angesichts der Auswirkungen auf die verfügbaren Mengen ist insbesondere die historische Dynamik dieser Rate zu berücksichtigen, jedoch werden unter den ausgewählten Ländern lediglich in Mexiko, Thailand und Brasilien derartige Daten statistisch erfasst (vgl. Unión Nacional de Cañeros und SAGARPA für Mexiko; CTC und Conab für Brasilien; OCSB für Thailand).¹³ Dies trifft insbesondere auf die Jahre seit den 1990ern zu; für die Jahrzehnte

¹³ Vergleiche etwa folgende Webseiten der Institutionen: *Unión Nacional de Cañeros* (<http://caneros.org.mx/>), *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación* SAGARPA

davor musste wie für die übrigen Länder zumeist auf Basis vager Literaturangaben ein konstanter Wert festgelegt werden oder die Zeitreihe wurde mithilfe der mittleren Änderungsrate zwischen zwei bekannten Werten linear fortgeschrieben. Folgende Tabelle zeigt die verwendeten GR für alle untersuchten Länder.

Tabelle 12. Zeitreihen: Green Harvest Rate (GR), i.e. Anteil grün geernteten Zuckerrohrs, in Brasilien, Indien, China, Thailand, Pakistan, Mexiko und Kuba, 1961 - 2013

		Jahr oder Zeitraum									
Brasilien	'61-'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03		
GR (%)	4	5	6	7	8	9	10	15	19		
Quelle	CTC 2012 Textinterpretation/Annahme (vgl. Abschnitt 4.1. in dieser Arbeit)									CTC 2012: 14	
	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	
	20	21	25,1	29,9	38,2	42,9	52,5	66,3	73,8	84,8	Fredo et al. 2015
CTC in Nyko et al. 2013: 421											
Indien	'61-'13										
GR (%)	75										
Quelle	Jain et al. 2014: 423 (sowie Yadav 2007: 164)										
PBR ¹ (%)	89,6										
Quelle	Solomon 2011a: 415; Yadav 2007: 164 (sowie Hassuani et al. 2005: 212 und Neto 2005: 25)										
¹ Post-Harvest Burning Rate PBR											
China	'61-'13										
GR (%)	90										
Quelle	Yevich und Logan 2003: 15 (sowie Li und Yang 2015: 5; Wegener et al. 2013: 3)										
PBR ² (%)	95										
Quelle	Wegener et al. 2013: 4										
² Post-Harvest Burning Rate PBR											
Thailand	'61-'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	
GR (%)	100	98,7	96,1	93,6	91	93	92	88	94	74	
Quelle	USAID 1986: 15		Eigene Berechnung ³			Tapaneeyangkul 2010: 4					
³ lineare Fortschreibung auf Basis mittlerer Änderungsrate der Werte nach Tapaneeyangkul 2010 (1988-2009)											
	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	
	47	35	23	23,5	42,5	47,7	42,6	42,1	43,6	42,9	
OCSB 2013: 83											
	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	
	55,8	52,5	47,3	41,5	40	36,4	36,1	35,3	34,5	34,2	
Pakistan	'61-'13										
GR (%)	100										
Quelle	Lodhi 1988: 8; Nazir et al. 2013: 135										
PBR ⁴ (%)	89,6										
Quelle	Aziz 2013: 5ff. (sowie Hassuani et al. 2005: 212 und Neto 2005: 25)										
⁴ Post-Harvest Burning Rate PBR											

(<http://www.gob.mx/sagarpa>), Centro de Tecnologia Canavieira CTC (<http://www.ctcanavieira.com.br/>), Companhia Nacional de Abastecimento Conab (<http://www.conab.gov.br/>) und Office of the Cane and Sugar Board OCSB (<http://www.ocsb.go.th/>).

Fortsetzung Tabelle 12

Mexiko	'61-'62	'63-'67	'68-'73	'74-'78	'79-'83	'84-'87	'88-'92	'93-'97	'98-'01	'02-'03	
GR (%)	3,7	3,8	3,9	4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	
Quelle	<i>Eigene Berechnung</i> ⁵										
⁵ lineare Fortschreibung auf Basis mittlerer Änderungsrate 2004-2013											
	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	
	4,6	5,4	5,9	6,5	5,4	6,5	7,7	8,4	7,7	9	
	<i>Cañeros 2016</i>										
Kuba	'61-'70	'71	'72	'73	'74	'75	'76	'77	'78	'79	
GR (%)	100	65	30	32,9	35,7	38,6	41,4	44,3	47,1	50	
Quelle	<i>Pérez-López 1991: 67</i>	<i>Eigene Berechnung</i> ⁶	<i>Pérez-López 1991: 67</i>	<i>Eigene Berechnung</i> ⁷						<i>Pérez-López, Alvarez 2005: 50</i>	
⁶ Mittelwert zwischen 1970 und 1972; ⁷ lineare Fortschreibung zwischen 1972 und 1979											
	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89-'13	
	55	60	65	70	75	80	81,5	83	84,5	86	
	<i>Eigene Berechnung</i> ⁸					<i>Pippo et al. 2008: 2168</i>		<i>Eigene Berechnung</i> ⁹		<i>Pollitt 2004: 327</i>	
⁸ lineare Fortschreibung zwischen 1979 und 1985; ⁹ lineare Fortschreibung zwischen 1985 und 1989											

Angesichts des Beitrages dieser Länder zu den globalen Produktionsmengen – die ausgewählten Länder produzierten zwischen 1961 und 2013 in Summe zwischen 55,5 und 78,2% der gesamten Weltproduktion (vgl. Tabelle 6 zum prozentuellen Anteil dieser Nationen an der jährlichen Weltproduktion von Zuckerrohr) – wurde auf Basis der bekannten Werte (vgl. Tabelle 12) und der jeweiligen Anteile an der Weltproduktion ein gewichteter Mittelwert der *green harvest rate* für die Jahre 1961 bis 2013 ermittelt.

Tabelle 13 zeigt die GR-Zeitreihe, welche für die globale Schätzung der *available crop residues, green harvest* (AvG) herangezogen wurde.

Tabelle 13. Zeitreihe: Green Harvest Rate (GR), i.e. Anteil grün geernteten Zuckerrohrs für Welt, gesamt, 1961 - 2013

	Jahr																	
Welt, gesamt	'61	'62	'63	'64	'65	'66	'67	'68	'69	'70	'71	'72	'73	'74	'75	'76	'77	
GR (%)	7,7	6,8	6,4	6,7	7,4	7	6,7	6,5	7,1	8,1	7,1	6,4	6,7	7	6,9	6,9	7,3	
	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95
	7,4	7	6,4	7	7,4	7	6,9	6,8	6,7	6,9	7,1	7,4	7,5	7,8	7,8	7,5	7,4	7,7
	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13
	7,8	7,8	7,7	8	7,9	7,8	8,2	7,1	7,6	7,4	8	9	9,7	9,6	10,6	12,2	12,9	13,7

Da wie im Abschnitt 3.2.2. beschrieben, beim Einsatz von Feuer bei der Ernte nicht sämtliche Nebenprodukte zerstört werden, muss hier separat für jenen mit Feuer geernteten Teil, die verfügbare Menge an Erntenebenprodukten geschätzt werden (**available crop residues, burned harvest**, AvB).

$$AvB(dm) = [Pot(dm) - AvG(dm)] * TgL * BR$$

AvB: Available crop residues, burned harvest, dry matter

Pot: Potential crop residues, dry matter

AvG: Available crop residues, green harvest, dry matter

TgL: Share of tops and green leaves in dry matter residues (0,516)

BR: Ratio of tops and green leaves not destroyed by burning (0,1)

Beeharry (1996) betont in seinen Untersuchungen zur Elektrizitätsproduktion auf Basis von Zuckerrohrerntenebenprodukten in Mauritius, dass beim Einsatz von Feuer zur Ernte etwa 10% der Tops und grünen Blätter bestehen bleiben, sämtliche trockene Blätter werden vernichtet. Aus diesem Grund wird die potentielle Menge nach Abzug des grün geernteten Anteils – [Pot (dm) – AvG (dm)] – und der Berechnung des Anteiles der Tops und grünen Blätter (*tops and green leaves*, TgL) an der resultierenden Menge – [Pot (dm) – AvG (dm)] * TgL – mit dem Faktor 0,1, hier **ratio of tops and green leaves not destroyed by burning** (BR) genannt, multipliziert. Wie bereits in Abschnitt 7.2.1. erwähnt, stellen laut Hassuani et al. (2005) **Tops und grüne Blätter** 51,6% des Trockengewichtes der Erntenebenprodukte dar; der Faktor Tgl entspricht demnach 0,516.

7.2.3. Effektive Menge an Erntenebenprodukten bei der Weiterverarbeitungsstätte (used crop residues)

Zuletzt sollen jene Mengen geschätzt werden, welche zwischen 1961 und 2013 tatsächlich die Systemgrenze Umwelt-Gesellschaft überschritten haben und somit Eingang in eine MFA nach Krausmann et al. (2015) finden (DE). Dafür wird, wie bei Krausmann et al. (2015), die zuletzt berechnete Menge mit der sogenannten *recovery rate* multipliziert. Da nach dem in 7.2.2. beschriebenen Vorgehen an dieser Stelle zwei Größen für weitere Berechnungen zur Verfügung stehen (AvG und AvB) und sich diese Mengen hinsichtlich ihrer sozioökonomischen Nutzung unterscheiden, wird hier mit zwei separaten Rechenschritten fortgefahren.

Die effektive Menge an Erntenebenprodukten, welche die Systemgrenze Umwelt-Gesellschaft überschreiten und grüner Ernte entstammen, **used crop residues, green harvest** (UG) genannt, wird folgendermaßen eruiert:

$$UG (dm) = AvG (dm) * RRg$$

UG: *Used crop residues, green harvest, dry matter*

AvG: *Available crop residues, green harvest, dry matter*

RRg: *Recovery rate, green harvest* (0,5; RRg_{InPa} 0,104; RRg_{China} 0,05)

Wie in Tabelle 9 erwähnt, wird in der gesichteten Literatur für grüne Ernte eine **Entnahmerate** zwischen 30 und 70% der am Feld verfügbaren Nebenprodukte genannt. Im Folgenden wird für grün geerntetes Zuckerrohr eine Entnahmerate von 50% herangezogen. Diese wird in sieben von dreizehn Quellen angeführt und liegt nahe dem Mittelwert aller genannten Werte (52,07%). Dieser Faktor wird hier *recovery rate, green harvest* (RRg) genannt.

Nur in Einzelfällen wird eine abweichende Entnahmerate für grün geerntete Mengen herangezogen. Dies ist der Fall, wenn wissenschaftliche Literatur vorliegt, welche explizite Angaben zur Entnahme oder Verwendung der Nebenprodukte macht, wie etwa im Fall von Indien, Pakistan und China. In Indien und Pakistan werden sämtliche Tops einer sozioökonomischen Verwendung zugeführt (Futtermittel), während die (grünen und trockenen) Blätter nach der Ernte der Halme gänzlich am Feld verbrannt werden (*post-harvest burning*; vgl. Tabelle 12). Da Tops 10,4% des Trockengewichtes der Erntenebenprodukte ausmachen (vgl. Hassuani et al 2005), ergibt sich eine RRg_{InPa} von 0,104. In China wird laut Wegener et al. (2013) ein Teil der Tops entnommen, um aus diesen neue Stecklinge zu ziehen, während sämtliche restliche Nebenprodukte nach der Ernte am Feld verbrannt werden (4). Da Tops 10,4% des Trockengewichtes der Erntenebenprodukte ausmachen, wird hier pauschal angenommen, dass etwa die Hälfte davon, 5% der Nebenprodukte entnommen werden. Für China wird demnach mit einer RRg_{China} von 0,05 gerechnet.

Die genutzte Menge an Erntenebenprodukten, welche bei der Ernte Feuer ausgesetzt waren (**used crop residues, burned harvest**, UB) wird separat geschätzt.

$$UB (dm) = AvB (dm) * RRb$$

UB: *Used crop residues, burned harvest, dry matter*

AvB: *Available crop residues, burned harvest, dry matter*

RRb: *Recovery rate, burned harvest (0,25)*

Im Zuge der durchgeführten Recherchen konnten keine konkreten Angaben zur Entnahmerate von Nebenprodukten bei mit Feuer geerntetem Zuckerrohr gefunden werden. Es wird angesichts der verfügbaren Informationen angenommen, dass etwa ein Viertel der Tops und grünen Blätter, welche bei *pre-harvest burning* nicht durch Feuer zerstört wurden, einer weiteren Nutzung im sozioökonomischen System zugeführt werden. Die *recovery rate, burned harvest* beträgt demnach 0,25.

7.2.4. Umrechnung in Frischgewicht

Da Materialflüsse in einer MFA nach Krausmann et al. (2015) in Frischgewicht verzeichnet werden, muss in einem letzten Schritt eine Umrechnung der Größen UG (dm) und der UB (dm) in ihr jeweiliges Frischgewicht (*fresh weight, fw*) erfolgen, um derart die Integration in eine MFA zu ermöglichen.

Mithilfe eines gewichteten Trockengewichtsanteils der Erntenebenprodukte wird ausgehend von UG (dm) die Größe ***used crop residues, green harvest in Frischgewicht*** umgewandelt (UG (fw)).

$$UG (fw) = \frac{(UG (dm) * 100)}{dmR}$$

UG (fw): *Used crop residues, green harvest, fresh weight*

UG (dm): *Used crop residues, green harvest, dry matter*

dmR: *dry matter content, residues (41,3%)*

Zur Berechnung des **gewichteten Trockengewichtsanteiles** wurden wiederum die Angaben zu den Feuchtigkeitsgehalten und der Verteilung der verschiedenen Erntenebenprodukte in Hassuani et al. (2005) herangezogen.

Tabelle 14. Erntenebenprodukte des Zuckerrohrs: Anteile der verschiedenen Fraktionen an den gesamten Nebenprodukten in Frischgewicht, jeweiliger Feuchtigkeitsgehalt (*moisture content*, mc) und Trockengewichtsanteil (Quellen: Hassuani et al.2005: 212 und Neto in Hassuani et al. 2005: 25; eigene Berechnungen)

Fraktion	Anteil in Frischgewicht	Feuchtigkeitsgehalt (mc)	Trockengewichtsanteil (100 - mc)
Grüne Blätter	52,7%	67,7%	32,3%
Trockene Blätter	23,1%	13,5%	86,5%
Tops	24,2%	82,3%	17,7%
Tops + grüne Blätter	77%	72,3% ¹	27,7%
Erntenebenprodukte gesamt	100%	58,7%¹	41,3%

¹ gewichteter Durchschnitt

Im Falle von Indien, China und Pakistan wird anstelle des dmR jedoch der Trockengewichtsanteil von Tops eingesetzt, da in diesen Ländern wie in Abschnitt 7.2.3. erörtert, lediglich Tops Eingang in das sozioökonomische System finden. Die Verwendung des dmR (41,3%) würde zu einer Unterschätzung der genutzten Mengen in Frischgewicht führen, da der Trockengewichtsanteil von Tops erheblich geringer ist (17,7%).

$$UG (fw) = \frac{(UG (dm) * 100)}{dmT}$$

UG (fw): *Used crop residues, green harvest, fresh weight*

UG (dm): *Used crop residues, green harvest, dry matter*

dmT: *dry matter content, tops (17,7%)*

Für die Umrechnung der **used crop residues, burned harvest in Frischgewicht** (UB (fw)) wird folgende Formel eingesetzt:

$$UB (fw) = \frac{(UB (dm) * 100)}{dmRb}$$

UB (fw): *Used crop residues, burned harvest, fresh weight*

UB (dm): *Used crop residues, burned harvest, dry matter*

dmRb: *dry matter content, burned residues (85,87%)*

In Hassuani et al. (2005) findet keine Untersuchung der Erntenebenprodukte, welche bei der Ernte Feuer ausgesetzt waren, statt. Núñez und Spaans (2008) hingegen geben einen Wert zum **Trockengewichtsanteil der verbleibenden Tops und grünen Blätter** an: 85,87% (31). Dieser Wert wird hier pauschal *dry matter content, burned residues* (dmRb) genannt.

In einem letzten Schritt werden die berechneten Größen UG (fw) und UB (fw) addiert, um in der Folge in eine MFA Eingang finden zu können.

Tabelle 15 fasst soeben beschriebene Formeln und die jeweils eingesetzten Parameter zusammen. Im Anschluss werden die Ergebnisse der entsprechend durchgeführten Schätzungen für Brasilien, Indien, China, Thailand, Pakistan, Mexiko und Kuba beschrieben. Zuletzt soll eine globale Schätzung dargestellt und ein Vergleich mit den Ergebnissen nach Krausmann et al. (2015), beschrieben in Kapitel 5, angestellt werden.

Tabelle 15. Übersicht: Rechenschritte und Kennzahlen zur Schätzung der potentiellen, verfügbaren und genutzten Ernteebenenproduktmengen des Zuckerrohrs

Bezeichnung (B)	B: Kürzel	Berechnung via	Formel	Parameter (P)	P: Kürzel	P: Wert	P: Quelle
Potential crop residues (dry matter)	Pot (dm)	Primary crop harvest (fresh weight) * Residue-to-product ratio	$Pot (dm) = Prod (fw) * RPR_{Hass.}$	Residue-to-product ratio nach Hassuani et al. 2005 (dm cane residues/ fw primary crop harvest)	$RPR_{Hass.}$	0,14	Paes und Oliveira in Hassuani et al. 2005: 22
Available crop residues, green harvest (dry matter)	AvG (dm)	Potential crop residues (dry matter) * Green harvest rate	$AvG (dm) = Pot (dm) * (GR/100)$	Green harvest rate (share of primary crop harvest harvested without fire)	GR	Variabel: Vgl. Tabellen 12 und 13	
Available crop residues, burned harvest (dry matter)	AvB (dm)	(Potential crop residues (dry matter) – Available crop residues, green harvest (dry matter)) * Share of tops and green leaves in dm residues * Ratio of tops and green leaves not destroyed by burning	$AvB (dm) = (Pot (dm) - AvG (dm)) * TgL * BR$	Ratio of tops and green leaves not destroyed by burning Share of tops and green leaves in total aboveground residues matter (dm)	BR TgL	0,1 0,516	Beeharry 1996: 444 Hassuani et al. 2005: 212; Neto in Hassuani et al. 2005: 25
Used crop residues, green harvest (dry matter)	UG (dm)	Available crop residues, green harvest (dry matter) * Recovery rate, green harvest	$UG (dm) = AvG (dm) * RRg$	Recovery rate, green harvest	RRg RRg_{inPa} RRg_{China}	0,5 0,104 0,05	Vgl. Tabellen 9 und 12
Used crop residues, burned harvest (dry matter)	UB (dm)	Available crop residues, burned harvest (dry matter) * Recovery rate, burned harvest	$UB (dm) = AvB (dm) * RRb$	Recovery rate, burned harvest	RRb	0,25	Annahme, vgl. Abschnitt 7.2.3.
Used crop residues, green harvest (fresh weight)	UG (fw)	(Used crop residues, green harvest (dry matter) * 100) / Dry matter content, residues	$UG (fw) = (UG (dm) * 100) / dmR$	Dry matter content, residues (für Indien, Pakistan und China: Dry matter content, tops)	dmR (dmT)	41,3% (17,7%)	Hassuani et al. 2005: 212; Neto in Hassuani et al. 2005: 25
Used crop residues, burned harvest fresh weight)	UB (fw)	(Used crop residues, burned harvest (dry matter) * 100) / Dry matter content, burned residues	$UB (fw) = (UB (dm) * 100) / dmRb$	Dry matter content, burned residues	dmRb	85,87%	Núñez und Spaans 2008: 31

8. Ergebnisse

An dieser Stelle soll eine Darstellung der Ergebnisse oben beschriebener Vorgehen stattfinden. Es werden Schätzungen zu den potentiellen, verfügbaren und genutzten Mengen von Zuckerrohrerntenebenenprodukten für jene unter Kapitel 4 beschriebenen Produktionsländer vorgenommen und diskutiert: Brasilien, Indien, China, Thailand, Pakistan, Mexiko und Kuba (Kapitel 8.1.). Hinzu kommt eine Schätzung globaler Mengen (Kapitel 8.2.). Im Anschluss daran werden die vorliegenden Ergebnisse mit den Ergebnissen nach derzeitigem MFA-Standard (vgl. Krausmann et al. 2015) verglichen. Im Zuge dessen wird herausgearbeitet, in welcher Hinsicht vorliegende Arbeit zur Verbesserung des Schätzverfahrens der genutzten Erntenebenenprodukte des Zuckerrohrs dienen kann (Kapitel 8.3.). In Kapitel 8.4. werden auf Basis der FAO/OECD-Prognosen zur Zuckerrohrproduktion bis 2025 Schätzungen zu den potentiellen Biomasseflüssen der Zuckerrohrerntenebenenprodukte angestellt.

8.1. Ausgewählte Produktionsländer

8.1.1. Brasilien

Brasilien nimmt wie bereits erwähnt in der Auseinandersetzung mit den Erntenebenenprodukten der Zuckerrohrproduktion im globalen Vergleich eine Sonderstellung ein. Da insbesondere in der Hauptanbauregion *Centro-Sul* seit den 1990er Jahren aktiv gegen die Praxis der Ernte mithilfe vorherigem Abbrennen der Blätter vorgegangen wird, findet eine dementsprechende wissenschaftliche und technische Auseinandersetzung mit den zusätzlich anfallenden Mengen statt (vgl. etwa Hassuani et al. 2005, wo die Ergebnisse des Projektes BRA/96/G31, Laufzeit 1997 bis 2005, analysiert werden). Die politische sowie wissenschaftliche Wertschätzung der Erntenebenenprodukte ist in diesem Land demnach bereits gegeben. Tabelle 12 zeigt, wie sich diese Entwicklung in der Dynamik der *green harvest rate* spiegelt; bis Mitte der 1990er Jahre wurde lediglich ein geringer Prozentsatz der Flächen grün geerntet, etwa wenn sich die Felder in der Nähe von Schulen, Flughäfen oder Städten befand oder eine ungünstige Wetterlage vorherrschte. Ab Mitte der 1990er, insbesondere aber seit Beginn der 2000er Jahre steigt diese Rate rasant an.

Wie in Abbildung 18 ersichtlich, ist es – infolge der bereits angesprochenen gesetzlichen Änderungen sowie infolge einer massiven Ausweitung der Anbauflächen (vgl. Abbildung 7, Kapitel 4.1.) – seit Mitte der 1990er Jahre, insbesondere aber seit der Jahrtausendwende zu einem exponentiellen Anstieg in der Verfügbarkeit von Erntenebenenprodukten des Zucker-

rohrs gekommen. Der schwächere Anstieg des Graphen zwischen 2003 und 2005 rührt von reduzierten Erträgen und etwas geringerem Flächenzuwachs in diesem Zeitraum (vgl. Abbildung 7, Kapitel 4.1.).

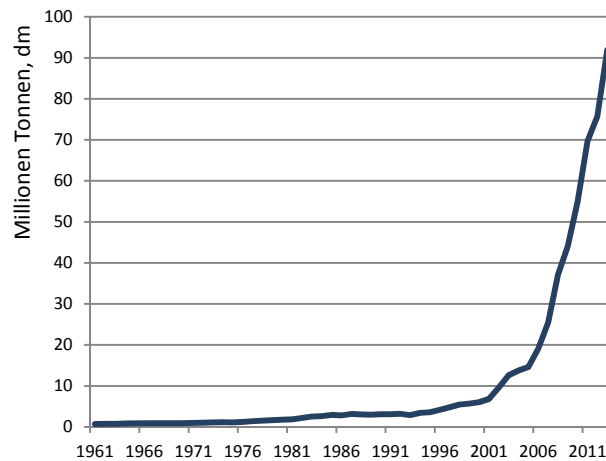


Abbildung 18. Brasilien: Am Feld verfügbare Erntenebenprodukte (*Available Crop Residues, total*) in Millionen Tonnen, Trockengewicht, 1961 - 2013 (eigene Berechnung)

Abbildung 19 zeigt, dass insbesondere seit 2006 jährlich beachtliche Mengen an Erntenebenprodukten genutzt werden: Fanden vor der Jahrtausendwende knapp fünf Millionen Tonnen der Erntenebenprodukte des Zuckerrohrs Eingang in das sozioökonomische System Brasiliens, so handelte es sich 2013 um mehr als 110 Millionen Tonnen (in Frischgewicht; vgl. Abbildung 19).

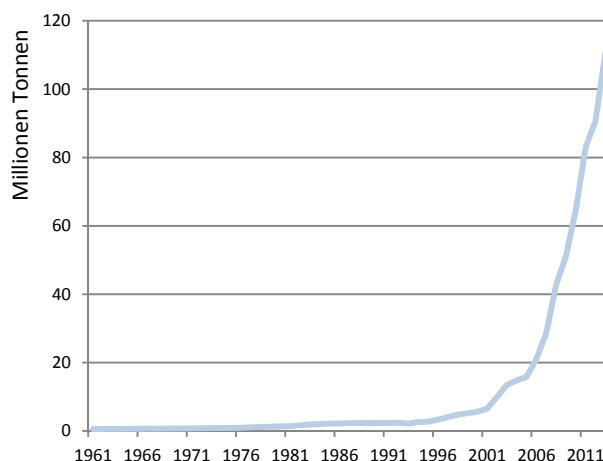


Abbildung 19. Brasilien: Genutzte Erntenebenproduktmengen (*Used Crop Residues, total*) in Millionen Tonnen, Frischgewicht (58,7% Wassergehalt), 1961 - 2013 (eigene Berechnung)

Der Anteil genutzter Erntenebenprodukte, welcher von Feldern stammt, die mithilfe von Feuer geerntet wurden, nimmt dabei eine zunehmend vernachlässigbare Rolle ein (vgl. Abbildung 20).

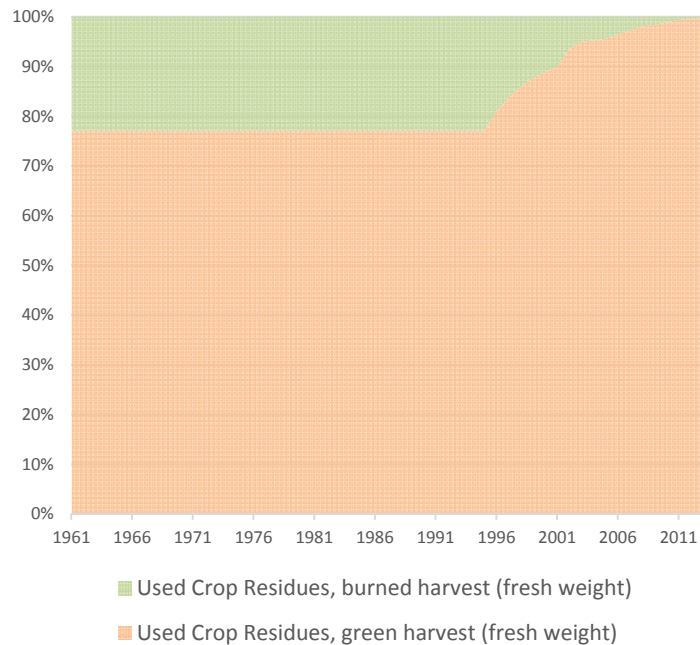


Abbildung 20. Brasilien: Prozentueller Anteil genutzter Erntenebenprodukte nach grüner Ernte (*Used Crop Residues, green harvest*) und nach Ernte mithilfe von Feuer (*Used Crop Residues, burned harvest*), Frischgewicht, 1961 - 2013 (eigene Berechnungen)

Gegenwärtig (2013) sind knapp 85,5% der potentiellen Erntenebenprodukte nach der Ernte am Feld für weitere Verwendung am oder abseits des Feldes verfügbar, etwa 42,6% der potentiellen Mengen (49,8% der verfügbaren Mengen) werden abseits des Feldes genutzt und sind somit – nach Einrechnung des Feuchtigkeitsgehaltes – als DE im Sinne der Materialflussrechnung zu werten (vgl. Abbildung 21).

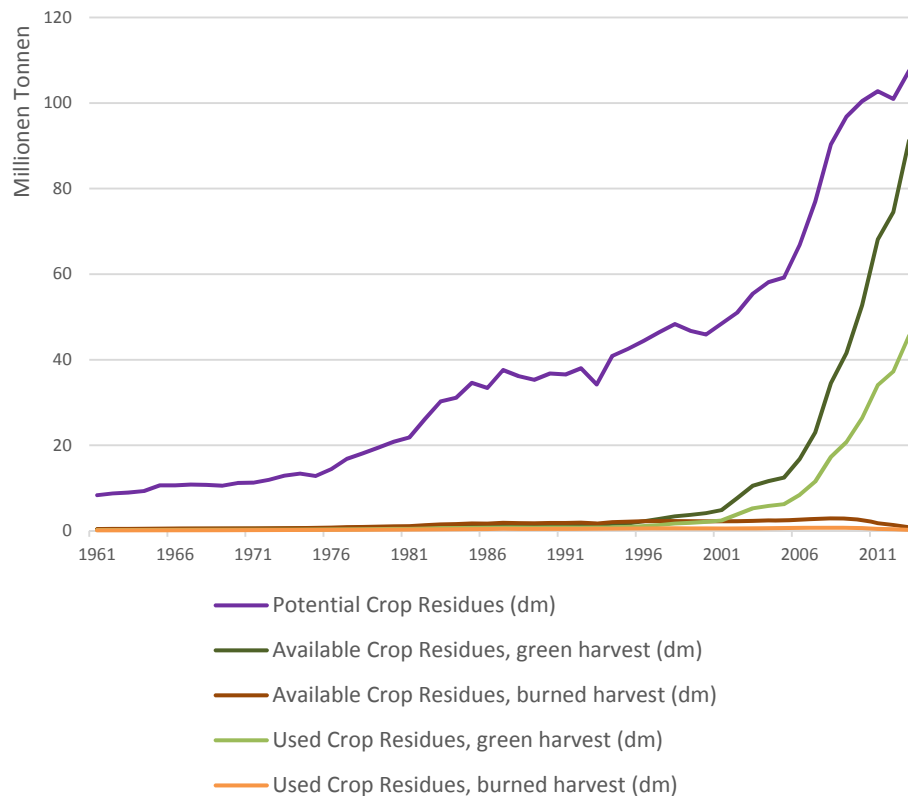


Abbildung 21. Brasilien: Potentielle (*Potential Crop Residues*), verfügbare (*Available Crop Residues*) und genutzte Mengen (*Used Crop Residues*) an Erntenebenprodukten der Zuckerrohrernte, nach Erntep Praxis (*green harvest* und *burned harvest*), Trockengewicht, 1961 - 2013 (eigene Berechnungen)

8.1.2. Indien

Für Indien wurde angesichts mangelnder Daten ein konstanter Wert hinsichtlich der *green harvest rate* angenommen (75%; vgl. Jain et al. 2014: 423). Hinzu kommt, dass sämtliche Blätter nach der Ernte verbrannt werden (*post-harvest burning*). Die Tops der Pflanzen werden, insbesondere in Nordindien, als Bezahlung der Arbeitskräfte angesehen und bei der Ernte entnommen (i.e. *recovery rate*, *green harvest* 10,4%; vgl. Solomon 2011a: 415 und Yadav 2007: 164). Demnach sind nur die Tops, als Futter für Nutztvieh verwendet, als genutzte Entnahme (DE) im Sinne der MFA zu werten (vgl. Krausmann et al. 2015: 12).

Im Vergleich zu Brasilien speist sich der Anstieg der verfügbaren und genutzten Mengen in Indien aus der Ausweitung der bestellten Flächen und in kleinerem Ausmaß aus der Steigerung der Produktivität (vgl. Abbildung 8, Kapitel 4.2.), nicht aber aus einer Minderung des Einsatzes von Feuer als Erntehilfsmittel. Durchschnittlich fanden seit 2000 jährlich 19,4 Millionen Tonnen (Frischgewicht) Tops Eingang in das sozioökonomische System Indiens; der Mittelwert für 1961 bis 2013 liegt bei jährlich 13,2 Millionen Tonnen (vgl. Abbildung 22).

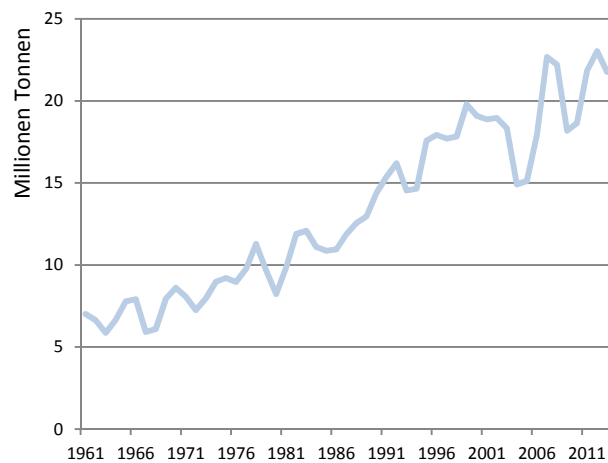


Abbildung 22. Indien: Genutzte Erntenebenproduktmengen (*Used Crop Residues, total*) in Millionen Tonnen, Frischgewicht (82,3% Wassergehalt), 1961 - 2013 (eigene Berechnung)

Die konstant hohe *green harvest rate* führt in Kombination mit dem hohen Ausmaß der Zuckerrohrproduktion und der weit verbreiteten Nutzung der Tops dazu, dass Indien im Vergleich zu den anderen behandelten Nationen bereits seit den 1960er Jahren beachtliche Biomasseflüsse in der Kategorie „Zuckerrohrerntenebenprodukte“ zu verzeichnen hat (vgl. Abbildung 23).

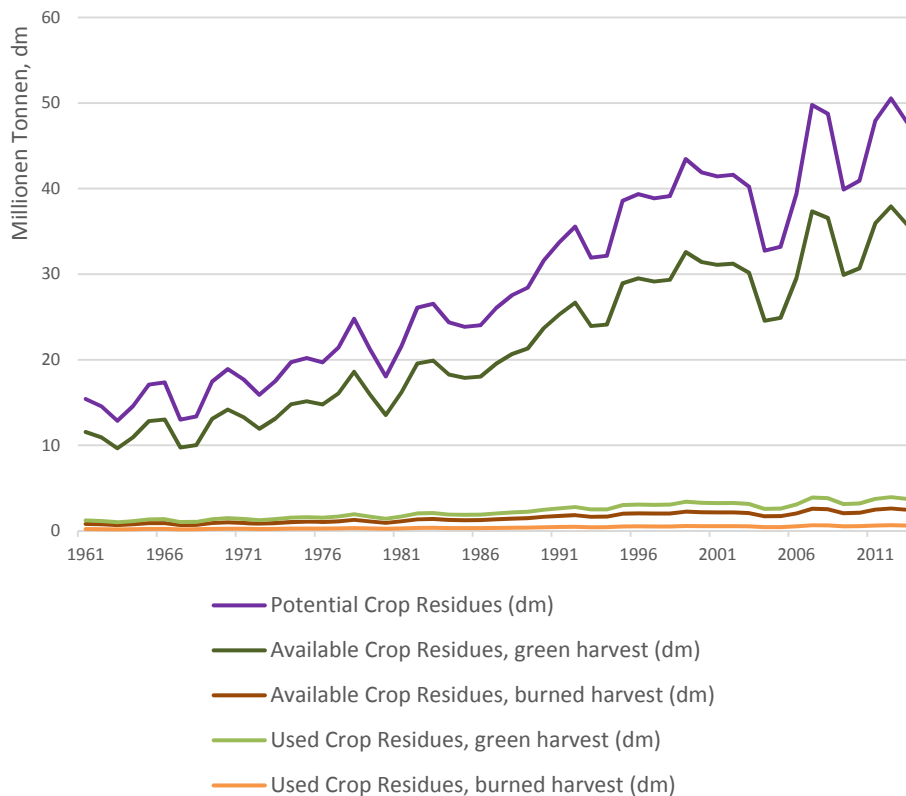


Abbildung 23. Indien: Potentielle (*Potential Crop Residues*), verfügbare (*Available Crop Residues*) und genutzte Mengen (*Used Crop Residues*) an Erntenebenprodukten der Zuckerrohrernte, nach Erntep Praxis (*green harvest* und *burned harvest*), Trockengewicht, 1961 - 2013 (eigene Berechnungen)

8.1.3. China

Für China wurde wie für Indien mangels detaillierter Informationen ein konstanter Wert für die *green harvest rate* angenommen (90%; vgl. Yevich und Logan 2003: 15). Angesichts der Informationen zum Mechanisierungsgrad und zu Innovationen in der Zuckerrohrproduktion, kann angenommen werden, dass hier seit den 1960er Jahren wenig Wandel in den Kultivierungs- und Erntepraktiken stattfand. Für die *recovery rate, green harvest* wird in wie in Punkt 7.2.4. angeführt der Wert 0,05 verwendet, da lediglich ein Teil der Tops für die Aufzucht von Jungpflanzen entnommen wird (Annahme 5% der oberirdischen Nebenprodukte), während der Rest der Nebenprodukte verbrannt wird. So ergibt sich, dass ein Großteil der potentiellen Mengen nicht genutzt wird (vgl. Abbildung 24).

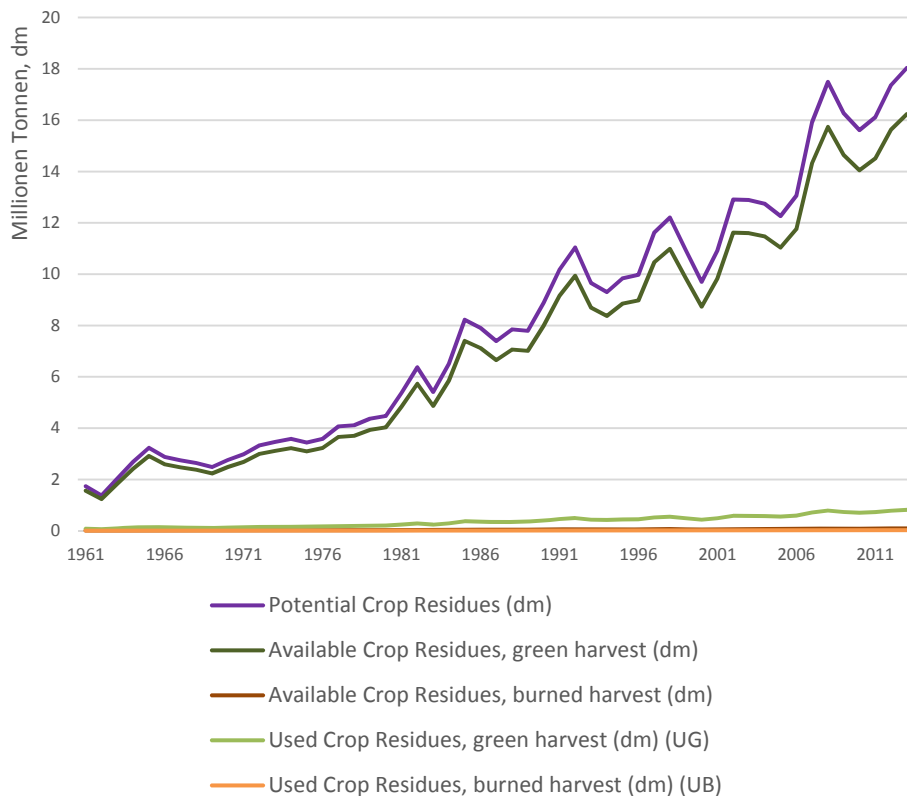


Abbildung 24. China: Potentielle (*Potential Crop Residues*), verfügbare (*Available Crop Residues*) und genutzte Mengen (*Used Crop Residues*) an Erntenebenprodukten der Zuckerrohrernte, nach Erntep Praxis (*green harvest* und *burned harvest*), Trockengewicht, 1961 - 2013 (eigene Berechnungen)

In Frischgewicht handelte es sich 2013 bei den insgesamt genutzten Mengen um 4,6 Millionen Tonnen (vgl. Abbildung 25).

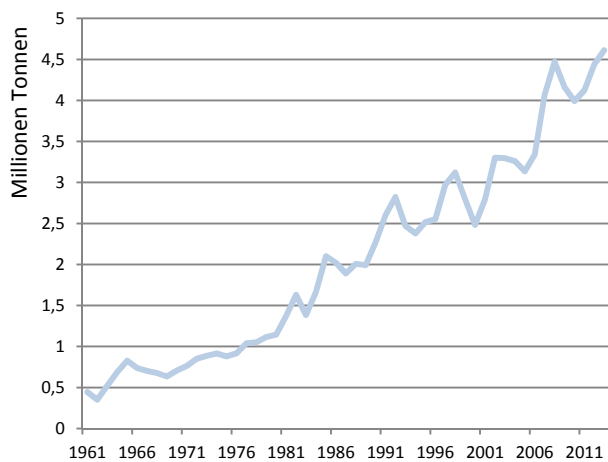


Abbildung 25. China: Genutzte Erntenebenproduktmengen (*Used Crop Residues, total*) in Millionen Tonnen, Frischgewicht (82,3% Wassergehalt), 1961 - 2013 (eigene Berechnungen)

8.1.4. Thailand

In Thailand wurde Zuckerrohr vor der Einbindung in den globalen Markt gänzlich grün geerntet. Erst ab Mitte der 1980er Jahre fand das Hilfsmittel Feuer vermehrt Anwendung und wurde innerhalb eines Jahrzehnts auf beinahe 80% der Anbauflächen eingesetzt. Wie unter Punkt 4.4. beschrieben, wurden die Nachteile einer Ernte mithilfe von Feuer allerdings rasch erkannt und dessen Einsatz teilweise wieder eingedämmt (vgl. Tabelle 12). Folglich ergeben sich folgende Biomasseflüsse potentieller, verfügbarer und genutzter Mengen an Zuckerrohrerntenebenprodukten für 1961 bis 2013 (vgl. Abbildung 26).

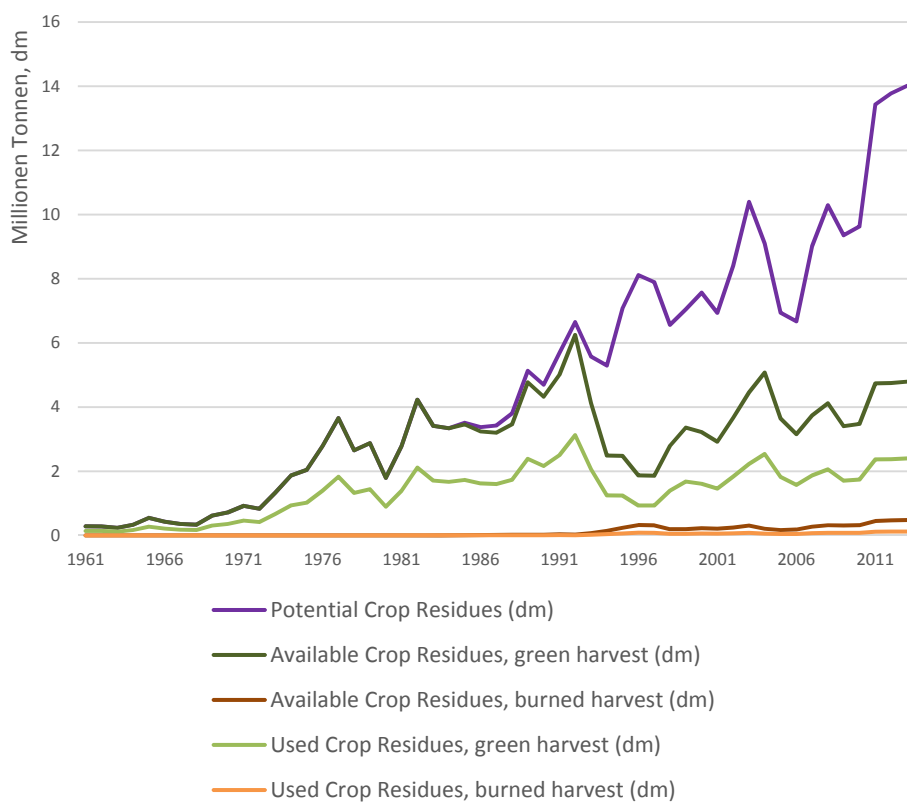


Abbildung 26. Thailand: Potentielle (*Potential Crop Residues*), verfügbare (*Available Crop Residues*) und genutzte Mengen (*Used Crop Residues*) an Erntenebenprodukten der Zuckerrohrernte, nach Erntep Praxis (*green harvest* und *burned harvest*), Trockengewicht, 1961 - 2013 (eigene Berechnungen)

Obwohl in Thailand in einigen Anbauregionen die Praxis des *post-harvest burning* Anwendung findet, wird dies in den Schätzungen nicht weiter berücksichtigt, da angenommen wird, dass dessen Ausmaß (2012: 13,86%; vgl. Sornpoon et al. 2014: 675) mit der niedrig angesetzten Einholungsrate von 50% bereits Berücksichtigung findet.

Seit 1961 finden jährlich durchschnittlich 3,4 Millionen Tonnen Erntenebenprodukte von Zuckerrohr Eingang in die Thailands Nationalökonomie, zwischen 2000 und 2013 lag der Durchschnitt bei 4,9 Millionen Tonnen (Frischgewicht; vgl. Abbildung 27). Die großen Schwankungen bedingen sich durch Schwankungen in den kultivierten Flächen und den Erträgen (vgl. Abbildung 10, Kapitel 4.4.).

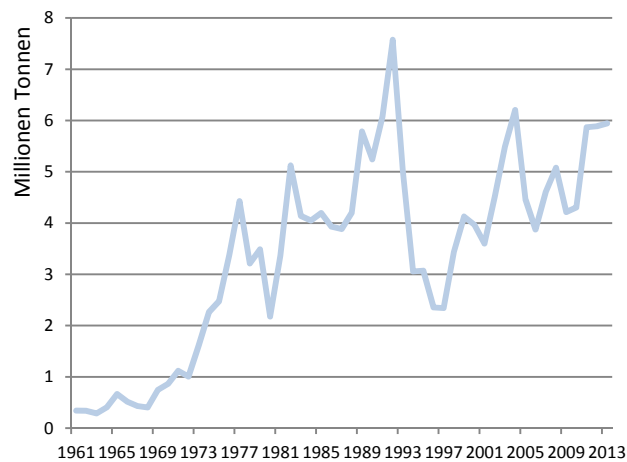


Abbildung 27. Thailand: Genutzte Erntenebenproduktmengen (*Used Crop Residues, total*) in Millionen Tonnen, Frischgewicht (58,7% Wassergehalt), 1961 - 2013 (eigene Berechnungen)

8.1.5. Pakistan

In Pakistan werden sämtliche Anbauflächen grün geerntet, wobei wiederum hundert Prozent der Tops entnommen werden, während die grünen und trockenen Blätter nach der Ernte gänzlich verbrannt werden (vgl. Aziz 2013: 5ff., Nazir et al. 2013: 135f.; vgl. Abbildung 28). Angesichts mangelnder Datenquellen, wird für den gesamten Zeitraum (1961 – 2013) eine konstante *green harvest rate* von 100% angenommen.

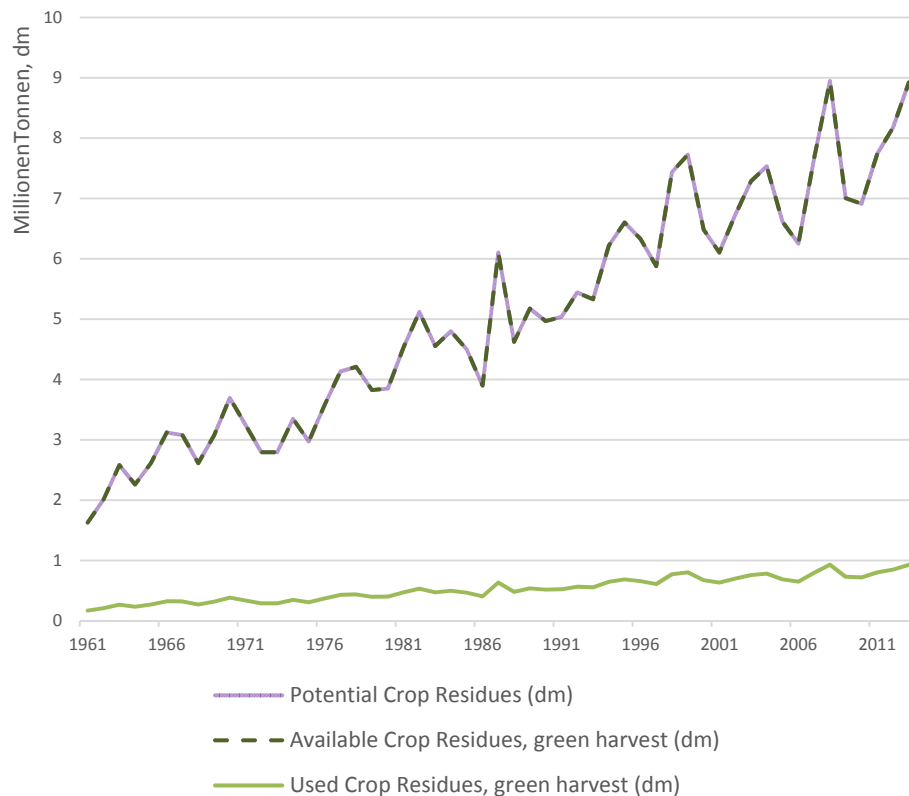


Abbildung 28. Pakistan: Potentielle (*Potential Crop Residues*), verfügbare (*Available Crop Residues*) und genutzte Mengen (*Used Crop Residues*) an Erntenebenprodukten der Zuckerrohrernte, nach grüner Ernte, Trockengewicht, 1961 - 2013 (eigene Berechnungen)

Inklusive Feuchtigkeitsgehalt handelt es sich in Pakistan um Biomasseflüsse von jährlich durchschnittlich 3 Millionen Tonnen (1961 – 2013) beziehungsweise 4,3 Millionen Tonnen (2000 – 2013; vgl. Abbildung 29). Im Vergleich zu anderen Produktionsländern wie etwa China und Thailand, welche hinsichtlich der Mengen produzierten Zuckerrohrs global eine wichtigere Stelle einnehmen (vgl. Tabelle 5, Kapitel 4), nimmt der Biomassefluss der genutzten Erntenebenprodukte in Pakistan eine vergleichsweise große Rolle ein.

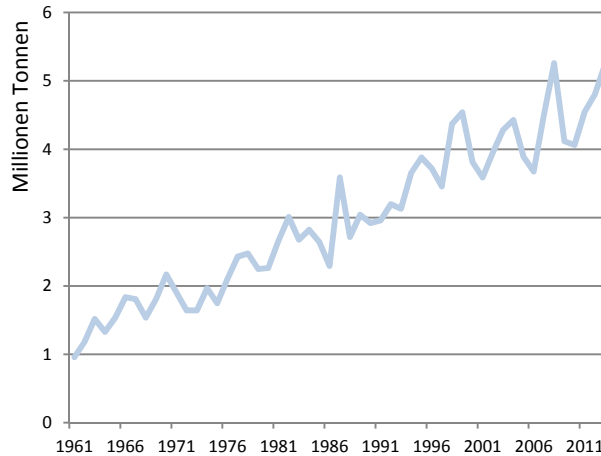


Abbildung 29. Pakistan: Genutzte Erntenebenproduktmengen (*Used Crop Residues, total*) in Millionen Tonnen, Frischgewicht (82,3% Wassergehalt), 1961 - 2013 (eigene Berechnungen)

8.1.6. Mexiko

Grüne Ernte des Zuckerrohrs spielte und spielt in Mexiko im Vergleich zu allen anderen Fallbeispielen bis heute eine geringe Rolle. Zwischen den Jahren 2004 und 2013 stieg der Anteil der grünen Ernte von 4,6% auf 9% an (vgl. Cañeros 2016). Das ergibt eine mittlere Wachstumsrate von jährlich 0,49%, welche als Grundlage für die lineare Fortschreibung der *green harvest rate* für 1961 bis 2003 diente. Mexiko hat mit Pakistan vergleichbare potentielle Mengen an Erntenebenprodukten des Zuckerrohrs (*potential crop residues, total*), jedoch ist die Menge an genutzten Erntenebenprodukten aufgrund des weit verbreiteten Einsatzes von Feuer als Erntehilfsmittel deutlich geringer (vgl. Abbildung 30).

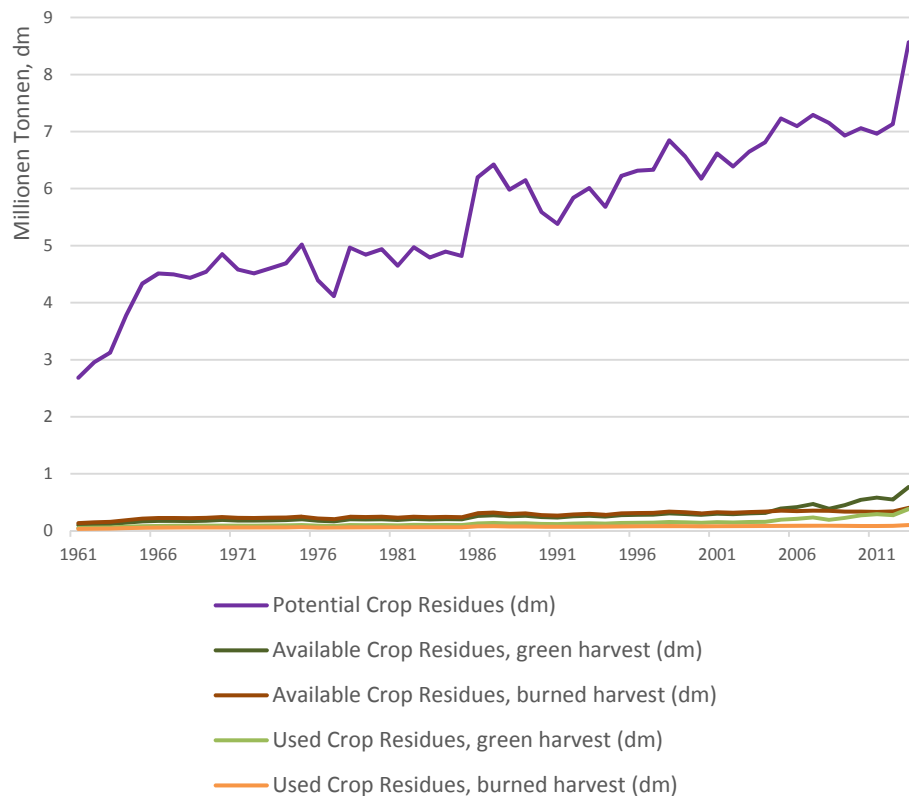


Abbildung 30. Mexiko: Potentielle (*Potential Crop Residues*), verfügbare (*Available Crop Residues*) und genutzte Mengen (*Used Crop Residues*) an Erntenebenprodukten der Zuckerrohrernte, nach Erntep Praxis (*green harvest* und *burned harvest*), Trockengewicht, 1961 - 2013 (eigene Berechnungen)

Letztlich handelt es sich bei der Betrachtung der sozioökonomisch genutzten Erntenebenprodukte der Zuckerrohrproduktion im Fall von Mexiko um vergleichsweise kleine Biomasseflüsse. Zwischen 1961 und 2013 wurden jährlich etwa 0,4 Millionen Tonnen Erntenebenprodukte einer Verwendung abseits des Feldes zugeführt, für den Zeitraum 2000 bis 2013 stieg dieser jährliche Durchschnitt auf etwa 0,62 Millionen Tonnen an (vgl. Abbildung 31).

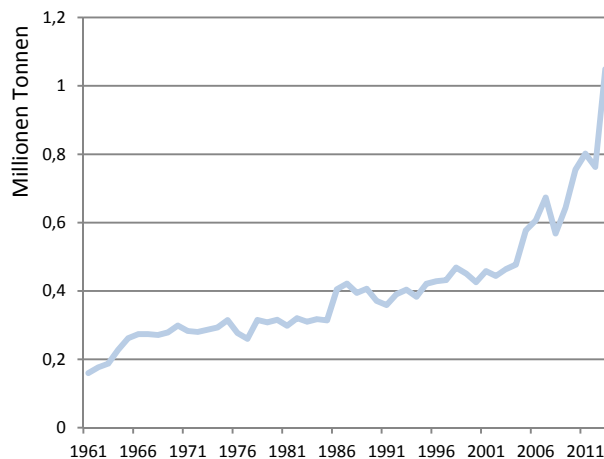


Abbildung 31. Mexiko: Genutzte Erntenebenproduktmengen (*Used Crop Residues, total*) in Millionen Tonnen, Frischgewicht (58,7% Wassergehalt), 1961 - 2013 (eigene Berechnungen)

8.1.7. Kuba

In Kuba wurden vor den ersten Mechanisierungsversuchen in den 1970er Jahren sämtliche Zuckerrohrflächen grün geerntet. Kurzzeitig fand der Einsatz von Feuer in den 1970er Jahren und Anfang der 1980er Jahre weite Verbreitung, wurde allerdings bereits Mitte der 1980er Jahre wieder verdrängt. Angesichts der möglichen Nutzungspotentiale, insbesondere im Bereich der Energieproduktion, und angesichts der ökologischen Vorteile, fand Feuer als Erntehilfsmittel in Kuba keine langjährige Verbreitung (vgl. Pérez-López 1991: 67). Abbildung 32 zeigt ebendiese Entwicklungen. Für den Zeitraum seit 1989 musste angesichts mangelnder aktueller Datenquellen ein konstanter Wert von 86% für die *green harvest rate* angenommen werden (vgl. Pollitt 2004: 327; vgl. auch Tabelle 12).

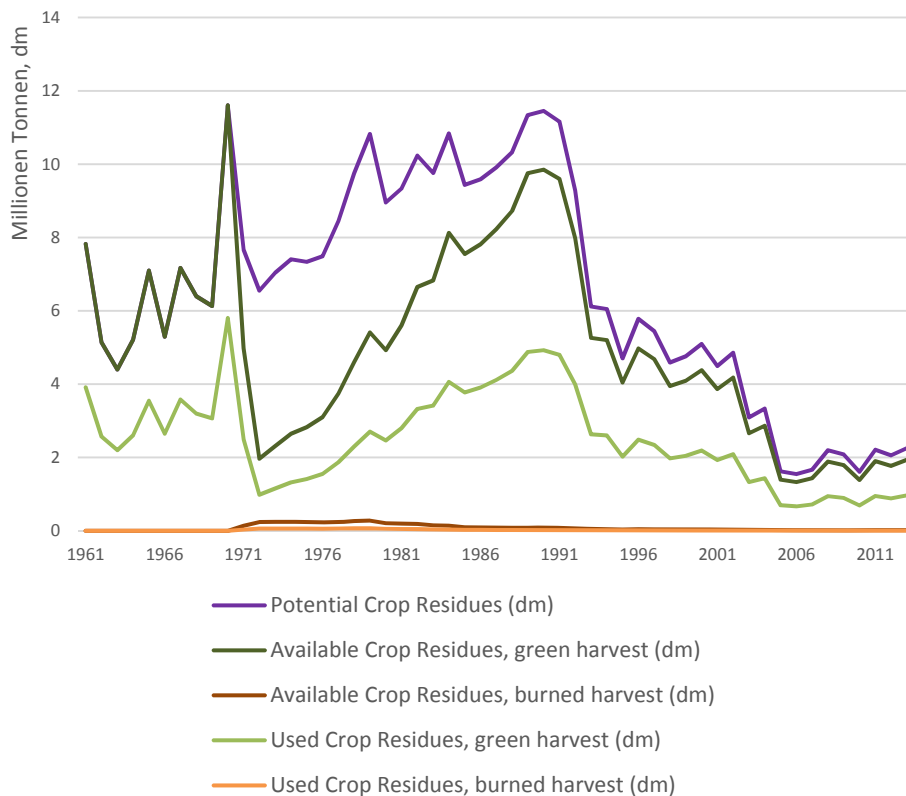


Abbildung 32. Kuba: Potentielle (*Potential Crop Residues*), verfügbare (*Available Crop Residues*) und genutzte Mengen (*Used Crop Residues*) an Erntenebenprodukten der Zuckerrohrernte, nach Erntep Praxis (*green harvest* und *burned harvest*), Trockengewicht, 1961 - 2013 (eigene Berechnungen)

Vor dem Einbruch der Zuckerindustrie in den frühen 1990er Jahren verzeichnete Kuba vergleichsweise große Biomasseflüsse bei der Nutzung der Zuckerrohrerntenebenprodukte. Zwischen 1961 und 1992 wurden jährlich durchschnittlich 5,7 Millionen Tonnen Zuckerrohrerntenebenprodukte abseits der Felder verwendet, während der Durchschnitt seit 1993 bei 2,8 Millionen Tonnen jährlich liegt. Der starke Einbruch der *available crop residues* (dm) zu Beginn der 1970er Jahre erklärt sich zum einen aus einem allgemeinen Einbruch der Produktionsmengen (Minimierung der Anbauflächen sowie geringerer Ertrag) – auch erkennbar am Verlauf der *potential crop residues*, jener Größe, die direkt von den erfassten Produktionsmengen abhängig ist – und zum anderen aus dem kurzfristigen, weitläufigen Einsatz von Feuer als Erntehilfsmittel (vgl. Tabelle 12). In den vergangenen zehn Jahren ist das Ausmaß dieses Biomasseflusses infolge der Minimierung der Zuckerrohrproduktion zurückgegangen (vgl. Abbildung 33).

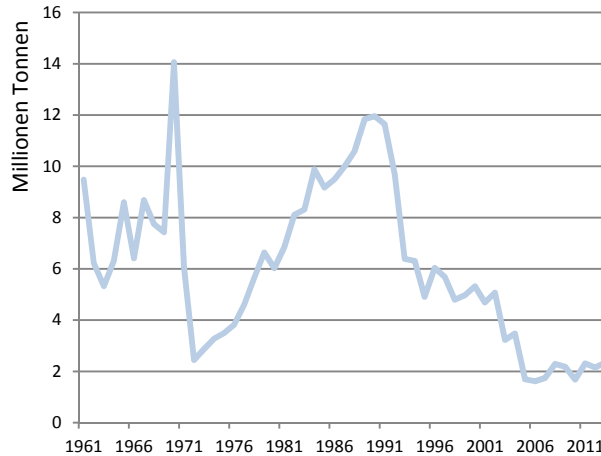


Abbildung 33. Kuba: Genutzte Erntenebenproduktmengen (*Used Crop Residues, total*) in Millionen Tonnen, Frischgewicht (58,7% Wassergehalt), 1961 - 2013 (eigene Berechnungen)

8.2. Welt, gesamt

Für den Anteil der Weltproduktion, welcher nicht durch die sieben, soeben beschriebenen Länder abgedeckt wurde, wurden ebenfalls jene unter Kapitel 7.2. beschriebenen Rechenschritte durchgeführt. Für die *green harvest rate* wurde wie in Abschnitt 7.2.2. erläutert, ein gewichteter Mittelwert aller bekannten Werte berechnet (vgl.

Tabelle 13). Die Ergebnisse zu den Größen *potential crop residues (dm)*, *available crop residues, green harvest (dm)*, *available crop residues, burned harvest (dm)*, *available crop residues, total (dm)*, *used crop residues, green harvest (dm)*, *used crop residues, burned harvest (dm)*, *used crop residues, total (dm)* sowie der *used crop residues*-Posten in Frischgewicht wurden jeweils mit den Ergebnissen der sieben detailliert behandelten Länder addiert, um so globale Zahlen zu erhalten.

Abbildung 34 zeigt die Entwicklung der potentiellen, verfügbaren, sowie genutzten Menge von Zuckerrohrerntenebenprodukten auf globaler Ebene. Der starke Anstieg in verfügbaren und genutzten Erntenebenprodukten aus grüner Ernte seit Mitte der 2000er Jahre speist sich insbesondere aus dem Wachstum dieser Mengen in Brasilien. Die schnelle Verbreitung grüner Ernte in Brasilien wirkt sich angesichts seines bedeutenden Anteils an der Weltproduktion (34% zwischen 2001 und 2010; vgl. Tabelle 5) entsprechend auf die globalen Mengen aus. Zudem spiegelt sich – angesichts seiner globalen Bedeutung – die Umstellung Brasiliens auf grüne Ernte in den Werten des gewichteten Durchschnitts der globalen *green harvest rate*: Zwischen 2005 und 2013 weist dieser Faktor einen Anstieg von 7,4 auf 13,7% aus (vgl. Tabelle 13).

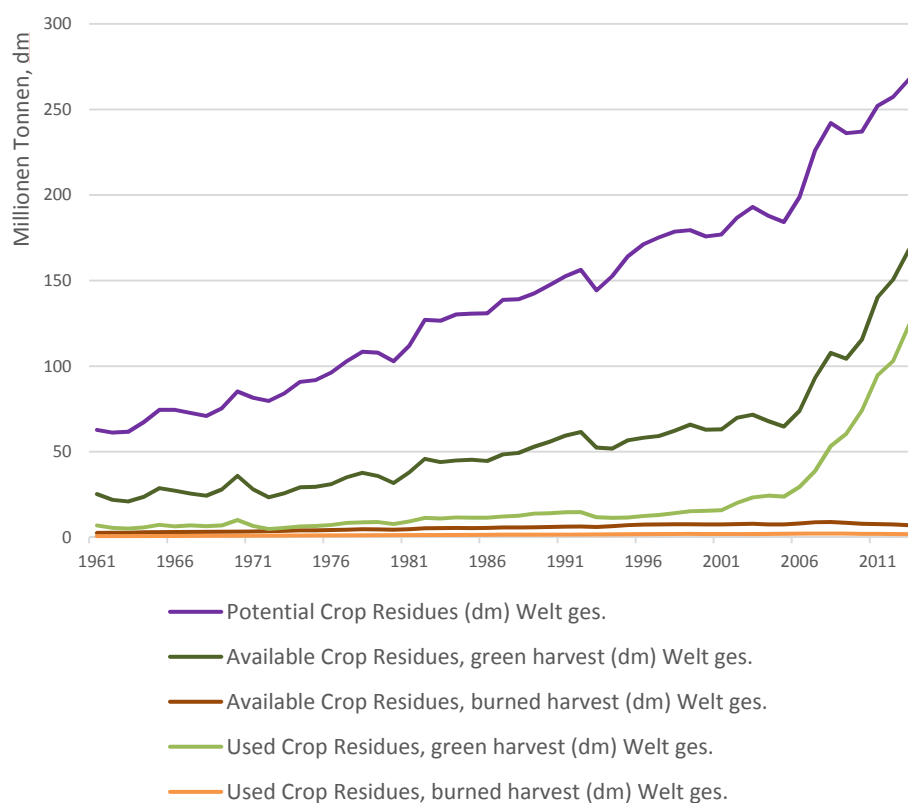


Abbildung 34. Welt, gesamt: Potentielle (*Potential Crop Residues*), verfügbare (*Available Crop Residues*) und genutzte Mengen (*Used Crop Residues*) an Erntenebenprodukten der Zuckerrohrernte, nach Erntepraxis (*green harvest* und *burned harvest*), Trockengewicht, 1961 - 2013 (eigene Berechnungen)

Die globale Entnahme von Zuckerrohrerntenebenprodukten in Frischgewicht wird in Abbildung 35 abgebildet. Im Durchschnitt wurden zwischen 1961 und 2013 jährlich etwa 44,8 Millionen Tonnen Erntenebenprodukte des Zuckerrohrs entnommen, während der Durchschnitt zwischen 2000 und 2013 bei jährlich 82,9 Millionen Tonnen lag. Vor Beginn des rasanten Anstiegs dieser Mengen lag der Durchschnitt bei jährlich 31,1 Millionen Tonnen (1961 bis 1999).

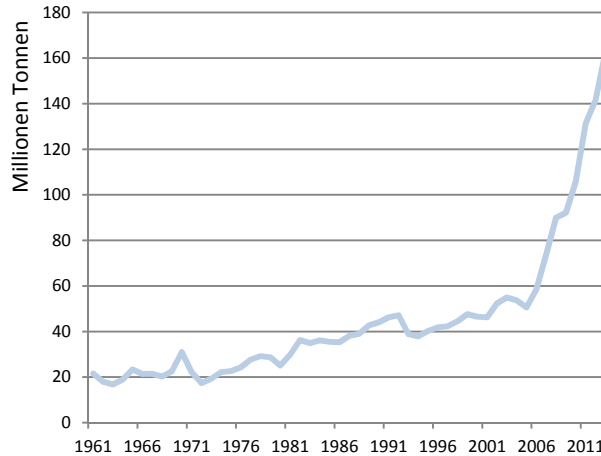


Abbildung 35. Welt gesamt: Genutzte Erntenebenproduktmengen (*Used Crop Residues, total*) in Millionen Tonnen, Frischgewicht (58,7% Wassergehalt; Indien, Pakistan und China 82,3% Wassergehalt), 1961 - 2013 (eigene Berechnungen)

8.3. Vergleich mit Ergebnissen laut MFA-Handbuch 2015 und Krausmann 2016

Stellt man die Ergebnisse der Schätzung nach derzeitigem Stand des MFA-Handbuches von Krausmann et al. (2015) den soeben dargestellten Ergebnissen gegenüber, ist eine Verschiebung in der Bedeutung einzelner Produktionsländer festzustellen. Wie in Kapitel 5 beschrieben, wird nach Krausmann et al. (2015) für sämtliche Produktionsländer mit einem *harvest factor* von 0,7 und einer *recovery rate* von 0,9 gerechnet; der Faktor „Erntepraxis“ (Feuer) wird nicht berücksichtigt. Wird der jeweilige Anteil der sieben untersuchten Produktionsländer an ihrer gesamten Produktion gemessen (zwischen 1961 und 2013 zwischen 55,5 und 78,2% der gesamten Weltproduktion), spiegelt sich deren Bedeutung bezüglich der Zuckerrohrproduktion in den Ergebnissen zur DE von Zuckerrohrerntenebenprodukten wieder (vgl. Abbildung 36).

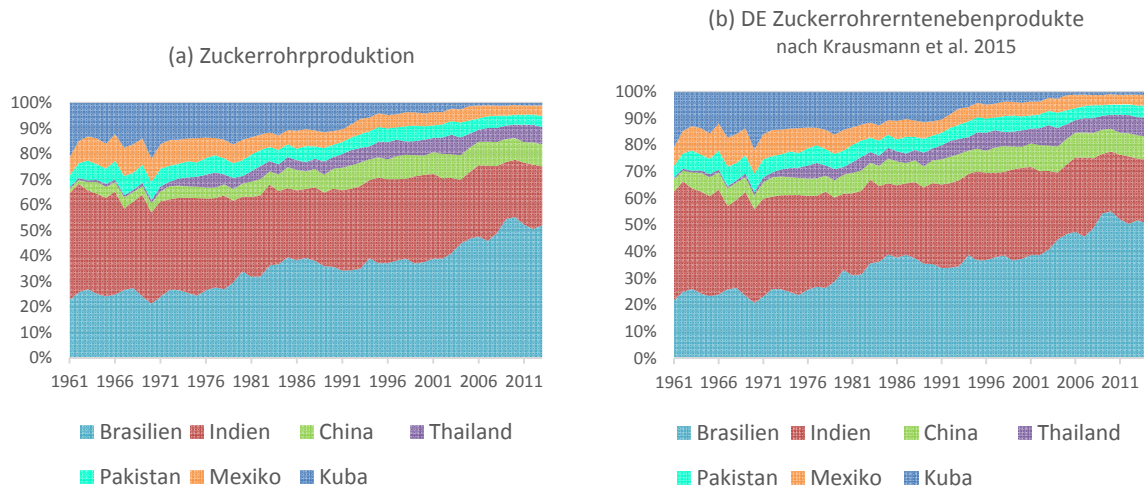


Abbildung 36. Vergleich: Prozentuelle Anteile der sieben untersuchten Produktionsländer an der Gesamtproduktion von (a) Zuckerrohr und (b) entnommenen Erntenebenprodukten des Zuckerrohrs (Nationale Entnahme, DE), berechnet nach Krausmann et al. 2015 und Wirsenius 2000, 1961 - 2013 (eigene Berechnungen)

Werden allerdings lokale Unterschiede in den Erntepraktiken und in der Weiterverwendung der Erntenebenprodukte in den Schätzungen berücksichtigt, ergibt sich eine andere Verteilung (vgl. Abbildung 37). Insbesondere bis zu Beginn des 21. Jahrhunderts, kam den Produktionsländern Indien, Thailand, Pakistan und Kuba im internationalen Vergleich der genutzten Erntenebenproduktmengen eine größere Rolle zu als im Vergleich der Produktionsmengen, während Erntenebenprodukte des Zuckerrohrs etwa in Brasilien, Mexiko und China eine geringere Rolle spielen. Dies weist darauf hin, dass in der Schätzung genutzter Mengen von Zuckerrohrerntenebenprodukten eine Recherche zu lokal verbreiteten Ernte- und Verwendungspraxen ausschlaggebend ist; eine pauschale Anwendung globaler Faktoren wird den unterschiedlich verbreiteten Praktiken und deren Auswirkungen auf die genutzten Erntenebenproduktmengen nicht gerecht.

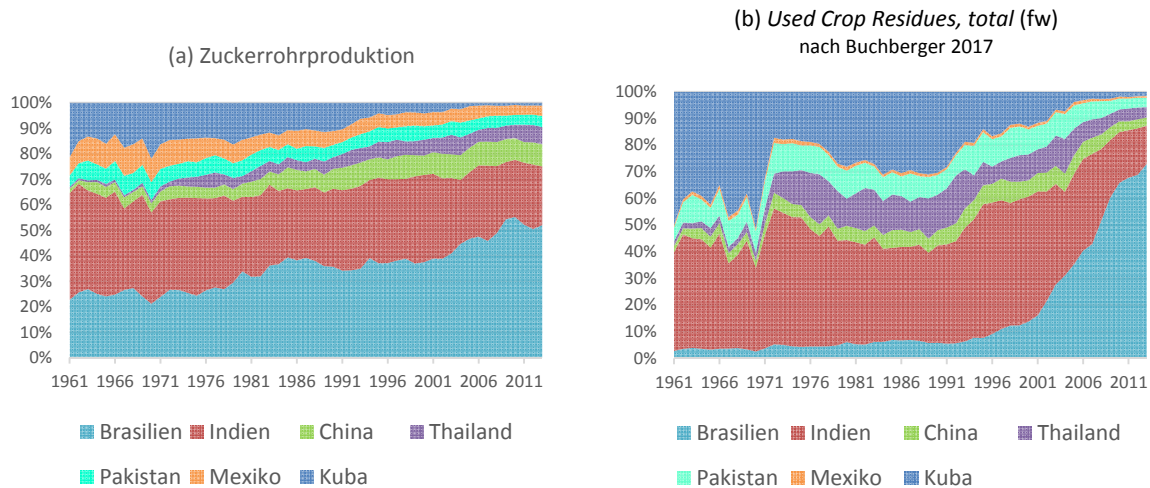


Abbildung 37. Vergleich: Prozentuelle Anteile der sieben untersuchten Produktionsländer an der Gesamtproduktion von (a) Zuckerrohr und (b) den *Used Crop Residues, total (fresh weight)* nach Buchberger 2017, 1961 - 2013 (eigene Berechnungen)

Während obiger Vergleich zeigt, dass die Bedeutung einzelner *Länder im internationalen Vergleich* des betreffenden Biomasseflusses bisher überschätzt wurde und andere Länder wiederum im globalen Vergleich eine wichtigere Stellung einnehmen, als bisher vermutet, soll an dieser Stelle pro Land im Detail untersucht werden, ob und wie sich die hier dargestellten Ergebnisse von den Ergebnissen der Berechnungen nach Krausmann et al. (2015) unterscheiden.

Abbildung 38 zeigt für alle sieben Länder sowie für die gesamte Weltproduktion jeweils die Ergebnisse nach der hier erörterten Berechnungsweise (*used crop residues, total*) und nach Krausmann et al. (2015; vgl. Kapitel 5); beide Größen sind inklusive Feuchtigkeitsgehalt dargestellt. In Brasilien spielte ob seiner großen Produktionsmengen die Entnahme der Erntenebenprodukte des Zuckerrohrs bis Mitte der 1990er Jahre eine sehr geringe Rolle; das Ausmaß der nationalen Entnahme von Erntenebenprodukten des Zuckerrohrs wurde bisher um ein Vielfaches überschätzt (vgl. Abbildung 38(a)). Insbesondere vor der Eindämmung des Feuers als Erntehilfsmittel Mitte der 1990er Jahre wurde dieser Biomassefluss nach vorliegenden Berechnungen um den Faktor 69 überschätzt. Diese Diskrepanz wurde in den vergangenen zwei Jahrzehnten kontinuierlich geringer (2013: Faktor 4,2). Für Mexiko können ähnliche Ausmaße der Überschätzung festgestellt werden (Überschätzung bis 2003 um den Faktor 62,2 bis 72,9, seit 2004 vom 62- auf das 35,4-Fache gesunken; vgl. Abbildung 38(f)). Im Zuge der Erstellung einer MFA Chinas wurde die DE der Zuckerrohrerntenebenprodukte

nach Krausmann et al. 2015 bisher um das 17-Fache überschätzt (vgl. Abbildung 38(c)), während der Faktor der Überschätzung für die anderen Nationen geringer ist (Indien: 9,5; Thailand: zwischen 3,6 und 15; Pakistan: 7,4 und Kuba zwischen 3,6 und 11,6; vgl. Abbildung 38(b), (d), (e) und (g)). Bei den globalen Mengen handelt es sich um Überschätzungen um den Faktor 6,9 bis 18,9. Nach Krausmann et al. 2015 wurde das Ausmaß dieses Biomasseflusses für alle Produktionsländer demnach *durchwegs* überschätzt. Diese großen Unterschiede in den Ergebnissen speisen sich aus einer Kombination von Aspekten.

Zum einen arbeiten Krausmann et al. (2015) mit einem höheren Verhältnis zwischen Ernteprodukt und Nebenprodukten, als *harvest factor* wird 0,7 (dm/dm) angegeben. Wie in Kapitel 7.2.1. erläutert, lautet die hier verwendete RPR nach Hassuani et al. (2005) nach Berücksichtigung des Feuchtigkeitsgehaltes der Halme je nach herangezogenem Prozentwert 0,5 beziehungsweise 0,52 (dm/dm). Es werden demnach nach diesem Verhältnis weniger Nebenprodukte pro Tonne Zuckerrohr produziert als nach der von Krausmann et al. (2015) verwendeten Kennzahl. Alle Quellen zum Verhältnis zwischen Zuckerrohrhalmen und Nebenprodukten, welche in dieser Arbeit nähere Betrachtung fanden, geben ein niedrigeres Verhältnis als jene von Krausmann et al. (2015) empfohlene Kennzahl an (vgl. Tabelle 11). Als weitere Ursache für die Diskrepanz zwischen den verglichenen Ergebnissen muss die fehlende Berücksichtigung des Einsatzes von Feuer bei der Ernte bei Krausmann et al. (2015) genannt werden. Feuer als maßgeblicher Einflussfaktor auf die verfügbaren und genutzten Mengen wird nach Krausmann et al. (2015) schlichtweg nicht berücksichtigt. Wie gezeigt wurde, wurden beziehungsweise werden regional große Anteile der Nebenprodukte bei der Ernte der Halme vernichtet (vgl. Tabelle 12 und Tabelle 13). Das hat insbesondere in Ländern mit weiter Verbreitung dieser Praxis zur Folge, dass eine Schätzung nach Krausmann et al. (2015) die genutzten Mengen überschätzt. Mexiko sowie Brasilien bis Mitte der 1990er Jahre seien hier als Beispiele genannt.

Zuletzt wurde in dieser Arbeit eine geringere *recovery rate* von 0,5 herangezogen (Krausmann et al. 2015: 0,9). Falls regionalspezifische Informationen zu diesem Thema verfügbar waren, wurden diese in meiner Arbeit berücksichtigt. So hat etwa die ausschließliche Nutzung der Tops und das Verbrennen der restlichen Nebenprodukte zur Folge, dass mit einer *recovery rate* von 0,104 gerechnet wurde. Hier sei etwa auf die Fälle Indiens und Pakistans verwiesen. Am Beispiel Chinas, wo nur ein Teil der Tops Eingang in die Sozioökonomie findet, wird dies ebenso ersichtlich (*recovery rate* 0,05).

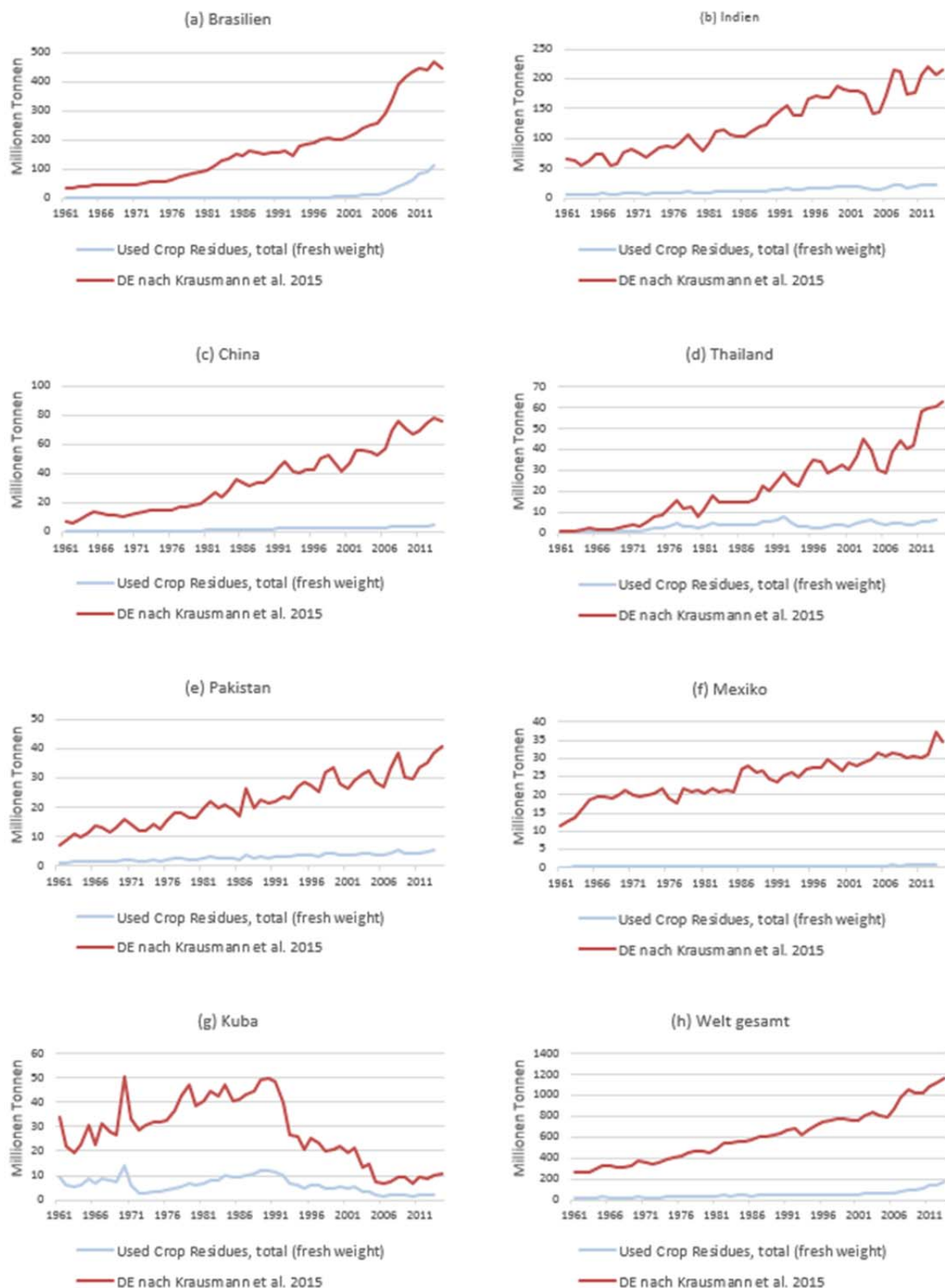


Abbildung 38. Vergleich der Ergebnisse: DE nach Krausmann et al. 2015 und *Used Crop Residues, total* für (a) Brasilien, (b) Indien, (c) China, (d) Thailand, (e) Pakistan, (f) Mexiko, (g) Kuba und (h) Welt, gesamt (eigene Berechnungen)

Zu betonen ist, dass diese Diskrepanzen geringer ausfielen, wenn dieselben Angaben zu Feuchtigkeitsgehalten der Nebenprodukte herangezogen würden. Wirsenius (2000) gibt einen Feuchtigkeitsgehalt von 72% für Zuckerrohrerntenebenprodukte an, während in meinen Berechnungen mit einem gewichteten Durchschnittswert von 58,7% gerechnet wird.

Die Gegenüberstellung in Abbildung 39 zeigt erneut, inwiefern sich die Ergebnisse für globale Mengen der genutzten und ungenutzten Zuckerrohrerntenebenprodukte auf Basis der unterschiedlichen herangezogenen Faktoren unterscheiden. Während der Biomassefluss der genutzten Erntenebenprodukte des Zuckerrohrs nach Krausmann (2016) beachtliche Mengen verzeichnet, fällt dieser Biomassefluss nach meinen Berechnungen weitaus geringer aus.

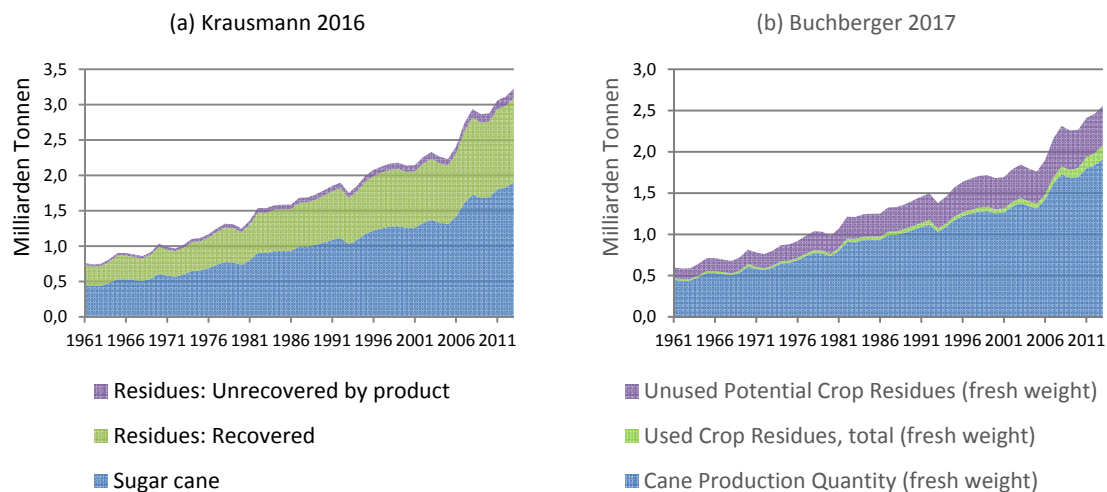


Abbildung 39. Vergleich der Ergebnisse zu Biomasseflüssen des Zuckerrohrs, genutzter und ungenutzter Erntenebenprodukte, 1961 - 2013: (a) Ergebnisse von Krausmann 2016, (b) Ergebnisse von Buchberger 2017 (vorliegend in dieser Arbeit) (Quellen: (a) persönliche Korrespondenz mit Krausmann 2017; (b) eigene Berechnungen)

Wie gezeigt werden konnte, wurde der Biomassefluss genutzter Erntenebenprodukte des Zuckerrohrs nach dem Methodenhandbuch von Krausmann et al. (2015) bisher überschätzt. Vor dem Hintergrund umfassender Recherchen im Rahmen dieser Masterarbeit wird empfohlen, zukünftig folgende Faktoren heranzuziehen:

Tabelle 16. Zuckerrohr: Neue Standardwerte für residue-to-product ratio (a), green harvest rates (b) und recovery rates (c)

	E. Asia	E. Europe	Latin America	N. Africa W. Asia	N. America Oceania	S. and C. Asia	Subsaharan Africa	W. Europe
a) Residue-to-product ratio (RPR). Potential crop residues [t dry matter (dm)] = primary crop harvest [t fresh weight] * RPR.								
Sugar cane					0,14			
b) Green harvest rates (GR). Available crop residues [t dm] = potential crop residues [t dm] * GR.								
Sugar cane					<i>To be researched per country</i>			
c) Recovery rates (RR). Used crop residues [t dm] = available crop residues [t dm] * RR.								
Sugar cane					0,5 ¹			
					0,25 ²			

¹ Bei grüner Ernte (*green harvest*); der Faktor 0,5 ist gegebenenfalls durch bekannte Kennzahlen zu lokalen Entnahmepraktiken zu ersetzen; ² Bei Ernte mit Feuer (*burned harvest*)

Bei der genannten *recovery rate*, *green harvest* handelt es sich um einen Pauschalwert, welcher gegebenenfalls durch bekannte Kennzahlen zu lokalen Entnahmepraktiken zu ersetzen ist (vgl. etwa die Fälle Indien, Pakistan und China in dieser Arbeit; Kapitel 8.1.). Hinzu kommt, dass die historisch dynamischen, stark länderspezifischen *green harvest rates* je nach Produktionsland recherchiert werden müssen. Sind in der wissenschaftlichen Literatur, etwaigen nationalen Statistiken oder Berichten keine Angaben hierzu auffindbar, wird angeraten, jene globalen, gewichteten Durchschnittswerte aus Tabelle 13 heranzuziehen. Für eine detaillierte Beschreibung der empfohlenen Vorgehensweise sei hier auf Tabelle 15 dieser Arbeit, sowie Kapitel 7 im Allgemeinen, verwiesen.

8.4. Prognose: 2016 bis 2025

Auf Basis der Schätzungen des *OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025* (OECD/FAO 2016) zu den zukünftigen Produktionsmengen von Zuckerrohr sollen hier für die beschriebenen Produktionsländer – ausgenommen Kuba, wofür keine Prognosen verfügbar sind – die potentiellen Mengen (Frischgewicht) bis 2025 in aller Kürze erwähnt werden.

Laut Schätzungen des *OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025* steigt die Zuckerrohrproduktion Brasiliens bis 2025 um 19,4% auf 790 Mio. Tonnen an, Indiens Produktion steigt um 13,9% auf 402 Mio. Tonnen im Jahr 2025 an. China erfährt laut diesen Prognosen lediglich einen Zuwachs von 3,7% auf 135 Mio. Tonnen, weshalb Thailand ab 2025 mit einer Stei-

gerung um 29,2% mehr Zuckerrohr produzieren wird (138 Mio. Tonnen). Pakistans Zuckerrohrproduktion erfährt ebenfalls einen Zuwachs von 26,2% auf 86 Mio. Tonnen, während Mexikos Produktion lediglich um 0,4% auf knapp 60 Mio. Tonnen ansteigt. Für Kuba bietet der genannte Bericht keine Daten. Die gesamte Weltproduktion steigt bis 2025 um 16,8% auf 2,15 Mrd. Tonnen Zuckerrohr. 2025 werden die sechs genannten Länder laut OECD-FAO 74,8% der weltweiten Produktionsmengen stellen.

Ausgehend von diesen prognostizierten Zuckerrohrproduktionsmengen wurde für Brasilien, Indien, China, Thailand, Pakistan und Mexiko nach obengenannter Rechnung mithilfe der RPR nach Hassuani et al. (0,14; 2005) die Größe *potential crop residues* berechnet, welche im nächsten Schritt mithilfe des gewichteten Trockengewichtsanteils von 41,28% jeweils in ihr Frischgewicht umgewandelt wurde. Da an dieser Stelle abgesehen von Brasilien keine Prognose zu den Entwicklungen hinsichtlich des Einsatzes von Feuer in den betreffenden Ländern gegeben werden kann, folgt keine Schätzung der verfügbaren Mengen.

Die jährliche Produktion potentieller Erntenebenprodukte des Zuckerrohrs steigt in den genannten Ländern bis 2025 auf knapp 546 Mio. Tonnen (Frischgewicht; vgl. Abbildung 40). Global wird die Weltproduktion von Zuckerrohrerntenebenprodukten auf 730 Mio. Tonnen ansteigen.

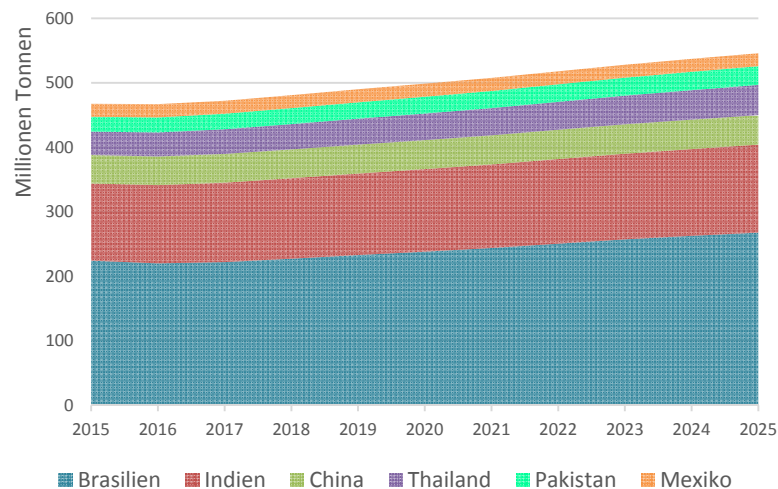


Abbildung 40. Potentielle Mengen von Zuckerrohrerntenebenprodukten (*potential crop residues, fresh weight*) 2015 bis 2025 für Brasilien, Indien, China, Thailand, Pakistan, Mexiko (Quelle: OECD/FAO 2016; eigene Berechnungen)

Angesichts der derzeitigen politischen Entwicklungen bezüglich der kritischen Bewertung des Einsatzes von Feuer und der zunehmenden (ökonomischen und ökologischen) Wertschät-

zung der Erntenebenprodukte kann die Vermutung angestellt werden, dass zukünftig größere Anteile dieser potentiellen Mengen einer Nutzung abseits des Feldes zur Verfügung stehen werden. Insbesondere für Länder mit bisher geringem *green harvest* Anteil beziehungsweise einer weiten Verbreitung der *post-harvest burning* Praxis liegt hier großes Potential. Mehr zu den Verwendungsmöglichkeiten in Kapitel 9.

9. Verwendungspotentiale

Erntenebenprodukte der Zuckerrohrernte können diversen Nutzungen zugeführt werden, wobei hier zwischen Blättern und Tops unterschieden werden muss. Die trockenen und getrockneten grünen Blätter eignen sich insbesondere als Brennstoff in Verfeuerungsanlagen (z.B. in Boilern der Zuckerfabriken zur Bereitstellung der notwendigen Prozesswärme und Elektrizität), als Ausgangsmaterial für die Herstellung von Kohle, Öl oder Gas (mittels Pyrolyse) und als Rohstoff für die Produktion von Methanol (mittels Vergasung). Hingegen eignen sich die frischen Tops mit ihrem hohen Wassergehalt besonders als Futtermittel und als Ausgangsstoff für die Methanproduktion mittels anaerober Fermentation. Wenn allerdings der Feuchtigkeitsgehalt der Tops verringert wird, können diese auf dieselbe Art wie Blätter verwendet werden (vgl. etwa Franco et al. 2013 und Kober 2005).

9.1. Futtermittel

Unter den Erntenebenprodukten der Zuckerrohrpflanze eignen sich vor allem – mit Urea vorbehandelte und mechanisch zerkleinerte – Tops als Futtermittel für Nutztiere; insbesondere die Verfütterung an Rinder gilt als gewinnbringend (vgl. Pigden 1978: o.S.). Auch Nebenprodukte der industriellen Weiterverarbeitung dienen als Futtermittel für diverse Nutztiere, beispielweise wird Bagasse zuweilen durch das Mahlen, die chemische Versetzung mit Urea oder Ammoniak und die Mischung mit anderen Substanzen wie etwa Melasse als (billiges) Futtermittel aufbereitet (vgl. Hunsigi 2001: 119). Melasse wird bereits seit dem 19. Jahrhundert angesichts seiner guten Nährwerte als Futtermittel wertgeschätzt (ebd.: 355). Generell ist vor allem die Beimengung der Erntenebenprodukte zu anderem Futter sinnvoll, da die alleinige Fütterung mit Zuckerrohrtops nicht nahrhaft genug ist (vgl. Naseeven 1988: o.S.; vgl. auch Pate et al. 2002).

Da die Ernte des Zuckerrohrs in vielen Regionen in der kühlen und trockenen Jahreszeit stattfindet, ist eine Verfütterung der angefallenen Tops an Nutztiere zusätzlich sinnvoll, da anzunehmen ist, dass die Nutzung von Weideflächen angesichts der trockenen Bedingungen ohnehin eingeschränkt ist (vgl. Pate et al. 2002: 3; vgl. auch Naseeven 1988). In vielen Produktionsländern ist die Verfütterung der Tops seit Langem verbreitet (vgl. etwa Sansoucy 1988). In Nordindien werden diese mitunter als (Teil der) Bezahlung der ArbeiterInnen angesehen; generell wird in Indien beinahe die gesamte Menge an Tops während der Erntemonate an Rinder verfüttert (vgl. Solomon 2011a: 415).

9.2. Elektrizität und Prozesswärme

Grundsätzlich werden drei Möglichkeiten der Stromerzeugung aus Biomasse unterschieden: Direkte Verbrennung, Vergasung und die anaerobe Fermentation (vgl. Kober 2005: 14ff.). Es finden sich mehrere Studien, welche sich explizit mit den Möglichkeiten der Energieerzeugung auf Basis der Erntenebenprodukte des Zuckerrohrs beschäftigen. Laut Franco et al. (2013) eignen sich insbesondere die Blätter zur Elektrizitätsherstellung, während die Tops angesichts ihres höheren Futterwertes verfüttert werden können, zum Teil aber als Dünger am Feld belassen werden sollten (309).

Wie bereits erwähnt, wird Bagasse als Festbrennstoff in den fabrikeigenen Boilern eingesetzt. Es besteht die Möglichkeit, auch trockene und getrocknete grüne Blätter beizumengen und somit **direkter Verbrennung** zuzuführen. Laut Woytiuk (2006) ist die simple Beimengung dieser Materialien allerdings nicht möglich. Um eine Korrosion der Kessel (*slagging and fouling*; ebd.: i) zu verhindern, müssen die Materialien vorbereitend mittels Auslaugung behandelt werden. Zudem ist die Korngröße und -dichte der beigemenkten Materialien entscheidend (ebd.; vgl. auch Waldheim und Morris 2005: 90ff.).

Jorapur und Rajvanshi (1995) sowie Waldheim und Morris (2005) untersuchen die Möglichkeit, mithilfe von **Vergasungsprozessen** aus Zuckerrohrblättern Produktgas, bestehend aus Kohlenmonoxid, Wasserstoff und geringen Mengen Methan, zu erzeugen, um daraus Elektrizität zu generieren. Fulmer (1991), Larson et al. (2001), Linero et al. (2005) sowie Walter und Ensinas (2009) untersuchen die sogenannte *biomass integrated-gasifier/ gas turbine combined cycle*-Technologie (BIG/GTCC), welche direkt bei Zuckerrohrverarbeitungsstätten zugeschaltet werden soll.

Anaerobe Fermentation benötigt Grundstoffe mit einem hohen Feuchtigkeitsgehalt wie tierische oder menschliche Abfälle oder Abwasserschlamm. Hierzu eignen sich angesichts ihres hohen Feuchtigkeitsgehaltes wie eingangs erwähnt insbesondere Tops.

Grundsätzlich ist in diesem Bereich noch Forschung und Entwicklung notwendig, um die großskalige Verwendung der Erntenebenprodukte in der Elektrizitätsproduktion effizienter und rentabel zu machen.

Die Nutzung von Biomasse als Energielieferant hat auch entwicklungspolitische Dimensionen. Sogenannte Schwellenländer beziehungsweise agrarintensive Länder verfügen diesbezüglich über wichtige Ressourcen. So kann eine Minderung der Abhängigkeit von Erdöl-

porten erreicht werden, wenn Biomasseenergie (etwa aus Erntenebenprodukten) in großem Ausmaß vorhanden ist und eine dezentrale, regionale Energieproduktion möglich ist. Zudem können Länder, die derart große Anteile ihres Energiebedarfs mittels regionaler Energieproduktion abdecken, auch im Kontext der internationalen Treibhausgas-Mitigation profitieren, indem sie mit ihren Emissionszertifikaten handeln (vgl. Beeharry 2001a; Bhutto et al. 2011; Chandra und Hemstock 2016; Pippo et al. 2011b). Laut Walter (2014) ist im Falle des zentralen und des südlichen Brasiliens das zusätzliche Standbein der Elektrizitätsproduktion aus Erntenebenprodukten auch insofern sinnvoll, als die Ernte von Zuckerrohr in die Trockenzeit fällt. Somit fällt die Saison dieses Rohstoffs in jene Zeit, wo Wasserkraftwerke, welche eine wichtige Rolle in Brasiliens Energiematrix einnehmen, ohnehin nicht auf maximaler Kapazität arbeiten können (578). Andererseits nennt ebendieser Autor die oftmals dezentrale Lage der Produktionsstätten als Nachteil, da die Einspeisung überschüssiger Energie in das Elektrizitätsnetz angesichts großer Distanzen oder fehlender verkehrstechnischer Anbindung zu teuer sein kann, um für Zuckerrohrverarbeitungsstätten ein wirtschaftlich rentables zweites Standbein darstellen zu können (ebd.: 579).

9.3. Industrie: Treibstoff, Papier, Plastik und Chemikalien

Während die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung aus Rückständen der Zuckerrohrernte und -weiterverarbeitung derzeit die einzigen ökonomisch rentablen Verwertungsweisen darstellen, wird angenommen, dass die biochemische Konversion von Lignozellulose in Ethanol, *second generation ethanol* oder auch 2G Ethanol genannt, zukünftig eine wichtige Alternative darstellen kann (vgl. Seabra und Macedo 2011: 427; vgl. auch Faaij 2008: 160f.). Wie gezeigt werden konnte, fallen in der Zuckerrohrproduktion große Mengen Lignozellulose an. Neben Bagasse können sämtliche Ernterückstände wie etwa Tops und Blätter als Rohstoff für die Produktion von Ethanol, Plastik, Papier oder anderen Chemikalien herangezogen werden.

Für die Produktion von Biokraftstoff zweiter Generation dient – unter anderem – Lignozellulose, welche neben anderen Stoffen Zellulose, Hemizellulose und Lignin beinhaltet, als Rohstoff. Zellulose besteht aus Glukosemolekülen, welche eine hohe Hydrolyseresistenz aufweisen. Hemizellulose wiederum besteht aus verschiedenen Zuckern (sogenannten C₅- und C₆-Zuckern) und weiteren Stoffen wie etwa Uron-, Ferulasäure und Kumarin (vgl. Friedl

et al. 2016: 1510f.; Pol et al. 2014: 9580). Laut Canilha et al. (2013) ist insbesondere Hemizellulose aufgrund ihrer Charakteristika interessant für eine industrielle Verwendung (15f.).

Grundsätzlich gibt es zwei Wege, aus diesem Rohstoff Biotreibstoffe herzustellen: die biochemische Umwandlung sowie die thermo-chemische Umwandlung. Allerdings gibt es bisher keine Möglichkeit, diese Materialien auf *wirtschaftlich gewinnbringende* Weise und in großen Dimensionen in Ethanol umzuwandeln.

Im Zuge der **biochemischen Umwandlung** müssen die Rohstoffe speziell aufbereitet werden, da jene Mikroorganismen, welche in der Ethanolproduktion aus Zucker (Ethanol erster Generation) eingesetzt werden, die Strukturen der Zellulose und Hemizellulose nicht ohne weiteres in Zucker aufbrechen können (Faaij 2008: 160f.). Eine Kombination verschiedener vorbereitender Schritte muss gezielt eingesetzt werden, um die vorhandenen Einfachzucker für die Hydrolyse zugänglich zu machen (*pretreatment*; vgl. Santos et al. 2001: 21f.; vgl. auch Friedl et al. 2016: 1511 und Oliveira et al. 2013). Die wirtschaftliche Rentabilität der 2G Ethanolproduktion scheitert bisher an der Kostenintensivität dieser vorbereitenden Maßnahmen (vgl. Canilha et al. 2014: 20). Danach kann die Hydrolyse der Einfachzucker mittels Enzymen (sog. enzymatische Hydrolyse) oder mittels konzentrierter Säure (sog. säurekatalysierte Hydrolyse) stattfinden; Produkt ist eine Zuckerlösung. Im nächsten Schritt wird Ethanol mittels alkoholischer Gärung erzeugt und anschließend destilliert (vgl. Friedl et al. 2016: 1510ff.; 1528f.).¹⁴

Im Zuge der **thermo-chemischen Umwandlung**, der sogenannten Vergasung, wird aus dem Rohstoff unter hohen Temperaturen ein brennbares Gas, Synthesegas, erzeugt. Dieses niederkalorische Gas kann durch weiter Umwandlungsprozesse in flüssige oder gasförmige Sekundärenergieträger überführt werden und findet in der Folge – unter anderem – als flüssiger oder gasförmiger Kraftstoff Anwendung (vgl. Eisentraut 2010: 22; Kaltschmitt et al. 2016: 6ff.).¹⁵

Seabra und Macedo (2011) vergleichen die Möglichkeit der Elektrizitätsgeneration durch direkte Verbrennung aus Erntenebenprodukten des Zuckerrohrs mit dem Potential der Ethanolherstellung aus demselben Rohstoff hinsichtlich technischer, ökonomischer und ökologi-

¹⁴ Detaillierte Erörterungen zur Möglichkeit der Ethanolerzeugung auf Basis lignozellulosehaltiger Rohstoffe werden in Kapitel 18 „Fermentative Alkoholerzeugung und –nutzung“ des Sammelbandes *Energie aus Biomasse*, herausgegeben von Kaltschmitt et al. (2016) ausgeführt.

¹⁵ Auch hier sei bezüglich detaillierter Beschreibungen auf Kapitel 11 bis 15 in Kaltschmitt et al. (2016) verwiesen.

scher Kriterien. Nach derzeitigem Stand der Konversionstechnologien, ist der energetische Output der biochemischen Konversion höher als jener der Elektrizitätsgewinnung, während der *return on investment* (ROI) angesichts hoher finanzieller Investitionskosten bei Ethanolherstellung aus lignozellulosehaltigen Stoffen viel niedriger ist, als dies bei der Elektrizitätsproduktion der Fall ist. Es wird angenommen, dass technologische Fortschritte zu geringeren Investitionskosten sowie höheren Erträgen führen werden. Hinzu kommt, dass die biochemische Konversion mit weniger Treibhausgasemissionen einhergeht (427).

Jene in den zellulose- und hemizellulosehaltigen Bestandteilen des Zuckerrohrs vorfindlichen Zucker können ebenso in Fermentationsprozessen zur Herstellung verschiedener weiterer Produkte eingesetzt finden. Beispiele hierfür wären etwa die Produktion von Xylit (Lebensmittelzusatzstoff), Butandiol (Rohstoff für die Kunststoffproduktion), Einzellerprotein (Tierfutter) und Biopolymere wie etwa Polyhydroxyalkanoate (PHA) und Polylactide (PLA; vgl. Canilha et al. 2014: 20). Laut Franco et al. (2013) eignen sich aufgrund ihrer spezifischen Inhaltsstoffe insbesondere Tops als Rohstoff für die Kosmetik- und Pharmazeutikindustrie (310).

Ethanol, welches auf Basis lignozellulosehaltiger Rohstoffe erzeugt wurde, kann theoretisch in der weiteren Verwendung analog zu vergleichbaren Erdölprodukten in der chemischen Industrie eingesetzt werden, etwa in der Produktion von Biopolymeren. Bisher findet lediglich Zuckerrohrethanol erster Generation Anwendung in der Plastikindustrie (vgl. Solomon 2014: 122). Zellstoff der Bagasse und der beschriebenen Erntenebenprodukte kann zudem anstelle von Holzzellstoff in der Papierindustrie eingesetzt werden. Costa et al. (2013) untersuchen die Möglichkeit, Zellulose des Zuckerrohrstrohs in der Textilindustrie einzusetzen. Ihre Studie zeigt, dass die gewonnenen Fasern ähnliche Charakteristika wie Lyocell und zudem sehr gute Wasseraufnahmeeigenschaften aufweisen, was etwa dem Einsatz im medizinischen Bereich zugutekommt (193).

Wie bereits erwähnt gibt es zum einen Studien, welche die Möglichkeiten des Ausbaus der Zucker- und/oder Ethanolproduktionsstätten zu Elektrizitätswerken untersuchen. Zudem gibt es AutorInnen, welche die Vorteile einer Kopplung von Ethanolfabriken erster Generation mit Produktionsstätten für Ethanol zweiter Generation näher betrachten (vgl. etwa Dias et al. 2012). Dies ist insbesondere angesichts der Tatsache, dass Großteile der Ausgangsstof-

fe der Ethanolproduktion zweiter Generation direkt an Produktionsstätten von Ethanol erster Generation anfallen; Bagasse (und im Falle von *integral harvesting* auch Blätter und Tops), als Nebenprodukt der Verarbeitung der Halme, könnte direkt vor Ort weiterverarbeitet werden. Auch die Kopplung mit der Produktion weiterer Stoffe für Plastik-, Papier- oder Chemieindustrie ist naheliegend. Corrêa do Lago et al. (2012) geben folgendes Schema einer potentiellen zukünftigen Zuckerrohrverarbeitungsstätte (genannt *biorefinery*), welche beinahe alle soeben genannten Verwendungspotentiale miteinbezieht (vgl. Abbildung 41).

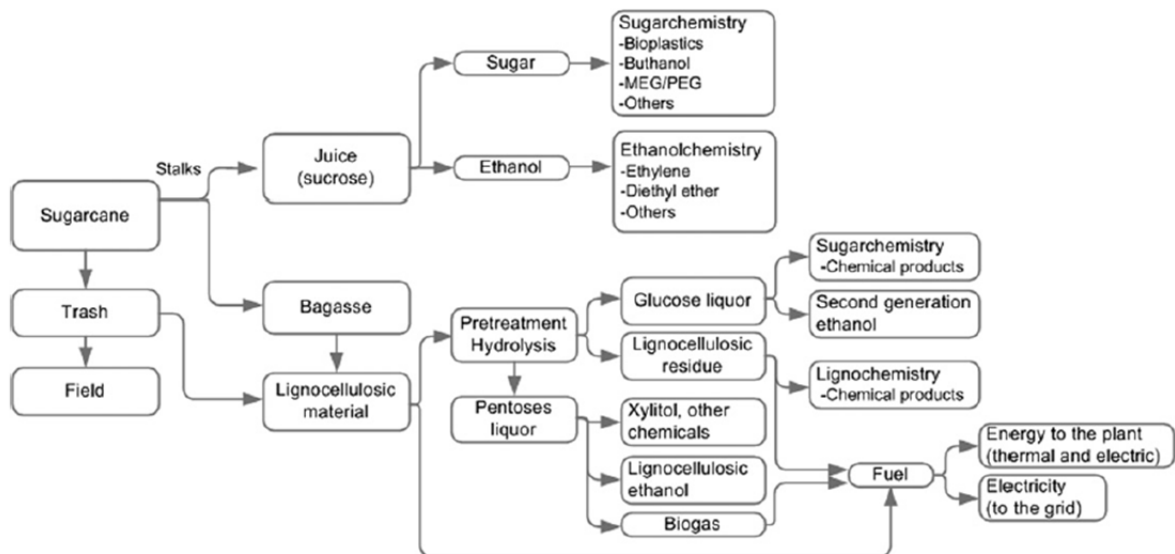


Abbildung 41. Schema einer potentiellen, zukünftigen Zuckerrohrverarbeitungsstätte, welche eine Vielzahl an Verwendungspotentialen sämtlicher oberirdischer Pflanzenteile vereint (Quelle: Corrêa do Lago et al. 2012: 7)

10. Schlussbemerkung

Im ersten Teil dieser Arbeit wurde das Forschungsobjekt dieser Arbeit – die Zuckerrohrpflanze und seine Kultivierung – umfassend dargestellt. Nach allgemeinen Informationen zur Pflanze hinsichtlich ihrer Klassifikation, ihres historischen Ursprungs und der weltweiten Verbreitung sowie gegenwärtigen Züchtungsanstrengungen wurde die Pflanze im Detail beschrieben; Aufbau und Wachstumsbedingungen der Pflanze wurden erläutert. Im Anschluss an eine kurze Darstellung der kommerziellen Nutzung des Zuckerrohrs wurde in Kapitel 3 ausführlich auf Anbau- und Erntesysteme eingegangen. Insbesondere die Ausführungen zu den Erntepraktiken, welche unter anderem auf die Verbreitung des Feuers als Erntehilfsmittel eingehen, werden in späterer Folge relevant für die Entwicklung eines verbesserten Schätzverfahrens der anfallenden und genutzten Erntenebenprodukte sein. Im Zuge des dritten Kapitels wurden zudem ökologische und gesellschaftliche Auswirkungen der industriellen Zuckerrohrproduktion erörtert. In Kapitel 4 wurden Spezifika der weltweit bedeutendsten Produktionsländer präsentiert. Brasilien, Indien, China, Thailand, Pakistan, Mexiko und Kuba wurden im Detail untersucht.

Im zweiten Teil dieser Arbeit fand eine theoretische Auseinandersetzung mit den Einflussfaktoren, die den Anfall von Erntenebenprodukten bedingen, und mit den Möglichkeiten der Schätzung von Erntenebenprodukten statt. Nachdem der derzeitige Standard der Materialflussrechnung nach Krausmann et al. (2015) behandelt wurde, folgte ein Überblick über etwaige relevante Arbeiten zum Thema der Erntenebenproduktschätzung. In Kapitel 7 wurde jenes Schätzverfahren, welches in dieser Arbeit angewandt wurde, im Detail dargestellt. Alle herangezogenen Formeln und Parameter wurden verständlich beschrieben. In Kapitel 8 wurden schließlich die Ergebnisse zu den zuvor beschriebenen Ländern präsentiert. Zudem folgte eine globale Schätzung der Mengen, sowie ein Vergleich zu Ergebnissen der genutzten Zuckerrohrerntenebenprodukte nach Krausmann et al. (2015). Wie aus den Schätzungen hervorgeht, wird die tatsächliche Nutzung der Erntenebenprodukte des Zuckerrohrs zuweilen weniger durch das (Nicht-)Vorhandensein der Ressource als vielmehr durch ökonomische, logistische, gesetzliche und politische Faktoren beschränkt (vgl. Portugal-Pereira et al. 2015: 521). In Kapitel 9 wurden in der Folge mögliche Nutzungsweisen angesprochen.

Es konnte gezeigt werden, dass in den bisher üblichen Schätzverfahren der MFA nach Krausmann et al. (2015) die Entnahme von Zuckerrohrerntenebenprodukten überschätzt

wurde. Das MFA-Handbuch bietet diesbezüglich Faktoren an – *harvest factor* 0,7 (dm/dm) und *recovery rate* 0,9 –, welche im Zuge meiner ausführlichen Recherchen nicht bestätigt werden konnten. Bei den globalen Mengen handelt es sich etwa um Überschätzungen um den Faktor 6,9 bis 18,9. Eine Korrektur der entsprechenden Angaben scheint notwendig. Vor dem Hintergrund getätigter Recherchen wird darum empfohlen zukünftig mit der *residue-to-product ratio* (RPR) von 0,14 (dm/fw) und einer *recovery rate* von 0,5 zu rechnen. Hinzu kommt, dass dringlich empfohlen wird, Recherchen zu regionalen Erntepraktiken durchzuführen; es wurde im Kontext der dargestellten Produktionsländer gezeigt, dass zum einen die Verbrennung der Blätter vor der Ernte signifikanten Einfluss auf die verfügbaren Erntenebenprodukte einzelner Länder hat. Zum anderen kann die Entnahmerate je nach verbreiteter Weiterverwendung stark von der empfohlenen Rate von 0,5 abweichen. Exemplarisch sei hier etwa auf den Fall China mit einer Entnahmerate von 0,05 verwiesen.

Zwar ermöglichen es jene Faktoren, die mit dieser Arbeit vorgeschlagen werden, ein genaueres Bild dieser Biomasseflüsse abzubilden, allerdings müssen folgende Einschränkungen angesprochen werden.

Um bessere regional-spezifische Ergebnisse zu erzielen oder Szenarien beziehungsweise Modelle zu entwickeln, welche auf die Ressource „Zuckerrohrerntenebenprodukte“ fokussieren, bedarf es einer genaueren – zeitlichen und räumlichen – Differenzierung. Zeitliche Veränderungen (historisch und zukünftig) bezüglich der Erntemethode, der Umweltbedingungen und insbesondere der Sorten und ihrer Verhältnisse zwischen Ernte- und -nebenprodukten müssen hierfür detailliert recherchiert werden. Für weitere Auseinandersetzungen mit der Nutzung der Zuckerrohrerntenebenprodukte muss zudem besondere Rücksicht auf die saisonale und räumliche Verfügbarkeit (*spatio-temporal availability*) genommen werden. Angesichts der Tatsache, dass den Erntenebenprodukten des Zuckerrohrs bis vor wenigen Jahren wenig Beachtung geschenkt wurde, erscheint mangels aufgezeichneter Daten eine solide rückwirkende Rekonstruktion der Mengen schwierig und mit einigen Unsicherheiten behaftet. Werden in Ergänzung zum derzeitigen Standard (vgl. Krausmann et al. 2015) die regional vorherrschende Erntepraxis und die Unterscheidung in Tops und Blätter berücksichtigt, scheint das hier entwickelte verbesserte Schätzverfahren für die Zwecke der Berechnung der aggregierten *domestic extraction* im Zuge einer Materialflussrechnung allerdings ausreichend detailliert zu sein.

Als Schwäche der hier präsentierten Schätzungen ist allerdings insbesondere anzumerken, dass zwar im Zuge der *green harvest rate* die historische Dynamik der Nutzung – sofern dies angesichts der lückenhaften Datenlage möglich war – berücksichtigt wurde, mögliche Schwankungen in der Entnahmerate aber nicht miteinbezogen wurden. Angesichts der gegebenen Datenlage ist dies im Zuge einer theoretischen Arbeit nicht möglich. Insbesondere angesichts aktueller Entwicklungen in der Wertschätzung und Nutzung ebendieser Produkte, scheint dies zukünftig relevant zu sein. Für zukünftige Materialflussrechnungen für einzelne Länder, welche Zuckerrohr produzieren, ist es demnach unbedingt ratsam, Recherchen bezüglich der verbreiteten Erntepraxis und bezüglich der historischen wie gegenwärtigen Wertschätzung der Nebenprodukte anzustellen.

Um allerdings für *zukünftige* Verwendungsweisen der Zuckerrohrtops und -blätter Schätzungen anstellen zu können, erscheint die gewissenhafte Berücksichtigung weiterer Faktoren notwendig. Auch im Hinblick auf die Züchtungsbestrebungen von sogenannten *energy cane*-Sorten gilt es beim *harvest factor* zukünftig genauer zu unterscheiden. Hier gilt zunächst abzuwarten, ob – sofern derlei Sorten marktfähig werden – nationale Agrarstatistiken oder die FAO zukünftig diesbezüglich unterscheiden. Brasilien führt bereits zu diesem Zeitpunkt differenzierte Statistiken zur Verwendung von Zuckerrohr für Ernährungs- und Treibstoffzwecke. Auch die Integration von Blättern und Tops als registrierte Posten in Produktionsstatistiken ist vorstellbar.

11. Literatur

- Aguilar-Rivera, N.; Rodríguez L., D. A.; Enríquez R., V.; Castillo M., A.; Herrera S., A. (2012): The Mexican Sugarcane Industry. Overview, Constraints, Current Status and Long-Term Trends. In: *Sugar Tech* 14 (3), S. 207–222. DOI: 10.1007/s12355-012-0151-3.
- Ahmed, A. E.; Alam-Eldin, A. O. M. (2015): An assessment of mechanical vs manual harvesting of the sugarcane in Sudan – The case of Sennar Sugar Factory. In: *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 14 (2), S. 160–166. DOI: 10.1016/j.jssas.2013.10.005.
- Alexander, A. G. (1988): Sugarcane as a source of biomass. In: R. Sansoucy (Hg.): Sugarcane as feed. Proceedings of an FAO expert consultation held in Santo Domingo, Dominican Republic from 7 - 11 July 1986 = La caña de azúcar como pienso. Rome (FAO animal production and health paper, 72). Online verfügbar unter <http://www.fao.org/docrep/003/s8850e/S8850E04.htm#ch05>, zuletzt geprüft am 08.03.2017.
- Ali, T.; Huang, J.; Yan, J. (2012): An Overview of Biofuels Sector in Pakistan: Status and Policies. In: *International Journal of Economics and Research* 3 (1), S. 69–76.
- ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (2015): Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2015. Brazilian Automotive Industry Yearbook 2015. Hg. v. ANFAVEA. São Paulo. Online verfügbar unter <http://www.virapagina.com.br/anfavea2015/>, zuletzt geprüft am 20.11.2016.
- Arjchariyaartong, Wuttipong (2006): The Competitiveness of the Sugar Industry in Thailand. Dissertation. Hohenheim: Universität Hohenheim.
- Artschwager, Ernst; Brandes E. W. (1958): Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). Origin classification characteristics, and descriptions of representative clones. Washington D.C.: United States Department of Agriculture (Agriculture Handbook, 122).
- Assis, P. E. P. (2005): Sugar, Ethanol, and Electricity. The Diversity that Can Save the Sugarcane Sector. In: J. F. Pérez-López und J. Alvarez (Hg.): Reinventing the Cuban Sugar Agroindustry. Oxford, UK: Lexington Books, S. 259–274.
- Aziz, N. (2013): Biomass Potential in Pakistan. European Energy Center. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/236268398_BIOMASS_POTENTIAL_IN_PAKISTAN, zuletzt geprüft am 08.03.2017.
- Bakker, H. (1999): Sugar cane cultivation and management. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers. Online verfügbar unter <http://bit.ly/2ou3D2f>, zuletzt geprüft am 21.04.2017.
- Basanta, M. V.; Dourado-Neto, D.; Reichardt, K.; Bacchi, O.O.S.; Oliveira, J.C.M.; Trivelin, P.C.O. et al. (2003): Management effects on nitrogen recovery in a sugarcane crop grown in Brazil. In: *Geoderma* 116 (1-2), S. 235–248. DOI: 10.1016/S0016-7061(03)00103-4.
- Basanta, R.; García Delgado, M. A.; Cervantes Martínez, J. E.; Mata Vázquez, H.; Bustos Vázquez, G. (2007): Sostenibilidad del reciclaje de residuos de la agroindustria azucarera: una revisión. In: *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 5 (4), S. 293–305. Online verfügbar

- unter <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72440508>, zuletzt geprüft am 20.11.2016.
- Bazmi, A. A.; Bhutto, A. W.; Ghauri, M. (2007): Ethanol fuel as feasible and desired option in Pakistan. Environmentally Sustainable Development Conference 2007 (ESDev-2007 - CIIT Abbottabad, Pakistan). Pakistan. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/268631850_ETHANOL_FUEL_AS_FEASIBLE_AND_DESIRED_OPTION_IN_PAKISTAN, zuletzt geprüft am 20.11.2016.
- Beeharry, R. P. (1996): Extended sugarcane biomass utilisation for exportable electricity production in Mauritius. In: *Biomass and Bioenergy* 11 (6), S. 441–449. DOI: 10.1016/S0961-9534(96)00050-5.
- Beeharry, R. P. (2001a): Carbon balance of sugarcane bioenergy systems. In: *Biomass and Bioenergy* 20 (5), S. 361–370. DOI: 10.1016/S0961-9534(00)00094-5.
- Beeharry, R. P. (2001b): Strategies for augmenting sugarcane biomass availability for power production in Mauritius. In: *Biomass and Bioenergy* 20 (6), S. 421–429. DOI: 10.1016/S0961-9534(00)00084-2.
- Bentsen, N. S.; Felby, C. Thorsen, B. J. (2014): Agricultural residue production and potentials for energy and materials services. In: *Progress in Energy and Combustion Science* 40, S. 59–73. DOI: 10.1016/j.pecs.2013.09.003.
- Berding, N. Hogarth, M. Cox, M. (2004): Plant Improvement of Sugarcane. In: G. James (Hg.): Sugarcane. 2. Aufl. Oxford, UK: Blackwell Science, S. 20–53.
- Bernard, E. Melo, F. L.; Pinto, S. R. R. (2011): Challenges and Opportunities for Biodiversity Conservation in the Atlantic Forest in Face of Bioethanol Expansion. In: *Tropical Conservation Science* 4 (3), S. 267–275. DOI: 10.1177/194008291100400305.
- Bhardwaj; Amit; Singh, Narendra (o.J.): Diversion of sugarcane to jaggery/Gur & Khandsari units in UP in 2012-13. Hg. v. ISMA - Indian Sugar Mills Association. New Delhi. Online verfügbar unter http://www.indiansugar.com/PDFS/DIVERSION_OF_SUGARCANE_TO_JAGGERY-_ISMA_s_Corner.pdf, zuletzt geprüft am 20.11.2016.
- Bhattacharya, S. C.; Abdul Salam, P.; Runqing, Hu; Somashekar, H. I.; Racelis, D. A.; Rathnasiri, P. G.; Yingyuad, Rungrawee (2005): An assessment of the potential for non-plantation biomass resources in selected Asian countries for 2010. In: *Biomass and Bioenergy* 29 (3), S. 153–166. DOI: 10.1016/j.biombioe.2005.03.004.
- Bhutto, Abdul Waheed; Bazmi, Aqeel Ahmed; Zahedi, Gholamreza (2011): Greener energy. Issues and challenges for Pakistan—Biomass energy prospective. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 (6), S. 3207–3219. DOI: 10.1016/j.rser.2011.04.015.
- Borém, A.; Doe, J. A.; Diola, V. (2015): Molecular Biology and Biotechnology. In: F. Santos, A. Borém und C. Caldas (Hg.): Sugarcane. Agricultural production, bioenergy, and ethanol. Amsterdam: Elsevier, S. 257–274.
- Brandt, W.; Gürke, M.; Köhler, F. E.; Pabst, G.; Schellenberg, G.; Vogtherr, M. (1883-1914): Köhler's Medizinal-Pflanzen in naturgetreuen Abbildungen mit kurz erläuterndem Texte: Atlas zur Pharmacopoea germanica, austriaca, belgica, danica, helvetica, hungarica, rossica, suecica, Neerlandica, British pharmacopoeia, zum Codex medicamen-

- tarius, sowie zur Pharmacopoeia of the United States of America /herausgegeben von G. Pabst. 4 Bände. Gera-Untermhaus: Fr. Eugen Köhler.
- Braunbeck, O. A.; Bauen, A.; Rosillo-Calle, F.; Cortez, L. (1999): Prospects for green cane harvesting and cane residue use in Brazil. In: *Biomass and Bioenergy* 17 (6), S. 495–506. DOI: 10.1016/S0961-9534(99)00063-X.
- CANASAT (2016): Datenbank. Hg. v. INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Online verfügbar unter <http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat>.
- Cançado, J. E. D.; Saldiva, P. H. N.; Pereira, Luiz A. A.; Lara, L. B. L. S.; Artaxo, P.; Martinelli, L. A. et al. (2006): The Impact of Sugar Cane–Burning Emissions on the Respiratory System of Children and the Elderly. In: *Environmental Health Perspectives* 114 (5), S. 725–729. DOI: 10.1289/ehp.8485.
- Cañeros - Unión Nacional de Cañeros (2016): Estadísticas de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2005-2014. Hg. v. Unión Nacional de Cañeros.
- Canilha, L.; Rod, R. C. L. B.; Antunes, F. A. F.; Chandel, A. K.; Milessi, T. S. S.; Felipe, M. G. A.; Silva, S. S. (2014): Bioconversion of Hemicellulose from Sugarcane Biomass Into Sustainable Products. In: A. K. Chandel und S. S. Silva (Hg.): Sustainable degradation of lignocellulosic biomass. Techniques, applications and commercialization. Rijeka, Croatia: InTech, S. 15–46.
- Cardoen, D.; Joshi, P.; Diels, L.; Sarma, P. M.; Pant, D. (2015): Agriculture biomass in India. Part 2. Post-harvest losses, cost and environmental impacts. In: *Resources, Conservation and Recycling* 101, S. 143–153. DOI: 10.1016/j.resconrec.2015.06.002.
- Cardoen, D.; Joshi, P.; Diels, L.; Sarma, P. M.; Pant, D. (2015): Agriculture biomass in India. Part 1. Estimation and characterization. In: *Resources, Conservation and Recycling* 102, S. 39–48. DOI: 10.1016/j.resconrec.2015.06.003.
- Cardoso, T. F.; Cavalett, O.; Chagas, M. F.; Morais, E. R.; Carvalho, J. L. N.; Franco, H. C. J. et al. (2013): Technical and economic assessment of trash recovery in the sugarcane bioenergy production system. In: *Scientia Agricola* 70 (5), S. 353–360. DOI: 10.1590/S0103-90162013000500010.
- Carvalho, J. L. N.; Otto, R.; Franco, H. C. J.; Trivelin, P. C. O. (2013): Input of sugarcane post-harvest residues into the soil. In: *Scientia Agricola* 70 (5), S. 336–344. DOI: 10.1590/S0103-90162013000500008.
- Chandra, V. V.; Hemstock, S. L. (2016): The Potential of Sugarcane Bioenergy in Fiji. In: *Sugar Tech* 18 (3), S. 229–235. DOI: 10.1007/s12355-015-0409-7.
- Cheavegatti-Gianotto, A.; Abreu, H. M. C.; Arruda, P.; Besspalhok Filho, J. C.; Burnquist, W. L.; Creste, S. et al. (2011): Sugarcane (*Saccharum X officinarum*): A Reference Study for the Regulation of Genetically Modified Cultivars in Brazil. In: *Tropical plant biology* 4 (1), S. 62–89. DOI: 10.1007/s12042-011-9068-3.
- Cheesman, O. D. (2004): Environmental Impacts of Sugar Production. The Cultivation and Processing of Sugarcane and Sugar Beet. Oxfordshire, UK: CABI.
- Conab - Companhia Nacional de Abastecimento (2013): Perfil do Setor do Açúcar e do Álcool no Brasil. Volume 5 - Safra 2011/2012. responsáveis técnicos Ângelo Bressan Filho e

- Roberto Alves. Hg. v. Conab. Brasilien. Online verfügbar unter <http://www.conab.gov.br>.
- Conab - Companhia Nacional de Abastecimento (2015): Acompanhamento da Safra Brasileira: Cana-de-Açúcar. V. 2 - Safra 2015/16. Hg. v. Conab. Brasilien.
- Conab - Companhia Nacional de Abastecimento (2016): Datenbank. Conab. Online verfügbar unter <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>.
- Corrêa do Lago, A.; Bonomi, A.; Cavalett, O.; Pereira da Cunha, M.; Pinheiro Lima, M. A. (2012): Sugarcane as a carbon source. The Brazilian case. In: *Biomass and Bioenergy* 46, S. 5–12. DOI: 10.1016/j.biombioe.2012.09.007.
- Costa, S. M.; Mazzola, P. G.; Silva, J. C. A. R.; Pahl, R.; Pessoa, A.; Costa, S. A. (2013): Use of sugar cane straw as a source of cellulose for textile fiber production. In: *Industrial Crops and Products* 42, S. 189–194. DOI: 10.1016/j.indcrop.2012.05.028.
- CTC - Centro de Tecnologia Canavieira (2012): Censo varietal e de produtividade em 2012. Região Centro-Sul. Hg. v. CTC - Centro de Tecnologia Canavieira. Brasilien. Online verfügbar unter <http://www.ctcanavieira.com.br/downloads/Censo2012.pdf>, zuletzt geprüft am 20.11.2016.
- CTC - Centro de Tecnologia Canavieira (2015): Análise da Safra 2014/2015, 2015. Online verfügbar unter <http://www.unica.com.br/download.php?idSecao=17&id=10429881>, zuletzt geprüft am 21.04.2017.
- CTC - Centro de Tecnologia Canavieira (2016): Revista Variedades CTC. Hg. v. CTC - Centro de Tecnologia Canavieira. Brasilien. Online verfügbar unter http://www.ctcanavieira.com.br/downloads/revista_variedades_assis_web.pdf, zuletzt geprüft am 20.11.2016.
- Delgado, A. V.; Casanova, C. A. (2001): Sugar processing and by-products of the sugar industry. Rome: FAO (FAO agricultural services bulletin, 144).
- Deng, Y. Y.; Koper, M.; Haigh, M.; Dornburg, V. (2015): Country-level assessment of long-term global bioenergy potential. In: *Biomass and Bioenergy* 74, S. 253–267. DOI: 10.1016/j.biombioe.2014.12.003.
- Dias, M. O. S.; Junqueira, T. L.; Cavalett, O.; Cunha, M. P.; Jesus, C. D. F.; Rossell, C. E. V. et al. (2012): Integrated versus stand-alone second generation ethanol production from sugarcane bagasse and trash. In: *Bioresour. Technol.* 103 (1), S. 152–161. DOI: 10.1016/j.biortech.2011.09.120.
- Digonzelli, P. A.; Romero, E. R.; Alonso, L.; Ullivarri, J. F.; Quinteros, H. R.; Scandaliaris, J.; Fajre, S. (2011): Assessing a sustainable sugarcane production system in Tucumán, Argentina. Part 1: Dynamics of sugarcane harvest residue (trash) decomposition. In: *Revista industrial y agrícola de Tucumán* 88 (1), S. 1–12.
- Directorate of Sugarcane Development (2013): Status Paper on Sugarcane. Government of India, Ministry of Agriculture. Lucknow, UP.
- EIA Beta (2016): Datenbank. Hg. v. EIA - International Energy Statistics. Online verfügbar unter <https://www.eia.gov/beta/>.

- Eisentraut, A. (2010): Sustainable Production of Second-Generation Biofuels. Potential and perspectives in major economies and developing countries. Information Paper. Paris Cedex: OECD Publishing.
- Ellis, R. D.; Merry, R. E. (2004): Sugarcane Agriculture. In: G. James (Hg.): Sugarcane. 2. Aufl. Oxford, UK: Blackwell Science, S. 101–142.
- Faaij, A. (2008): Biofuel conversion technologies. In: P. Zurbier und J. van de Vooren (Hg.): Sugarcane ethanol. Contributions to climate change mitigation and the environment. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, S. 159–180.
- FAO (Hg.) (1978): Ruminant nutrition. Selected articles from the World animal review. Rome: FAO (FAO animal production and health paper, 12). Online verfügbar unter <http://www.fao.org/docrep/004/x6512e/X6512E00.htm#TOC>, zuletzt geprüft am 08.03.2017.
- FAO (1997): Fiji/FAO Asia Pacific Sugar Conference, 29-31 October 1997. Contents and Proceedings. Hg. v. FAO. Fiji. Online verfügbar unter <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/x0513e/x0513e03.pdf>, zuletzt geprüft am 20.11.2016.
- FAO (2009): Sugar Beet White Sugar. Hg. v. FAO. Rom (Agribusiness handbook). Online verfügbar unter [www.fao.org/fileadmin/user_upload/tci/docs/AH1-\(eng\)Sugar%20beet%20white%20sugar.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/tci/docs/AH1-(eng)Sugar%20beet%20white%20sugar.pdf), zuletzt geprüft am 20.11.2016.
- FAOSTAT (2016): Datenbank. Hg. v. FAO. Online verfügbar unter <http://www.fao.org/faostat>.
- Fernandes, A. C.; Oliveira, E. R. (1977): Sugar cane trash measurements in Brazil. In: *International Society of Sugar Cane Technologists Congress, 1977, São Paulo. Proceedings.*, S. 1963–1973.
- Ferreira-Leitão, V.; Gottschalk, L. M. F.; Ferrara, M. A.; Nepomuceno, A. L.; Molinari, H. B. C.; Bon, E. P. S. (2010): Biomass Residues in Brazil. Availability and Potential Uses. In: *Waste and Biomass Valorization* 1 (1), S. 65–76. DOI: 10.1007/s12649-010-9008-8.
- Filho, J. P. R. (2005): Trash recovery cost. In: S. J. Hassuani, Leal, M. R. L. V. und I. C. Macedo (Hg.): Biomass power generation. Sugar cane bagasse and trash. Piracicaba, Brasília: CTC; PNUD (Série caminhos para a sustentabilidade, n. 1), S. 74–85.
- Fischer, G.; Hizsnyik, E. T.; Prieler, S.; van Velthuisen, H. (2007): Assessment of biomass potentials for biofuel feedstock production in Europe: Methodology and results. Refuel, Deliverable D6: Methodology and assessment of biomass potentials in EU27+ under alternative future scenarios. Hg. v. IIASA. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/refuel_assessment_of_biomass_potentials.pdf, zuletzt geprüft am 27.11.2016.
- Fischer, G.; Teixeira, E.; Hizsnyik, E. T.; van Velthuisen, H. (2008): Land use dynamics and sugarcane production. In: P. Zurbier und J. van de Vooren (Hg.): Sugarcane ethanol. Contributions to climate change mitigation and the environment. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, S. 29–62.

- Fischer-Kowalski, M. (Hg.) (1997): Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur. Ein Versuch in Sozialer Ökologie. Lizenzausg. Amsterdam: Overseas Publ. Association OPA.
- Fischer-Kowalski, M.; Haberl, H. (1997): Stoffwechsel und Kolonisierung. Konzepte zur Beschreibung des Verhältnisses von Gesellschaft und Natur. In: M. Fischer-Kowalski (Hg.): Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur. Ein Versuch in Sozialer Ökologie. Lizenzausg. Amsterdam: Overseas Publ. Association OPA, S. 3–12.
- Fontana, M.; Kohler, J.; Fischer, K.; Sanctis, G. (2016): Fire Load Density. In: M. J. Hurley (Hg.): SEPE Handbook of Fire Protection Engineering. New York: Springer, S. 1131–1142.
- Forster-Carneiro, T.; Berni, M. D.; Dorileo, I. L.; Rostagno, M. A. (2013): Biorefinery study of availability of agriculture residues and wastes for integrated biorefineries in Brazil. In: *Resources, Conservation and Recycling* 77, S. 78–88. DOI: 10.1016/j.resconrec.2013.05.007.
- Fortes, C.; Vitti, A. C.; Otto, R.; Ferreira, D. A.; Franco, H. C. J.; Trivelin, P. C. O. (2013): Contribution of nitrogen from sugarcane harvest residues and urea for crop nutrition. In: *Scientia Agricola* 70 (5), S. 313–320. DOI: 10.1590/S0103-90162013000500005.
- França, D. A.; Longo, K. M.; Neto, T. G. S.; Santos, J. C.; Freitas, S. R.; Rudorff, B. F. T. et al. (2012): Pre-Harvest Sugarcane Burning. Determination of Emission Factors through Laboratory Measurements. In: *Atmosphere* 3 (4), S. 164–180. DOI: 10.3390/atmos3010164.
- Franco, H. C. J.; Pimenta, M. T. B.; Carvalho, J. L. N.; Magalhães, P. S. G.; Rossell, C. E. V.; Braunbeck, O. A. et al. (2013): Assessment of sugarcane trash for agronomic and energy purposes in Brazil. In: *Scientia Agricola* 70 (5), S. 305–312. DOI: 10.1590/S0103-90162013000500004.
- Fredo, C. E.; Caser, D. V.; Sachs, R. C. C.; Olivette, M. P. A.; Filho, A. A. V. (2015): Mecanização na Colheita da Cana-de-açúcar Atinge 84,8% na Safra Agrícola 2013/14. Online verfügbar unter <http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=13601>, zuletzt geprüft am 15.12.2016.
- Friedl, A.; Miltner, A.; Neuling, U.; Kaltschmitt, M. (2016): Fermentative Alkoholerzeugung und -nutzung. In: M. Kaltschmitt, H. Hartmann und H. Hofbauer (Hg.): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. 3., aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, S. 1501–1608.
- Fulmer, M. E. (1991): Electricity-Ethanol Co-Production from Sugar Cane: A Technical and Economic Assessment. PU/CEES Report No. 258. Princeton, NJ: Princeton University. Online verfügbar unter <http://acee.princeton.edu/wp-content/uploads/2016/10/No.-258.pdf>, zuletzt geprüft am 20.04.2017.
- Gierlinger, S. (2010): Die langfristigen Trends der Material- und Energieflüsse in den USA in den Jahren 1850 bis 2005. Wien: IFF - Social Ecology (Social Ecology Working Paper, 128).
- Goldemberg, J.; Coelho, S. T.; Guardabassi, P. (2008): The sustainability of ethanol production from sugarcane. In: *Energy Policy* 36 (6), S. 2086–2097. DOI: 10.1016/j.enpol.2008.02.028.

- Guilhoto, J. J. M.; de Barros, A. L. M.; Marjotta-Maistro, M. C.; Istake, M. (2002): Mechanization Process of the Sugar Cane Harvest and Its Direct and Indirect Impact over the Employment in Brazil and in Its 5 Macro Regions. In: *MPRA Paper*. Online verfügbar unter <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/id/eprint/38070>, zuletzt geprüft am 20.11.2016.
- Guimarães, C. T.; Honeycutt, R. J.; Sills, G. R.; Sobral, B. W.S. (1999): Genetic maps of *Saccharum officinarum* L. and *Saccharum robustum* Brandes & Jew. ex grassl. In: *Genetics and Molecular Biology* 22 (1), S. 125–132. DOI: 10.1590/S1415-47571999000100024.
- Haberl, H.; Erb, K.; Krausmann, F.; Bondeau, A.; Lauk, C.; Muller, C. et al. (2011): Global bioenergy potentials from agricultural land in 2050: Sensitivity to climate change, diets and yields. In: *Biomass & bioenergy* 35 (12), S. 4753–4769. DOI: 10.1016/j.biombioe.2011.04.035.
- Hashem, K.; McDonald, L.; Parker, J.; Savelyeva, A.; Schoen, V.; Lang, T. (2015): Does Sugar Pass the Environmental and Social Test? Food Research Collaboration Policy Brief. Hg. v. Food Research Collaboration.
- Hassuani, S. J. (2005): Evaluation of agronomic routes to unburned cane harvesting with trash recovery. In: S. J. Hassuani, Leal, M. R. L. V. und I. C. Macedo (Hg.): Biomass power generation. Sugar cane bagasse and trash. Piracicaba, Brasília: CTC; PNUD (Série caminhos para a sustentabilidade, n. 1), S. 44–45.
- Hassuani, S. J.; Leal, M. R. L. V.; Macedo, I. C. (Hg.) (2005): Biomass power generation. Sugar cane bagasse and trash. Piracicaba, Brasília: CTC; PNUD (Série caminhos para a sustentabilidade, n. 1).
- Hay, R. K. M. (1995): Harvest index: a review of its use in plant breeding and crop physiology. In: *Annals of Applied Biology* 126, S. 197–216.
- Hemstock, S. L.; Hall, D. O. (1995): Biomass energy flows in Zimbabwe. In: *Biomass and Bioenergy* 8 (3), S. 151–173. DOI: 10.1016/0961-9534(94)00089-C.
- Herrera, M. C. (1999): Cane, sugar and the environment. In: *Proceedings of the Cuba/FAO International Sugar Conference - Cuba, 7-9 December 1999*. Online verfügbar unter <http://www.fao.org/3/a-x4988e/x4988e01.htm>, zuletzt geprüft am 21.04.2017.
- Hiloidhari, M.; Das, D.; Baruah, D. C. (2014): Bioenergy potential from crop residue biomass in India. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 32, S. 504–512. DOI: 10.1016/j.rser.2014.01.025.
- Hiscox, A. L.; Flecher, S.; Wang, J. J.; Viator, H. P. (2015): A comparative analysis of potential impact area of common sugar cane burning methods. In: *Atmospheric Environment* 106, S. 154–164. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2015.02.005.
- Hobhouse, H. (2001): Sechs Pflanzen verändern die Welt. Chinarinde, Zuckerrohr, Tee, Baumwolle, Kartoffel, Kokastrauch. 4., erw. u. verb. Aufl. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Hunsigi, G. (2001): Sugarcane in agriculture and industry. Bangalore, India: Prism Books.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016): Datenbank. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Online verfügbar unter <http://www.ibge.gov.br/english/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/>.

- ICIDCA - Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (2000 (1988)): Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar. 3. Aufl. Ciudad Habana: I-CIDCA. Online verfügbar unter http://www.academia.edu/10912163/MANUAL_DE_LOS_DERIVADOS_DE_LA_CA%C3%91A, zuletzt geprüft am 30.11.2016.
- IEA (2007): Biofuel Production. Hg. v. OECD/IEA (IEA Energy Technology Essentials, ETE02). Online verfügbar unter <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/essentials2.pdf>, zuletzt geprüft am 20.11.2016.
- IEA (2011): Technology Roadmap: Biofuels for Transport. Hg. v. OECD/IEA. Paris Cedex. Online verfügbar unter <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/technology-roadmap-biofuels-for-transport.html>, zuletzt geprüft am 20.11.2016.
- IEA (2016): Energy and Air Pollution. World Energy Outlook 2016. Special report. Paris: OECD/IEA (World energy outlook, 2016).
- IISR - Indian Institute of Sugarcane Research (2016): Datenbank. IISR - Indian Institute of Sugarcane Research. Online verfügbar unter <http://www.iisr.nic.in/services-facilities/india.htm>.
- IPCC (2000): Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Hg. v. IPCC. Montreal. Online verfügbar unter <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/>, zuletzt geprüft am 20.11.2016.
- IPCC (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds.). Hg. v. IGES. Japan, zuletzt geprüft am 20.11.2016.
- Irvine, J. E. (2004): Sugarcane Agronomy. In: G. James (Hg.): Sugarcane. 2. Aufl. Oxford, UK: Blackwell Science, S. 143–157.
- ISJ - International Sugar Journal (2016): Only 40% of cane crop mechanized globally. In: *ISJ - International Sugar Journal*, 25.07.2016. Online verfügbar unter <https://www.internationalsugarjournal.com/only-40-of-cane-crop-mechanized-globally/>, zuletzt geprüft am 08.03.2017.
- Ismail, A. M. A. (1993): A critical analysis of "harvest index". In: *Qatar University Science Journal* 13 (2), S. 253–263.
- Jain, N.; Bhatia, A.; Pathak, H. (2014): Emission of Air Pollutants from Crop Residue Burning in India. In: *Aerosol and Air Quality Research*. DOI: 10.4209/aaqr.2013.01.0031.
- James, G. (Hg.) (2004): Sugarcane. 2. Aufl. Oxford, UK: Blackwell Science.
- Jenjariyakosoln, S.; Gheewala, S. H.; Sajjakulnukit, B.; Garivait, S. (2014): Energy and GHG emission reduction potential of power generation from sugarcane residues in Thailand. In: *Energy for Sustainable Development* 23, S. 32–45. DOI: 10.1016/j.esd.2014.07.002.
- Jölli, D.; Giljum, S. (2005): Unused biomass extraction in agriculture, forestry and fishery. Hg. v. SERI. Wien (SERI studies, 3).

- Jorapur, R. M.; Rajvanshi, A. K. (1995): Development of a sugarcane leaf gasifier for electricity generation. In: *Biomass and Bioenergy* 8 (2), S. 91–98. DOI: 10.1016/0961-9534(94)00049-Y.
- Kaltschmitt, M.; Hartmann, H.; Hofbauer, H. (Hg.) (2016): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. 3., aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- Kim, S.; Dale, B. E. (2004): Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues. In: *Biomass and Bioenergy* 26 (4), S. 361–375. DOI: 10.1016/j.biombioe.2003.08.002.
- Kimutai, S. K.; Muumbo, A. M.; Siagi, Z. O.; Kiprop, A. K. (2014): A Study on Agricultural Residues as a Substitute to Fire Wood in Kenya: a Review on Major Crops. In: *Journal of Energy Technologies and Policy* 4 (9), S. 45–52.
- Kober, T. (2005): Barrieren für die Nutzung erneuerbarer Energien zur Elektrizitätserzeugung in Schwellen- und Entwicklungsländern am Beispiel der Biomassennutzung in Südostasien. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden.
- Kongrut, A. (2016): Razing 'cane. The persistent problem of sugarcane burning. In: *Bangkok Post*, 30.03.2016. Online verfügbar unter <http://www.bangkokpost.com/print/915485/>, zuletzt geprüft am 08.03.2017.
- Koopmans, A.; Koppejan, J. (1997): Agricultural and forest residues: Generation, utilization and availability. Paper presented at the Regional Consultation on Modern Applications of Biomass Energy, 6-10 January 1997. In: *Polibits* 19. DOI: 10.17562/PB-19-T.
- Kovac, S.; Zimmer, R. (2012): Energiepflanzenanbau und Biokraftstoffproduktion in Brasilien – Fakten und Meinungen. Berlin: Unabhängiges Institut für Umweltfragen e.V. (UfU-Paper, 5/2012).
- Krausmann, F.; Erb, K.; Gingrich, S.; Haberl, H.; Bondeau, A.; Gaube, V. et al. (2013): Global human appropriation of net primary production doubled in the 20th century. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110 (25), S. 10324–10329. DOI: 10.1073/pnas.1211349110.
- Krausmann, F.; Weisz, H.; Eisenmenger, N.; Schütz, H.; Haas, W.; Schaffartzik, A. (2015): Economy-wide Material Flow Accounting. Introduction and Guide, Version 1.0. Wien: IFF - Social Ecology (Social Ecology Working Paper, 151).
- Lal, R. (2005): World crop residues production and implications of its use as a biofuel. In: *Environment international* 31 (4), S. 575–584. DOI: 10.1016/j.envint.2004.09.005.
- Lal, R.; Stewart, B. A. (2010): Soil quality and biofuel production. Boca Raton, Fla.: CRC Press (Advances in soil science, 16).
- Landell, M. G. A.; Scarpari, M. S.; Xavier, M. A.; Anjos, I. A.; Baptista, A. S.; Aguiar, C. L. et al. (2013): Residual biomass potential of commercial and pre-commercial sugarcane cultivars. In: *Scientia Agricola* 70 (5), S. 299–304. DOI: 10.1590/S0103-90162013000500003.
- Larson, E. D.; Williams, R. H.; Leal, M. R. L. V. (2001): A review of biomass integrated-gasifier/gas turbine combined cycle technology and its application in sugarcane in-

- dustries, with an analysis for Cuba. In: *Energy for Sustainable Development* 5 (1), S. 54–76. DOI: 10.1016/S0973-0826(09)60021-1.
- Leal, M. R. L. V.; Galdos, M. V.; Scarpore, F. V.; Seabra, J. E.A.; Walter, A.; Oliveira, C. O. F. (2013): Sugarcane straw availability, quality, recovery and energy use. A literature review. In: *Biomass and Bioenergy* 53, S. 11–19. DOI: 10.1016/j.biombioe.2013.03.007.
- Li, Y. (2004): China: An emerging sugar super power. Review article. In: *Sugar Tech* 6 (4), S. 213–227.
- Li, Y.; Wei, Y. (2006): Sugar industry in China: R & D and policy initiatives to meet sugar and biofuel demand of future. Review article. In: *Sugar Tech* 8 (4), S. 203–216.
- Li, Y.; Yang, L. (2015): Sugarcane Agriculture and Sugar Industry in China. In: *Sugar Tech* 17 (1), S. 1–8. DOI: 10.1007/s12355-014-0342-1.
- Linero, F. A. B.; Lamônica, H. M.; Leal, M. R. L. V. (2005): Integration of BIG-GT system with a typical mill. In: S. J. Hassuani, Leal, M. R. L. V. und I. C. Macedo (Hg.): Biomass power generation. Sugar cane bagasse and trash. Piracicaba, Brasília: CTC; PNUD (Série caminhos para a sustentabilidade, n. 1), S. 113–129.
- Lodhi, K. (1988): The Pakistan Sugar Industry. An Economic and Policy Analysis. Special Report Series, No. 8. Islamabad: USAID.
- Lubis, A. M. (2013): Development underway for first transgenic sugarcane plantation. In: *The Jakarta Post*, 20.05.2013. Online verfügbar unter <http://www.thejakartapost.com/news/2013/05/20/development-underway-first-transgenic-sugarcane-plantation.html>, zuletzt geprüft am 08.03.2017.
- Macedo, I. C. (1998): Greenhouse gas emissions and energy balances in bio-ethanol production and utilization in Brazil (1996). In: *Biomass and Bioenergy* 14 (1), S. 77–81. DOI: 10.1016/S0961-9534(97)00038-X.
- Macedo, I. C. (2007): Sugar Cane's Energy. Twelve studies on Brazilian sugar cane agribusiness and its sustainability. 2. Aufl. São Paulo: Berlendis & Vertecchia.
- Macedo, I. C.; Leal, M. R. L. V.; Hassuani, S. J. (2001): Sugar cane residues for power generation in the sugar/ethanol mills in Brazil. In: *Energy for Sustainable Development* 5 (1), S. 77–82. DOI: 10.1016/S0973-0826(09)60022-3.
- Marchi, A. S.; Pizzinato, A. A. S.; Rocha, D. E.; Silva, J. E. A. R. (2005): Unburned cane harvesting with trash recovery routes. In: S. J. Hassuani, Leal, M. R. L. V. und I. C. Macedo (Hg.): Biomass power generation. Sugar cane bagasse and trash. Piracicaba, Brasília: CTC; PNUD (Série caminhos para a sustentabilidade, n. 1), S. 64–69.
- Martinelli, L. A.; Filoso, S. (2008): Expansion of Sugarcane Ethanol Production in Brazil: Environmental and Social Challenges. In: *Ecological Applications* 18 (4), S. 885–898.
- Matsuoka, M. (2006): Sugarcane cultivation and sugar industry in Japan. In: *Sugar Tech* 8 (1), S. 3–9. DOI: 10.1007/BF02943734.
- Matsuoka, S.; Stolf, R. (2012): Sugarcane Tillering and Ratooning: Key Factors for a Profitable Cropping. In: J. F. Goncalves und K. D. Correia (Hg.): Sugarcane. Production, cultivation and uses. Hauppauge N.Y.: Nova Science Publishers, S. 137–157.

- Mayer, A. (2010): Zurück zur Fläche? Eine Untersuchung der biophysischen Ökonomie Brasiliens zwischen 1970 und 2005. Wien: IFF - Social Ecology (Social Ecology Working Paper, 118).
- Mekonnen, M. M.; Hoekstra, A. Y. (2011): The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. In: *Hydrology and Earth System Sciences* 15 (5), S. 1577–1600. DOI: 10.5194/hess-15-1577-2011.
- Mendoza, T. C.; Samson, R. (1999): Strategies to Avoid Crop Residue Burning in the Philippine Context. Paper presented during the International Conference on "Frostbite and Sun Burns" Canadian International Initiatives Toward Mitigating Climate Change hosted by the International Program (IP) of the Canadian Environmental Network (CEN) and the Salvadoran Centre for Appropriate Technology (CESTA) held on 24 April-May 2, 1999. Hg. v. R.E.A.P. Canada (R.E.A.P. Canada Research Reports). Online verfügbar unter [http://www.reap-cana-da.com/library/IntDev/8%20Strategies%20to%20Avoid%20Crop%20Residue%20Burning%20in%20the%20Philippine%20Context%20\(1999\).htm](http://www.reap-cana-da.com/library/IntDev/8%20Strategies%20to%20Avoid%20Crop%20Residue%20Burning%20in%20the%20Philippine%20Context%20(1999).htm), zuletzt geprüft am 20.11.2016.
- Mendoza, T. C.; Samson, R.; Helwig, T. (2001): Evaluating the many benefits of sugarcane trash farming systems. In: *Philippine Journal of Crop Science* 27 (1), S. 43–51.
- Michelazzo, M. B.; Braunbeck, O. A. (2008): Análise de seis sistemas de recolhimento do palhico na colheita mecânica da cana-de-açúcar. In: *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 12 (5), S. 546–552. DOI: 10.1590/S1415-43662008000500017.
- Mintz, S. W. (2007 (1985)): Die süße Macht. Kulturgeschichte des Zuckers. 2. Aufl. Frankfurt u.a.: Campus-Verl. (Campus Bibliothek).
- Mitchell, R. D. J.; Thorburn, P. J.; Larsen, P. (2000): Quantifying the loss of nutrients from the immediate area when sugarcane residues are burnt. In: *Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.* (22), S. 206–211.
- Molina Jr., W. F. (1991): Enfardamento de Resíduo de Colheita de Cana-de-Açúcar (*Saccharum* spp.): Avaliação dos Desempenhos Operacional e Econômico. Dissertação. Piracicaba.
- Molina Jr., W. F.; Rípoli, T. C. C.; Coelho, J. L. D.; Amaral, J. R.; Saccomano, J. B. (1991): Estudo preliminar sobre enfardamento de resíduos de colheita de cana-de-açúcar (*Saccharum*, spp). Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/270890621_ESTUDO_PRELIMINAR_SOBR_E_ENFARDAMENTO_DE_RESIDUOS_DE_COLHEITA_DE_CANA-DE-ACUCAR_Sacharum_spp, zuletzt geprüft am 30.11.2016.
- Naseeven, M. R. (1988): Sugarcane tops as animal feed. In: R. Sansoucy (Hg.): Sugarcane as feed. Proceedings of an FAO expert consultation held in Santo Domingo, Dominican Republic from 7 - 11 July 1986 = La caña de azúcar como pienso. Rome (FAO animal production and health paper, 72). Online verfügbar unter <http://www.fao.org/docrep/003/s8850e/S8850E10.htm#ch11>, zuletzt geprüft am 28.12.2016.

- National Bureau of Statistics of China (2016): Datenbank. National Bureau of Statistics of China. Online verfügbar unter <http://www.stats.gov.cn/english/Statisticaldata/AnnualData/>.
- Nazir, A.; Jariko, G. A.; Junejo, M. A. (2013): Factors Affecting Sugarcane Production in Pakistan. In: *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences* 7 (1), S. 128–140.
- Neto, M. A. T. (2005): Characterization of sugar cane trash and bagasse. In: S. J. Hassuani, Leal, M. R. L. V. und I. C. Macedo (Hg.): Biomass power generation. Sugar cane bagasse and trash. Piracicaba, Brasília: CTC; PNUD (Série caminhos para a sustentabilidade, n. 1), S. 24–26.
- Norris, C.; Lyne, P.; Choonhawong, K. (2010): Sugarcane Mechanisation for Profitability and Sustainability under Environmental Conservation. In: *Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.* 27, S. 1–6.
- NSO - National Statistical Office Thailand (2016): Datenbank. Hg. v. NSO. Bangkok. Online verfügbar unter http://web.nso.go.th/en/census/agricult/cen_agri03.htm.
- Núñez, O.; Spaans, E. (2008): Evaluation of green-cane harvesting and crop management with a trash-blanket. In: *Sugar Tech* 10 (1), S. 29–35. DOI: 10.1007/s12355-008-0005-1.
- Nyko, D.; Valente, M. S.; Milanez, A. Y.; Tanaka, A. K. R.; Rodrigues, A. V. P. (2013): A evolução das tecnologias agrícolas do setorsucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural? In: *BNDES Sectorial* 37, S. 399–442.
- OCSB - Office of the Cane and Sugar Board (2013): Annual Report 2013. Hg. v. OCSB - Office of the Cane and Sugar Board. Thailand. Online verfügbar unter oscb.go.th.
- OCSB - Office of the Cane and Sugar Board (2015): Annual Report 2015. Hg. v. OCSB - Office of the Cane and Sugar Board. Thailand. Online verfügbar unter oscb.go.th.
- OECD (Hg.) (2016): Safety Assessment of Transgenic Organisms in the Environment, Volume 6. Paris: OECD Publishing (OECD Consensus Documents).
- OECD/FAO (2016): OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025. Hg. v. OECD/FAO. Online verfügbar unter <http://www.agri-outlook.org/database/>, zuletzt geprüft am 21.04.2017.
- OGTR - Office of the Gene Technology Regulator (2011): The Biology of the *Saccharum* spp. (Sugarcane). 3. Aufl. Hg. v. Australian Government, Department of Health and Ageing, Office of the Gene Technology Regulator. Australien.
- Oliveira, B. F. A.; Ignotti, E.; Hacon, S. S. (2011): A systematic review of the physical and chemical characteristics of pollutants from biomass burning and combustion of fossil fuels and health effects in Brazil. In: *Cadernos de Saúde Pública* 27 (9), S. 1678–1698. DOI: 10.1590/S0102-311X2011000900003.
- Oliveira, E. C. A.; Freire, F. J.; Oliveira, R. I.; Freire, M. G. B. S.; Simões Neto, D. E.; Silva, S. A. M. (2010): Extração e exportação de nutrientes por variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. In: *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34 (4), S. 1343–1352. DOI: 10.1590/S0100-06832010000400031.
- Oliveira, F. M. V.; Pinheiro, I. O.; Souto-Maior, A. M.; Martin, C.; Gonçalves, A. R.; Rocha, G. J. M. (2013): Industrial-scale steam explosion pretreatment of sugarcane straw for en-

- zymatic hydrolysis of cellulose for production of second generation ethanol and value-added products. In: *Bioresource technology* 130, S. 168–173. DOI: 10.1016/j.biortech.2012.12.030.
- Oliveira Bordonal, R.; Barretto de Figueiredo, E.; Aguiar, D. A.; Adami, M.; Rudorff, B. F. T.; La Scala, N. (2013): Greenhouse gas mitigation potential from green harvested sugarcane scenarios in São Paulo State, Brazil. In: *Biomass and Bioenergy* 59, S. 195–207. DOI: 10.1016/j.biombioe.2013.08.040.
- ONEI - Oficina Nacional de Estadística e Información República de Cuba (2016): Datenbank. Hg. v. ONE. Online verfügbar unter <http://www.one.cu/>.
- Paes, L. A. D.; Hassuani, S. J. (2005): Potential trash biomass of the sugar cane plantation, including trash recovery factors. In: S. J. Hassuani, Leal, M. R. L. V. und I. C. Macedo (Hg.): *Biomass power generation. Sugar cane bagasse and trash*. Piracicaba, Brasília: CTC; PNUD (Série caminhos para a sustentabilidade, n. 1), S. 70–73.
- Paes, L. A. D.; Oliveira, M. A. (2005): Potential trash biomass of the sugar cane plant. In: S. J. Hassuani, Leal, M. R. L. V. und I. C. Macedo (Hg.): *Biomass power generation. Sugar cane bagasse and trash*. Piracicaba, Brasília: CTC; PNUD (Série caminhos para a sustentabilidade, n. 1), S. 19–23.
- Park, S. E.; Antony, G.; Lisson, S. N.; Thorburn, P. J. (2003): A method for exploring the potential of agronomic practices to manage the greenhouse gas balance in sugarcane primary production. In: *Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.* (25).
- Pate, F. M.; Alvarez, J.; Phillips, J. D.; Eiland, B. R. (2002 (1984)): Sugarcane as a cattle feed: Production and utilization. Hg. v. Department of Animal Sciences, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida (Bulletin 844).
- Payne, J. H. (1991): *Cogeneration in the Cane Sugar Industry*. Amsterdam: Elsevier Science. Online verfügbar unter <https://books.google.at/books?id=9v4kuSj4aY0C>, zuletzt geprüft am 21.04.2017.
- PBS - Pakistan Bureau of Statistics (2010): *Agricultural Census 2010 - Pakistan Report*. Hg. v. PBS - Pakistan Bureau of Statistics. Lahore, Pakistan. Online verfügbar unter <http://www.pbs.gov.pk/content/agricultural-census-2010-pakistan-report>, zuletzt geprüft am 21.04.2017.
- PBS - Pakistan Bureau of Statistics (2016): Datenbank. Hg. v. PBS - Pakistan Bureau of Statistics. Online verfügbar unter <http://www.pbs.gov.pk/content/agriculture-statistics>.
- Pennington, N. L.; Baker, C. W. (1990): *Sugar: User's Guide To Sucrose*. New York, NY: Van Nostrand Reinhold. Online verfügbar unter <https://books.google.at/books?id=EiD7ZPwIIeCC>, zuletzt geprüft am 21.04.2017.
- Pereira, S. C.; Maehara, L.; Machado, C. M. M.; Farinas, C. S. (2015): 2G ethanol from the whole sugarcane lignocellulosic biomass. In: *Biotechnology for biofuels* 8, S. 44. DOI: 10.1186/s13068-015-0224-0.
- Pérez-López, J. F. (1991): *The economics of Cuban sugar*. Pittsburgh, Pa.: Univ. of Pittsburgh Press (Pitt Latin American series).

- Pérez-López, J. F.; Alvarez, J. (Hg.) (2005): Reinventing the Cuban Sugar Agroindustry. Oxford, UK: Lexington Books. Online verfügbar unter <https://books.google.at/books?id=reSXX-8OMVwC>, zuletzt geprüft am 21.04.2017.
- Pigden, W. J. (1978): Derinded sugarcane as an animal feed - a major breakthrough. In: FAO (Hg.): Ruminant nutrition. Selected articles from the World animal review. Rome: FAO (FAO animal production and health paper, 12). Online verfügbar unter <http://www.fao.org/docrep/004/x6512e/X6512E03.htm#ch3>, zuletzt geprüft am 08.03.2017.
- Pippo, W. A.; Garzone, P.; Cornacchia, G. (2007): Agro-industry sugarcane residues disposal: the trends of their conversion into energy carriers in Cuba. In: *Waste management* 27 (7), S. 869–885. DOI: 10.1016/j.wasman.2006.05.001.
- Pippo, W. A.; Luengo, C.; Alberteris, L.; Pino, G.; Neto, J. (2014): Energy Recovery from Sugarcane. Study of Heating Value Variations of Sugarcane-trash with Moisture Content during the Milling Season. In: *AJBB*. DOI: 10.7726/ajbb.2014.1001.
- Pippo, W. A.; Luengo, C. A.; Alonsoamador Morales Alberteris, L.; Garzone, P.; Cornacchia, G. (2011a): Energy Recovery from Sugarcane-Trash in the Light of 2nd Generation Biofuel. Part 2. Socio-Economic Aspects and Techno-Economic Analysis. In: *Waste and Biomass Valorization* 2 (3), S. 257–266. DOI: 10.1007/s12649-011-9069-3.
- Pippo, W. A.; Luengo, C. A.; Alonsoamador Morales Alberteris, L.; Garzone, P.; Cornacchia, G. (2011b): Energy Recovery from Sugarcane-Trash in the Light of 2nd Generation Biofuels. Part 1. Current Situation and Environmental Aspects. In: *Waste and Biomass Valorization* 2 (1), S. 1–16. DOI: 10.1007/s12649-010-9048-0.
- Pippo, W. A.; Luengo, C. A.; Koehlinger, J.; Garzone, P.; Cornacchia, G. (2008): Sugarcane energy use. The Cuban case. In: *Energy Policy* 36 (6), S. 2163–2181. DOI: 10.1016/j.enpol.2008.02.025.
- Pippo, W. A.; Luengo, Carlos A.; Alberteris, Lidice A. M.; Pino, Gilberto G.; Neto, Joao E. (2014): Energy Recovery from Sugarcane: Study of Heating Value Variations of Sugarcane-trash with Moisture Content during the Milling Season. In: *American Journal of Biomass and Bioenergy* 3 (3), S. 1–33.
- Pol, E. C.; Bakker, R. R.; Baets, P.; Eggink, G. (2014): By-products resulting from lignocellulose pretreatment and their inhibitory effect on fermentations for (bio)chemicals and fuels. In: *Applied microbiology and biotechnology* 98 (23), S. 9579–9593. DOI: 10.1007/s00253-014-6158-9.
- Pollitt, B. H. (2004): The Rise and Fall of the Cuban Sugar Economy. In: *Journal of Latin American Studies* 36 (2), S. 319–348. DOI: 10.1017/S0022216X04007448.
- Pollitt, B. H. (2005): The Technical Transformation of Cuba's Sugar Agroindustry. In: J. F. Pérez-López und J. Alvarez (Hg.): Reinventing the Cuban Sugar Agroindustry. Oxford, UK: Lexington Books, S. 45–68.
- Portugal-Pereira, J.; Soria, R.; Rathmann, R.; Schaeffer, R.; Szklo, A. (2015): Agricultural and agro-industrial residues-to-energy. Techno-economic and environmental assessment in Brazil. In: *Biomass and Bioenergy* 81, S. 521–533. DOI: 10.1016/j.biombioe.2015.08.010.

- PSMA - Pakistan Sugar Mills Association (2016): Statistics: National. Hg. v. PSMA - Pakistan Sugar Mills Association. Islamabad. Online verfügbar unter <http://psmacentre.com/statistics.php?stid=1&type=national&status=1>, zuletzt geprüft am 08.03.2017.
- Qureshi, M. A.; Afghan, S. (2005): Sugarcane cultivation in Pakistan. In: *Pakistan Sugar Book*, S. 1–11.
- Ramdoyal, K.; Badaloo, G. H. (2007): Prebreeding in sugarcane with an emphasis on the programme of the Mauritius Sugar Industry Research Institute. In: J. M. M. Engels (Hg.): *Managing plant genetic diversity ; [largely based on papers presented at a Conference on "Science and Technology for Managing Plant Genetic Diversity in the 21st Century" held in Malaysia in June 2000]*. Transferred to print on demand. Wallingford: CABI Pub, S. 307–321.
- Ravindranath, N. H.; Somashekar, H. I.; Nagaraja, M. S.; Sudha, P.; Sangeetha, G.; Bhattacharya, S. C.; Abdul Salam, P. (2005): Assessment of sustainable non-plantation biomass resources potential for energy in India. In: *Biomass and Bioenergy* 29 (3), S. 178–190. DOI: 10.1016/j.biombioe.2005.03.005.
- Ribeiro, H. (2008): Sugar cane burning in Brazil: respiratory health effects. In: *Revista de Saúde Pública* 42 (2), S. 1–6.
- Rípoli, T. C. C.; Molina Jr., W. F.; Rípoli, M. L. C. (2000): Energy potential of sugar cane biomass in Brazil. In: *Sciencia Agricola* 57 (4), S. 677–681. DOI: 10.1590/S0103-90162000000400013.
- Romero, E. R.; Scandalariis, J.; Digonzelli, Patricia A.; Alonso, Luis; Neme, F. Leggio; Giardina, J. et al. (2007): Sugarcane potential trash estimation: Variety and cane yield effect. In: *Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.* (26), S. 421–425.
- Ronquim, C. C. (2010): Queimada na colheita da cana-de-açúcar: impactos ambientais, sociais e econômicos. Hg. v. Embrapa Monitoramento por Satélite. Campinas, SP.
- Rosillo-Calle, F. (2014): Food versus Fuel: Can we avoid conflict? In: Luis Augusto Barbosa Cortez (Hg.): *Sugarcane bioethanol — R&D for Productivity and Sustainability*. São Paulo: Blücher, S. 101–114.
- Rosillo-Calle, F.; Groot, P.; Hemstock, S. L.; Woods, J. (2007): *The Biomass Assessment Handbook. Bioenergy for a Sustainable Environment*. London: Routledge.
- Rudorff, B. F. T.; Aguiar, D. A.; da Silva, W. F.; Sugawara, L. M.; Adami, M.; Moreira, M. A. (2010): Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. In: *Remote Sensing* 2 (4), S. 1057–1076. DOI: 10.3390/rs2041057.
- SAGARPA - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2008): Informe final del proyecto: Diagnóstico y propuestas de acciones para hacer más eficientes las operación del proceso cosecha-transporte-abasto. Hg. v. SAGARPA - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México.
- SAGARPA - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2010a): Bases técnicas para el fomento a la producción de biocombustibles en el

- país a partir de caña de azúcar. Etapa 1. Simulación del sistema productivo y su exploración financiera. Hg. v. SAGARPA - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México.
- SAGARPA - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2010b): Estudio de Caracterización de Zonas Potenciales de Mecanización en las Zonas de Abasto Cañeros. Hg. v. SAGARPA - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México.
- SAGARPA - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2016): Reporte de Producción de Caña y Acúcar. Reporte 21 - Semana 26 del Ciclo azucarero 2015/2016. Hg. v. SAGARPA - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Ciudad de México.
- Sajakulnukit, B.; Yingyuad, R.; Maneekhao, V.; Pongnarintasut, V.; Bhattacharya, S. C.; Abdul Salam, P. (2005): Assessment of sustainable energy potential of non-plantation biomass resources in Thailand. In: *Biomass and Bioenergy* 29 (3), S. 214–224. DOI: 10.1016/j.biombioe.2005.03.009.
- Salmoral, G.; Garrido, A. (2015): The Common Agricultural Policy as a driver of water quality changes: the case of the Guadalquivir River Basin (southern Spain). In: *Bio-based and Applied Economics* 4 (2), S. 103–123. DOI: 10.13128/BAE-15301.
- Samson, R.; Helwig, T.; Stohl, D.; Maio, A. de; Duxbury, P.; Mendoza, T.; Elepano, A. (2001): Strategies for Enhancing Biomass Energy Utilization in the Philippines.
- Sansoucy, R. (Hg.) (1988): Sugarcane as feed. Proceedings of an FAO expert consultation held in Santo Domingo, Dominican Republic from 7 - 11 July 1986 = La caña de azúcar como pienso. FAO. Rome (FAO animal production and health paper, 72). Online verfügbar unter <http://www.fao.org/docrep/003/s8850e/S8850E00.htm#TOC>, zuletzt geprüft am 28.12.2016.
- Santchurn, D.; Ramdoyal, K.; Badaloo, M.G.H.; Labuschagne, M. T. (2014): From sugar industry to cane industry. Evaluation and simultaneous selection of different types of high biomass canes. In: *Biomass and Bioenergy* 61, S. 82–92. DOI: 10.1016/j.biombioe.2013.11.023.
- Santos, F.; Borém, A.; Caldas, C. (Hg.) (2015): Sugarcane. Agricultural production, bioenergy, and ethanol. Amsterdam: Elsevier.
- Santos, F.; Diola, V. (2015): Physiology. In: F. Santos, A. Borém und C. Caldas (Hg.): Sugarcane. Agricultural production, bioenergy, and ethanol. Amsterdam: Elsevier, S. 13–34.
- Santos, N. B. (2011): Identificação dos fatores críticos da colheita mecanizada de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). Piracicaba.
- Santos, W. D.; Gómez, E. O.; Buckeridge, M. S. (2011): Bioenergy and the Sustainable Revolution. In: M. S. Buckeridge und G. H. Goldman (Hg.): Routes to Cellulosic Ethanol. New York, NY: Springer New York, S. 15–26.
- Scott Bentsen, N.; Felby, C. (2010): Technical potentials of biomass for energy services from current agriculture and forestry in selected countries in Europe, The Americas and Asia (NEI-DK--5397). Online verfügbar unter

http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/techpotentbiomasswp55_001.pdf,
zuletzt geprüft am 21.04.2017.

- Seabra, J. E.A.; Tao, L.; Chum, H. L.; Macedo, I. C. (2010): A techno-economic evaluation of the effects of centralized cellulosic ethanol and co-products refinery options with sugarcane mill clustering. In: *Biomass and Bioenergy* 34 (8), S. 1065–1078. DOI: 10.1016/j.biombioe.2010.01.042.
- Seabra, J. E.A.; Macedo, I. C. (2011): Comparative analysis for power generation and ethanol production from sugarcane residual biomass in Brazil. In: *Energy Policy* 39 (1), S. 421–428. DOI: 10.1016/j.enpol.2010.10.019.
- Sentías-Herrera, H. E.; Gómez-Merino, F. C.; Valdez-Balero, A.; Silva-Rojas, H. V.; Trejo-Téllez, L. I. (2014): The Agro-Industrial Sugarcane System in Mexico. Current Status, Challenges and Opportunities. In: *Journal of Agricultural Science* 6 (4), S. 26–54. DOI: 10.5539/jas.v6n4p26.
- Shanthy, T. R.; Antony, P. W.; Karpagam, C. (2013): From Manual to Mechanical Harvesting in Sugarcane: Social Implications. In: *Journal of Sugarcane Research* 3 (2), S. 145–162.
- Shanthy, T. R.; Bhaskaran, A.; Boobalan, R. (2014): Constraints and Opportunities in Sugarcane Ratoon Management. A Performance Analysis. Research Article. In: *Journal of Sugarcane Research* 4 (2), S. 48–55.
- Shonhiwa, C. (2013): An assessment of biomass residue sustainably available for thermochemical conversion to energy in Zimbabwe. In: *Biomass and Bioenergy* 52, S. 131–138. DOI: 10.1016/j.biombioe.2013.02.024.
- SIAP - Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2015): Atlas agroalimentario 2015. 1a edición. México, D.F.: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
- Singh, B. P. (2013a): Biofuel crop sustainability. 1st ed. Ames Iowa: Wiley-Blackwell.
- Singh, B. P. (Hg.) (2013b): Biofuel Crops. Production, Physiology and Genetics. Oxfordshire, UK: CABI.
- Singh, J. (2015): Overview of electric power potential of surplus agricultural biomass from economic, social, environmental and technical perspective—A case study of Punjab. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 42, S. 286–297. DOI: 10.1016/j.rser.2014.10.015.
- Singh, J.; Panersar, B.; Sharma, S. K. (2007): Energy potential through agricultural biomass using geographical information system—A case study of Punjab. In: *Biomass and Bioenergy*. DOI: 10.1016/j.biombioe.2007.10.003.
- Singh, K.; Gu, S. (2010): Biomass conversion to energy in India—A critique. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14 (5), S. 1367–1378. DOI: 10.1016/j.rser.2010.01.013.
- Singh, A. K.; Singh, P. R.; Gupta, R. (2012): Mechanization of sugarcane harvesting in India. Status Paper. In: *Journal of Sugarcane Research* 2 (2), S. 9–14.
- Singh, S. N.; Singh, A. K.; Malik, J. P. S.; Kumar, R.; Sunderpal; Sharma, M. L. (2012): Cultural-practice packages and trash management effects on sugarcane ratoons under sub-

- tropical climatic conditions of India. In: *The Journal of Agricultural Science* 150 (2), S. 237–247. DOI: 10.1017/S0021859611000499.
- Skerman, P. J.; Riveros, F. (1990): Tropical grasses. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO plant production and protection series, 23).
- Solomon, S. (2000): Post-Harvest cane deterioration and its milling consequences. In: *Sugar Tech* 2 (1-2), S. 1–18. DOI: 10.1007/BF02945738.
- Solomon, S. (2011a): Sugarcane By-Products Based Industries in India. In: *Sugar Tech* 13 (4), S. 408–416. DOI: 10.1007/s12355-011-0114-0.
- Solomon, S. (2011b): The Indian Sugar Industry. An Overview. In: *Sugar Tech* 13 (4), S. 255–265. DOI: 10.1007/s12355-011-0115-z.
- Solomon, S. (2014): Sugarcane Agriculture and Sugar Industry in India. At a Glance. In: *Sugar Tech* 16 (2), S. 113–124. DOI: 10.1007/s12355-014-0303-8.
- Solomon, S. K. (2005): Environmental pollution and its management in sugar industry in India: An appraisal. In: *Sugar Tech* 7 (1), S. 77–81.
- Sornpoon, W.; Bonnet, S.; Kasemsap, P.; Prasertsak, P.; Garivait, S. (2014): Estimation of Emissions from Sugarcane Field Burning in Thailand Using Bottom-Up Country-Specific Activity Data. In: *Atmosphere* 5 (3), S. 669–685. DOI: 10.3390/atmos5030669.
- Souza, G. M.; van Sluys, M.-A. (2014): Sugarcane genomics and biotechnology: State of the art, challenges and actions. In: Luis Augusto Barbosa Cortez (Hg.): Sugarcane bioethanol — R&D for Productivity and Sustainability. São Paulo: Blücher, S. 325–332.
- Tapaneeyangkul, P. (2010): Cane Burning Problem in Thailand. Thai-Queensland Sugar Industry Dialogue. Samui Island, Surathani, 25.03.2010. Online verfügbar unter http://www.thaisugarmillers.com/download/Pdf_Presentation_PartII/Cane%20Burning%20Problem%20in%20Thailand.pdf, zuletzt geprüft am 21.04.2017.
- Terrapon-Pfaff, J. C. (2012): Linking Energy- and Land-Use Systems. Energy Potentials and Environmental Risks of Using Agricultural Residues in Tanzania. In: *Sustainability* 4 (12), S. 278–293. DOI: 10.3390/su4030278.
- Thangavelu, S. (2006): Harvest index — sugar yield in sugarcane genetic stocks and its association with yield attributes, nutrients ratio and sucrose. In: *Sugar Tech* 8 (2-3), S. 148–151. DOI: 10.1007/BF02943650.
- Thongboonchoo, N. (2013): Biomass burning in Thailand (Folien). Inventory, Modelling and Climate Impacts of Greenhouse Gas emissions (GHG's) and Aerosols in the Asian Region, 26-28 June 2013, Tsukuba, Japan. Tsukuba, Japan, 2013. Online verfügbar unter http://www.nies.go.jp/chiiki/tsukuba_workshop_files/2nd_06272013/402_thongboonchoo.pdf, zuletzt geprüft am 21.04.2017.
- Thorburn, P. J.; Biggs, J. S.; Attard, S. J.; Kemei, J. (2011): Environmental impacts of irrigated sugarcane production. Nitrogen lost through runoff and leaching. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 144 (1), S. 1–12. DOI: 10.1016/j.agee.2011.08.003.
- Thorburn, P. J.; Horan, H. L.; Biggs, J. S. (2004): The impact of trash management of sugarcane production and nitrogen management: A simulation study. In: *Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.* (26).

- Thorburn, P. J.; Webster, T. J.; Biggs, J. S.; Biggs, I. M. (2009): Nitrogen fertiliser management of sugarcane crops for meeting global environmental challenges. In: *The Proceedings of the International Plant Nutrition Colloquium XVI*. Online verfügbar unter <https://escholarship.org/uc/item/70b7h5fc>, zuletzt geprüft am 20.11.2016.
- Thorpe, J. (2013): Sugar Rush: Land rights and the supply chains of the biggest food and beverage companies. Hg. v. OXFAM. Oxford, UK.
- transGEN: Zuckerrohr. transGEN - transparent GENTECHNIK. Online verfügbar unter <http://www.transgen.de/datenbank/1993.zuckerrohr.html>, zuletzt geprüft am 08.10.2016.
- Trivelin, P. C. O.; Franco, H. C. J.; Otto, R.; Ferreira, D. A.; Vitti, A. C.; Fortes, C. et al. (2013): Impact of sugarcane trash on fertilizer requirements for São Paulo, Brazil. In: *Scientia Agricola* 70 (5), S. 345–352. DOI: 10.1590/S0103-90162013000500009.
- Tukaew, S.; Datta, A.; Shivakoti, G. P.; Jourdain, D. (2016): Production Practices Influenced Yield and Commercial Cane Sugar Level of Contract Sugarcane Farmers in Thailand. In: *Sugar Tech* 18 (3), S. 299–308. DOI: 10.1007/s12355-015-0403-0.
- UNICA – União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo (2014): Protocolo Agroambiental do Setor Sucroenergético Paulista: Dados consolidados das safras 2007/08 a 2013/14. Hg. v. UNICA – União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo. Brasilien.
- UNICA – União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo (2015a): Final report of 2014/2015 harvest season: South-Central region. Hg. v. UNICA – União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo. Online verfügbar unter <http://www.unicadata.com.br/listagem.php?idMn=90>, zuletzt geprüft am 20.11.2016.
- UNICA – União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo (2015b): Estimativa Safra 2015/2016. UNICA, 21.05.2015.
- UNICADATA (2016): Datenbank. Hg. v. UNICA – União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo. Online verfügbar unter <http://www.unicadata.com.br/>.
- USAID (1986): Electric Power from Cane Residues in Thailand. A Technical and Economic Analysis. Cane/Energy Systems Assessment Program. Hg. v. USAID. Arlington, Virginia.
- USAID (1989): Power for the Grid from Sugarcane Residues. Bioenergy Systems Report. Hg. v. USAID.
- USDA (o.J.a): India: Sugar Cane. Hg. V. USDA. USA (Agricultural Weather Assessments, World Agricultural Outlook Board).
- USDA (o.J.b): USDA's Domestic Sugar Program and Reporting Glossary Terms. USDA. o.O. Online verfügbar unter https://www.fsa.usda.gov/Internet/FSA_File/sugar_glossary.pdf, zuletzt geprüft am 21.04.2017.
- USDA (2006): The economic feasibility of ethanol production from sugar in the United States. Hg. v. USDA. USA.

- USDA (2008): Pakistan Bio-Fuels 2008. GAIN Report. Hg. v. USDA. USA (Global Agricultural Information (GAIN) Report, PK8033).
- USDA (2015): Brazil - Sugar Annual - Sugar. GAIN Report. Hg. v. USDA. USA (Global Agricultural Information (GAIN) Report, BR15002).
- USDA (2015a): China - Peoples Republic of - Sugar Annual. China 2015 Sugar Annual. Hg. v. USDA. USA (Global Agricultural Information (GAIN) Report, CH15015).
- USDA (2015b): Cuba. Where to Next for Cuban Food and Agriculture. GAIN Report CB1515. Hg. v. USDA - Foreign Agricultural Service. Miami.
- USDA (2015c): India - Biofuels Annual. GAIN report (Global Agricultural Information (GAIN) Report, IN5079).
- USDA (2016a): India - Sugar Annual 2016. Hg. v. USDA - Foreign Agricultural Service. USA (Global Agricultural Information (GAIN) Report, IN6057).
- USDA (2016b): Mexico - Sugar Annual. Sugar Production to Increase Slightly as Exports Steady. Hg. v. USDA - Foreign Agricultural Service. USA (Global Agricultural Information (GAIN) Report, MX6016).
- USDA (2016c): Pakistan - Sugar Annual. Sugar Annual 2016. Hg. v. USDA - Foreign Agricultural Service. USA (Global Agricultural Information (GAIN) Report, PK1608).
- USDA (2016d): Sugar and Sweeteners Yearbook Tables. Hg. v. USDA - Economic Research Service. Online verfügbar unter <https://www.ers.usda.gov/data-products/sugar-and-sweeteners-yearbook-tables/sugar-and-sweeteners-yearbook-tables>, zuletzt geprüft am 21.04.2017.
- USDA (2016e): Sugar: World Markets and Trade. Global Sugar Consumption to Again Outpace Production, Draw Inventories Lower in 2016/17. Hg. v. USDA - Foreign Agricultural Service. USA.
- USDA (2016f): Thailand - Sugar Annual 2016. GAIN report. Hg. v. USDA. USA (Global Agricultural Information (GAIN) Report, TH6040).
- Waldheim, L.; Morris, M. (2005): Test of "Atmospheric Circulating Fluidized Bed" (ACFB) gasification process with sugar cane bagasse and trash. In: S. J. Hassuani, Leal, M. R. L. V. und I. C. Macedo (Hg.): Biomass power generation. Sugar cane bagasse and trash. Piracicaba, Brasília: CTC; PNUD (Série caminhos para a sustentabilidade, n. 1), S. 86–112.
- Walter, A. (2014): Potential of Electricity Production from Sugarcane Residues. In: Luis Augusto Barbosa Cortez (Hg.): Sugarcane bioethanol — R&D for Productivity and Sustainability. São Paulo: Blücher, S. 577–582.
- Walter, A.; Ensinas, A. V. (2010): Combined production of second-generation biofuels and electricity from sugarcane residues. In: *Energy* 35 (2), S. 874–879. DOI: 10.1016/j.energy.2009.07.032.
- wayned (2015): Sugar Cane Harvesting. Entry to the "Farming in Thailand Forum" on [thaivisa.com](http://www.thaivisa.com). Thailand. Online verfügbar unter <http://www.thaivisa.com/forum/topic/800174-sugar-cane-harvesting/>, zuletzt geprüft am 15.12.2016.

- Weekes, D. (2004): Harvest Management. In: G. James (Hg.): Sugarcane. 2. Aufl. Oxford, UK: Blackwell Science, S. 160–180.
- Wegener, M.; Ou, Y.; Yang, D.; Chen, L.; Yu, P. (1999): Mechanisation of sugarcane production in China: Experience with sugarcane machinery on Guang Qhan State Farm. Annual Conference of Australian Agricultural and Resource Economics Society, Christchurch, New Zealand, 19-22 January 1999. Christchurch, New Zealand, 1999.
- Wegener, M.; Ou, Y.; Yang, D.; Liu, Q.; Zheng, D. (2013): Mechanising Sugarcane Harvesting in China: A Review. In: *Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.* 28, S. 1–10.
- Wiedenfeld, B. (2009): Effects of green harvesting vs. burning on soil properties, growth and yield of sugarcane in South Texas. In: *Journal of the American Society of Sugar Cane Technologists* (29), S. 102–109.
- WIIAD (1991): Baling Sugarcane Tops and Leaves. The Thai Experience. A report of the Office of Energy, Bureau of Science and Technology and USAID/Thailand, United States Agency for International Development. Hg. v. Winrock International Institute for Agricultural Development. Arlington, Virginia (Biomass Energy Systems and Technology Project, Report No. 91-15).
- Wirsenius, S. (2000): Human use of land and organic materials. Modeling the turnover of biomass in the global food system. Zugl.: Göteborg, Chalmers Univ., Diss., 2000. Göteborg: Chalmers University of Technology (Doktorsavhandlingar vid Chalmers Tekniska Högskola, N.S., 1574).
- Woodhead, A.; Quirk, R.; Cunningham, D.; Malcom, G.; Lamb, B. (2006): Sugar Link: Towards a Sustainable Sugar Supply Chain. Hg. v. Bureau of Rural Sciences. Canberra.
- Woytiuk, K. (2006): Sugar Cane Trash Processing for Heat and Power Production. Master Thesis. Lulea: Lulea University of Technology.
- WWF (2005): Sugar and the environment. Encouraging Better Management Practices in sugar production. Hg. v. WWF.
- Xu, X.; Xia, H. (2014): Analysis and Outlook of China's Sugar Industry Development. In: S. Xu (Hg.): Proceedings of Selected Articles of 2013 World Agricultural Outlook Conference. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 11–17.
- Yadav, R. L.; Solomon, S. (2006): Potential of developing sugarcane by-product based industries in India. In: *Sugar Tech* 8 (2-3), S. 104–111. DOI: 10.1007/BF02943642.
- Yadav, R. N. S. (2007): Mechanisation of Sugarcane Production in India. In: *Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.* 26, S. 161–167.
- Yevich, R.; Logan, J. A. (2003): An assessment of biofuel use and burning of agricultural waste in the developing world. In: *Global Biogeochemical Cycles* 17 (4), S. 1-42. DOI: 10.1029/2002GB001952.
- Zuurbier, P.; van de Vooren, J. (Hg.) (2008): Sugarcane ethanol. Contributions to climate change mitigation and the environment. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers.

12. Anhang

Datenreihen zu

12.1. *primary crop harvest (fw)*

12.2. *potential crop residues (dm)*

12.3. *available crop residues, green harvest (dm)*

12.4. *available crop residues, burned harvest (dm)*

12.5. *used crop residues, green harvest (dm)*

12.6. *used crop residues, burned harvest (dm)*

12.7. *used crop residues, green harvest (fw)*

12.8. *used crop residues, burned harvest (fw)*

12.9. *used crop residues, total (fw)*

(dry matter dm, fresh weight fw)

12.1. primary crop harvest (fw)

Quelle: FAOSTAT (Download am 26.08.2015)

Einheit: metrische Tonnen (t) in Frischgewicht

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Ausgewählte Länder														
Brasilien	59377392,00	62534512,00	63722896,00	66398976,00	75852864,00	75787520,00	77086528,00	76610496,00	75247088,00	79752944,00	80380400,00	85106224,00	91994032,00	95623680,00
Indien	110001008,00	103967008,00	91913008,00	104225008,00	122077008,00	123990000,00	92827008,00	95500000,00	124676096,00	135024000,00	126368000,00	113569504,00	124866704,00	140805008,00
China	12415994,00	9829314,00	14556529,00	19165654,00	23118700,00	20577970,00	19641930,00	18888400,00	17738420,00	19702958,00	21302116,00	23785393,00	24728774,00	25578397,00
Thailand	2000000,00	1980000,00	1695000,00	2387000,00	3913000,00	3045000,00	2535000,00	2379000,00	4399000,00	5102000,00	6586000,00	5926000,00	9513000,00	13338800,00
Pakistan	11640000,00	14356700,00	18438000,00	16139000,00	18667008,00	22309408,00	21982208,00	18659008,00	21971008,00	26369504,00	23167008,00	19963408,00	19947104,00	23910496,00
Mexiko	19167984,00	21115600,00	22326992,00	26989616,00	30955680,00	32228624,00	32106864,00	31683232,00	32445808,00	34651424,00	32715152,00	32252000,00	32861248,00	33499152,00
Kuba	55885920,00	36721104,00	31418896,00	37202800,00	50695296,00	37800000,00	51200000,00	45700000,00	43800000,00	82900000,00	54700000,00	46800000,00	50270000,00	52914000,00
Ausgewählte Länder, gesamt	270488298,00	250504238,00	244071321,00	272508054,00	325279556,00	315738522,00	297379538,00	289420136,00	320277420,00	383502830,00	345218676,00	327402529,00	354180862,00	385669533,00
Restliche Länder, gesamt	177489224,00	186368402,00	195856581,00	208341714,00	206017930,00	215754301,00	221511357,00	216671744,00	217978317,00	225113275,00	236886750,00	241703041,00	246046283,00	262846964,00
Welt, gesamt	447977522,00	436872640,00	439927902,00	480849768,00	531297486,00	531492823,00	518890895,00	506091880,00	538255737,00	608616105,00	582105426,00	569105570,00	600227145,00	648516497,00
	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Ausgewählte Länder														
Brasilien	91524560,00	103173456,00	120081696,00	129144944,00	138898880,00	148650560,00	155924112,00	186646608,00	216036960,00	222317840,00	247199472,00	238443008,00	268504000,00	258294000,00
Indien	144288896,00	140603504,00	153007008,00	176965008,00	151655104,00	128833408,00	154248000,00	186357600,00	189505600,00	174076000,00	170319200,00	171680992,00	186089504,00	196736896,00
China	24565424,00	25610645,00	29053866,00	29394391,00	31186369,00	31977589,00	38379599,00	45486381,00	38624178,00	46470036,00	58711259,00	56483312,00	52811505,00	56062396,00
Thailand	14592300,00	19909744,00	26094448,00	18941216,00	20560528,00	12826662,00	19853664,00	30200000,00	24407408,00	23869488,00	25055024,00	24093168,00	24449936,00	27191184,00
Pakistan	21242000,00	25546640,00	29522960,00	30076608,00	27325504,00	27497696,00	32359408,00	36579696,00	32533504,00	34287296,00	32139600,00	27856304,00	43608000,00	33028800,00
Mexiko	35840576,00	31386544,00	29397344,00	35474848,00	34587408,00	35278624,00	33197404,00	35511016,00	34232016,00	34969728,00	34430840,00	44271184,00	45874232,00	42735216,00
Kuba	52389008,00	53486000,00	60353008,00	69653008,00	77311408,00	63977408,00	66678496,00	73100000,00	69700000,00	77400000,00	67400000,00	68500000,00	70801808,00	73744608,00
Ausgew. Länder, ges.	384442764,00	399716533,00	447510330,00	489650023,00	481525201,00	449041947,00	500640683,00	593881301,00	605039666,00	613390388,00	635255395,00	631327968,00	692138985,00	687793100,00
Restl. Länder, ges.	271373028,00	287491005,00	287347956,00	284766835,00	288719977,00	285447253,00	298963531,00	313186579,00	298644687,00	316377858,00	297958194,00	303391218,00	298180266,00	305189413,00
Welt, gesamt	655815792,00	687207538,00	734858286,00	774416858,00	770245178,00	734489200,00	799604214,00	907067880,00	903684353,00	929768246,00	933213589,00	934719186,00	990319251,00	992982513,00
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Ausgewählte Länder														
Brasilien	252290000,00	262674144,00	260887888,00	271474880,00	244530704,00	292101824,00	303699488,00	317105984,00	331612672,00	345254976,00	333848000,00	327704992,00	345942016,00	364391008,00
Indien	203036800,00	225569200,00	241045504,00	254000000,00	228030000,00	229670000,00	275540000,00	281100000,00	277560000,00	279541500,00	310332800,00	299323900,00	295956000,00	297207800,00
China	55645250,00	63451067,00	72694722,00	78868561,00	68997310,00	66430351,00	70278810,00	71260196,00	83012389,00	87203679,00	78108146,00	69298730,00	77965653,00	92202611,00
Thailand	36668000,00	33561000,00	40661000,00	47480000,00	39827000,00	37823000,00	50597000,00	57974000,00	56394000,00	46873000,00	50332000,00	54052125,00	49562886,00	60012977,00
Pakistan	36975696,00	35493600,00	35988704,00	38864896,00	38058896,00	44427000,00	47168400,00	45229700,00	41998400,00	53104200,00	55191100,00	46332600,00	43606300,00	48041600,00
Mexiko	43910480,00	39919368,00	38433992,00	41696600,00	42930960,00	40586768,00	44452952,00	45080648,00	45219512,00	48895256,00	46880000,00	44100000,00	47250000,00	45635300,00
Kuba	81002896,00	81800000,00	79700000,00	66300000,00	43700000,00	43200000,00	33600000,00	41300000,00	38900000,00	32800000,00	34000000,00	36400000,00	32100000,00	34700000,00
Ausgew. Länder, ges.	709529122,00	742468379,00	769411810,00	798684937,00	706074870,00	754238943,00	825336650,00	859050528,00	874696973,00	893672611,00	908692046,00	877212347,00	892382855,00	942191296,00
Restl. Länder, ges.	308469661,00	310529118,00	319918566,00	317639144,00	324305028,00	335403417,00	346924835,00	363801221,00	376824722,00	382241356,00	373503350,00	378675495,00	371531797,00	391462454,00
Welt, gesamt	1017998783,00	1052997497,00	1089330376,00	1116324081,00	1030379898,00	1089642360,00	1172261485,00	1222851749,00	1251521695,00	1275913967,00	1282195396,00	1255887842,00	1263914652,00	1333653750,00
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013			
Ausgewählte Länder														
Brasilien	396012000,00	415205835,00	422956646,00	477410656,00	549707328,00	645300182,00	691606147,00	717463793,00	734006059,00	721077287,00	768090444,00			
Indien	287383200,00	233861800,00	237088400,00	281171800,00	355519700,00	348187900,00	285029300,00	292301600,00	342382000,00	361037000,00	341200000,00			
China	92039300,00	91044422,00	87578212,00	93306257,00	113731917,00	124917902,00	87578212,00	124917902,00	11501483,00	115123560,00	128850908,00			
Thailand	74258521,00	64995741,00	49586360,00	47658097,00	64365482,00	73501611,00	66816446,00	68807800,00	95950416,00	98400000,00	100096000,00			
Pakistan	52055800,00	53820000,00	47244100,00	44665500,00	54741600,00	63920000,00	50045400,00	49372900,00	55308500,00	58397000,00	63749900,00			
Mexiko	47483984,00	48662244,00	51645544,00	50675820,00	52089356,00	51090721,00	49492695,00	50421619,00	49735273,00	50946483,00	61182077,00			
Kuba	22100000,00	23800000,00	11600000,00	11060000,00	11900000,00	15700000,00	14900000,00	15000000,00	15800000,00	14700000,00	16100000,00			
Ausgew. Länder, ges.	971332805,00	931390042,00	907699262,00	1005948130,00	1202055383,00	1322618316,00	1274140966,00	1301369195,00	1408305808,00	1428595787,00	1479269329,00			
Restl. Länder, ges.	407412148,00	410719228,00	408190912,00	413991523,00	412718407,00	405891667,00	412926303,00	392219646,00	392493498,00	409939646,00	431910446,00			
Welt, gesamt	1378744953,00	1342109270,00	1315890174,00	1419939653,00	1614773790,00	1728509983,00	1687067269,00	1693588841,00	1800799306,00	1838535433,00	1911179775,00			

12.2. potential crop residues (dm)

Formel: primary crop harvest (fw) * RPR_{Hass.}

Einheit: metrische Tonnen (t) in Trockengewicht

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Ausgewählte Länder														
Brasilien	8312834,88	8754831,68	8921205,44	9295856,64	10619400,96	10610252,8	10792113,92	10725469,44	10534592,32	11165412,16	11253256	11914871,36	12879164,48	13387315,2
Indien	15400141,12	14555381,12	12867821,12	14591501,12	17090781,12	17358600	12995781,12	13370000	17454653,44	18903360	17691520	15899730,56	17481338,56	19712701,12
China	1738239,16	1376103,96	2037914,06	2683191,56	3236618	2880915,8	2749870,2	2644376	2483378,8	2758414,12	2982296,24	3329955,02	3462028,36	3580975,58
Thailand	280000	277200	237300	334180	547820	426300	354900	333060	615860	714280	922040	829640	1331820	1867432
Pakistan	1629600	2009938	2581320	2259460	2613381,12	3123317,12	3077509,12	2612261,12	3075941,12	3691730,56	3243381,12	2794877,12	2792594,56	3347469,44
Mexiko	2683517,76	2956184	3125778,88	3778546,24	4333795,2	4512007,36	4494960,96	4435652,48	4542413,12	4851199,36	4580121,28	4515280	4600574,72	4689881,28
Kuba	7824028,8	5140954,56	4398645,44	5208392	7097341,44	5292000	7168000	6398000	6132000	11606000	7658000	6552000	7037800	7407960
Ausgewählte Länder, gesamt	37868361,72	35070593,32	34169984,94	38151127,56	45539137,84	44203393,08	41633135,32	40518819,04	44838838,8	53690396,2	48330614,64	45836354,06	49585320,68	53993734,62
Restliche Länder, gesamt	24848491,36	26091576,28	27419921,34	29167839,96	28842510,2	30205602,14	31011589,98	30334044,16	30516964,38	31515858,5	33164145	33838425,74	34446479,62	36798574,96
Welt, gesamt	62716853,08	61162169,6	61589906,28	67318967,52	74381648,04	74408995,22	72644725,3	70852863,2	75355803,18	85206254,7	81494759,64	79674779,8	84031800,3	90792309,58

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Ausgewählte Länder														
Brasilien	12813438,4	14444283,84	16811437,44	18080292,16	19445843,2	20811078,4	21829375,68	26130525,12	30245174,4	31124497,6	34607926,08	33382021,12	37590560	36161160
Indien	20200445,44	19684490,56	21420981,12	24775101,12	21231714,56	18036677,12	21594720	26090064	26530784	24370640	23844688	24035338,88	26052530,56	27543165,44
China	3439159,36	3585490,3	4067541,24	4115214,74	4366091,66	4476862,46	5373143,86	6368093,34	5407384,92	6505805,04	8219576,26	7907663,68	7393610,7	7848735,44
Thailand	2042922	2787364,16	3653222,72	2651770,24	2878473,92	1795732,68	2779512,96	4228000	3417037,12	3341728,32	3507703,36	3373043,52	3422991,04	3806765,76
Pakistan	2973880	3576529,6	4133214,4	4210725,12	3825570,56	3849677,44	4530317,12	5121157,44	4554690,56	4800221,44	4499544	3899882,56	6105120	4624032
Mexiko	5017680,64	4394116,16	4115628,16	4966478,72	4842237,12	4939007,36	4647636,56	4971542,24	4792482,24	4895761,92	4820317,6	6197965,76	6422392,48	5982930,24
Kuba	7334461,12	7488040	8449421,12	9751421,12	10823597,12	8956837,12	9334989,44	10234000	9758000	10836000	9436000	9590000	9912253,12	10324245,12
Ausgew. Länder, ges.	53821986,96	55960314,62	62651446,2	68551003,22	67413528,14	62865872,58	70089695,62	83143382,14	84705553,24	85874654,32	88935755,3	88385915,52	96899457,9	96291034
Restl. Länder, ges.	37992223,92	40248740,7	40228713,84	39867356,9	40420796,78	39962615,42	41854894,34	43846121,06	41810256,18	44292900,12	41714147,16	42474770,52	41745237,24	42726517,82
Welt, gesamt	91814210,88	96209055,32	102880160	108418360,1	107834324,9	102828488	111944590	126989503,2	126515809,4	130167554,4	130649902,5	130860686	138644695,1	139017551,8

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Ausgewählte Länder														
Brasilien	35320600	36774380,16	36524304,32	38006483,2	34234298,56	40894255,36	42517928,32	44394837,76	46425774,08	48335696,64	46738720	45878698,88	48431882,24	51014741,12
Indien	28425152	31579688	33746370,56	35560000	31924200	32153800	38575600	39354000	38858400	39135810	43446592	41905346	41433840	41609092
China	7790335	8883149,38	10177261,08	11041598,54	9659623,4	9300249,14	9839033,4	9976427,44	11621734,46	12208515,06	10935140,44	9701822,2	10915191,42	12908365,54
Thailand	5133520	4698540	5692540	6647200	5575780	5295220	7083580	8116360	7895160	6562220	7046480	7567297,5	6938804,04	8401816,76
Pakistan	5176597,44	4969104	5038418,56	5441085,44	5328245,44	6219780	6603576	6332158	5879776	7434588	6486564	6104882	6725824	6725824
Mexiko	6147467,2	5588711,52	5380758,88	5837524	6010334,4	5682147,52	6223413,28	6311290,72	6330731,68	6845335,84	6563200	6174000	6615000	6388942
Kuba	11340405,44	11452000	11158000	9282000	6118000	6048000	4704000	5782000	5446000	4592000	4760000	5096000	4494000	4858000
Ausgew. Länder, ges.	99334077,08	103945573,1	107717653,4	111815891,2	98850481,8	105593452	115547131	120267073,9	122455767,2	125114165,5	127216886,4	122809728,6	124933599,7	131906781,4
Restl. Länder, ges.	43185752,54	43474076,52	44788599,24	44469480,16	45402703,92	46956478,38	48569476,9	50932170,94	52755461,08	53513789,84	52290469	53014569,3	52014451,58	54804743,56
Welt, gesamt	142519829,6	147419649,6	152506252,6	156285371,3	144253185,7	152549930,4	164116607,9	171199244,9	175213037,3	178627955,4	179507355,4	175824297,9	176948051,3	186711525

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Ausgewählte Länder											
Brasilien	55441680	58128816,9	59213930,44	66837491,84	76959025,92	90342025,48	96824860,58	100444931	102760848,3	100950820,2	107532662,2
Indien	40233648	32740652	33192376	39364052	49772758	48746306	39904102	40922224	47933480	50545180	47768000
China	12885502	12746219,08	12260949,68	13062875,98	15922468,38	17488506,28	16275136,92	15610207,62	16117298,4	17365322,38	18039127,12
Thailand	10396192,94	9099403,74	6942090,4	6672133,58	9011167,48	10290225,54	9354302,44	9633092	13433058,24	13776000	14013440
Pakistan	7287812	7534800	6614174	6253170	7663824	8948800	7006356	6912206	7743190	8175580	8924986
Mexiko	6647757,76	6812714,16	7230376,16	7094614,8	7292509,84	7152700,94	6928977,3	7059026,66	6962938,22	7132507,62	8565490,78
Kuba	3094000	3332000	1624000	1548400	1666000	2198000	2086000	1610000	2212000	2058000	2254000
Ausgew. Länder, ges.	135986592,7	130394605,9	127077896,7	140832738,2	168287753,6	185166564,2	178379735,2	182191687,3	197162813,1	200003410,2	207097706,1
Restl. Länder, ges.	57037700,72	57500691,88	57146727,71	57958813,18	57780576,94	56824833,38	57809682,47	54910750,5	54949089,72	57391550,49	60467462,51
Welt, gesamt	193024293,4	187895297,8	184224624,4	198791551,4	226068330,6	241991397,6	236189417,7	237102437,8	252111902,8	257394960,7	267565168,6

12.3. available crop residues, green harvest (dm)

Formel: potential crop residues (dm) * (GR / 100)

Einheit: metrische Tonnen (t) in Trockengewicht

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Ausgewählte Länder														
Brasilien	332513,40	350193,27	356848,22	371834,27	424776,04	424410,11	431684,56	429018,78	421383,69	446616,49	450130,24	476594,85	515166,58	535492,61
Indien	11550105,84	10916535,84	9650865,84	10943625,84	12818085,84	13018950,00	9746835,84	10027500,00	13090990,08	14177520,00	13268640,00	11924797,92	13111003,92	14784525,84
China	1564415,24	1238493,56	1834122,65	2414872,40	2912956,20	2592824,22	2474883,18	2379938,40	2235040,92	2482572,71	2684066,62	2996959,52	3115825,52	3222878,02
Thailand	280000,00	277200,00	237300,00	334180,00	547820,00	426300,00	354900,00	333060,00	615860,00	714280,00	922040,00	829640,00	1331820,00	1867432,00
Pakistan	1629600,00	2009938,00	2581320,00	2259460,00	2613381,12	3123317,12	3077509,12	2612261,12	3075941,12	3691730,56	3243381,12	2794877,12	2792594,56	3347469,44
Mexiko	99894,75	110586,71	117506,80	142745,61	164527,95	172131,14	172331,14	170894,71	175869,70	188749,92	177414,41	179080,34	181655,93	186094,10
Kuba	7824028,80	5140954,56	4398645,44	5208392,00	7097341,44	5292000,00	7168000,00	6398000,00	6132000,00	11606000,00	4977700,00	1965600,00	2312420,00	2645700,00
Ausgewählte Länder, gesamt	23280558,03	20043901,94	19176608,95	21675110,12	26578888,58	25049938,50	23426143,84	22350673,01	25747085,51	33307469,68	25725038,32	21165883,82	23360486,51	26589592,01
Restliche Länder, gesamt	1913739,28	1770121,72	1766696,24	1946045,53	2133492,09	2105012,35	2067539,14	1977091,42	2159429,82	2338245,47	2555977,23	2171938,31	2295669,24	2569430,95
Welt, gesamt	25194297,31	21814023,66	20943305,19	23621155,65	28712380,67	27154950,85	25493682,98	24327764,43	27906515,33	35863446,91	28063283,78	23337822,13	25656155,75	29159022,96
	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Ausgewählte Länder														
Brasilien	512537,54	577771,35	672457,50	723211,69	777833,73	832443,14	873175,03	1045221,00	1209806,98	1244979,90	1384317,04	1335280,84	1503622,40	1446446,40
Indien	15150334,08	14763367,92	16065735,84	18581325,84	15923785,92	13527507,84	16196040,00	19567548,00	19898088,00	18277980,00	17883516,00	18026504,16	19539397,92	20657374,08
China	3095243,42	3226941,27	3660787,12	3703693,27	3929482,49	4029176,21	4835829,47	5731284,01	4866646,43	5855224,54	7397618,63	7116897,31	6654249,63	7063861,90
Thailand	2042922,00	2787364,16	3653222,72	2651770,24	2878473,92	1795732,68	2779512,96	4228000,00	3417037,12	3341728,32	3462604,32	3242940,41	3202941,62	3464156,84
Pakistan	2973880,00	3576529,60	4133214,40	4210725,12	3825570,56	3849677,44	4530317,12	5121157,44	4554690,56	4800221,44	4499544,00	3899882,56	6105120,00	4624032,00
Mexiko	200081,55	176079,52	165732,13	200979,81	196916,98	201841,32	190869,19	205176,72	198760,80	204043,98	201888,89	260867,04	271644,02	254302,44
Kuba	2829006,43	3102188,00	3741886,50	4597098,53	5411798,56	4926260,42	5600993,66	6652100,00	6830600,00	8127000,00	7548800,00	7815850,00	8227170,09	8723987,13
Ausgew. Länder, ges.	26804005,02	28210241,82	32093036,20	34668804,49	32943862,17	29162639,04	35006737,43	42550487,17	40975629,88	41851178,18	42378288,88	41698222,33	45504145,68	46234160,78
Restl. Länder, ges.	2631307,97	2773929,84	2920768,00	2945099,73	2825152,03	2550740,19	2917620,27	3231016,48	2924370,65	3042426,00	2852204,60	2865266,53	2897160,30	3018485,33
Welt, gesamt	29435312,99	30984171,66	35013804,20	37613904,22	35769014,20	31713379,23	37924357,70	45781503,65	43900000,53	44893604,17	45230493,49	44563488,86	48401305,98	49252646,11
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Ausgewählte Länder														
Brasilien	1412824,00	1470975,21	1460972,17	1520259,33	1369371,94	1635770,21	1700717,13	2219741,89	2785546,44	3383498,76	3739097,60	4129082,90	4843188,22	7652211,17
Indien	21318864,00	23684766,00	25309777,92	26670000,00	23943150,00	24115350,00	28931700,00	29515500,00	29143800,00	29351857,50	32584944,00	31429009,50	31075380,00	31206819,00
China	7011301,50	7994834,44	9159534,97	9937438,69	8693661,06	8370224,23	8855130,06	8978784,70	10459561,01	10987663,55	9841626,40	8731639,98	9823672,28	11617528,99
Thailand	4774173,60	4322656,80	5009435,20	6248368,00	4126077,20	2488753,40	2479253,00	1866762,80	1857153,52	2789649,43	3362399,67	3220468,89	2922171,28	3663490,52
Pakistan	5176597,44	4969104,00	5038418,56	5441085,44	5328245,44	6219780,00	6603576,00	6332158,00	5879776,00	7434588,00	7726754,00	6486564,00	6104882,00	6725824,00
Mexiko	262582,68	239891,48	232102,56	253045,35	261819,26	248741,78	273777,75	279010,77	281248,33	305607,55	294454,53	278357,22	299708,45	290891,72
Kuba	9752748,68	9848720,00	9595880,00	7982520,00	5261480,00	5201280,00	4045440,00	4972520,00	4683560,00	3949120,00	4093600,00	4382560,00	3864840,00	4177880,00
Ausgew. Länder, ges.	49709091,90	52530947,93	55806121,39	58052716,80	48983804,90	48279899,62	52889593,94	54164478,15	55090645,31	58201984,81	61642876,20	58657682,49	58933842,24	65334645,39
Restl. Länder, ges.	3184124,21	3280420,22	3507521,37	3487430,55	3402718,55	3462262,13	3759829,41	3985150,95	4090992,42	4102321,99	4183327,65	4169767,07	4076043,87	4496685,80
Welt, gesamt	52893216,12	55811368,15	59313642,76	61540147,35	52386523,45	51742525,74	56649423,35	58149629,10	59181637,73	62304306,79	65826203,85	62827449,56	63009886,11	69831331,20
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013			
Ausgewählte Länder														
Brasilien	10533919,20	11625763,38	12434925,39	16776210,45	23010748,75	34510653,73	41537865,19	52733588,79	68130442,40	74501705,29	91187697,51			
Indien	30175236,00	24555489,00	24894282,00	29523039,00	37329568,50	36559729,50	29928076,50	30691668,00	35950110,00	37908885,00	35826000,00			
China	11596951,80	11471597,17	11034854,71	11756588,38	14330221,54	15739655,65	14647623,23	14049186,86	14505568,56	15628790,14	16235214,41			
Thailand	4459049,37	5074271,86	3645337,63	3153726,70	3737630,20	4117367,05	3406004,77	3476723,93	4737731,49	4748558,59	4793827,61			
Pakistan	7287812,00	7534800,00	6614174,00	6253170,00	7663824,00	8948800,00	7006356,00	6912206,00	7743190,00	8175580,00	8924986,00			
Mexiko	304166,15	313248,60	391814,08	417943,76	471314,91	385172,95	450868,55	542345,02	582589,04	547990,56	769095,42			
Kuba	2660840,00	2865520,00	1396640,00	1331624,00	1432760,00	1890280,00	1793960,00	1384600,00	1902320,00	1769880,00	1938440,00			
Ausgew. Länder, ges.	67017974,52	63440690,01	60412027,82	69212302,29	87976067,91	102151658,88	98770754,24	109790318,59	133551951,48	143281389,58	159675260,95			
Restl. Länder, ges.	4635760,40	4389432,91	6248716,01	4609447,82	5193208,00	5530495,63	5558613,08	5816568,73	6685482,35	7388889,02	8307356,73			
Welt, gesamt	71653734,93	67830122,92	64660743,83	73821750,11	93169275,90	107682154,51	104329367,32	115606887,32	140237433,84	150670278,60	167982617,68			

12.4. available crop residues, burned harvest (dm)

Formel: (potential crop residues (dm) - available crop residues, green harvest (dm)) * TgL * BR

Einheit: metrische Tonnen (t) in Trockengewicht

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Ausgewählte Länder														
Brasilien	411784,59	433679,34	441920,83	460479,55	526042,65	525589,48	534598,16	531296,85	521841,57	553089,86	557441,29	590215,07	637982,29	663154,05
Indien	794647,28	751057,67	663979,57	752921,46	881884,31	895703,76	670582,31	689892,00	900660,12	975413,38	912882,43	820426,10	902037,07	1017175,38
China	8969,31	7100,70	10515,64	13845,27	16700,95	14865,53	14189,33	13644,98	12814,23	14233,42	15388,65	17182,57	17864,07	18477,83
Thailand	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pakistan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mexiko	133314,95	146832,82	155226,84	187607,31	215134,19	223937,31	223047,70	220061,50	225313,64	240582,39	227093,71	223833,86	228016,21	232395,42
Kuba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	138303,48	236658,24	243829,61	245732,62
Ausgewählte Länder, gesamt	1348716,13	1338670,52	1271642,88	1414853,59	1639762,09	1660096,08	1442417,49	1454895,34	1660629,56	1783319,04	1851109,56	1888315,84	2029729,25	2176935,29
Restliche Länder, gesamt	1183433,21	1254987,06	1323706,41	1404644,59	1378185,33	1449990,43	1493513,02	1463218,76	1494329,87	1590616,42	1633990,75	1658981,82	1658981,82	1766223,83
Welt, gesamt	2532149,33	2593657,58	2595349,29	2819498,19	3017947,43	3110086,51	2935930,51	2918114,10	3123878,34	3277648,91	3441725,98	3522306,59	3688711,06	3943159,12
Ausgewählte Länder														
Brasilien	634726,48	715512,04	832771,37	895625,35	963269,29	1030897,58	1081339,95	1294401,69	1498224,96	1541783,11	1714338,23	1653611,80	1862085,98	1791279,22
Indien	1042342,98	1015719,71	1105322,63	1278395,22	1095556,47	930692,54	1114287,55	1346247,30	1368988,45	1257525,02	1230385,90	1240223,49	1344310,58	1421227,34
China	17746,06	18501,13	20988,51	21234,51	22529,03	23100,61	27725,42	32859,36	27902,11	33569,95	42413,01	40803,54	38151,03	40499,47
Thailand	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2327,11	6713,32	11354,55	17678,62
Pakistan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mexiko	248588,11	217650,69	203814,64	245899,74	239698,52	244437,77	229969,20	245944,46	237036,03	242092,65	238310,92	306354,29	317378,62	295597,19
Kuba	232481,46	226309,96	242908,79	265963,05	279248,81	207977,76	192674,18	184826,04	151053,84	139784,40	97379,52	91546,14	86950,28	82573,31
Ausgew. Länder, ges.	2175885,11	2193693,54	2405805,93	2707117,87	2600302,12	2437106,26	2645996,31	3104278,86	3283205,39	3214755,14	3325154,69	3339252,58	3660231,04	3648855,16
Restl. Länder, ges.	1824623,26	1933700,24	1925090,01	1905188,47	1939935,27	1930452,76	2009163,34	2095739,40	2006511,69	2128524,46	2005276,24	2043850,41	2004560,77	2048934,48
Welt, gesamt	4000508,37	4127393,78	4330895,93	4612306,34	4540237,39	4367559,02	4655159,65	5200018,25	5289717,08	5343279,60	5330430,93	5383102,99	5664791,81	5697789,64
Ausgewählte Länder														
Brasilien	1749641,24	1821655,70	1809267,94	1882689,15	1695830,21	2025737,83	2106168,10	2176234,95	2251835,75	2319533,41	2218780,52	2154280,18	2249176,61	2237506,55
Indien	1466737,84	1629511,90	1741312,72	1834896,00	1647288,72	1659136,08	1990500,96	2030666,40	2005093,44	2019407,80	2241844,15	2162315,85	2137986,14	2147029,15
China	40198,13	45837,05	52514,67	56974,65	49843,66	47989,29	50769,41	51478,37	59968,15	62995,94	56425,32	50061,40	56322,39	66607,17
Thailand	18542,27	19395,57	35248,21	20579,73	74804,66	144813,68	237583,27	322479,22	311561,13	194664,64	190098,54	224296,36	207258,25	244497,64
Pakistan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mexiko	303660,04	275999,11	265670,67	288159,10	296623,38	280363,74	307001,19	311265,65	312153,34	337449,98	323467,27	304215,17	325869,04	314659,39
Kuba	81923,09	82729,25	80605,39	67053,17	44196,43	43690,75	33981,70	41769,17	39341,90	33172,61	34386,24	36813,50	32464,66	35094,19
Ausgew. Länder, ges.	3660702,62	3875128,58	3984619,59	4150351,80	3808587,07	4201731,36	4726004,63	4933893,74	4979953,71	4967224,37	5065002,04	4931982,47	5009077,09	5045394,08
Restl. Länder, ges.	2064084,02	2073992,66	2130103,62	2114673,76	2167199,25	2244282,78	2312177,81	2422466,23	2511086,58	2549631,74	2482328,49	2520391,79	2473621,84	2595895,78
Welt, gesamt	5724786,64	5949121,25	6114723,21	6265025,56	5975786,31	6446014,14	7038182,44	7356359,97	7491040,30	7516856,11	7547330,53	7452374,26	7482698,93	7641289,86
Ausgewählte Länder														
Brasilien	2317240,46	2399557,56	2413796,66	2583162,12	2783731,10	2880898,78	2852808,96	2461905,26	1786928,94	1364774,33	843400,18			
Indien	2076056,24	1689417,64	1712726,60	2031185,08	2568274,31	2515309,39	2059051,66	2111586,76	2473367,57	2608131,29	2464828,80			
China	66489,19	65770,49	63266,50	67404,44	62159,94	90240,69	83979,71	80548,67	83165,26	89605,06	93081,90			
Thailand	306356,61	207696,80	170112,44	181549,80	272114,52	318519,50	306932,16	317668,59	448678,86	465815,98	475732,00			
Pakistan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Mexiko	327329,33	335372,42	352869,80	344516,23	351973,66	349204,44	334270,41	336260,77	329226,02	339761,08	402294,00			
Kuba	22351,06	24070,37	11731,78	11185,64	12035,18	15878,35	15069,26	11630,64	15979,49	14866,99	16282,90			
Ausgew. Länder, ges.	5115822,88	4721885,29	4724503,78	5219003,31	6070288,72	6170051,16	5652112,17	5319600,69	5137346,14	4882954,73	4295619,77			
Restl. Länder, ges.	2703940,12	2740540,96	2729537,40	2752827,25	2713508,24	2646787,83	2729537,40	2696155,18	2533259,78	2490402,14	2580137,33			
Welt, gesamt	7819763,00	7462426,25	7454041,19	7971830,56	8783796,95	8816838,99	8348267,35	7852860,47	7627748,28	7463092,06	6987081,23			

12.5. used crop residues, green harvest (dm)

Formel: available crop residues, green harvest (dm) * RRg

Einheit: metrische Tonnen (t) in Trockengewicht

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Ausgewählte Länder														
Brasilien	166256,70	175096,63	178424,11	185917,13	212388,02	212205,06	215842,28	214509,39	210691,85	223308,24	225065,12	238297,43	257583,29	267746,30
Indien	1201211,01	1135319,73	1003690,05	1138137,09	1333080,93	1353970,80	1013670,93	1042860,00	1361462,97	1474462,08	1379938,56	1240178,98	1363544,41	1537590,69
China	78220,76	61924,68	91706,13	120743,62	145647,81	129641,21	123744,16	118996,92	111752,05	124128,64	134203,33	149847,98	155791,28	161143,90
Thailand	140000,00	138600,00	118650,00	167090,00	273910,00	213150,00	177450,00	166530,00	307930,00	357140,00	461020,00	414820,00	665910,00	933716,00
Pakistan	169478,40	209033,55	268457,28	234983,84	271791,64	324824,98	320060,95	271675,16	319897,88	383939,98	337311,64	290667,22	290429,83	348136,82
Mexiko	49947,38	55293,35	58753,40	71372,80	82263,97	86068,53	86165,57	85447,36	87934,85	94374,96	89540,17	88707,21	90827,96	93047,05
Kuba	3912014,40	2570477,28	2199322,72	2604196,00	3548670,72	2646000,00	3584000,00	3199000,00	3066000,00	5803000,00	2488850,00	982800,00	1156210,00	1322850,00
Ausgewählte Länder, gesamt	5953644,87	4594837,12	4172829,24	4786925,59	6169895,58	5267742,79	5827990,40	5404179,17	5765399,11	8778031,47	5436105,72	3744319,95	4346733,91	5045125,77
Restliche Länder, gesamt	956869,64	885060,86	883348,12	973022,76	1066746,04	1052506,17	1033769,57	988545,71	1079714,91	1277988,62	1085969,16	1147834,62	1147834,62	1284715,48
Welt, gesamt	6910514,51	5479897,98	5056177,36	5759948,35	7236641,63	6320248,96	6861759,97	6392724,88	6845114,02	10056020,08	6605228,45	4830289,10	5494568,53	6329841,25
	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Ausgewählte Länder														
Brasilien	256268,77	288885,68	336228,75	361605,84	388916,86	416221,57	436587,51	522610,50	604903,49	622489,95	692158,52	667640,42	751811,20	723223,20
Indien	1575634,74	1535390,26	1670836,53	1932457,89	1656073,74	1406860,82	1684388,16	2035024,99	2069401,15	1900909,92	1859885,66	1874756,43	2032097,38	2148366,90
China	154762,17	161347,06	183039,36	185184,66	196474,12	201458,81	241791,47	286564,20	243332,32	292761,23	369880,93	355844,87	332712,48	353193,09
Thailand	1021461,00	1393682,08	1826611,36	1325885,12	1439236,96	897866,34	1389756,48	2114000,00	1708518,56	1670864,16	1731302,16	1621470,21	1601470,81	1732078,42
Pakistan	309283,52	371959,08	429854,30	437915,41	397859,34	400366,45	471152,98	532600,37	473687,82	499223,03	467952,58	405587,79	634932,48	480899,33
Mexiko	100040,78	88039,76	82866,06	100489,90	98458,49	100920,66	95434,59	102588,36	99380,40	102021,99	100944,44	130433,52	135822,01	127151,22
Kuba	1414503,22	1551094,00	1870943,25	2298549,26	2705899,28	2463130,21	2800496,83	3326050,00	3415300,00	4063500,00	3774400,00	3907925,00	4113585,04	4361993,56
Ausgew. Länder, ges.	5196521,30	5801365,73	6878697,51	7156507,38	7436190,64	6478940,28	6740695,99	9662902,41	9475057,45	10037322,43	9981186,73	9662341,30	10671955,55	10955760,67
Restl. Länder, ges.	1315653,98	1386964,92	1460384,00	1472549,86	1412576,02	1275370,09	1458810,14	1615508,24	1462185,32	1521213,00	1426102,30	1432633,26	1448580,15	1509242,67
Welt, gesamt	6512175,28	7188330,65	8339081,51	8629057,24	8848766,66	7754310,38	9199506,13	11278410,64	10937242,77	11558535,43	11407289,03	11346074,56	12120535,69	12465003,34
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Ausgewählte Länder														
Brasilien	706412,00	735487,60	730486,09	760129,66	684685,97	817885,11	850358,57	1109870,94	1392773,22	1691749,38	1869548,80	2064541,45	2421594,11	3826105,58
Indien	2217161,86	2463215,66	2632216,90	2773680,00	2490087,60	2507996,40	3008896,80	3069612,00	3030955,20	3052593,18	3388834,18	3268616,99	3231839,52	3245509,18
China	350565,08	399741,72	457976,75	496871,93	434683,05	418511,21	442756,50	448939,23	522978,05	549383,18	492081,32	436582,00	491183,61	580876,45
Thailand	2387086,80	2161328,40	2504717,60	3124184,00	2063038,60	1244376,70	1239626,50	933381,40	928576,76	1394824,72	1681199,84	1610234,44	1461085,64	1831745,26
Pakistan	538366,13	516786,82	523995,53	565872,89	554137,53	646857,12	686771,90	658544,43	611496,70	773197,15	803582,42	674602,66	634907,73	699485,70
Mexiko	131291,34	119945,74	116051,28	126522,67	130909,63	124370,89	136888,87	139505,38	140624,17	152803,78	147227,26	139178,61	149854,23	145445,86
Kuba	4876374,34	4924360,00	4797940,00	3991260,00	2630740,00	2600640,00	2022720,00	2486260,00	2341780,00	1974560,00	2046800,00	2191280,00	1932420,00	2088940,00
Ausgew. Länder, ges.	12212196,93	12367168,19	12802571,25	12919879,11	9962314,39	9524158,09	9597736,44	10425012,14	10950538,70	11995788,48	13088887,77	13322046,01	13767836,65	17861113,22
Restl. Länder, ges.	1592062,11	1640210,11	1753760,69	1743715,27	1701359,27	1731313,06	1879914,70	1992575,47	2045496,21	2051160,99	2091663,83	2084883,54	2038021,94	2248342,90
Welt, gesamt	13804259,04	14007378,30	14556331,94	14663594,39	11663673,66	11255471,15	11477651,15	12417587,62	12996034,91	14046949,47	15180551,60	15406929,55	15805858,58	20109456,12
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013			
Ausgewählte Länder														
Brasilien	5266959,60	5812881,69	6217462,70	8388105,23	11505374,38	17255326,87	20768932,59	26366794,39	34065221,20	37250852,65	45593848,76			
Indien	3138224,54	2553770,86	2589005,33	3070396,06	3882275,12	3802211,87	3112519,96	3191933,47	3738811,44	3942524,04	3725904,00			
China	579847,59	573579,86	551742,74	587829,42	716511,08	786982,78	732381,16	702459,34	725278,43	781439,51	811760,72			
Thailand	2229524,69	2537135,93	1822668,81	1576863,35	1868815,10	2058683,52	1703002,39	1738361,97	2368865,74	2374279,29	2396913,81			
Pakistan	757932,45	783619,20	687874,10	650329,68	797037,70	930675,20	728661,02	718869,42	805291,76	850260,32	928198,54			
Mexiko	152083,07	156624,30	195907,04	208971,88	235657,46	192586,47	271172,51	291294,52	291294,52	273995,28	384547,71			
Kuba	1330420,00	1432760,00	698320,00	665812,00	716380,00	945140,00	896980,00	692300,00	951160,00	884940,00	969220,00			
Ausgew. Länder, ges.	20947751,31	22119758,17	21607922,65	27081198,46	36089558,50	50518977,84	57713726,46	71191205,91	91406994,49	99351231,29	119672052,51			
Restl. Länder, ges.	2317880,20	2194716,46	2124358,01	2304723,91	2596604,00	2765247,82	2779306,54	2908284,36	3642741,18	3694444,51	4153678,36			
Welt, gesamt	23265631,51	24314474,62	23732280,66	29385922,37	38686162,49	53284225,66	60493033,00	74099490,27	94749735,67	103045675,80	123825730,87			

12.6. used crop residues, burned harvest (dm)

Formel: available crop residues, burned harvest (dm) * RRb

Einheit: metrische Tonnen (t) in Trockengewicht

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Ausgewählte Länder														
Brasilien	102946,15	108419,84	110480,21	115119,89	131510,66	131397,37	133649,54	132824,21	130460,39	138272,46	139360,32	147553,77	159495,57	165788,51
Indien	198661,82	187764,42	165994,89	188230,36	220471,08	223925,94	167645,58	172473,00	225165,03	243853,34	228220,61	205106,52	225509,27	254293,84
China	2242,33	1775,17	2628,91	3461,32	4175,24	3716,38	3547,33	3411,25	3203,56	3558,35	3847,16	4295,64	4466,02	4619,46
Thailand	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pakistan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mexiko	33328,74	36708,21	38806,71	46901,83	53783,55	55984,33	55761,92	55015,38	56328,41	60145,60	56773,43	55958,47	57004,05	58098,85
Kuba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34575,87	59164,56	60957,40	61433,15
Ausgewählte Länder, gesamt	337179,03	334667,63	317910,72	353713,40	409940,52	415024,02	360604,37	363723,83	415157,39	445829,76	462777,39	472078,96	507432,31	544233,82
Restliche Länder, gesamt	295858,30	313746,76	330926,60	351161,15	344546,33	362497,61	373378,26	365804,69	365812,20	373582,47	397654,10	408497,69	414745,45	441555,96
Welt, gesamt	633037,33	648414,39	648837,32	704874,55	754486,86	777521,63	733982,63	729528,52	780969,59	819412,23	860431,49	880576,65	922177,77	985789,78
	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Ausgewählte Länder														
Brasilien	158681,62	178878,01	208192,84	223906,34	240817,32	257724,39	270334,99	323600,42	374556,24	385445,78	428584,56	413402,95	465521,50	447819,81
Indien	260585,75	253929,93	276330,66	319598,80	273889,12	232673,13	278571,89	336561,83	342247,11	314381,26	307596,48	310055,87	336077,64	355306,83
China	4436,52	4625,28	5247,13	5308,63	5632,26	5775,15	6931,36	8214,84	6975,53	8392,49	10603,25	10200,89	9537,76	10124,87
Thailand	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	581,78	1678,33	2838,64	4419,66
Pakistan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mexiko	62147,03	54412,67	50953,66	61474,94	59924,63	61109,44	57492,30	61486,12	59259,01	60523,16	59577,73	76588,57	79344,66	73899,30
Kuba	58120,37	56577,49	60727,20	66490,76	69812,20	51994,44	48168,55	46206,51	37763,46	34946,10	24344,88	22886,54	21737,57	20643,33
Ausgew. Länder, ges.	543971,28	548423,39	601451,48	676779,47	650075,53	609276,56	661499,08	776069,71	820801,35	803688,78	834813,15	915057,76	912213,79	912213,79
Restl. Länder, ges.	456155,82	483425,06	481272,50	476297,12	484983,82	482613,19	502290,84	523934,85	501627,92	532131,12	501319,06	510962,60	501140,19	512233,62
Welt, gesamt	1000127,09	1031848,45	1082723,98	1153076,58	1135059,35	1091889,75	1163789,91	1300004,56	1322429,27	1335819,90	1332607,73	1345775,75	1416197,95	1424447,41
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Ausgewählte Länder														
Brasilien	437410,31	455413,92	452316,98	470672,29	423957,55	506434,46	526542,02	544058,74	562958,94	579883,35	554695,13	538570,05	562294,15	559376,64
Indien	366684,46	407377,98	435328,18	458724,00	411822,18	414784,02	497625,24	507666,60	501273,36	504851,95	560461,04	540578,96	534496,54	536757,29
China	10049,53	11459,26	13128,67	14243,66	12460,91	11997,32	12692,35	12869,59	14992,04	15748,98	14106,33	12515,35	14080,60	16651,79
Thailand	4635,57	4848,89	8812,05	5144,93	18701,17	36203,42	59395,82	80619,80	77890,28	48666,16	47524,64	56074,09	51814,56	61124,41
Pakistan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mexiko	75915,01	68999,78	66417,67	72039,77	74155,85	70090,93	76750,30	77816,41	78038,34	84362,49	80866,82	76053,79	81467,26	78664,85
Kuba	20480,77	20682,31	20151,35	16763,29	11049,11	10922,69	8495,42	10442,29	9835,48	8293,15	8596,56	9203,38	8116,16	8773,55
Ausgew. Länder, ges.	915175,65	968782,15	996154,90	1037587,95	952146,77	1050432,84	1181501,16	1233473,44	1244988,43	1241806,09	1266250,51	1332995,62	1252269,27	1261348,52
Restl. Länder, ges.	516021,01	518498,17	532525,90	528668,44	541799,81	561070,69	578044,45	605616,56	627771,65	637407,94	620582,12	630097,95	618405,46	648973,95
Welt, gesamt	1431196,66	1487280,31	1528680,80	1566256,39	1493946,58	1611503,54	1759545,61	1839089,99	1872760,07	1879214,03	1886832,63	1863093,57	1870674,73	1910322,47
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013			
Ausgewählte Länder														
Brasilien	579310,11	599889,39	603449,17	645790,53	695932,78	720224,70	713202,24	615476,31	446732,24	341193,58	210850,04			
Indien	519014,06	422354,41	428181,65	507796,27	642068,58	628827,35	514762,92	527896,69	618341,89	652032,82	616207,20			
China	16622,30	16442,62	15816,63	16851,11	20539,98	22560,17	20994,93	20137,17	20791,31	22401,27	23270,47			
Thailand	76589,15	51924,20	42528,11	45387,45	68028,63	79629,87	76733,04	79417,15	112169,72	116453,99	118933,00			
Pakistan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Mexiko	81832,33	83843,11	88217,45	86129,06	87993,41	87301,11	83567,60	84065,19	82306,50	84940,27	100573,50			
Kuba	5587,76	6017,59	2932,94	2796,41	3008,80	3969,59	3767,32	2907,66	3994,87	3716,75	4070,72			
Ausgew. Länder, ges.	1278955,72	1180471,32	1181125,95	1304750,83	1517572,18	1542512,79	1413028,04	1329900,17	1284336,53	1220738,68	1073904,94			
Restl. Länder, ges.	675985,03	685135,24	682384,35	688206,81	678377,06	661696,96	674038,80	633314,94	622600,54	645034,33	672865,36			
Welt, gesamt	1954940,75	1865606,56	1863510,30	1992957,64	2195949,24	2204209,75	2087066,84	1963215,12	1906937,07	1865773,02	1746770,31			

12.7. used crop residues, green harvest (fw)

Formel: (used crop residues, green harvest (dm) * 100) / dmR bzw. gegebenenfalls (used crop residues, green harvest (dm) * 100) / dmT

Einheit: metrische Tonnen (t) in Frischgewicht

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Ausgewählte Länder														
Brasilien	402772,93	424188,53	432249,66	450402,23	514530,52	514087,27	522898,79	519669,74	510421,37	540985,81	545242,02	577298,56	624020,43	648641,31
Indien	6786502,87	6414235,75	5670565,24	6430153,04	7531530,66	7649552,54	5726954,39	5891864,41	7691881,18	8330294,24	7796263,05	7006660,92	7703640,72	8686953,04
China	441925,21	349856,94	518113,74	682167,35	822868,98	732436,22	699119,54	672298,98	631367,49	701291,73	758210,91	846598,73	880176,70	910417,52
Thailand	339163,54	335771,90	287441,10	404791,68	663573,46	516376,49	429889,79	403435,03	745990,20	865206,19	1116865,53	1004941,56	1613231,37	2262017,30
Pakistan	957505,08	1180980,52	1516707,80	1327592,32	1535545,97	1835169,38	1808253,95	1534887,89	1807332,64	2169152,42	1905715,46	1642187,69	1640846,52	1966874,70
Mexiko	121002,35	133953,50	142335,79	172907,52	199292,43	208509,33	208744,43	207004,48	213030,67	228632,47	216919,72	214901,78	220039,52	225415,48
Kuba	9477233,19	6227229,79	5028071,97	6308916,65	8596997,99	6410190,88	8682586,59	7749886,86	7427681,50	14058328,67	6029479,81	2380928,04	2801030,54	3204732,05
Ausgewählte Länder, gesamt	18526105,17	15066216,92	13895485,30	15776930,78	19864340,01	17866322,11	18078447,47	16979047,39	19027705,05	26893891,53	18368696,50	13673517,30	15482985,80	17905051,40
Restliche Länder, gesamt	2318109,23	2144145,53	2139996,25	2357241,74	2584295,45	2549797,99	2504406,76	2394847,58	2615713,78	3096051,01	2832312,88	2630865,30	2780740,36	3112347,48
Welt, gesamt	20844214,40	17210362,45	16035481,55	18134172,52	22448635,47	20416120,10	20582854,23	19373894,96	21643418,83	29989942,53	21201009,38	16304382,59	18263726,17	21017398,88
	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Ausgewählte Länder														
Brasilien	620835,87	699853,49	814546,66	876025,12	942188,71	1008337,00	1057675,47	1266074,48	1465437,20	1508042,11	1676820,95	1617423,49	1821335,34	1752078,14
Indien	8901891,21	8674521,26	9439754,39	10917841,17	9356348,79	7948366,19	9516317,29	11497316,34	11691531,93	10739604,07	10507828,61	10591844,25	11480776,18	12137666,13
China	874362,55	911565,33	1034120,65	1046241,04	1110023,30	1138185,37	1366053,52	1619006,78	1374758,88	1654018,23	2089722,78	2010422,97	1879731,53	1995441,21
Thailand	2474588,05	3376329,61	4425142,66	3212084,92	3486690,72	2175168,04	3366819,47	5121369,43	4139051,43	4047830,01	4194246,90	3928168,38	3879717,90	4196127,47
Pakistan	1747364,52	2101463,72	2428555,35	2474098,38	2247792,87	2261957,87	2661881,25	3009041,66	2676202,36	2820469,09	2643799,86	2291456,42	3587189,15	2716945,36
Mexiko	242358,45	213284,83	200751,05	243446,51	238525,22	244490,05	231199,53	248530,22	240758,63	247158,13	244547,68	315987,82	329041,96	308036,13
Kuba	3426770,83	3757675,21	4532540,95	5568457,87	6555302,68	5967171,12	6784474,40	8057677,77	8273894,52	9844221,71	9143849,00	9467326,23	9965557,57	10567351,23
Ausgew. Länder, ges.	18288171,49	19734693,46	22875411,72	24338195,01	23936872,29	20743675,14	24984420,93	30819016,68	29861634,95	30861343,35	30500815,79	30222629,55	32943349,63	33673645,67
Restl. Länder, ges.	3187299,00	3360056,65	3537921,46	3567394,45	3422102,00	3089707,39	3534108,63	3913724,94	3542285,35	3685285,60	3454870,74	3470692,62	3509325,49	3656286,31
Welt, gesamt	21475470,49	23094750,10	26413333,18	27905589,46	27358974,29	23833382,52	28518529,55	34732741,62	33403920,30	34546628,94	33955686,52	33693322,17	36452675,13	37329931,97
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Ausgewählte Länder														
Brasilien	1711351,38	1781789,84	1769673,19	1841487,62	1658717,98	1981405,77	2060075,86	2688769,69	3374127,82	4098426,48	4529162,76	5001551,31	5866545,91	9269110,78
Indien	12526338,17	13916472,68	14871281,94	15670508,47	14068291,53	14169471,19	16999416,95	17342440,68	17124040,68	17246289,15	19145955,80	18466762,64	18258980,34	18336210,03
China	1980593,64	2258427,81	2587439,26	2807186,07	2455836,46	2364470,12	2501449,17	2536379,86	2954678,25	3103859,76	2780120,45	2466564,97	2775048,67	3281787,85
Thailand	5782948,61	5236027,06	6067920,60	7568637,86	4997910,51	3014622,89	3003115,07	2261206,70	2249567,00	3379097,76	4072869,18	3900948,65	3539621,26	4437580,03
Pakistan	3041616,57	2919699,53	2960426,72	3197021,95	3130720,48	3654560,00	3880067,25	3720590,01	3454783,64	4368345,49	4540013,65	3811314,44	3587049,31	3951896,59
Mexiko	318065,97	290580,16	281145,45	306513,42	317141,24	301300,51	331626,53	337965,28	340675,64	370181,93	356672,28	337173,65	363036,36	352356,67
Kuba	11813488,40	11929738,31	11623473,63	9669213,32	6373222,05	6300301,89	4900234,81	6023205,28	5673188,51	4783562,55	4958570,93	5308587,71	4681474,32	5060659,16
Ausgew. Länder, ges.	37174402,76	38332735,38	40161360,80	41060568,71	33001840,25	31786132,36	33675985,65	34910557,51	35171061,54	37349763,12	40383365,06	39292903,37	39071756,17	44689601,10
Restl. Länder, ges.	3856924,41	3973567,61	4248654,86	4224318,88	4121707,37	4194273,32	4554275,17	4827206,78	4955412,37	4969135,86	5067257,89	5050831,99	4937305,23	5446828,10
Welt, gesamt	41031327,17	42306302,99	44410015,65	45284887,59	37123547,62	35980405,68	38230260,81	39737764,28	40126473,91	42318898,98	45450622,95	44343735,36	44009061,40	50136429,20
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013			
Ausgewählte Länder														
Brasilien	12759718,97	14082268,02	15062404,64	20320996,07	27872882,04	41802698,00	50314747,65	63876109,20	82526292,60	90243792,85	110455507,73			
Indien	17730082,17	14428083,93	14627148,75	17346870,37	21933757,76	21481422,98	17584858,51	18033522,44	21123228,47	22274147,12	21050305,08			
China	3275975,08	3240564,17	3117190,60	3321070,16	4048085,18	4446230,41	4137746,67	3968696,85	4097618,24	4414912,47	4586218,76			
Thailand	5401239,16	6146457,14	4415591,46	3820103,95	4527385,31	4987359,92	4125687,97	4211349,97	5738806,34	5751921,19	5806755,49			
Pakistan	4282104,23	4427227,12	3886294,33	3674178,98	4503037,83	5258051,98	4116728,95	4061409,18	4549670,16	4803730,62	5244059,57			
Mexiko	368435,95	379437,51	474603,75	506254,59	570902,97	466559,35	546136,34	656941,63	705689,95	663780,06	931604,01			
Kuba	3223071,11	3470999,65	1691747,73	1612993,96	1735499,83	2289693,05	2173020,79	1677163,70	2304277,08	2143852,73	2348029,18			
Ausgew. Länder, ges.	47040626,67	46175037,56	43274981,25	50602468,09	65191550,93	80732015,69	82998926,88	96485192,96	121045582,84	130296137,04	150422479,82			
Restl. Länder, ges.	5615288,94	5316912,85	5146462,71	5583416,55	6290524,29	6733138,86	6699080,25	6733138,86	7045600,11	8098113,76	8950149,09			
Welt, gesamt	52655915,61	51491950,41	48421443,96	56185884,64	71482075,21	87431095,94	89732065,74	103530793,07	129143696,60	139246286,14	160485167,33			

12.8. used crop residues, burned harvest (fw)

Formel: (used crop residues, burned harvest (dm) * 100) / dmRb

Einheit: metrische Tonnen (t) in Frischgewicht

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Ausgewählte Länder														
Brasilien	119886,05	126260,43	128659,84	134062,99	153150,88	153018,95	155641,71	154680,58	151927,79	161025,35	162292,21	171833,90	185740,74	193069,19
Indien	231351,83	218661,25	193309,53	219203,87	256749,83	260773,19	195231,83	200853,62	262216,17	283979,67	265774,55	238857,02	262617,06	296138,17
China	2611,31	2067,28	3061,50	4030,88	4862,28	4327,92	4131,05	3972,57	3730,71	4143,89	4480,22	5002,49	5200,90	5379,60
Thailand	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pakistan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mexiko	38813,02	42748,58	45192,40	54619,57	62633,69	65196,61	64937,61	64068,21	65597,31	70042,62	66115,56	65166,49	66384,13	67659,08
Kuba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40265,37	68900,15	70988,01	71542,04
Ausgewählte Länder, gesamt	392662,20	389737,55	370223,27	411917,31	477396,67	483316,66	419942,21	423574,98	483471,98	519191,52	538927,90	549760,05	590930,84	633788,08
Restliche Länder, gesamt	344542,10	365374,13	385380,93	408945,09	401241,80	422146,98	434818,05	425998,24	426006,98	435055,86	463088,51	475716,42	482992,26	514214,46
Welt, gesamt	737204,30	755111,67	755604,20	820862,40	878638,47	905463,64	854760,25	849573,22	909478,96	954247,38	1002016,41	1025476,47	1073923,10	1148002,54
	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Ausgewählte Länder														
Brasilien	184792,85	208312,58	242451,20	260750,36	280444,07	300133,22	314818,90	376849,22	436189,87	448871,29	499108,60	481428,85	542123,55	521509,03
Indien	303465,41	295714,37	321801,16	372189,13	318957,86	270959,75	324411,19	391943,43	398564,24	366113,03	358211,80	361075,90	391379,58	413772,95
China	5166,55	5386,38	6110,55	6182,17	6559,05	6725,46	8071,92	9566,60	8123,36	9773,48	12348,03	11879,45	11107,21	11790,93
Thailand	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	677,51	1954,50	3305,74	5146,91
Pakistan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mexiko	72373,39	63366,34	59338,14	71590,70	69785,29	71165,07	66952,72	71603,72	69010,14	70482,31	69381,31	89191,30	92400,90	86059,51
Kuba	67684,13	65887,38	70719,92	77431,89	81299,87	60550,18	56094,73	53809,84	43977,48	40696,52	28350,86	26652,54	25314,51	24040,21
Ausgew. Länder, ges.	633482,33	638667,04	700420,96	788144,25	757046,15	709533,67	770349,45	903772,81	955865,08	935936,63	968078,11	972182,54	1065631,49	1062319,54
Restl. Länder, ges.	531216,74	562973,17	560466,40	554672,32	564788,42	562027,71	584943,33	610148,89	584171,33	619693,86	583811,64	595042,04	583603,35	596522,21
Welt, gesamt	1164699,07	1201640,21	1260887,37	1342816,57	1321834,57	1271561,38	1355292,78	1513921,70	1540036,42	1555630,49	1551889,75	1567224,58	1649234,84	1658841,75
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Ausgewählte Länder														
Brasilien	509386,64	530352,77	526746,23	548121,91	493720,22	589768,79	613185,08	633584,18	655594,43	675303,78	645970,80	627192,32	654820,25	651422,66
Indien	427022,78	474412,46	506961,90	534207,52	479587,96	483037,17	579510,00	591203,68	583758,43	587925,88	652685,50	629531,81	622448,51	625081,27
China	11703,19	13344,90	15289,00	16587,47	14511,37	13971,49	14780,89	14987,30	17458,99	18340,50	16427,54	14574,76	16397,57	19391,86
Thailand	5398,36	5646,78	10262,08	5991,54	21778,46	42160,73	69169,46	93885,88	90707,21	56674,23	55344,87	65301,14	60340,70	71182,50
Pakistan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mexiko	88406,91	80353,77	77346,76	83894,00	86358,27	81624,47	89379,64	90621,18	90879,63	98244,43	94173,54	88568,52	94872,79	91609,23
Kuba	23850,91	24085,61	23467,27	19521,71	12867,25	12720,03	9893,36	12160,58	11453,91	9657,80	10011,13	10717,80	9451,69	10217,24
Ausgew. Länder, ges.	1065768,78	1128196,28	1160073,25	1208324,15	1108823,53	1223282,68	1375918,43	1436442,80	1449852,60	1446146,61	1474613,38	1435886,36	1458331,52	1468904,76
Restl. Länder, ges.	600932,81	603817,59	620153,61	615661,40	630953,55	653395,47	673162,28	705271,41	731072,14	742294,09	722699,57	733781,24	720164,74	755763,30
Welt, gesamt	1666701,60	1732013,87	1780226,86	1823985,55	1739777,08	1876678,16	2049080,72	2141714,21	2180924,74	2188440,70	2197312,95	2169667,60	2178496,25	2224668,06
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013			
Ausgewählte Länder														
Brasilien	674636,21	698601,83	702747,37	752056,05	810449,26	838738,44	830560,43	716753,60	520242,50	397337,35	245545,64			
Indien	604418,38	491853,28	498639,40	591354,69	747721,65	732301,56	599467,70	614762,65	720090,71	759325,52	717604,75			
China	19357,51	19148,27	18419,27	19623,98	18419,27	26272,47	24449,66	23450,76	24212,55	26087,42	27099,66			
Thailand	89191,98	60468,38	49526,16	52856,00	79222,81	92733,06	89359,54	92485,32	130627,36	135616,62	138503,55			
Pakistan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Mexiko	95297,93	97639,58	102733,73	100301,68	102472,82	101666,60	97318,74	97898,21	95850,13	98917,28	117122,98			
Kuba	6507,24	7007,79	3415,56	3256,56	3503,90	4622,79	4387,23	3386,12	4652,23	4328,34	4740,57			
Ausgew. Länder, ges.	1489409,25	1374719,14	1375481,48	1519448,97	1767290,30	1796334,91	1645543,31	1548736,66	1495675,48	1421612,53	1250617,14			
Restl. Länder, ges.	787219,09	797874,97	794671,42	801451,98	790004,73	770579,90	784952,60	737527,59	725050,12	751175,42	783586,08			
Welt, gesamt	2276628,33	2172594,11	2170152,90	2320900,94	2557295,03	2566914,81	2430495,91	2286264,26	2220725,60	2172787,95	2034203,22			

12.9. used crop residues, total (fw)

Formel: used crop residues, green harvest (fw) + used crop residues, burned harvest (fw)

Einheit: metrische Tonnen (t) in Frischgewicht

	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Ausgewählte Länder														
Brasilien	522658,97	550448,96	560909,50	584465,22	667681,40	667106,22	678540,51	674350,32	662349,16	702011,16	707534,23	749132,46	809761,17	841710,50
Indien	7017854,70	6632897,00	5863874,77	6649356,91	7788280,49	7910325,73	5922186,23	6092718,02	7954097,35	8614273,91	8062037,60	7245517,95	7966257,78	8983091,20
China	444536,52	351924,22	521175,24	686198,23	827731,26	736764,14	703250,59	676271,55	635098,20	705435,61	762691,13	851601,23	885377,61	915797,12
Thailand	339163,54	335771,90	287441,10	404791,68	663573,46	516376,49	429889,79	403435,03	745990,20	865206,19	1116865,53	1004941,56	1613231,37	2262017,30
Pakistan	957505,08	1180980,52	1516707,80	1327592,32	1535545,97	1835169,38	1808253,95	1534887,89	1807332,64	2169152,42	1905715,46	1642187,69	1640846,52	1966874,70
Mexiko	159815,36	176702,08	187528,19	227527,09	261926,12	273705,94	273682,04	271072,70	278627,98	298675,09	283035,28	280068,27	286423,65	293074,56
Kuba	9477233,19	6227229,79	5328071,97	6308916,65	8596997,99	6410190,88	8682586,59	7749886,86	7427681,50	14058328,67	6069745,17	2449828,19	2872018,54	3276274,10
Ausgewählte Länder, gesamt	18918767,37	15455954,47	14265708,57	16188848,10	20341736,69	18349638,77	18498389,68	17402622,37	19511177,03	27413083,05	18907624,40	14223277,35	16073916,64	18538839,48
Restliche Länder, gesamt	2662651,33	2509519,66	2525377,18	2766186,83	2985537,25	2971944,96	2939224,80	2820845,82	3041720,77	3531106,87	3295401,39	3106581,72	3263732,62	3626561,94
Welt, gesamt	21581418,70	17965474,12	16791085,75	18955034,93	23327273,94	21321583,74	21437614,48	20223468,18	22552897,79	30944189,92	22203025,79	17329859,07	19337649,27	22165401,42
	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Ausgewählte Länder														
Brasilien	805628,72	908166,07	1056997,85	1136775,49	1222632,78	1308470,22	1372494,37	1642923,70	1901627,06	1956913,40	2175929,56	2098852,33	2363458,89	2273587,17
Indien	9205356,62	8970235,63	9761555,55	11290030,30	9675306,65	8219325,94	9840728,48	11889259,77	12090096,17	11105717,09	10866040,41	10952920,15	11872155,76	12551439,08
China	879529,10	916951,71	1040231,20	1052423,20	1116582,36	1144910,83	1374125,44	1628573,38	1382882,23	1663791,71	2102070,81	2022302,42	1890838,74	2007232,14
Thailand	2474588,05	3376329,61	4425142,66	3212084,92	3486690,72	2175168,04	3366819,47	5121369,43	4139051,43	4047830,01	4194924,41	3930122,88	3883023,64	4201274,39
Pakistan	1747364,52	2101463,72	2428555,35	2474098,38	2247792,87	2261957,37	2661881,25	3009041,66	2676202,36	2820469,09	2643799,86	2291456,42	3587189,15	2716945,36
Mexiko	314731,84	276651,16	260089,19	315037,21	308310,51	315655,12	298152,25	320133,94	309768,77	317640,45	313928,99	405179,12	421442,86	394095,63
Kuba	3494454,96	3823562,59	4603260,87	5645889,76	6636602,55	6027721,30	6840569,13	8111487,61	8317872,00	9884918,23	9172199,86	9493978,76	9990872,08	10591391,44
Ausgew. Länder, ges.	18921653,82	20373360,49	23575832,68	25126339,26	24693918,44	21453208,81	25754770,38	31722789,49	30817500,03	31792779,98	311468893,90	34008981,12	34735965,21	34735965,21
Restl. Länder, ges.	3718515,74	3923029,81	4098387,87	4122066,76	3986890,42	3651735,09	4119051,95	4523873,82	4126456,68	4304979,45	4038682,38	4065734,66	4092928,84	4252808,52
Welt, gesamt	22640169,56	24296390,31	27674220,55	29248406,02	28680808,86	25104943,90	29873822,33	36246663,32	34943956,71	36102259,43	35507576,28	35260546,75	38101909,96	38988773,72
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Ausgewählte Länder														
Brasilien	2220738,03	2312142,61	2296419,41	2389609,53	2152438,20	2571174,55	2673260,94	3322353,87	4029722,25	4773730,25	5175133,56	5628743,63	6521366,17	9920533,44
Indien	12953360,95	14390885,13	15378243,84	16204716,00	14547879,48	14652508,36	17578926,95	17933644,36	17707799,10	17834215,03	19798641,29	19096294,45	18881428,85	18961291,30
China	1992296,84	2271772,71	2602728,26	2823773,54	2470347,83	2378441,61	2516230,06	2551367,15	2972137,25	3122200,26	2796547,99	2481139,73	2791446,24	3301179,71
Thailand	5788346,97	5241673,84	6078182,69	7574629,40	5019688,98	3056783,62	3072284,54	2355092,58	2340274,21	3435771,99	4128214,05	3966249,80	3599961,96	4508762,52
Pakistan	3041616,57	2919699,53	2960426,72	3197021,95	3130720,48	3654560,00	3880067,25	3720590,01	3454783,64	4368345,49	4540013,65	3811314,44	3587049,31	3951896,59
Mexiko	406472,88	370933,92	358492,22	390407,41	403499,51	382924,98	421006,18	428586,47	431555,27	464826,36	450845,82	425742,17	457909,14	443965,90
Kuba	11837339,31	11953823,91	11646940,90	9688735,03	6313021,92	4910128,16	6035365,86	5684642,42	4793220,35	4968582,07	5319305,51	4690926,01	5070876,40	5070876,40
Ausgew. Länder, ges.	38240171,54	39460931,66	41321434,04	42268892,87	34110663,78	33009415,05	35051904,08	36347000,31	36620914,14	38795909,73	41857978,44	40728789,73	40530087,69	46158505,86
Restl. Länder, ges.	4457857,23	4460742,01	4477078,02	4472585,81	4487877,96	4510319,89	4530086,70	4562195,82	4587996,55	4599218,50	4579623,99	4590705,65	4577089,15	4612687,71
Welt, gesamt	42698028,77	43921673,66	45798512,07	46741478,68	38598541,74	37519734,94	39581990,78	40909196,13	41208910,69	43395128,23	46437602,43	45319495,38	45107176,84	50771193,58
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013			
Ausgewählte Länder														
Brasilien	13434355,18	14780869,85	15765152,00	21073052,12	28683331,30	42641436,43	51145308,08	64592862,79	83046535,10	90641130,20	110701053,37			
Indien	18334500,55	14919937,21	15125788,14	17938225,06	22681479,41	22213724,54	18184326,21	18648285,09	21843319,18	23033472,64	21767909,84			
China	3295332,60	3259712,45	3135609,86	3340694,14	4072005,04	4472502,88	4162196,34	3992147,61	4121830,79	4440999,89	4613318,41			
Thailand	5490431,14	6206925,53	4465117,62	3872959,95	4606608,12	5080092,97	4215047,51	4303835,29	5869433,70	5887537,81	5945259,04			
Pakistan	4282104,23	4427227,12	3886294,33	3674178,98	4503037,83	5258051,98	4116728,95	4061409,18	4549670,96	4803730,62	5244059,57			
Mexiko	463733,88	477077,09	577337,48	606556,27	673375,80	568225,96	643455,08	754839,84	801539,27	762697,34	1048726,99			
Kuba	3229578,34	3478007,45	1695163,29	1616250,52	1739003,72	2294315,84	2177408,02	1680549,82	2308929,31	2148181,07	2352769,74			
Ausgew. Länder, ges.	48530035,92	47549756,69	44650462,73	52121917,06	66958841,22	82528350,60	84644470,19	98033929,62	122541258,32	131717749,57	151673096,96			
Restl. Länder, ges.	6402508,03	6114787,83	5941134,13	6384868,52	7080529,01	7469660,14	7518091,46	7783127,71	8823163,87	9701324,51	10846273,59			
Welt, gesamt	54932543,94	53664544,52	50591596,86	58506785,58	74039370,24	89998010,75	92162561,65	105817057,33	131364422,20	141419074,09	162519370,55			

