

**Erhöhung der Ressourceneffizienz
bei der Schnittholzerzeugung in
den Tropen als Beitrag zum
Walderhalt und Klimaschutz
- Fallbeispiel Surinam**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
an der Fakultät für Mathematik,
Informatik und Naturwissenschaften
Fachbereich Biologie
der Universität Hamburg

vorgelegt von

Kai Timo Schönfeld
aus St. Ingbert

Hamburg 2016

Erstgutachter: Prof. Dr. Michael Köhl
Universität Hamburg
Zentrum Holzwirtschaft
Abteilung Weltforstwirtschaft
Leuschnerstraße 91e
21031 Hamburg

Zweitgutachter: Prof. Dr. Arno Frühwald
Universität Hamburg
Zentrum Holzwirtschaft
Abteilung Holzphysik
Leuschnerstraße 91e
21031 Hamburg

Tag der Disputation: 17.02.2017

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen des vom BMEL geförderten Projektes *Verbesserung der ökonomischen Nachhaltigkeit bei der Naturwaldbewirtschaftung in den Tropen* an der Universität Hamburg in der Abteilung Weltforstwirtschaft unter Anleitung von Herrn Prof. Dr. Michael Köhl. Ihm gilt mein besonderer Dank für die wissenschaftliche Erstbetreuung und die konstruktiven fachlichen Anregungen. Für die Übernahme des Koreferates bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. Arno Frühwald.

Mein Dank gilt ebenso allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Abteilung Weltforstwirtschaft der Universität Hamburg, die mich in allen Phasen dieser Arbeit unterstützt haben.

Mein ganz besonderer Dank geht an meine Freunde und Kollegen in Surinam, die mir die tropische Forst- und Holzwirtschaft näher gebracht haben. Den Mitarbeitern der surinamischen Forstverwaltung SBB, ohne deren Hilfe diese Arbeit nicht so hätte durchgeführt werden können.

Namentlich möchte ich mich bei Rewie Matai, Romeo Jagessar, Leroy Eggerton für die Unterstützung und Hilfe bei den Feldaufnahmen in Surinam bedanken. Bei Sarah Crabbe und Sebastiaan De Smedt für die langen Diskussionen, den fachlichen Austausch und das „zu Hause“ in Surinam. Gustav Zimpel für die vielen Anregungen und Gespräche über die Sägeindustrie in den Tropen. Amanda Reiter für die Einführung in die verwendete Einschnittssoftware *TiCalc* sowie die wertvollen Ratschläge rund um die Schnittholzerzeugung.

Großer Dank geht an meine Eltern und Familie, insbesondere an meine Frau und an unsere beiden Kinder, die mich wochenlang in die Tropen haben ziehen lassen und mich beim Verfassen dieser Arbeit stets unterstützt und ermutigt haben.

Inhaltsverzeichnis

1. Abstract	1
2. Einführung	2
2.1. Hintergrund	2
2.2. Problemstellung	6
2.3. Zielsetzung	8
2.4. Auswahl des Untersuchungsgebiets und Aufbau der Arbeit	10
3. Holzproduktion in den Tropen	13
3.1. Forst- und Holzwirtschaft in den Tropen	13
3.2. Forst- und Holzwirtschaft in Surinam	15
3.3. Holzernteverluste	24
3.4. Schnittholzausbeute in den Tropen	26
4. Grundlagen der Schnittholzerzeugung	31
4.1. Holzeigenschaften	31
4.1.1. Physikalische Kenngrößen	31
4.1.2. Mechanische Kenngrößen	33
4.2. Sägetechnik	34
4.3. Holzqualität, Sortierung und Vorbereitung für den Einschnitt	37
4.3.1. Holzqualität und Sortierung	37
4.3.2. Rundholzlagerung und Stammeinteilung	39
4.3.3. Entrindung der Sägeblöcke	39
4.4. Rundholzeinschnitt	40
4.4.1. Schnittholzausbeute	42
4.4.2. Sägenebenprodukte und Holzreststoffe	46
5. Beschreibung des Rundholzes	49
5.1. Methode Rundholzbeschreibung	49
5.2. Ergebnisse Rundholzbeschreibung	51
5.2.1. Stärkeklassenverteilung	53
5.2.2. Rundholzkennzahlen nach Holzarten	55
5.2.3. Charakteristika der surinamischen Hölzer	60

5.3. Diskussion Rundholzbeschreibung	64
6. Expertenbefragung	67
6.1. Befragungsmethode	67
6.1.1. Experteninterview Sägewerker	68
6.1.2. Experteninterview Holzhandelsbetriebe	71
6.2. Ergebnisse Befragung	72
6.2.1. Experteninterview Sägewerke	72
6.2.2. Experteninterviews in Holzhandelsbetrieben	97
6.2.3. Beobachtungen und festgestellte Mängel bei den Betriebsbesichtigungen in den Sägewerken und Holzhandelsbetrieben	100
6.3. Diskussion Befragung	103
7. Schnittholzausbeute	107
7.1. Methode Schnittholzausbeute	107
7.1.1. Ausbeutemessung zur Bestimmung des <i>IST</i> -Zustands	107
7.1.2. Berechnung der potenziellen Schnittholzausbeute	112
7.2. Ergebnisse Schnittholzausbeute	114
7.2.1. Ergebnisse der Ausbeutemessung in den Sägewerken	114
7.2.2. Potenzielle Schnittholzausbeute	125
7.2.3. Betriebsweise Zusammenstellung der Ergebnisse der Ausbeuteerhebung	132
7.3. Abschätzung des Optimierungspotenzials für Surinam	142
7.4. Diskussion Schnittholzausbeute	147
8. Energiegehalt des Restholzaufkommens	152
8.1. Methode Energiegehalt des Restholzaufkommens	152
8.1.1. Bestimmung des Energiegehaltes	153
8.1.2. Bestimmung des Kohlendioxid-Einsparpotenzials	153
8.2. Ergebnisse Energiegehalt des Restholzaufkommens	154
8.2.1. Potenziell verfügbarer Energiegehalt	154
8.2.2. Kohlenstoffgehalt	155
8.3. Diskussion Potenziale der energetischen Verwertung der Resthölzer	156
9. Gesamtdiskussion und Schlussfolgerungen	158
9.1. Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse aus den Teilstudien	159
9.2. Kritische Beurteilung der Untersuchung und der Ergebnisse	161
9.3. Schlussfolgerungen für die praktische Umsetzung	163
9.4. Schlussfolgerungen für weitere Forschungen	165
9.5. Schlussfolgerungen für den internationalen Wald- und Klimaschutz	166

Inhaltsverzeichnis

A. Rundholzkennzahlen	192
B. Fotos der 10 wichtigsten Holzarten (Thünen-Institut 2016)	210
C. Fragebogen Sägewerk	215
D. Fragebogen Holzhandelsbetrieb	224
E. Gegenüberstellung von Ausbeute und Stammmerkmalen	229
F. Schnittbilder	231
G. Eidesstattliche Versicherung	238

Abbildungsverzeichnis

2.1. Problemstellung: Verbrennen von großen Mengen an Tropenholz im Sägewerk	7
2.2. Schematische Darstellung der einzelnen Arbeitsschritte innerhalb der Wertschöpfungskette Holz und mögliche Ursachen für eine geringe Ressourceneffizienz	9
2.3. Aufbau der Arbeit	12
3.1. Surinam, Lage des Waldgürtels und der Schutzgebiete	16
3.2. Sägewerke in Surinam (nach SBB 2010)	21
3.3. Ist-Situation Holzfluss in Surinam 2011; Datengrundlage (Matai, 2012a)	24
4.1. Einfluss der Lage der Jahrringe auf Formveränderungen. Quelle: (Bergman <i>et al.</i> , 2010)	41
4.2. Haupteinschnittsarten. Quelle: Niemz <i>et al.</i> (2000)	42
4.3. Einteilen von krummen Stämmen in Sägeblöcke. Quelle: (Sandler, 2001)	44
4.4. Einfluss der Abholzigkeit auf die Ausbeute. Quelle: Fronius (1982)	45
4.5. Sägerestholz. Quelle: Österreichisches Normungsinstitut (1998)	47
5.1. Holzartenzusammensetzung des Einschlags nach Volumen und Stammzahl von 01/2005 bis 07/2015	53
5.2. Stärkeklassenverteilung nach Mittendurchmesser. Farblich: 10 Holzarten von 155, die insgesamt über 61 % des Gesamtvolumens von 2,7 Mio. m ³ bzw. 65 % von über 1 Mio. geernteter Stämme ausmachen	54
5.3. Zopfdurchmesser	56
5.4. Stammfußdurchmesser	57
5.5. Stammlängen	57
5.6. Stammvolumen	58
5.7. Abholzigkeit	59
5.8. Absolute Ovalität	59
6.1. Alter der installierten Sägen nach Maschinentyp	79
6.2. Zu verarbeitender Mindest- und Maximaldurchmesser	80
6.3. Zu verarbeitende Mindest- und Maximallänge der Stämme	81
6.4. Produktion von Schnitthölzern mit Standarddimensionen und Sondermaßen	82
6.5. Schnittholzerzeugnisse nach Produkten und deren Anteil	83

Abbildungsverzeichnis

6.6. Schnittholzproduktion der einzelnen Betriebe 2011	84
6.7. Jahresverlauf der Schnittholzproduktion	85
6.8. Kostenstruktur in der Sägeindustrie	90
6.9. Von den Sägern genannte betriebliche Schnittholzausbeute in Prozent	93
6.10. Arbeitssituation in den Sägewerken in Surinam	102
7.1. Ausbeutemessung mit Kranwaage während des Betriebsablaufs	109
7.2. Verfahren zur Bestimmung der Ausbeute und Ableitung des Optimierungspotenzials	111
7.3. Gittermodell eines Stammes mit einem Zopf von 50 cm und 5 m Länge	112
7.4. Gemittelte Ausbeute über die untersuchten Betriebe	143
7.5. Hochrechnung des produzierten Schnittholzes Januar 2005 bis Juli 2015	144
7.6. Rundholzbedarf entsprechend den unterschiedlichen Ausbeutewerten	145
7.7. Für den Einschnitt notwendige Stämme in Abhängigkeit von der Ausbeute	146
7.8. Konzessionsfläche in Abhängigkeit von Schnittholzausbeute und Entnahmemenge pro Hektar	147
B.1. <i>Dicorynia guianensis</i>	210
B.2. <i>Eperua falcata</i>	210
B.3. <i>Goupia glabra</i>	211
B.4. <i>Manilkara bidentata</i>	211
B.5. <i>Ocotea rubra</i>	212
B.6. <i>Peltogyne paniculata</i>	212
B.7. <i>Qualea rosea</i>	213
B.8. <i>Ruizterania albiflora</i>	213
B.9. <i>Vochysia tomentosa</i>	214
B.10. <i>Vouacapoua americana</i>	214
E.1. Gegenüberstellung von Schnittholzausbeute und Stammmerkmalen	230

Tabellenverzeichnis

3.1. Waldfläche in Surinam	17
3.2. Artenvielfalt in Surinam	17
3.3. Konzessionsgrößen und Auflagen	18
3.4. Anteil des Holzexports nach Regionen	22
3.5. Rundholzexport nach Holzarten	22
3.6. Schnittholzexport nach Holzarten; (Matai, 2012a)	23
3.7. Kennzahlen für Surinam 2011	23
3.8. Ausbeute bei der Holzernte in den Tropen, Literaturübersicht	26
3.9. Ausbeutewerte, als Indikator für die Ressourceneffizienz bei der Schnittholzerzeugung in den Tropen und gesondert in Surinam, Literaturübersicht	30
4.1. Energiegehalt von europäischem Holz (atro)	32
4.2. Dauerhaftigkeitsklassen von Holz gegenüber Schadorganismen nach DIN EN 350-2	35
4.3. Stärkeklasseneinteilung nach Mittendurchmesser	37
4.4. Beschreibung der Qualitätsklassen nach RVR (2015)	38
4.5. Einflussfaktoren des Holzes auf den Einschnitt	40
4.6. Schnittholzqualitäten	41
4.7. Anteil der Produkte beim Rundholzeinschnitt	43
5.1. Plausibilitätsprüfung, Gründe für die Reduktion des Datensatzes	49
5.2. Einschlagsverzeichnis von 01/2005 bis 07/2015 als Datengrundlage für die Berechnung der Rundholzkennzahlen für die einzelnen Holzarten	52
5.3. Zusammensetzung der Holzernte von 01/2005 bis 07/2015 nach Volumen und Stammzahlen der 10 wichtigsten Holzarten	52
5.4. Rundholzkennzahlen der wichtigsten 10 Holzarten	61
5.5. Holzcharakteristika der wichtigsten surinamischen Hölzer Teil I	62
5.6. Holzcharakteristika der wichtigsten surinamischen Hölzer Teil II	63
5.7. Rohdichten der wichtigsten 10 Holzarten bei 12 % Feuchtigkeit	64
6.1. Sägewerke nach Größenklasse und Gewichtung der Stichprobe	70
6.2. Rundholzbeschaffung nach Herkunft	73
6.3. Rundholzversorgung der Säger	73

Tabellenverzeichnis

6.4. Gründe für Engpässe in der Rundholzversorgung	74
6.5. Rundholzpreise in €/m ³	75
6.6. Rundholztransport vom Wald zum Werk	76
6.7. Zeitspanne zwischen Fällung und Anlieferung im Sägewerk	76
6.8. Sortierung auf dem Rundholzlagerplatz	77
6.9. Rundholzbestand auf den Lagerplätzen	77
6.10. Lagerdauer auf dem Rundholzplatz	78
6.11. Anzahl der in den Sägewerken installierten Sägen	79
6.12. Sägeblattpflege und Instandsetzung	81
6.13. Schulung in der Sägeblattpflege	82
6.14. Schnittholzexport nach Ländern bzw. Regionen	86
6.15. Angaben der Säger über die Entsorgung von Resthölzern und Koppelprodukten	87
6.16. Angaben der Säger über den Verkauf von Resthölzern und Koppelprodukten	87
6.17. Personalbedarf unterteilt nach Büro und im Werk	88
6.18. Umsatz und Investitionen der Sägewerke im Jahr 2011	88
6.19. Investitionen in den Jahren 2007 - 2010, Mehrfachnennung war möglich	89
6.20. Geplante Investitionen 2012 - 2015, Mehrfachnennung war möglich	90
6.21. Energieversorgung in den Sägewerken	91
6.22. Weiterbildung der Mitarbeiter	91
6.23. Schulungsnotwendigkeiten aus Sicht der Säger, Mehrfachnennung war möglich	92
6.24. Gründe für Schwierigkeiten bei der Personalbeschaffung	92
6.25. Angaben zur Schnittholzausbeute in den Sägewerken	92
6.26. Maßnahmen zur Ausbeuteerhöhung	93
6.27. Kooperationen zwischen den Sägewerken	95
6.28. Angestrebte Kooperationen in der Zukunft	96
6.29. Bestehende und geplante Kooperationen in der Wertschöpfungskette Holz	96
6.30. Konkurrenten im Schnittholzmarkt	97
6.31. Internetnutzung im Sägewerk	97
6.32. Anteil der Schnitthölzer auf dem lokalen Markt und deren Einsatzbereiche	98
6.33. Schnittholzpreise nach Holzarten	99
6.34. Einkauf von Schnitthölzern	99
7.1. Größenklasseneinteilung Sägewerke nach jährlicher Verarbeitungskapazität	108
7.2. Berechnung der Schnittholzausbeute auf Betriebsebene	114
7.3. Stammparameter, Großbetrieb, Schnittsatz 1	116
7.4. Einhang, Großbetrieb, Schnittsatz 1	116
7.5. Messergebnisse, Großbetrieb, Schnittsatz 1	116
7.6. Stammparameter, Großbetrieb, Schnittsatz 2	117
7.7. Einhang, Großbetrieb, Schnittsatz 2	117

Tabellenverzeichnis

7.8. Ergebnisse der Schnittholzausbeute im Großbetrieb,chnittsatz 2	118
7.9. Einhang, mittelgroßer Betrieb	118
7.10. Stammparameter, mittelgroßer Betrieb	119
7.11. Ergebnisse der Schnittholzausbeute im mittelgroßen Betrieb	120
7.12. Stammparameter, Kleinbetrieb,chnittsatz 1	121
7.13. Einhang, Kleinbetrieb	121
7.14. Ergebnisse der Schnittholzausbeute im Kleinbetrieb,chnittsatz 1	122
7.15. Stammparameter, Kleinbetrieb,chnittsatz 2	122
7.16. Einhang, Kleinbetrieb,chnittsatz 2	123
7.17. Ergebnisse der Schnittholzausbeute im Kleinbetrieb,chnittsatz 2	123
7.18. Stammparameter, Kleinbetrieb,chnittsatz 3	124
7.19. Einhang, Kleinbetrieb,chnittsatz 3	124
7.20. Ergebnisse der Schnittholzausbeute im Kleinbetrieb,chnittsatz 3	125
7.21. Verteilung der mittleren Ausbeute in den Betrieben	125
7.22. Ausbeute und Rohertrag $Soll_{Min}$ Stamm 1 und 2, Großbetrieb	126
7.23. Ausbeute und Rohertrag $Soll_{Max}$ Stamm 1 und 2, Großbetrieb	127
7.24. Ausbeute und Rohertrag $Soll_{Min}$ Stamm 3 - 9, Großbetrieb	127
7.25. Ausbeute und Rohertrag $Soll_{Max}$ Stamm 3 - 9, Großbetrieb	128
7.26. Ausbeute und Rohertrag $Soll_{Min}$, mittelgroßer Betrieb	128
7.27. Ausbeute und Rohertrag $Soll_{Max}$, mittelgroßer Betrieb	129
7.28. Ausbeute und Rohertrag $Soll_{Min}$ Stamm 1 und 2, Kleinbetrieb	130
7.29. Ausbeute und Rohertrag $Soll_{Max}$ Stamm 1 und 2, Kleinbetrieb	130
7.30. Ausbeute und Rohertrag $Soll_{Min}$ Stamm 3 - 7, Kleinbetrieb	131
7.31. Ausbeute und Rohertrag $Soll_{Max}$ Stamm 3 - 7, Kleinbetrieb	131
7.32. Ausbeute und Rohertrag $Soll_{Min}$ Stamm 8 - 10, Kleinbetrieb	132
7.33. Ausbeute und Rohertrag $Soll_{Max}$ Stamm 8 - 10: Kleinbetrieb	133
7.34. Stammweise Darstellung der Ergebnisse im Großbetrieb	135
7.35. Darstellung des Rohertrages über allechnittsätze im Großbetrieb	135
7.36. Hochrechnung auf die Jahresproduktion im Großbetrieb	136
7.37. Hochrechnung des notwendigen Rundholzes und dessen Wert für die jährliche Schnittholzerzeugung im Großbetrieb bei konstantem Output	136
7.38. Stammweise Darstellung von Gesamtausbeute und Rohertrag im <i>IST</i> - und <i>Soll</i> - Zustand sowie das Steigerungspotenzial im mittelgroßen Betrieb	138
7.39. Darstellung des Rohertrages im mittelgroßen Betrieb	138
7.40. Hochrechnung auf die Jahresproduktion im mittelgroßen Betrieb	139
7.41. Hochrechnung des notwendigen Rundholzes und dessen Wert für jährliche Schnitt- holzerzeugung im mittelgroßen Betrieb bei konstantem Output	139
7.42. Stammweise Darstellung der Gesamtausbeute und des Rohertrags von <i>IST</i> - und <i>Soll</i> -Zustand sowie das Steigerungspotenzial im Kleinbetrieb	141

Tabellenverzeichnis

7.43. Darstellung des Rohertrages im Kleinbetrieb	141
7.44. Hochrechnung auf die Jahresproduktion im Kleinbetrieb	142
7.45. Hochrechnung des notwendigen Rundholzes und dessen Wert für jährliche Schnitt- holzerzeugung im Kleinbetrieb bei konstantem Output	142
7.46. Gemittelte Ausbeute über die untersuchten Betriebe sowie gewichtet nach Grö- ßenklasse über alle Sägewerke in Surinam	143
7.47. Hochrechnung der möglichen Schnittholzmenge Januar 2005 bis Juli 2015	144
7.48. Hochrechnung der notwendigen Rundholzmenge für die Schnittholzproduktion Januar 2005 bis Juli 2015	145
7.49. Hochrechnung der benötigten Stämme für die Schnittholzproduktion Januar 2005 bis Juli 2015	146
7.50. Hochrechnung der bewirtschafteten Waldfläche für die Schnittholzproduktion Januar 2005 bis Juli 2015 in Abhängigkeit von Ausbeute und Entnahmemengen pro ha	148
8.1. Energetisches Potenzial der Resthölzer (atro) abhängig von der Schnittholzaus- beute	154
8.2. Substitutionspotenzial Energie aus Resthölzern bezogen auf den Energiebedarf Surinams in Abhängigkeit von der Schnittholzausbeute	155
8.3. CO ₂ -Gehalt der Resthölzer und das CO ₂ -Substitutionspotenzial durch die Ver- brennung von Holz statt Diesel zur Energieerzeugung sowie Kompensationskos- ten für den CO ₂ -Ausstoß in Abhängigkeit von der Schnittholzausbeute für das Jahr 2013	155
A.1. Rundholzkennzahlen nach Holzart in alphabetischer Reihenfolge	193

Abkürzungsverzeichnis

ABS	Algemeen Bureau voor de Statistiek in Surinam
ASHU	General Suriname Timber Association
ASTM	American Society for Testing and Materials
BHD	Brusthöhendurchmesser
BIP	Bruttoinlandsprodukt
CDM	Clean Development Mechanism
CELOS	Center for Agriculture Research in Suriname
CHS	CELOS Harvesting Systems
CITES	Convention on international trade in endangered species of wild fauna and flora
CoC	Chain of Custody
CSS	CELOS Silvicultural System
EUTR	European Union Timber Regulation
FAO	Food and Agriculture Organisation
FLEGT	Forest Law Enforcement Governance and Trade
FSC	Forest Stewardship Council
HKV	Houtkapvergunning
IPCC	International Panel on Climate Change
ISO	International Organization for Standardization
ISPM	Internationalen Standard für Pflanzenschutzmaßnahmen
ITTO	International Tropical Timber Organization
JI	Joint implementation
KKF	Kamer van Koophandel en Fabrieken
LKS	Lesser Known Species
NYDF	New York Declaration on Forests
PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes
PHS	Platform Houtsector Suriname
PSA	Persönliche Schutzausrüstungen
REDD	Reducing Emissions from Deforestation and Degredation
RIL	Reduced Impact Logging
RVR	Rahmenvereinbarung Rohholzhandel
SBB	Stichting voor Bosbeheer en Bostoezicht
SFM	Sustainable Forest Management
SFRM	Sustainable Forest Resource Management

1. Abstract

Forests play a significant role in view of timber supply, the global carbon cycle and climate change challenges. Many measures have been taken to minimize the negative effects of logging in tropical forests. One of them is the concept of Sustainable Forest Management (SFM) that has widely been accepted and implemented. Still, a high percentage of the tropical timber – even if harvested sustainably – is lost during processing in the saw mill. Studies focusing on the timber processing industry in tropical countries have shown that only between 30 to 50 percent of round wood are actually turned into products.

A sustainability that is aimed for in the forest is disregarded as soon as the timber leaves the forest boundaries and enters processing in the saw mill. In comparison to efforts supporting sustainability measures that are implemented in forest management, activities focusing on resource efficiency in the sawmilling sector are lacking throughout and are mainly put under the responsibility of the particular businesses.

The present case study was carried out in Suriname. A cross-section analysis examined the timber processing industry in respect of the causes for poor recovery rates, potentials to improve recovery rates with regard to low-cost possibilities (training and technology) as well as utilization potentials for wood residuals. On the basis of the data collected in quantitative and qualitative descriptions of the available roundwood, in expert interviews realized in sawmills and timber trade businesses and measurements of recovery rates taken during the production process, cutting simulations were performed and the utilization of wood residuals analyzed to point out the resource saving potentials of harvested timber.

Possible optimization measures were determined and show ways of how efficient timber processing may be implemented in a value-adding and environmentally sustainable manner that at short notice may lead to long-term major impacts in the protection of tropical forests. Higher recovery rates may result in a reduction of timber exploitation from forests. Thus, special emphasis needs to be placed on the improvement of raw material efficiency and the use of wood processing residuals.

The concept of SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT (SFM) that has widely been accepted in international programs on forest and climate protection needs to be extended to timber processing toward a SUSTAINABLE FOREST RESOURCE MANAGEMENT, thus SFRM.

2. Einführung

2.1. Hintergrund

Wälder bieten eine Vielzahl an Ökosystemdienstleistungen und spielen eine bedeutende Rolle, wenn es um den globalen Kohlenstoffkreislauf, die Beschaffung von Holz oder den Schutz der Biodiversität geht. Die derzeitige Förderung der Bioökonomie und die damit zusammenhängende Ausweitung der erneuerbaren Energien führen zu einer steigenden Nachfrage an Holz.

Weltweit steigen die Ansprüche an den Wald und seine Produkte. Als Folge des globalen Bevölkerungswachstums ist der weltweite Holzverbrauch stark angestiegen (Whiteman *et al.*, 2009). Die Zahlen zur Entwicklung der Weltbevölkerung der Vereinten Nationen zeigen, dass im 20. Jahrhundert dreimal so viele Menschen geboren wurden als je zuvor (UN, 2013). Heute leben etwa 7,2 Mrd. Menschen auf der Erde (FAO, 2014b). Zurzeit wächst die Weltbevölkerung alle 14 Jahre um eine weitere Milliarde (UN, 2013). Dementsprechend soll die Zehn-Milliarden-Grenze Mitte des 21. Jahrhunderts erreicht werden (FAO, 2009; UN, 2013).

Die Entwicklung in den vergangenen Jahren belegt, dass die Steigerung der Ressourcennachfrage aufgrund des Bevölkerungswachstums mit einem erheblichen Rückgang der Waldflächen einhergeht (Solberg *et al.*, 1996; Whiteman *et al.*, 2009; DeFries *et al.*, 2010). Zwischen 1960 und 2010 verringerte sich die globale Waldfläche pro Kopf der Weltbevölkerung von 1,45 ha auf 0,6 ha (FAO, 2014a). Bis 2050 dürfte sie nach Prognosen der Vereinten Nationen und FAO auf 0,38 ha pro Kopf sinken. Derzeit liegt der weltweite Holzverbrauch pro Jahr bei ca. 3,6 Milliarden Kubikmetern (FAOSTAT, 2015) und macht Holz zum drittgrößten Rohstoffmarkt nach Öl und Gas (Rühl, 2013).

Bereits 1986 wurde die nachhaltige Naturnutzung überschritten. Seitdem reicht die Produktivität der Erde nicht mehr aus, um die notwendigen bzw. gewünschten Güter für alle Bewohner bereitzustellen (Wackernagel & Rees, 1998; Galli *et al.*, 2012; Global Footprint Network, 2015). Der Förderhöhepunkt von Öl (Peak Oil) wird voraussichtlich 2036 überschritten werden und die steigende Nachfrage wird in den kommenden Jahrzehnten nicht mehr gedeckt werden können (Andruleit *et al.*, 2010; DERA, 2011).

Etwa 3,4 Mrd. ha Wälder gibt es weltweit, dies sind etwa 30 % der Erdoberfläche (FAO, 2014c). In der letzten Dekade sind jedes Jahr etwa 13 Mio. ha Waldfläche verloren gegangen (FAO,

2. Einführung

2010, 2013), u.a. bedingt durch Landnutzungsänderung (Viehweiden, Infrastrukturmaßnahmen, Brandrodung) (Strübel, 2013). Die globale Entwaldungsrate wurde durch Aufforstungen und die Anlage von Plantagen in einigen Ländern abgemildert.

Dennoch ist der überwiegende Teil der Waldflächenverluste nach wie vor in den Tropen, in Südamerika, Afrika und Südost-Asien zu verzeichnen (FAO, 2013; Stocker *et al.*, 2014). So betrug die jährliche Entwaldungsrate von Naturwäldern allein in den Tropen in den 1990er Jahren durchschnittlich 16,7 Mio. ha pro Jahr (FAO, 2001, 2013).

Neben den Waldflächenverlusten sind die Wälder von Degradierung betroffen. Walddegradierung ist überwiegend auf die Übernutzung, den nicht nachhaltigen Holzeinschlag, zurückzuführen (Lanly, 2003). Als Folge wird die Artenzusammensetzung gestört, die Biodiversität nimmt ab, der Überschirmungsgrad wird langanhaltend bzw. dauerhaft reduziert und das stehende Holzvolumen sowie das CO₂-Retentionsverhalten werden verändert (IPCC, 2003; UNEP, 2009).

Bis zu 20 % des jährlichen globalen CO₂-Ausstoßes lassen sich auf Landnutzungsänderungen, die Rodung von Wald für andere Flächennutzungen, zurückführen (Houghton, 2003, 2005; Santilli *et al.*, 2005; Gullison *et al.*, 2007; Stocker *et al.*, 2014). Hierdurch wird der in den Pflanzen und im Waldboden gespeicherte Kohlenstoff [C] als CO₂ freigesetzt. Dies ist mehr als die vom gesamten Transportwesen emittierte CO₂-Menge (Bringezu *et al.*, 2014).

Im Rahmen des Klimawandels richtet sich die Aufmerksamkeit auf die besonderen Funktionen der Wälder als CO₂-Senke und -Quelle. Bei der Photosynthese wird das Kohlendioxid aus der Luft mithilfe der Sonnenenergie in Sacharide umgewandelt und diese unter anderem in Zellulose umgebaut. Hierdurch wird der Kohlenstoff in der Biomasse gebunden (Häder, 1999). Bei der Verbrennung bzw. Zersetzung der Biomasse wird das C in Form von CO₂ wieder freigesetzt. Durch die Freisetzung von dem in der organischen Masse gespeicherten C im Zuge der natürlichen Zersetzung bzw. bei der Umwandlung in eine andere Landnutzungsform wird der Wald zur CO₂-Quelle (Hall & House, 1994; Pistorius, 2008; Köhl *et al.*, 2009; UNEP, 2012). Die Tropenwälder haben eine besonders wichtige Rolle als CO₂-Senke inne, da sie 55 % des in den Wäldern der Erde gespeicherten Kohlenstoffs enthalten (Pan *et al.*, 2011).

Laut Stern (2007) wird angesichts des Ausmaßes der Emissionen aus Entwaldung jedes Abkommen zum Klimawandel, das die Forstwirtschaft nicht vollständig integriert, versagen, wenn es darum geht, die erforderlichen Reduktionsziele zu erreichen.

In der Klimaforschung ist der Zusammenhang von der Erwärmung der Atmosphäre und der Ozeane, dem Abschmelzen von Schnee und Eis sowie dem ansteigenden Meeresspiegel mit der Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre unbestritten (Stocker *et al.*, 2014). Die Konzentration von CO₂, dem mit 57 % in Bezug auf die Erderwärmung wichtigsten anthropogenen Treibhausgas (Stocker *et al.*, 2014), hat 1950 erstmals den höchsten Wert der

2. Einführung

letzten 650.000 Jahre überschritten (NASA, 2016). Im Januar 2016 lag die atmosphärische CO₂-Konzentration bei 402,26 ppm (NASA, 2016).

Zur Begrenzung des Klimawandels wurde 1997 mit dem Kyoto-Protokoll, das 2005 in Kraft trat, eine Reduzierung des Treibhausgasausstoßes international vereinbart. Im Rahmen des Kyoto-Protokolls konnten die Unterzeichnerstaaten ihre Reduktionsziele durch nationale Maßnahmen und mit Hilfe von drei marktbasierenden Mechanismen, dem Emissionshandel, dem Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung (CDM) und Gemeinschaftsreduktionen (JI) realisieren (UNFCCC, 2014). In Bezug auf den Wald sind Maßnahmen im Rahmen der CDM auf Wiederaufforstungen und Aufforstungen beschränkt (UNFCCC, 2014), die auf dem Handel mit Emissionszertifikaten beruhen. Dieser konnte sich jedoch nicht etablieren und der Preis für CO₂-Zertifikate ist verfallen. Die erste Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls ist 2012 ausgelaufen. In der zweiten Verpflichtungsperiode (2013-2020) verbleiben nach dem Austritt von Neuseeland, Japan und Russland nur noch die Teilnehmerstaaten, die insgesamt weniger als 15 % der globalen Emissionen auf sich vereinen (BMUB, 2016).

Schließlich wurde seit 2007 mit REDUCING EMISSIONS FROM DEFORESTATION AND DEGRADATION (REDD), Verringerung von Emissionen aus Entwaldung und Degradierung, und nach Ergänzungen 2010 mit REDD+ von der internationalen Staatengemeinschaft ein Mechanismus entwickelt, welcher finanzielle Anreize für vermiedene Entwaldung und Walddegradierung ermöglicht. Da 97 % der Entwaldung in den Jahren 1990 bis 2000 in tropischen Ländern stattfand, können die im Rahmen von REDD+ bereitgestellten Gelder, die bis zu 30 Mrd. US \$ pro Jahr betragen, somit neben der Halbierung der CO₂-Emissionen von 2005 bis 2030 eine Nord-Süd-Finanzierung für die Armutsbekämpfung sowie den Erhalt der Biodiversität und Ökosysteme bewerkstelligen (Angelsen *et al.*, 2009).

Länder sollen dafür entschädigt bzw. belohnt werden, wenn sie ihre Wälder schützen und erhalten. Im Rahmen von REDD+ werden derzeit fünf nationale Aktivitäten anerkannt: Reduzierung von Emissionen aus Entwaldung, Reduzierung von Emissionen aus Walddegradierung, nachhaltige Waldbewirtschaftung, Erhaltung des im Wald gespeicherten CO₂, Erhöhung des im Wald gespeicherten CO₂ (Warner & Zakieldeen, 2012; UNFCCC, 2013).

Im Rahmen der BONN CHALLENGE verabschiedeten hochrangige Regierungsvertreter 2011 eine globale Initiative, um 150 Mio. ha von entwaldetem und degradiertem Land bis 2020 und 350 Mio. ha bis 2030 aufzuforsten (IUCN, 2016). Das 2020 Ziel der Bonn Challenge wurde 2014 auf dem Klimagipfel der Vereinten Nationen bestätigt und erweitert. 180 Regierungen, Unternehmen, indigene Organisationen und Nichtregierungsorganisationen verabschiedeten die NEW YORK DECLARATION ON FORESTS (NYDF) mit dem Ziel, den Verlust an Naturwäldern global bis 2020 zu halbieren und bis 2030 zu stoppen (UN, 2014).

Waldflächenverluste und Walddegradierungen erfolgen zu einem hohen Anteil unkontrolliert

2. Einführung

und illegal. Illegaler Holzeinschlag findet immer dann statt, wenn Holz geerntet, transportiert, gekauft oder verkauft und dabei gegen nationales Recht verstoßen wird (Brack & Hayman, 2001). Der Anteil illegalen Holzes in den wichtigsten Tropenländern ist unbekannt. Schätzungen gehen von einem Anteil von 40 - 80 % aus (Luttrell *et al.*, 2011). Nellemann (2012) schätzt den Anteil des illegalen Holzes auf 50 - 90 % und 15 - 30 % am gesamten international gehandelten Holz mit einem Profit aus dem Verkauf von 11 Mrd. US \$ pro Jahr.

Gegen den illegalen Holzhandel und die negativen Auswirkungen auf den Wald wurden zahlreiche laterale und bilaterale Programme ratifiziert. Von besonderer Bedeutung ist das Washingtoner Artenschutzabkommen, ein Übereinkommen über den internationalen Handel mit gefährdeten Arten freilebender Tiere und Pflanzen, CONVENTION ON INTERNATIONAL TRADE IN ENDANGERED SPECIES OF WILD FAUNA AND FLORA (CITES). Das CITES-Abkommen haben heute 180 Länder unterzeichnet (CITES, 2014). Im Hinblick auf die Problematik des illegal geschlagenen Holzes hat CITES nur auf die im Abkommen etwa 350 gelisteten Baumarten Einfluss (Chen, 2006; Nellemann, 2012). Es sind derzeit nur 7 Baumarten im Anhang I des Abkommens gelistet und somit vollständig geschützt (CITES, 2014).

Die USA, Australien und die Europäische Union haben Gesetze und Verordnungen erlassen, die die Einfuhr von Holz, das aus illegalen Quellen stammt, verbieten. Darunter fallen der U.S. LACEY ACT 2008, der AUSTRALIAN ILLEGAL LOGGING PROHIBITION ACT 2012 und die europäische Holzhandelsverordnung, EUROPEAN UNION TIMBER REGULATION 2013 (EUTR). Die EUTR ist Bestandteil des FOREST LAW ENFORCEMENT GOVERNANCE AND TRADE-Aktionsplans (FLEGT), den die Europäische Union 2003 als Maßnahmenpaket verabschiedete, um den illegalen Holzeinschlag durch die Stärkung von legaler und nachhaltiger Forstwirtschaft zu bekämpfen (BMZ, 2007). Bis Mitte 2016 ist noch keine FLEGT-Lizenz von der Europäischen Union vergeben worden (EFI, 2016).

Nach der UN-Konferenz in Rio de Janeiro 1992 entstand ausgehend vom Markt ein Prozess, in dem sich die private und freiwillige Zertifizierung etablierte. Weltweit bestehen über 90 verschiedene nationale Zertifizierungssysteme (ETIFOR, 2014). Weltweit haben sich 2 Systeme etabliert: das FOREST STEWARDSHIP COUNCIL (FSC) und das PROGRAMME FOR THE ENDORSEMENT OF FOREST CERTIFICATION SCHEMES (PEFC). Die großen Waldzertifizierungssysteme fordern von ihren Mitgliedern eine nachhaltige Waldbewirtschaftung, SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT (SFM), mit dem Ziel der kontinuierlichen Bereitstellung von Holz und Nicht-Holzprodukten sowie von sozialen und kulturellen Dienstleistungen des Waldes und des Ökosystems Wald als Grundlage für eine nachhaltige Entwicklung der Forstwirtschaft (FAO, 2001). Im Mai 2013 betrug die gesamte Waldfläche, die nach FSC bzw. PEFC zertifiziert ist, 417 Mio. ha. Das ist im Vergleich zum Mai 2012 eine Zunahme von 8,5 %. Somit beträgt die zertifizierte Waldfläche mehr als 10 % des globalen Waldes (UNECE & FAO, 2013). 92 % der zertifizierten Wälder liegen in der nördlichen Hemisphäre und nur 2 % in den Tropen (UNECE

2. Einführung

& FAO, 2012).

Der Holzverarbeitenden Industrie kommt eine entscheidende Rolle zu, da sie Produkte entwickelt und herstellt, die im Vergleich zu Konkurrenzprodukten geringere CO₂-Emissionen aufweisen und CO₂ über die Produktlebensdauer binden (Frühwald & Solberg, 1995; Frühwald *et al.*, 2002; Köhl *et al.*, 2009; Knauf *et al.*, 2015). Der Vergleich von CO₂-Emissionen bei der Produktion von verschiedenen Baustoffen verdeutlicht die positiven Eigenschaften des Werkstoffs Holz. Für die Herstellung von einer Tonne unverleimtem und luftgetrocknetem Vollholz wird der Atmosphäre 1.550 kg CO₂ entzogen. Bei der Herstellung von einer Tonne Stahlbeton werden 1.540 kg CO₂, bei einer Tonne Aluminium 13.000 kg CO₂ ausgestoßen (IBO, 2014).

Betrachtet man die Wertschöpfungskette Holz, wird klar wie eng vernetzt der Produktionsort Wald und die nachgelagerten Prozesse sind. Im Rahmen der Wertschöpfungskette Holz werden Bäume gepflanzt, gepflegt, geerntet, transportiert, verarbeitet und in andere Produkte umgewandelt, zum Konsumenten transportiert und schließlich entsorgt (Ingram *et al.*, 2014). Der Begriff Wertschöpfungskette symbolisiert das Zusammenspiel verschiedener Aktivitäten und Akteure, bei denen Rohstoffe verarbeitet, veredelt und schließlich entsorgt werden (Kaplinsky & Morris, 2000). Wertschöpfungsketten bestehen auf lokaler, regionaler oder internationaler Ebene. Die gehandelten Produkte haben untereinander verschiedene Wertigkeiten, diese sind meist ökonomischer oft aber auch sozialer und ökologischer Natur (Ingram *et al.*, 2014).

Der Wert auf den verschiedenen Ebenen der Wertschöpfungskette ist meist sehr unterschiedlich. Der Hauptgewinn liegt überwiegend bei den großen, internationalen Unternehmen (Ingram *et al.*, 2014). Als ein Hauptaugenmerk für Verbesserungen innerhalb der Wertschöpfungskette nennen Morris (2001) die Steigerung der Effizienz in den einzelnen Unternehmen, sowie das Einführen neuer Produkte, oder verbesserter Produkte. Einhergehend mit einer Wertsteigerung auf jeder Stufe der Wertschöpfungskette Holz ist aufgrund der Verarbeitung meistens die Abnahme des eingesetzten Volumens.

Die Verwendung von Holzprodukten sollte in Form einer Kaskadennutzung erfolgen, die eine Weiterverarbeitung zu Holzwerkstoffen bzw. die energetische Verwertung am Ende der Produktlebensdauer von Holzprodukten umsetzt (Huber, 2010; Shabani *et al.*, 2013). Neben der stofflichen Nutzung kommt der energetischen Verwendung von Biomasse zur Emissionsvermeidung im Zuge der Diskussion zum Klimawandel eine Schlüsselfunktion zu (McKendry, 2002; Silveira, 2005; Ladanai & Vinterbäck, 2009). Die steigende Nachfrage und die zunehmende Verknappung fossiler Energieträger sowie die weiterhin steigenden Rohstoffpreise (Fell, 2007; Nitsch, 2012) sind weitere Gründe für die Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen.

2.2. Problemstellung

Die Forst- und Holzwirtschaft in den Tropen ist durch eine geringe Ressourceneffizienz gekennzeichnet (Dykstra, 1992; Noack, 1995; Enters, 2001; McLeish & Susanty, 2001). Bei der Holzernte bleiben hohe Anteile an Restholz ungenutzt im Wald zurück. Ferner werden Stämme beim Rücken vergessen und es kommt beim Fällen zu Schäden am verbleibenden Bestand (Gerwing *et al.*, 1996; Uhl *et al.*, 1997). Die Ausbeute bei der Holzernte am Einzelbaum beträgt nach Noack (1995) 53,5 %. Studien von Dykstra (1992) zeigen eine durchschnittlichen Ausbeute von 50 % am Einzelbaum.

In vielen tropischen Ländern greifen Maßnahmen und Initiativen hin zu einer kontrollierten Forstwirtschaft (Blaser *et al.*, 2011). So wird SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT (SFM) gefördert, implementiert und angewendet. Grundsatz der nachhaltigen Forstwirtschaft ist es, die negativen Auswirkungen der Entnahme zu minimieren und unter Abwägen ökonomischer, ökologischer und sozialer Aspekte die Eingriffe zu planen, um das Ökosystem Wald zu schonen, zu schützen und zu erhalten (ITTO, 2005).

Neben den Verlusten bei der Holzernte bleibt ein hoher Anteil des Holzes bei der Verarbeitung im Sägewerk ungenutzt und wird unmittelbar „vernichtet“. Die Praxis zeigt, dass in vielen tropischen Ländern die Sägewerksindustrie durch eine geringe Ausbeute gekennzeichnet ist (Dykstra, 1992; Noack, 1995; Verissimo *et al.*, 1995; Enters, 2001; Owusu *et al.*, 2011; Bholanath, 2012). So werden in den Tropen (siehe 3.4) aus dem bereits im Sägewerk befindlichen Rundholz lediglich 15 % (Kainulainen, 2007) bis 60 % (Noack, 1995) zu Produkten verarbeitet. Ein hoher Anteil der hochwertigen Hölzer wird direkt am Sägewerk verbrannt (vgl. Abb. 2.1). Im Gegensatz zu den im Wald verbleibenden Resthölzern stehen die im Holz enthaltenen Nährstoffe der Sägewerksresthölzer dem Ökosystem Wald nicht mehr zur Verfügung.

Die in der Literatur genannten Gründe für die geringe Ausbeute liegen in veralteten, schlecht gewarteten Maschinen, ungeschultem Personal und unzureichender Betriebsführung (vgl. Kapitel 3.4).

Die erste Stufe der Holzverarbeitung findet überwiegend in Sägewerken statt, wo das geerntete Rundholz zu Schnittholz gesägt wird. In den Industrieländern maximieren die Sägewerke ihre Ausbeute und die Wertschöpfung am einzelnen Stamm (Fronius, 1991; Lohmann, 2012). Der gesamte Rohstoff, d.h. Sägeprodukte und Sägenebenprodukte, wird verwertet bzw. anderen Industriezweigen zugeführt und dies in der gesamtbetriebswirtschaftlichen Planung des Unternehmens berücksichtigt. In den Tropen werden neben den Verlusten am Stammholz ein großer Teil der beim Rundholzeinschnitt anfallenden Koppelprodukte, wie Resthölzer, Rinde und Sägespäne, weder einer stofflichen noch energetischen Nutzung zugeführt Dykstra (1992). Das geerntete Rundholz wird überwiegend mit Lkws transportiert. Aufgrund guter Kontrollen und

2. Einführung



Abbildung 2.1.: Problemstellung: Verbrennen von großen Mengen an Tropenholz im Sägewerk

dem direkten Transport zum Werk können Transportverluste weitestgehend ausgeschlossen werden.

Etwa 45 % des weltweit geernteten Holzes wird zur Zeit als Brennholz verwendet (Köhl *et al.*, 2015). Andererseits werden große Mengen an Sägerestholz ohne energetische Nutzung als „Abfall“ verbrannt und das Potenzial zur energetischen Nutzung vertan.

In Holzwerkstoffwerken werden Resthölzer und Sägenebenprodukte wie Schwarten, Spreißel und Sägespäne verwendet. Jedoch sind die Investitionskosten von etwa 100 Mio. € für ein Spanplatten- oder MDF-Werk äußerst kapitalintensiv (Schulte *et al.*, 2002). Ferner bedarf es für die Optimierung und Ausschöpfung des Potenzials der modernen Anlagen Expertenwissen und technisches Know-how. Außerdem ist eine kontinuierliche und nachhaltige Rohstoffversorgung notwendig. Daher sind solche modernen Werke für tropische Länder oft keine Handlungsoption.

Im Vergleich zur geregelten Forstwirtschaft fallen in der Holzverarbeitenden Industrie Maßnahmen zur Ressourceneffizienz vorwiegend in die Verantwortlichkeit des einzelnen Betriebes und unterliegen keiner externen Kontrolle, es sei denn der Betrieb ist zertifiziert.

In vielen tropischen Ländern mangelt es neben verlässlichen Daten zur Schrittholzausbeute an

2. Einführung

Studien, welche auf Basis der eingesetzten Rundhölzer sowie der Sägewerkstechnik vor Ort die potenziell mögliche Ausbeute aufzeigen und Handlungsempfehlungen für eine Steigerung der Ressourceneffizienz für die Praxis benennen.

Eine schematische Darstellung von der Holzernte bis zum fertigen Schnittholz und möglicher Gründe für Verluste bzw. eine geringe Ressourceneffizienz wird in Abb. 2.2 skizziert.

Laut ITTO (2012) wurden 2011 in den produzierenden tropischen Mitgliedsländern 173.600.000 m³ Rundholz geerntet. Hiervon gelangten 12.300.000 m³ Rundholz in den Export.

2.3. Zielsetzung

Ziel der Arbeit ist es aufzuzeigen, welches Potenzial im Kontext der Waldproblematik und des Klimawandels hinter der Waldgrenze in der holzverarbeitenden Industrie liegt, und inwiefern es notwendig ist, den derzeitigen politischen Fokus von der reinen Waldbetrachtung auf die holzverarbeitende Industrie zu erweitern.

Es soll untersucht werden, inwieweit eine Erhöhung der Ressourceneffizienz beim Stammholzeinschnitt die Nachhaltigkeit in der Forst-Holz-Kette fördern kann. Fokus der Arbeit ist hierbei die erste Verarbeitungsstufe bei der Schnittholzerzeugung in den Sägewerken.

Eine Querschnittsanalyse, die den holzverarbeitenden Sektor aus der Waldperspektive heraus betrachtet, soll Ergebnisse vorlegen, die durch eine bessere Ressourcennutzung zum Walderhalt beitragen und für die Umweltpolitik als Handlungsempfehlungen dienen können.

In einem deskriptiven Ansatz sollen die Gegebenheiten in den Sägewerken vor Ort und insbesondere die Ausbeutesituation erfasst werden.

Eine Betrachtung der Resthölzer erfolgt nur auf deren energetische Verwertung, da das Investitionsvolumen für den Aufbau von Technologien wie Plattenwerkstoffen zu hoch ist und meist das verfügbare Restholzvolumen zu gering ist, um eine nachhaltige Produktion zu gewährleisten.

Vor dem Hintergrund dieser Zielsetzung soll am Fallbeispiel Surinam abgeschätzt werden, welche Auswirkungen eine Ausbeuteverbesserung hat, mit Fokus auf eine:

- Erhöhung der Schnittholzproduktion,
- Erhöhung des Rohertrags,
- Reduzierung des Rundholzeinsatzes,
- Reduzierung der genutzten Stämme,
- Reduzierung der bewirtschafteten Waldfläche.

2. Einführung

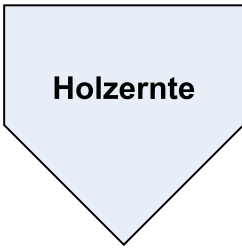
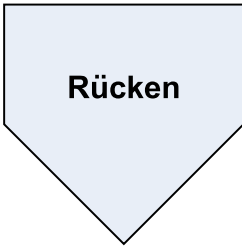
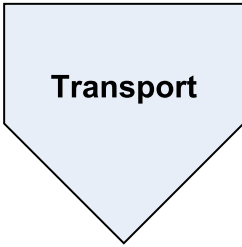

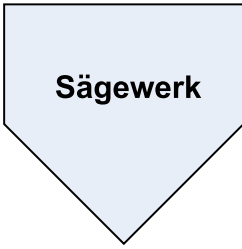
Verluste von der Holzernte bis zum fertigen Schnittholz	
Aktivität / Ort	mögliche Ursachen
 <p>Holzernte</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Stammlänge zu kurz / Durchmesser zu klein, - vor dem Fällen nicht sichtbare Fäule / Defekte, - Stockhöhe zu hoch, - aufgerissen / gebrochen bei der Fällung, - in anderen Bäumen hängengeblieben, - mitgerissene / angeschobene Bäume, - weitere Gründe.
 <p>Rücken</p>	<ul style="list-style-type: none"> - vergessen / Stamm nicht gefunden, - beschädigt beim Rücken, - aussortiert, da Qualität zu schlecht, - beschädigt durch andere gefällte Bäume, - weitere Gründe.
 <p>Transport</p>	<ul style="list-style-type: none"> - vergessen / beschädigt beim Laden, - gesunken beim Wassertransport, - weitere Gründe.
 <p>Rundholzplatz</p>	<ul style="list-style-type: none"> - beschädigt beim Poltern, - kappen der Endstücke, - Befall von Insekten / Pilzen, - aussortiert, da falsche Dimension / Länge, - weitere Gründe.
 <p>Sägewerk</p>	<ul style="list-style-type: none"> - veraltete Maschinen, - Bedienfehler, - falsche Technik, - falsche Sortierung, - falsche Schnittbildauswahl, - weitere Gründe.

Abbildung 2.2.: Schematische Darstellung der einzelnen Arbeitsschritte innerhalb der Wertschöpfungskette Holz und mögliche Ursachen für eine geringe Ressourceneffizienz

2. Einführung

Hierbei soll das Gesamtpotenzial und das Potenzial auf Basis von organisatorischen Anpassungen und Verbesserungen dargestellt werden.

Ferner soll das Substitutionspotential durch die energetische Verwendung der Resthölzer als Ersatz für fossile Energieträger sowie das daraus resultierende CO₂-Einsparungspotenzial dargestellt werden.

2.4. Auswahl des Untersuchungsgebiets und Aufbau der Arbeit

Die empirische Untersuchung wird am Fallbeispiel Surinam durchgeführt. Surinam zeichnet sich durch seine isolierte Lage in Südamerika und intensive Kontrollen der Forstverwaltung aus. Es wurde ein System implementiert, das es ermöglicht, jeden Stamm vom Sägewerk bis zum Wuchsort zurückzuverfolgen. Hierdurch sind unkontrollierte Holzlieferungen ins Ausland weitgehend ausgeschlossen (Playfair, 2007). Auch kann auf eine gesicherte Datenbasis der Forstverwaltung zurückgegriffen werden.

Das tropische Land ist geprägt von einer hohen Bewaldung (94 %), großen Flächen zusammenhängender Tropenwälder, einer geringen Bevölkerungsdichte und einer niedrigen Entwaldungsrate (World Bank, 2014).

Durch die ortsansässigen Forschungsinstitutionen wurde bereits in den 1980er Jahren ein Bewirtschaftungssystem entwickelt, das Komponenten der nachhaltigen Forstwirtschaft SFM und RIL (REDUCED IMPACT LOGGING) beinhaltet (Lamprecht, 1989; Hendrison, 1990; Steege, H. ter *et al.*, 2003; Werger, 2011). In diesem Zusammenhang wurde das erste RIL-System in Südamerika in Surinam (Werger, 2011) etabliert. Grundlagen der nachhaltigen Waldbewirtschaftung sind Bestandteil der heutigen Forstwirtschaft, die eine zentrale Rolle in Surinam spielt. Die Regierung von Surinam spricht sich klar für die nachhaltige Waldwirtschaft aus (President of Suriname, 1992; Playfair, 2007).

Zur Analyse der Ressourcennutzung in der holzverarbeitenden Industrie Surinams werden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- quantitative und qualitative Beschreibung des Rundholzes,
- Expertenbefragungen in Sägewerken und Holzhandelsbetrieben,
- Erhebung der Schnittholzausbeute und Simulation der potenziellen Schnittholzausbeute,
- Betrachtung der energetischen Verwertung der Resthölzer.

Die Kapitel 3 (Schnittholzproduktion in den Tropen) und 4 (Grundlagen der Schnittholzerzeugung) stellen die Grundlagen der Untersuchungen vor. Aufgrund des Umfangs und der unterschiedlichen Vorgehensweisen und Methoden werden nachfolgend die oben aufgeführten

2. Einführung

Untersuchungen in eigenen Kapiteln (Kapitel 5 bis 8) mit einer Beschreibung der Methode, Zusammenführung der Ergebnisse und abschließender Diskussion abgehandelt.

Den Abschluss bildet die Gesamtdiskussion (Kapitel 9) mit einer Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse aus den Einzelstudien, einer kritischen Beurteilung, Schlussfolgerungen für die praktische Umsetzung, für weitere Forschungsarbeiten sowie für den internationalen Wald- und Klimaschutz. Auf dieser Basis werden abschließend Handlungsempfehlungen für die Umweltpolitik entwickelt. In Abb. 2.3 ist der Aufbau der vorliegenden Studie dargestellt.

2. Einführung

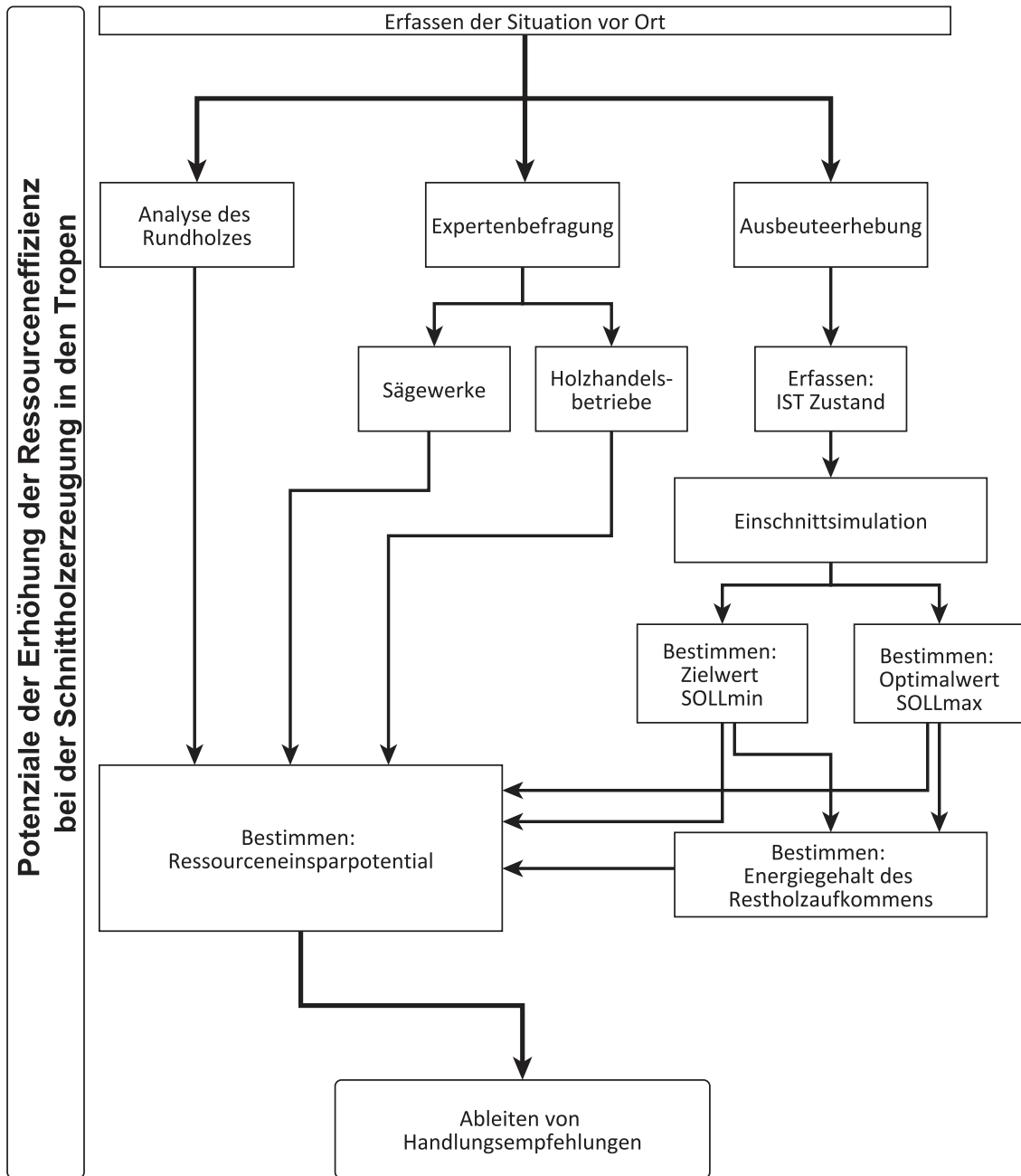


Abbildung 2.3.: Aufbau der Arbeit

3. Holzproduktion in den Tropen

In diesem Kapitel werden auf Basis einer Literaturstudie die Besonderheiten der Forst- und Holzwirtschaft und im Besonderen die Schnittholzerzeugung in den Tropen dargestellt. Ein besonderer Schwerpunkt wird auf die Ausbeute in den Sägewerken gelegt. Es werden eingehender die Gegebenheiten in Surinam erörtert. Die Literaturstudie dient als Grundlage für die weitere Arbeit.

3.1. Forst- und Holzwirtschaft in den Tropen

Die Wälder der Tropen gehören zu den artenreichsten Ökosystemen der Erde (Wilson, 1995). Die Tropen erstrecken sich auf knapp 48 Mio. km² bzw. auf fast 36 % der eisfreien Erdoberfläche entlang des Äquators mit dem Wendekreis des Krebses (23,27° nördlicher Breite) als nördliche Grenze und dem Wendekreis des Steinbocks (23,27° südlicher Breite) als südliche Grenze. Die feuchten Tropen befinden sich in der Zone von 0° bis 10° Süd oder Nord (Richter, 2014c). Die gesamte Tropenwaldfläche beträgt 7,61 Mio. km², wovon 4,03 Mio. km² bewirtschaftet werden und 3,58 Mio. km² geschützt sind (Blaser *et al.*, 2011). Die größten Regenwaldregionen sind Amazonien (60 %), das Kongo-Becken (22 %) und Südost-Asien (18 %) (FAO & ITTO, 2011). Die Tropen bedecken knapp ein Drittel der gesamten Waldfläche der Erde (FAO, 2010). Im Vergleich zu den gemäßigten Breiten zeichnen sich die inneren Tropen durch ein Tageszeitenklima und eine überwiegend gleichbleibende Tageslänge aus (Schultz, 2000; Frey & Lösch, 2010). Das ganze Jahr über erscheinen die meisten Tropenwälder grün und monoton (Whitmore, 1998).

Die Baumartendiversität nimmt zum Äquator hin zu und hat ihren Höhepunkt in den feuchten Tropen (Gentry, 1988a; Terborgh *et al.*, 1992; Givnish, 1999), wobei es große Unterschiede zwischen den Kontinenten und Regionen gibt (Gentry, 1988b; Phillips *et al.*, 1994; Steege, H. ter, 2000). Im amazonischen Tiefland wachsen etwa 16.000 verschiedene Baumarten, wobei 227 Baumarten (1,4 %) dominant sind. Sie umfassen fast die Hälfte aller Bäume im Amazonas. Dem stehen 11.000 seltene Baumarten gegenüber, die nur 0,12 % der Baumzahl ausmachen (Steege, H. ter *et al.*, 2013).

Im Gegensatz zur Artenvielfalt sind tropische Böden oftmals besonders arm an Nährstoffen. Besonders im Amazonas-Gebiet dienen die Böden nicht, wie in den gemäßigten Breiten, als

3. Holzproduktion in den Tropen

Nährstoffreservoir. Sie sind überwiegend stark verwittert und aufgrund heftiger und regelmäßiger Regenfälle ausgewaschen und arm an Nährstoffen (Tiessen *et al.*, 1994; Begon *et al.*, 2009). Die meisten Nährstoffe sind in der pflanzlichen Biomasse gespeichert und werden durch den Blattfall und die Zersetzung von abgestorbenen Pflanzen wieder frei gesetzt und stehen somit anderen Pflanzen zur Verfügung.

Die Zersetzung der Biomasse erfolgt in den Tropen im Vergleich zu den gemäßigten Breiten bis zu zehnmal so schnell (Olson, 1963; Vanclay, 1994). Ein Geflecht von Wurzeln und Pilzen sorgt dafür, dass Nährstoffe sofort wieder aufgenommen werden (Proctor *et al.*, 1989; Brouwer, 1996).

Bei der Bewirtschaftung der Wälder werden aufgrund der hohen Artenvielfalt und limitierten Absatzmöglichkeiten für die meisten Baumarten oftmals nur 1 bis 20 Bäume/ha geerntet (Sessions *et al.*, 2007; Putz *et al.*, 2008b). Das hohe Volumen an hölzerner Biomasse in den Tropen führt aufgrund fehlender Absatzmöglichkeiten vieler Baumarten nicht zwangsläufig zu großen Mengen an vermarktungsfähigem Holz (Wadsworth, 2000).

Hinzu kommt, dass bereits nach der ersten Holzernte die Nutzungsmengen drastisch zurückgehen (Putz *et al.*, 2012). Aufgrund von rudimentärer Fälltechnik sowie schlechter Arbeitsvorbereitung und Planung werden viele Bäume bei der Fällung und beim Rücken eines Baumes beschädigt (Henderson, 1990; Putz *et al.*, 2008b). Da nur eine sehr kleine Auswahl an Holzarten auf dem Markt nachgefragt wird, erweist sich die tropische Forstwirtschaft als stark selektiv (Putz *et al.*, 2008b). Die Schäden pro Flächeneinheit sind relativ gering, wobei die Schäden pro Kubikmeter geerntetes Holz erheblich sein können (Dykstra, 2002; Putz *et al.*, 2008b).

Die Holz- und Forstwirtschaft in den Tropen ist geprägt durch die Vergabe von Nutzungsrechten in Form von Konzessionen. Eine Forstkonzession ist ein Vertrag zwischen einem Waldbesitzer und einer zur Holzernte berechtigten Person (Gray, 2002; Günter *et al.*, 2011). Die Konzessionen unterscheiden sich deutlich in Nutzungsdauer, Größe, Entnahmemengen und Übertragbarkeit der Rechte (Applegate *et al.*, 2004). Eine häufig vertretene Meinung, dass die langfristige Vergabe von Konzessionen als Anreiz für die nachhaltige Waldbewirtschaftung aufgrund der höheren Planungssicherheit dient, kann nicht bestätigt werden (Walker & Smith, 1993; Gray, 1994; Boscolo & Vincent, 2000).

Vielmehr bieten kurzzeitige, erneuerbare Verträge, die auf Leistungsbasis erstellt und streng kontrolliert werden, eine höhere Garantie für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung sowie hohe Qualität und Leistung der Konzessionäre (Gray, 2002). Konzessionen können sich enorm in ihrer Größe unterscheiden und übersteigen oftmals die tatsächlichen Bedürfnisse eines Unternehmens. Dies kann als eine Ursache für einen nicht nachhaltigen Umgang mit den Ressourcen angesehen werden, da nicht sorgfältig gewirtschaftet wird und jeweils nur die besten Stammteile genutzt werden (Gray, 2002).

3. Holzproduktion in den Tropen

Eine reduzierte Eingriffshäufigkeit würde sich sowohl auf den Kohlenstoffhaushalt als auch die Biodiversität positiv auswirken, jedoch finanzielle Nachteile infolge verlängerter Nutzungszeiträume nach sich ziehen. In der tropischen Forstwirtschaft wird meist vorzeitigen und wiederholten Erntemaßnahmen der Vorzug gegeben, was unter kurzfristigen wirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoll erscheint, jedoch nachteilig für künftige Entnahmemengen, den Kohlenstoffhaushalt und die Biodiversität ist (Putz *et al.*, 2012).

Weltweit werden nur etwa 25 % der tropischen Feuchtwälder, die für die Holzwirtschaft ausgewiesen sind, von ländlichen und indigenen Gemeinschaften bewirtschaftet (White & Martin, 2002).

Die zertifizierte Waldfläche in den ITTO-Ländern ist von 2005 bis 2010 um 105.000 km² auf 170.000 km² angestiegen (Blaser *et al.*, 2011). Die Fläche der nachhaltig bewirtschafteten Tropenwälder hat von 2005 bis 2010 um 300.000 km² zugenommen, dennoch beträgt sie immer noch weniger als 10 % der gesamten Tropenwaldfläche (Blaser *et al.*, 2011).

3.2. Forst- und Holzwirtschaft in Surinam

Surinam ist eines der nördlichsten Länder Südamerikas. Es liegt direkt am atlantischen Ozean. Östlich und westlich umgeben von Guyana und Französisch-Guyana grenzt es im Süden an Brasilien zwischen dem 2° N und 6° N sowie 54° W bis 58° W. Surinam liegt auf dem präkambrischen Guyana-Schild, die höchste Erhebung des Landes ist der Juliana Top mit 1.280 m (ITTO, 2011a).

Das in Surinam vorherrschende tropische Klima ist gekennzeichnet durch eine mittlere Jahrestemperatur von 26,7° C und einen durchschnittlichen Jahresniederschlag von 2.330 mm (World Bank, 2014). Im Jahresverlauf gibt es zwei Trocken- und zwei Regenzeiten: die kleine Regenzeit im Februar und März und die große Regenzeit, welche im August beginnt und bis November dauert. Auf diese folgen die Trockenzeiten (Nurmohamed & Naipal, 2011).

Mit seinen 530.000 Einwohnern, was 3 Einwohnern/km² entspricht, zählt die ehemals niederländische Kolonie zu den bevölkerungsärmsten Ländern der Welt (FAO, 2010). Siedlungen finden sich überwiegend im Norden des Landes. Hier liegt auch die Hauptstadt Paramaribo. Dort leben etwa 70 % der Bevölkerung (World Bank, 2014).

Aufgrund der geringen Bevölkerungszahl herrscht in Surinam kein hoher Nutzungsdruck auf die Wälder. Zwischen 1990 und 2010 verringerte sich die Waldfläche um 18.000 ha, was 0,1 % der Waldfläche entspricht (FAO, 2010). Der Waldverlust seit 1650 wird auf 400.000 ha (etwa 3 % der heutigen Waldfläche) geschätzt (Bhairo-Marhé *et al.*, 2009).

3. Holzproduktion in den Tropen

Surinam ist eines der waldreichsten Länder der Erde, 91 % der Landesfläche sind mit Wald bedeckt (FAO, 2010). 13 Mio. ha gelten als Primärwald. Derzeit sind 4,5 Mio. ha für die forstliche Nutzung ausgewiesen (Government of Suriname, 2009). Schätzungen zufolge hat auf 744.000 ha Wald über einen längeren Zeitraum selektive Holznutzung stattgefunden, in den vergangenen fünf Jahrzehnten mit höherer Intensität. Dieser Wald gilt als „selektiv genutzter Primärwald“ (ITTO, 2011a). Der Holzeinschlag konzentriert sich derzeit auf eine Fläche von 2,8 Mio. ha, den sog. „Waldgürtel“, der sich von Ost nach West durch das Land zieht (Abb. 3.1). Er ist durch Straßen und schiffbare Flüsse erschlossen. 13 % der Landesfläche sind als Waldschutzgebiete deklariert, die überwiegend im Zentrum Surinams liegen (Playfair, 2007; FAO, 2010; Schönfeld *et al.*, 2013).



Abbildung 3.1.: Surinam, Lage des Waldgürtels und der Schutzgebiete

Entlang der Atlantikküste erstrecken sich auf etwa 10 % der Landesfläche Mangrovenwälder.

3. Holzproduktion in den Tropen

Den größten Flächenanteil nimmt mit 79 % der tropische Regenwald ein. Auf den sich wie ein schmales Band von Ost nach West durch den Regenwald ziehenden Trockenstandorten haben sich auf ca. 1 % der Landesfläche Savannen gebildet (Bhairo-Marh  et al., 2009; FAO, 2010). In nachstehender Tabelle 3.1 sind die Waldflächen und deren Anteil an der Landesfläche dargestellt.

Tabelle 3.1.: Waldfläche in Surinam

	km ²	Anteil an der Landesfläche %
Landesfläche	164.000	100
Waldfläche	148.000	91
Primärwald	130.000	80
Bewirtschaftung vorgesehen	45.000	27
Waldschutzgebiete*	21.300	13

Quelle: (Government of Suriname, 2009), *(Playfair, 2007)

Die Wälder des Guyana-Shields gelten als die ältesten Wälder und weisen eine weit überdurchschnittliche Artenvielfalt auf (Steege, H. ter et al., 2013). Surinam verfügt über intakte Waldökosysteme von einzigartiger Bedeutung. Darin findet sich eine Vielzahl an Arten (siehe Tab. 3.2). Der Artenreichtum spiegelt sich auch in den über 400 Baumarten wider (SBB, 2014a), welcher im Vergleich zu Zentral- und West-Amazonas jedoch niedriger ist (Steege, H. ter et al., 2000; Steege, H. ter, 2000).

Tabelle 3.2.: Artenvielfalt in Surinam

	n
Pflanzenarten	5.800
davon endemisch	200
Säugetierarten	185
Vogelarten	668
Reptilienarten	152
Amphibienarten	95
Fischarten	790

Quelle: (Malone, 2007)

Im Jahr 2011 wurden in Surinam 362.000 m³ Rundholz eingeschlagen. Im Verlauf der letzten Jahre hat die Holzproduktion zugenommen und sich in der Zeit von 2009 bis 2011 nahezu verdoppelt (Matai, 2012a).

Im gesamten Forstsektor sind landesweit etwa 5.000 Arbeitnehmer beschäftigt. Dies entspricht 4 % der surinamischen Arbeitnehmer (Matai, 2012a). Die Holzwirtschaft trägt mit 1,3 % zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) bei. Den größten Anteil am BIP haben der Bergbausektor (Gold, Bauxit) und die Roholgewinnung.

Seit den 1980er Jahren hat der Goldabbau deutlich an wirtschaftlicher Bedeutung gewonnen.

3. Holzproduktion in den Tropen

Dies wirkt sich durch Rodungen und den Einsatz von Chemikalien, insbesondere Quecksilber, negativ auf Wald und Umwelt aus (Gray *et al.*, 2002). 20.000 bis 25.000 unorganisierte und staatlich nicht kontrollierte Arbeiter suchen in den Wäldern Surinams nach Gold (Gemerts, 2013). Die durch Goldsuche entwaldeten Gebiete werden auf bis zu 2.300 km² im Jahre 2010 geschätzt (Gemerts, 2013). Die von den Goldsuchern gerodeten Gebiete erscheinen relativ klein. Jedoch konzentrieren sie sich in bestimmten Regionen.

Die aufgegebenen Schürfgebiete unterliegen der natürlichen Sukzession und bewalden sich nur langsam. Im Vergleich zu den ursprünglichen Wäldern sind diese wieder bewaldeten Flächen artenarm und monoton (Peterson & Heemskerk, 2001). Schätzungen zufolge wird für die Gewinnung von 1 kg Gold etwa 1 kg Quecksilber verwendet, welches unkontrolliert in die Umwelt gelangt (Gemerts, 2013). Bei Fischen aus dem 1.560 km² großen Brokopondo-Stausee können deutlich erhöhte Quecksilbergehalte festgestellt werden (Mol *et al.*, 2001).

Waldbewirtschaftung durch Konzessionen

Laut Verfassung von 1987 gehören die Wälder, außer solche auf Privatland, dem Staat. Somit befindet sich nahezu der gesamte Wald (97 %) im Eigentum des Staates (FAO, 2010). Die Grundlagen für eine nachhaltige Bewirtschaftung des Waldes sind im 1992 geschaffenen nationalen Waldgesetz festgeschrieben (President of Suriname, 1992; Bhairo-Marhé *et al.*, 2009). Neben Vorgaben zum Schutz der Umwelt und der biologischen Vielfalt werden Holzproduktion, Holzverarbeitung und Holzexport geregelt.

Die 1998 gegründete nationale Forstverwaltung, die Stiftung für Waldmanagement und Waldaufsicht STICHTING VOOR BOSBEHEER EN BOSTOEZICHT (SBB) mit 200 Mitarbeitern, kontrolliert und verwaltet die Waldbewirtschaftung (SBB, 2014a). Zu den Kernaufgaben von SBB zählen die Förderung und Entwicklung des Forstsektors mit dem Ziel, eine nachhaltige Waldbewirtschaftung und optimale Nutzung der Wälder in Surinam zu etablieren und die Einhaltung der Forstgesetze zu überwachen (Bhairo-Marhé *et al.*, 2009; SBB, 2014a). Die Forstverwaltung ist zudem für die Politikberatung in Wald- und Umweltfragen zuständig und berät die Regierung auch bei internationalen Verhandlungen.

Derzeit werden 16.000 km² Wald (etwa 11 % der Waldfläche) von Konzessionären auf Grundlage vom Staat vergebener Nutzungsrechte zur Holzernte bewirtschaftet (SBB, 2014a). Konzessionen können nur von surinamischen Bürgern oder Unternehmen beantragt werden (President of Suriname, 1992). Die Größe einer Forstkonzession ist gekoppelt an die Bewirtschaftungsdauer. Dabei wird zwischen kurz-, mittel- und langfristigen Konzessionen unterschieden (Tabelle 3.3) (President of Suriname, 1992). Von dieser Staffelung sind auch die an den Staat zu entrichtenden Gebühren abhängig.

Um eine hohe Wertschöpfung im Land zu erwirtschaften und den Rundholzexport auf einem niedrigen Niveau zu halten, sind Vorgaben für die industrielle Weiterverarbeitung im Forst-

3. Holzproduktion in den Tropen

Tabelle 3.3.: Konzessionsgrößen und Auflagen

Größe ha	Vergabedauer Jahre	Anforderungen
bis 5.000	1 - 5	keine
5.000 - 50.000	5 - 10	Betrieb eines Sägewerks
50.000 - 150.000	10 - 20	integrierte Weiterverarbeitung

Quelle: Eigene Darstellung nach President of Suriname (1992)

gesetz verankert. So müssen die Inhaber mittelgroßer Konzessionen zumindest ein Sägewerk betreiben. Bei großen Konzessionen wird vom Gesetz eine integrierte Weiterverarbeitung verlangt (President of Suriname, 1992).

Die staatlichen Einnahmen aus der Forstwirtschaft setzen sich aus einer Bewirtschaftungsgebühr pro Jahr und Hektar sowie einer Abgabe pro geerntetem Kubikmeter Stammholz zusammen. Hierbei wird zwischen marktgängigen und anderen Baumarten unterschieden. Für marktgängige Baumarten (Typ A) betragen die Abgaben derzeit 4,60 €/m³, für die übrigen (Typ B) 4,25 €/m³. Die Erweiterung des Spektrums an nutzbaren Hölzern ist ausdrückliches Ziel der Forstverwaltung (SBB, 2014a).

Das gesetzlich festgeschriebene, maximale Einschlagvolumen beträgt 25 m³/ha in einem Nutzungszeitraum von 25 Jahren (SBB, 2014a). Im landesweiten Durchschnitt werden jedoch nur 15 m³/ha geerntet (Matai, 2012b). Als Gründe hierfür werden eine unzureichende Holzqualität in den Konzessionen, die Vielfalt an Baumarten, wovon viele kaum marktfähig sind, Schutzstreifen an Wasserläufen, an denen Entnahmen verboten sind und vorgeschriebene Mindestabstände zwischen den zu entnehmenden Bäumen aufgeführt (Matai, 2012b).

Konzessionäre sind verpflichtet, zunächst eine Vollaufnahme der Einschlaggebiete durchzuführen und alle kommerziellen Bäume über 30 cm Brusthöhendurchmesser (BHD) zu erfassen (President of Suriname, 1992). Anhand der Informationen aus der Vollaufnahme erstellen die Konzessionäre Karten der Hiebsorte, markieren die zu fällenden Bäume im Gelände und beantragen eine Genehmigung zur Fällung bei der Forstverwaltung.

Im Zuge der Holzernte werden Stamm und Wurzelstock dauerhaft mit einer Nummer markiert. Somit ist die Rückverfolgbarkeit aller Stämme bis hin zu ihren Wuchsorten gegeben. Auf den Polterplätzen kontrollieren Mitarbeiter der Forstverwaltung die Stämme, kennzeichnen diese mit einem Siegelhammer und geben sie für den Transport frei. An 9 Kontrollposten im Land werden Ladung und Frachtpapiere der Holzlasten überprüft.

Zusätzlich werden regelmäßig die Sägewerke aufgesucht, falls Holz über die Flüsse angeliefert wurde. Neben der intensiven Kontrolle ist die transparente Darstellung der Holznutzung wesentlicher Bestandteil der Politik der Forstverwaltung. Frei zugänglich werden auf den Inter-

3. Holzproduktion in den Tropen

netseiten die Namen der Konzessionsinhaber, ihre Einschlagsmengen und die Holzexporteure genannt (Schönfeld *et al.*, 2013; SBB, 2014a).

Aufgrund der umfassenden Kontrollen der Forstbehörde im Wald, in den Sägewerken und auf den lokalen Schnittholzmärkten kann ein illegaler Holzhandel nahezu ausgeschlossen werden. Die Entwicklung der letzten Jahre hin zu mobilen Kleinstsägewerken, die einfach im Wald zu installieren sind, muss sorgfältig beobachtet werden, um den illegalen Holzhandel zu unterbinden (Kanten & Matai, 2010).

Nach dem FOREST STEWARDSHIP COUNCIL (FSC) zertifiziert sind 6 Forstkonzessionen in Surinam (FSC, 2015). Insgesamt handelt es sich um fast 430.000 ha. Dies entspricht knapp 15 % der gesamten Konzessionsflächen (SBB, 2014b).

CELOS Management System

Das Zentrum für landwirtschaftliche Forschung in Surinam CENTER FOR AGRICULTURE RESEARCH IN SURINAME, CELOS, hat in den 1980er Jahren das CELOS Management System entwickelt, das aus den Komponenten des CELOS SILVICULTURAL SYSTEM (CSS) und dem CELOS HARVESTING SYSTEMS (CHS) besteht (Lamprecht, 1989; Hendrison, 1990).

Ziel des CSS ist die Produktion von hochwertigem Holz in kurzen Zeiträumen in Primärwäldern bzw. nahezu unberührten Wäldern in Surinam. Um den Anteil kommerzieller Baumarten zu erhöhen, werden diese durch Beseitigung nicht kommerzieller Bäume freigestellt (Graaf, 1986; Steege, H. ter *et al.*, 1996; Payer, 2015). Durch den reduzierten Konkurrenzdruck wird angenommen, dass der Zuwachs an den kommerziellen Baumarten höher sein wird (Steege, H. ter *et al.*, 1996, 2003). Es wird ein Zuwachs von etwa 40 m³ an kommerziellen Baumarten in 20 bis 25 Jahren erwartet, wovon 25 m³ nach weiteren 25 Jahren geerntet werden können (Werger, 2011). Das CSS wurde auf kleinen Versuchsflächen entwickelt und im praxisnahen Betrieb getestet (Graaf, 1986).

Mit dem CHS soll die Qualität des verbleibenden Bestandes durch optimale Planung der Eingriffe und die Minimierung von Fäll- und Rückeschäden erhöht werden (Hendrison, 1990; Steege, H. ter *et al.*, 2003). In Feldversuchen konnte nachgewiesen werden, dass die durch eine detaillierte Planung anfallenden höheren Investitionskosten durch eine Effizienzsteigerung bei der Holzernte und -bringung zurückgewonnen werden konnten (Hendrison, 1990). Das CHS gilt als das erste System in Südamerika, mit dem die schonende Holzernte eingeführt wurde (Werger, 2011).

Holzwirtschaft und allgemeine Wirtschaftslage in Surinam

Die Holzwirtschaft in Surinam besteht überwiegend aus Sägewerksbetrieben. Daneben gibt es eine Sperrholzfabrik, einige Möbelhersteller, Tischler und Holzhandelsbetriebe. Bei den Sä-

3. Holzproduktion in den Tropen

gewerken handelt es sich meist um inhabergeführte Familienbetriebe und einige wenige internationale Unternehmen. Im Land gibt es nur geringe Trocknungskapazitäten. Eine weitere Veredelung des Schnittholzes findet nur begrenzt statt (Matai, 2012b).

Surinam verfügte im Jahr 2011 mit 76 Sägewerken über eine auf Grundlage der installierten Sägen geschätzten Kapazität von 850.000 m³ Rundholzinput pro Jahr (Matai, 2012b). Bei Vollausslastung und einer angenommenen Ausbeute von 40 % könnte die Schnittholzproduktion rein rechnerisch etwa 340.000 m³/Jahr betragen. 2011 wurden jedoch nur 100.000 m³ Schnittholz produziert (Matai, 2012a). Das Hauptprodukt der Sägeindustrie ist Schnittholz verschiedener Dimensionen (Latten, Bretter, Rahmen, Bohlen, Balken). Die Schnittholzproduktion hat sich in den vergangenen 20 Jahren nahezu verdreifacht.

Die überwiegende Anzahl der Sägewerke befindet sich im näheren Umfeld der Hauptstadt, siehe Abb. 3.2. Dies kann zum einen mit einer Absatzorientierung begründet werden, zum anderen mit der Verfügbarkeit von Arbeitskräften.

In der einzigen Sperrholzfabrik des Landes wurden 2011 rund 2.500 m³ Sperrholz erzeugt (Matai, 2012a). Durch technische Defekte kommt es zu häufigen Betriebsausfällen, so dass die Produktion in den letzten Jahren immer wieder stillstand. Erschwerend kommen Engpässe bei der Rohstoffversorgung hinzu, da das Werk für die Produktion ausschließlich auf leichte und weiche Hölzer angewiesen ist. Bisher wurde überwiegend *Virola spp.* verwendet. Das führte zur Übernutzung der Bestände in der Umgebung der Fabrik, so dass die Transportentfernungen für das Holz immer größer wurden.

Etwa 80 % des in Surinam geernteten Rundholzes wird lokal zu Schnittholz verarbeitet (Matai, 2012a). In den vergangenen 10 Jahren wurden im Schnitt 120 verschiedene (SBB, 2014a) Holzarten pro Jahr eingeschnitten. Trotz guter technischer Holzeigenschaften vieler Hölzer (Comvalius, 2010) bevorzugen die Konzessionäre aufgrund der Marktakzeptanz 10 - 15 verschiedene Holzarten. Dies führt langfristig zu einer Veränderung der Baumartenzusammensetzung in den Wäldern. Ferner kommt es zu höheren Erntekosten, da die gesetzlich zulässige Erntemenge pro Hektar und Einschlagzyklus aufgrund der auf wenige Holzarten konzentrierten Nachfrage nicht erreicht wird, da diese nicht in ausreichendem Umfang vorhanden sind. Dies hat zur Folge, dass sich der Einschlag auf eine größere Fläche ausweitet.

In den Export gelangte 2011 etwa ein Drittel (98.000 m³) des geernteten Holzes im Wert von 14,2 Mio. US \$ (0,3 % des BIP), hiervon rund 90 % als Rundholz. Asien, insbesondere China, ist die Hauptexportregion und nimmt fast ausschließlich Rundholz ab (siehe Tab. 3.4), während in die EU überwiegend Schnittholz exportiert wird (Matai, 2012a).

Holzexport betreiben 70 Unternehmen (SBB, 2014a). Hiervon entfallen auf 6 Holzexporteure 60 % des Holzexports. Im Jahr 2011 wurden Hölzer von 72 Baumarten exportiert (Matai, 2012a). Fast 50 % des Rundholzexports entfielen auf die folgenden 5 Baumarten, Tab. 3.5:

3. Holzproduktion in den Tropen

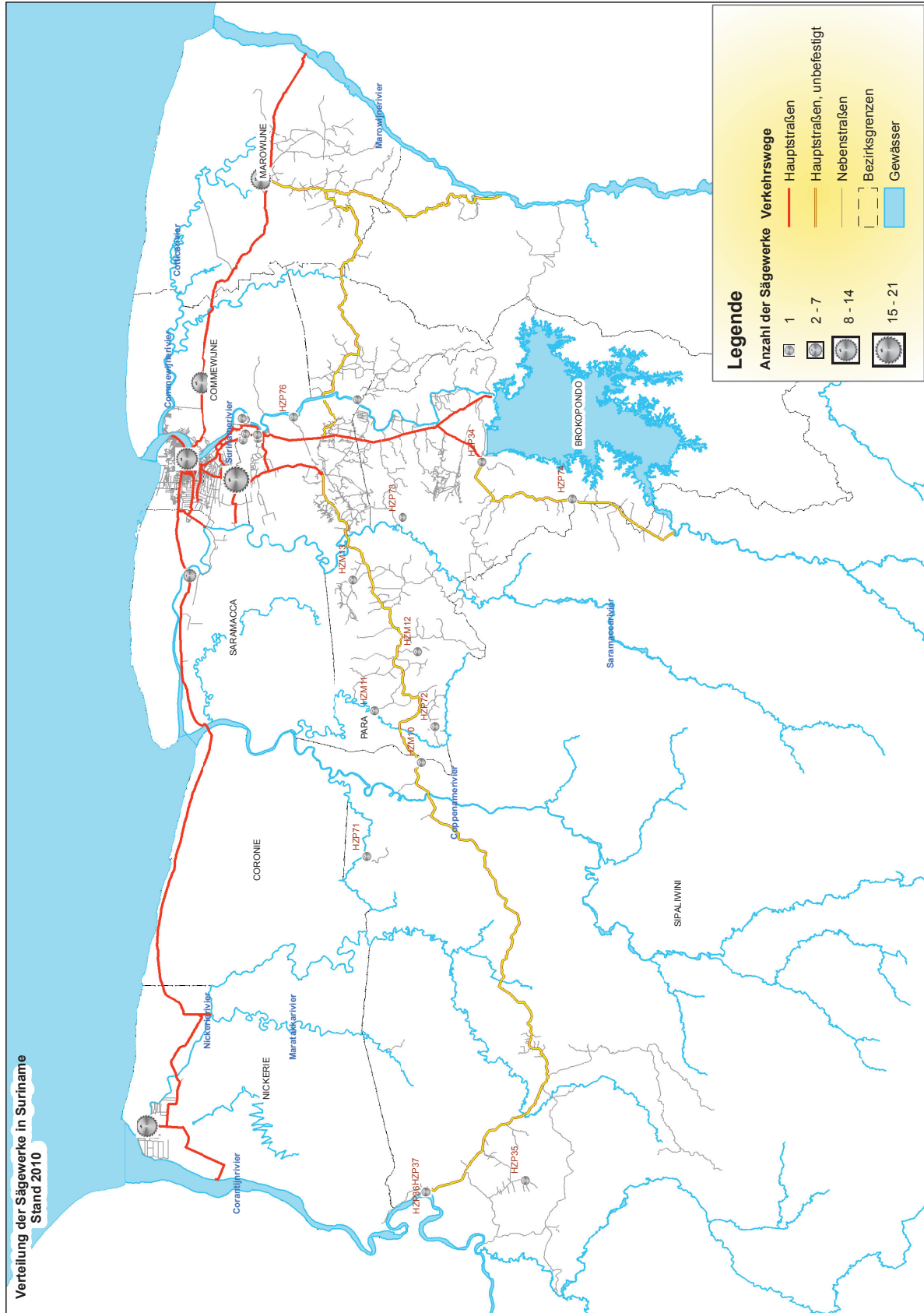


Abbildung 3.2.: Sägewerke in Suriname (nach SBB 2010)

3. Holzproduktion in den Tropen

Tabelle 3.4.: Anteil des Holzexports nach Regionen

Asien	91 %
Europäische Union	5 %
Nordamerika	2 %
Südamerika	1 %
Karibik	1 %

Quelle: (Matai, 2012a)

Tabelle 3.5.: Rundholzexport nach Holzarten

<i>Dicorynia guianensis</i>	21 %
<i>Peltogyne venosa</i>	13 %
<i>Manilkara bidentata</i>	7 %
<i>Vatairea guianensis</i>	4 %
<i>Vataireopsis speciosa</i>	4 %

Quelle: (Matai, 2012a)

Ähnlich verhält es sich beim Schnittholzexport. Fast 70 % des Gesamtexports basieren auf 5 Holzarten (Tab. 3.6), 87 % auf nur 10 Holzarten.

Tabelle 3.6.: Schnittholzexport nach Holzarten; (Matai, 2012a)

<i>Dicorynia guianensis</i>	34 %
<i>Eperua falcata</i>	15 %
<i>Vatairea guianensis</i>	7 %
<i>Qualea rosea</i>	7 %
<i>Tabebuia serratifolia</i>	6 %

Quelle: (Matai, 2012a)

Der Holzexport hat in den letzten 10 Jahren zugenommen. Im Jahr 2000 wurden etwa 18.000 m³ Holz exportiert. Die Ausfuhr steigerte sich bis 2010 auf 54.000 m³ und 2011 sogar um 82 % im Vergleich zum Vorjahr auf 98.000 m³ (Matai, 2012a).

Auf den Holzexport von Surinam entfielen 2011 0,6 % des Gesamtexportwertes (Matai, 2012a).

Holzimporte wie Spanplatten und Holzfasernplatten umfassten 2011 0,2 % der nationalen Gesamtimporte. Aus der Gegenüberstellung von Holzproduktion, Holzeinfuhren und –ausfuhren ergibt sich der einheimische Verbrauch an Holz. Demnach betrug der Holzverbrauch 2011 174.000 m³. Das entspricht einem durchschnittlichen Pro-Kopf-Verbrauch von 0,32 m³ (Matai, 2012a).

Wichtige Kennzahlen von Surinam sind in Tabelle 3.7 zusammengefasst. Hervorzuheben ist eine Bevölkerung von rund 0,5 Mio. Einwohnern, was in etwa der Einwohnerzahl Hannovers entspricht bei einer Landesfläche von etwa der Hälfte Deutschlands.

Die nachfolgende Abbildung 3.3 stellt den Holzfluss und Tendenzen des Kapazitätsaufbaus

3. Holzproduktion in den Tropen

Tabelle 3.7.: Kennzahlen für Surinam 2011

	Einheit	
Einwohner	n	539.000
Bruttoinlandsprodukt	US \$	4,2 Mrd.
Einnahmen aus dem Holzexport	US \$	14,2 Mio.
Pro-Kopf-Einkommen	US \$	7.300
Nationales Wirtschaftswachstum	%	4,7
Wachstum im Forst- und Holzsektor seit 2010	%	48
Einschlagsunternehmen	n	166
Aktive Sägewerke	n	62

Quelle: (Matai, 2012a)

bzw. -abbaus auf Basis der Holzeinschlagstatistik und der Produktionsstatistik nach Matai (2012a) in Surinam dar. Das produzierte Rundholz wird von Exporteuren, Sägern oder dem einzigen Sperrholzwerk in Surinam abgenommen. Das produzierte Schnittholz wird als Bauholz im Hausbau, für Schalbretter und Gerüste verwendet. Der Bau von Holzhäusern ist in Surinam stark rückläufig. Auch im Möbelbau ist ein abnehmender Absatz zu verzeichnen, der überwiegend auf den Import von günstigen Möbeln aus Holzwerkstoffen zurückzuführen ist. Die Palettenindustrie verzeichnet einen gleichbleibenden Absatz. Hauptabnehmer sind die Bananenexporteure Matai (2012b).

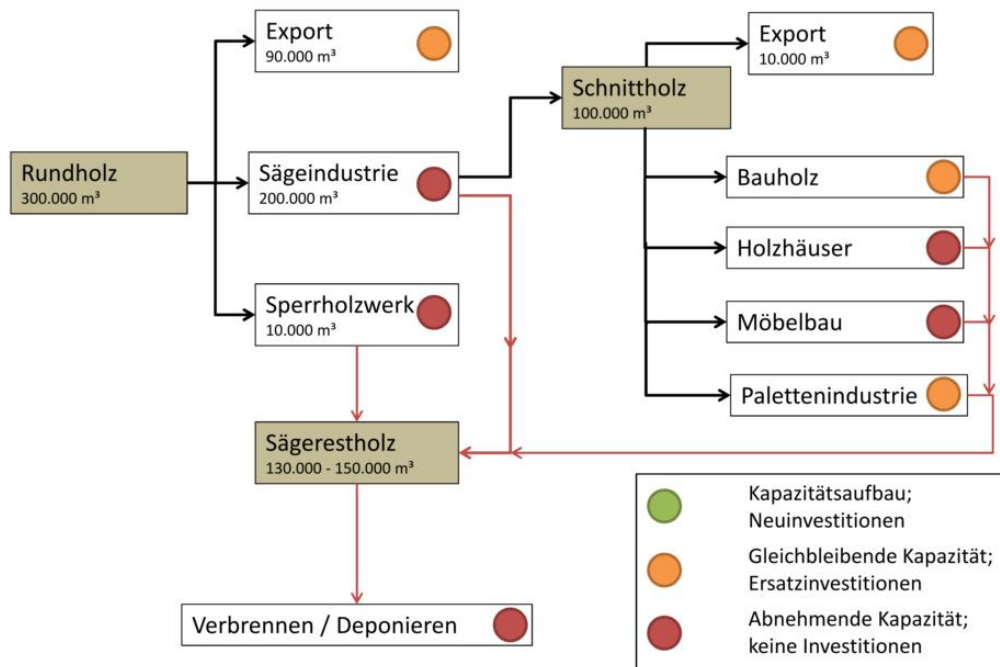


Abbildung 3.3.: Ist-Situation Holzfluss in Surinam 2011; Datengrundlage (Matai, 2012a)

3.3. Holzernteverluste

In diesem Teilkapitel werden Studien dargestellt und deren Ergebnisse zusammengefasst, welche Holzernteverluste in den Tropen untersucht haben. Die Darstellung konzentriert sich dabei auf direkte Verluste bei der Holzernte sowie vergessene bzw. zurückgelassene Stämme beim Rücken.

In einer Studie in Sarawak (Malaysia) ermittelte Noack (1971), dass 54 % des überirdischen Baumvolumens in Form von Stammholz aus dem Bestand entnommen werden. Diese Werte werden von McLeish & Susanty (2001) bestätigt. In tropischen Ländern wird die Ausbeute bei der Holzernte in Bezug auf die überirdische Biomasse in Afrika auf 54 %, im asiatisch-pazifischen Raum auf 46 %, in Lateinamerika und der in Karibik auf 56 % und im Durchschnitt auf 50 % in allen tropischen Ländern geschätzt (Dykstra, 1992).

Noack (1995) untersuchte im Rahmen der ITTO-Studie „Better utilisation of tropical timber resources in order to improve sustainability and reduce negative ecological impacts“ von 1991 bis 1994 die Holzernte in Ghana, Kamerun, Ost-Kalimantan und Sarawak. Die durchschnittliche Entnahmemenge bei der Holzernte von Bäumen über 20 cm BHD in Form des Stammes beträgt 53,5 % des Gesamtvolumens. Demnach verteilt sich das Volumen der Ernterückstände zu 4,6 % auf die Stümpfe, zu 5,2 % auf Brettwurzeln, zu 10,4 % auf Kappstücke und zu 26,3 % auf Kronenhölzer.

Die Ausbeute bei der Holzernte in Malaysia und Sri Lanka liegt bei 30-48 %, in China liegt sie bei 63 % (Enters, 2001). Enters (2001) kommt zu der Aussage, „dass für jeden aus dem Wald entnommenen Kubikmeter Holz ein weiterer im Wald zurückgelassen wird“.

All diese Angaben beziehen sich nur auf das von einem gefällten Baum entnommene Holzvolumen. Weitere meist zurückgelassene Holzernterückstände entstehen durch beschädigte oder umgerissene Bäume sowie durch die Anlage von Rückegassen und die Holzbringung. Thurland (1999) berichtet von einer Reduzierung des stehenden Bestandsvolumens bei einer unkontrollierten Holzernte in Terenggau, einer Provinz in Malaysia, von 50-70 %.

Barreto *et al.* (1998) führte Studien im östlichen Amazonasgebiet durch. Er kam zu dem Schluss, dass 26 % des geernteten Stammvolumens vergessen werden oder aufgrund von Beschädigungen im Bestand zurückbleiben.

Pearson *et al.* (2014) untersuchten das Volumen der Holzernterückstände in Belize, Bolivien, Brasilien, Guyana, Indonesien und der Republik Kongo. Demnach ist das Volumen der Ernterückstände zwei- bis fünfmal höher als das entnommene Holzvolumen.

In einer vom Autor dieser Arbeit betreuten Masterarbeit untersuchte Rütters (2016) Holzernteverluste in Surinam. Die Ergebnisse zeigen, dass von einem gefällten Baum 46 % Eingang ins Sägewerk finden, jedoch weitere 37 % für den Einschnitt im Sägewerk geeignet gewesen

3. Holzproduktion in den Tropen

wären. Etwa 17 % gelten als nicht geeignet für den Einschnitt im Sägewerk. Im Rahmen der Studie wurde zudem erfasst, wie viele Stämme im Wald zurückgelassen bzw. vergessen wurden. Es zeigte sich, dass 9,5 % der Entnahmemenge im Wald zurückgelassen wurde. An den vorgefundenen Stämmen konnten keine Schäden, die das Zurücklassen begründen, gefunden werden. Ferner wurden die Schäden, die bei der Fällung entstanden sind, untersucht. Es wurden nur gravierende Schäden (umgeworfen, mitgerissen, Schrägstand $\geq 45^\circ$, Krone um mehr als $2/3$ beschädigt) an den Nachbarbäumen erfasst. Demnach hat ein gefälltter Baum einen Schaden von $3,7 \text{ m}^3$ Stammholz an den benachbarten Bäumen verursacht, wovon etwa 90 % für einen Einschnitt im Sägewerk geeignet gewesen wären. Es bleibt jedoch zu beachten, dass es sich bei den beschädigten Bäumen meist um in Surinam derzeit nicht kommerzielle Holzarten handelt.

Nach Pulkki *et al.* (2001) sind die niedrigen Nutzungssätze auf die Ausbildung und Fähigkeiten der Arbeiter, eine geringe Nachfrage für Stammhölzer mit einer niedrigeren Qualität und in den unterschiedlichen Definitionen und Auffassungen begründet, welches Holz als verkaufbar gilt.

Marn & Jonkers (1981) berichten, dass 20 % des eingeschlagenen Holzvolumens im Bestand zurückgelassen wurden, weil der Rucker die Stämme nicht gefunden hat. Dies wird im Rahmen einer Studie im brasilianischen Bundesstaat Pará von Uhl *et al.* (1997) bestätigt. Gerwing *et al.* (1996) kommen ebenfalls bei einer Studie in Pará zu dem Schluss, dass 22 % des eingeschlagenen Holzvolumens im Bestand vergessen wird.

Die Anwendung von REDUCED IMPACT LOGGING (RIL) ist ein entscheidender Faktor zur Erhöhung der Ausbeute bei der Holzernte (Putz *et al.*, 2008a; Medjibe *et al.*, 2011; Sist *et al.*, 2014). Außerdem werden Schäden am verbleibenden Bestand, Boden und an Wasserläufen reduziert. Ferner konnte aufgezeigt werden, dass durch die konsequente Anwendung von RIL die Rentabilität, die Effizienz sowie Arbeitssicherheitsstandards erhöht werden (Pulkki *et al.*, 2001). In Tab. 3.8 sind die Ergebnisse der Literaturstudie zusammengefasst.

3.4. Schnittholzausbeute in den Tropen

Nachfolgend werden ausgewählte Studien aufgeführt, die sich mit der Holzwirtschaft und Schnittholzausbeute in tropischen Ländern befassen. Wie in Kapitel 4 dargestellt ist zur Beschreibung der Ressourceneffizienz in der ersten Verarbeitungsstufe die Schnittholzausbeute eine wesentliche Größe. Für eine Übersicht werden die Literatur in Bezug auf die Schnittholzausbeute in tropischen Ländern ausgewertet und Besonderheiten aufgeführt. Studien zu Schnittholzausbeuten in Sägewerken sind aufgrund des Lokalkontextes jedoch nur bedingt zu verallgemeinern, da die Schnittholzprodukte sowie die eingesetzten Baumarten entsprechend

3. Holzproduktion in den Tropen

Tabelle 3.8.: Ausbeute bei der Holzernte in den Tropen, Literaturübersicht

Land/Region	Ausbeute in %	Bezugsgröße	Autor(en)
Malaysia	54	Einzelstamm	Noack (1971)
Malaysia	54	Einzelstamm	McLeish & Susanty (2001)
Afrika	54		
Asien (pazifisch)	46		
Lateinamerika	56	Einzelstamm	Dykstra (1992)
Karibik	56		
Tropen	50		
Ghana			
Kamerun	53,5	Einzelstamm	Noack (1995)
Ost-Kalimantan			
Sarawak			
Malaysia	30-48	Einzelstamm	Enters (2001)
Sri Lanka			
China	63		
Belize			
Bolivien			
Brasilien	20-50	Einzelstamm	Pearson <i>et al.</i> (2014)
Guyana			
Indonesien			
Republik Kongo			
Surinam	46	Einzelstamm	Rütters (2016)
Malaysia	Schäden von 50-70	stehendes Volumen	Thurland (1999)

ihrer Dimensionen und Qualität Einfluss auf die Schnittholzausbeute haben (siehe Kapitel 4.4).

Die Studien zeigen grundsätzliche Probleme hinsichtlich der Verarbeitung auf. Trotz der unterschiedlichen, in den einzelnen Ländern vorherrschenden sonstigen Bedingungen werden als Begründung für die geringe Ausbeute überwiegend unzureichendes Management, unzureichend ausgebildetes Personal sowie veraltete und unzureichend gewartete Maschinen aufgeführt.

Im Anschluss an die folgenden Ausführungen sind in Tab. 3.9 publizierte Studien in einer Übersicht chronologisch zusammenfasst.

Dykstra (1992) stellte fest, dass etwa 60 % der Sägeabfälle in den Tropen ungenutzt bleiben. Die geringe Wertschätzung der Ressource Holz führt dazu, dass Wälder in der Wahrnehmung der lokalen Bevölkerung und Regierung einen niedrigeren Wert als andere Landnutzungsformen erhalten. Um dies zu verhindern, müssen die Ressourcen der tropischen Wälder zu einem höheren Teil genutzt werden (Dykstra & Heinrich, 1992). Der Wert des Waldes und des entnommenen Holzes wird maßgeblich durch das Wissen bestimmt, wie das Holz im Sägewerk am effizientesten und gewinnbringendsten verarbeitet wird (Loehnertz *et al.*, 1996).

Die ITTO Studie „Better utilisation of tropical timber resources in order to improve sustainability and reduce negative ecological impacts“ untersuchte von 1991 bis 1994 die Schnittholzaus-

3. Holzproduktion in den Tropen

beute in Ghana, Kamerun, Ost-Kalimantan und Sarawak. Messungen in Sägewerken ergaben für die Haupterzeugnisse in Ghana Ausbeuten zwischen 45 - 55 %, in Kamerun zwischen 33 - 56 %, in Ost-Kalimantan zwischen 40 - 60 % sowie in Sarawak zwischen 45 - 57 % (Noack, 1995).

Barros & Uhl (1995) untersuchten Sägewerke entlang des Amazonas und berichten von Ausbeutewerten von 34,3 %.

Verissimo *et al.* (1995) untersuchten Ausbeuten im Amazonasgebiet beim Einschnitt von *Swietenia macrophylla*. Die Ausbeuten lagen im Durchschnitt bei 45,5 %.

Nach Gerwing *et al.* (1996) beträgt die Ausbeute bei der Schnittholzproduktion im brasilianischen Amazonas 35 %. Als Gründe für die geringe Ausbeute wird schlechtes Lagerplatzmanagement sowie eine den Anforderungen nicht entsprechende Technik und deren Alter angegeben. Weiter wird ausgeführt, dass im Rahmen von einfachen Techniken eine Ausbeuteerhöhung von bis zu 15 % möglich wäre, etwa durch eine verbesserte Rundholzlagerung, Maßnahmen wie eine Versiegelung der Hirnenden der Rundholzstämmen mittels Wachs oder Farbe, um das Austrocknen und die damit einhergehende Rissbildung zu vermeiden. Weiter werden eine adäquate Sägeblattpflege und die Entwicklung von Holzprodukten zur Verwertung kleiner Reststücke genannt.

Uhl *et al.* (1997) untersuchten die Ausbeute bei der Schnittholzproduktion und ermittelten Werte von 33 %. Bei den Arbeiten im brasilianischen Amazonasgebiet wurden Holzernte, Waldbewirtschaftung und Holzverarbeitung einbezogen. Die Autoren folgerten, dass Verbesserungen in diesen Bereichen zu einer Reduzierung der notwendigen Einschlagsfläche eines Unternehmens auf ein Drittel der Fläche bei gleich hoher Schnittholzmenge führen würden (Barros & Uhl, 1995).

Sayer *et al.* (1997) gaben an, dass technische Entwicklungen in der holzverarbeitenden Industrie einen Beitrag zu einer höheren Effizienz und Reduzierung ungenutzter Holzressourcen leisten. In der gleichen Studie kamen die Autoren zu dem Schluss, dass die Manager ihre Naturalausstattung und ihre spezifische Situation kennen müssen. Hierfür benötigten sie Informationen über die Beschaffenheit der Hölzer und Hilfsmittel für die Entscheidungsfindung in der Produktionsplanung.

Enters (1997) weist auf die hohe Anzahl an veralteten Sägewerken im pazifischen Asien hin mit geringen Ausbeuten von oft weniger als 40 %.

Im Rahmen einer ITTO-Studie untersuchte Enters (2001) die Ausbeute in Säge- und Sperrholzwerken in zahlreichen Ländern und berichtet von Ausbeuten von 42 - 60 %, im Mittel 50,8 %.

3. Holzproduktion in den Tropen

In einer Arbeit von Abebe & Holm (2003) wurde eine Schnittholzausbeute in Äthiopien bei fehlerfreiem Stammholz mit 44 % und bei mittlerer Stammholzqualität mit 29 % (im Durchschnitt mit 36 %) angegeben. Abebe & Holm (2003) konzentrierten sich auf die Baumart *A.Adolfi-Friederici*, die 90 % des Einschlags in Äthiopien auf sich vereint. Diese Baumart prägt äußerst starke Brettwurzeln aus. Die Autoren gelangen zu dem Schluss, dass sich die Ausbeute deutlich erhöhen lässt, wenn der untere Stammteil nach Entfernung der Brettwurzeln mit in die Verwertung einfließt. Weitere Optimierung wird durch ein Zopfen mit der Säge statt der Axt angegeben. Eine Verwertung der Resthölzer findet nicht statt.

In einer Untersuchung zu alternativen Energiequellen zum Kochen analysierten Aina *et al.* (2005) die Schnittholzausbeute in nigerianischen Sägewerken und gelangten zu Ausbeutewerten von 56 %. Die Studie führt aus, dass Waldflächenverluste überwiegend auf den verschwenderischen Umgang mit Holz vor allem beim Einschnitt im Sägewerk zurückzuführen sind.

Kambungu *et al.* (2005) untersuchten die Auswirkung verschiedener Sägetypen und Durchmesserklassen auf die Ausbeute. Die durchschnittliche Ausbeute liegt in Uganda in den untersuchten Sägewerken beim Einschnitt von Plantagenhölzern bei 35 %. Die mit 29 % niedrigste Ausbeute wird bei den schwächsten Stämmen und die höchste Ausbeute von 42,8 % bei den stärksten Stämmen erzielt.

Studien von Lasco *et al.* (2006) in Dipterocarpaceae-Wäldern auf den Philippinen untersuchten Kohlenstoffveränderungen in den Wäldern aufgrund der Holzernte. Zusätzlich fanden Messungen in der ersten Verarbeitungsstufe statt. Hierfür wurden in einem Sägewerk Ausbeutewerte erhoben. Diese variierten am Tag von 20 - 48 % und lagen im Durchschnitt bei 32 %. Die durchschnittliche Ausbeute pro Monat betrug 42 %.

Biasi & da Rocha (2007) untersuchten die Ausbeute beim Einschnitt der Holzarten: *Erismia uncinatum*, *Qualea albiflora*, *Mezilaurus itauba* im brasilianischen Amazonas. Die Ausbeute variierte von 49,7 - 65,3 % und lag im Mittel bei 58 %. Im Rahmen der Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Schnittholzausbeute nicht wesentlich zwischen den Durchmesserklassen der drei Holzarten variiert.

Im Rahmen einer Studie über die Effizienz von Sägewerken beim Einschnitt von *Hevea Brasiliensis* aus Plantagen in Thailand nennt Kainulainen (2007) auf Basis einer Befragung in Sägewerken Ausbeutewerte zwischen 15 - 60 %. Schlussfolgernd wird festgestellt, dass die Säger keinen Überblick über ihr Betriebsergebnis haben. In selbiger Studie wurden Messungen in zwei Sägewerken durchgeführt und eine Ausbeute von 33 - 40 % ermittelt.

Macpherson *et al.* (2009) untersuchten im brasilianischen Amazonas die technische Effizienz von Sägewerken, da diese direkten Einfluss auf die notwendige Einschlagsfläche haben könnte, die benötigt wird, um den Rundholzbedarf zu decken. Auf Basis einer Datenanalyse verglichen sie 291 Sägewerke. Die Ausbeutewerte variieren stark mit einer Tendenz dahingehend, dass größere

3. Holzproduktion in den Tropen

Sägewerke eine höhere Ausbeute erzielen. Ferner wurde festgestellt, dass die Ausbeutewerte negativ mit dem Schnittholzpreis korrelieren. Exportsägewerke haben tendenziell eine geringere Ausbeute.

Amoah (2008) untersuchte die Schnittholzausbeute in Sägewerken in Ghana. Die durchschnittliche Ausbeute lag bei 28,3 % und war deutlich niedriger als andere Studien aus Ghana (z.B. Loehnertz *et al.* (1996)) angaben. Die Gründe für die geringe Ausbeute sieht Amoah überwiegend in unzureichendem Management und einem Mangel an einer adäquaten Logistik.

Owusu *et al.* (2011) untersuchten die Einschnittstechniken. Bei Messungen in Sägewerken in Ghana wurden Ausbeuten von 28 - 64 %, im Durchschnitt von 54 % festgestellt. Nasi *et al.* (2011) veröffentlichten in einer Studie zu REDD+ Ausbeutewerte in tropischen Sägewerken von 35 %. In der Studie werden weitere Verluste von bis zu 10 % beim Trocknen genannt.

Danwe *et al.* (2012) beschreiben Ausbeutewerte für Kleinsägewerke in Kamerun von unter 30 %. Sägewerke mit fest installierten Sägen erreichen Werte von 35 % und eine höhere Schnittholzqualität. Hierbei konzentriert sich die Holzwirtschaft auf die 5 Holzarten *Ayous*, *Sapelli*, *Azobe*, *Iroko* und *Fraké*, die etwa 70 % des Einschlags auf sich vereinen.

Bholanath (2012) berichtet von Ausbeuten von 30 - 40 % in Guyana. Gründe hierfür werden in der obsoleten technischen Ausstattung gesehen, wobei das Alter der Maschinen nicht als Hauptgrund aufgeführt wird. Viel mehr werden die mangelnde Wartung und unzureichend ausgebildete Arbeitskräfte als Ursache identifiziert, insbesondere in der Sägeblattpflege.

Zusammenfassend werden die Schnittholzausbeuten in Tab. 3.9 dargestellt.

Schnittholzausbeute in Surinam

Sumter (2012) gibt Ausbeuten von 30 - 45 % an. Im Rahmen der durchgeführten Befragung werden als Gründe veraltete und einfache Maschinen genannt. Eine Erhöhung der Qualität und Ausbeute könnte mit Hilfe moderner Maschinen erreicht werden.

Bhairo-Marhé *et al.* (2009) beschreiben die Ausbeute in Surinam mit 32 - 37 %.

In der Studie von Playfair (2007) zur Analyse des Forst- und Holzsektors unter besonderer Berücksichtigung von illegalen Aktivitäten wird eine Schnittholzausbeute von 40 % genannt.

Asraf *et al.* gaben 2000 die Ausbeute mit 53 % an, wie in TBI (2004) mit der Anmerkung „wahrscheinlich zu hoch“ veröffentlicht.

Whiteman (1999) schätzt auf Basis von Befragungen und Betriebsbesichtigungen die Ausbeute auf 33 - 43 %.

Sizer *et al.* (1995) nennen für die 1995 in Surinam produzierenden Sägewerke eine Ausbeute von 20 - 50 %. Begründet wird die geringe Ausbeute mit unzureichender technischer Ausstattung

3. Holzproduktion in den Tropen

der Sägewerke und veralteten Maschinen sowie besonderen Anforderungen des lokalen Marktes an die Schnittholzerzeugnisse. Eine Zusammenfassung der Ausbeutewerte in Surinam findet sich in Tab. 3.9.

Tabelle 3.9.: Ausbeutewerte, als Indikator für die Ressourceneffizienz bei der Schnittholzerzeugung in den Tropen und gesondert in Surinam, Literaturübersicht

Land/Region	Ausbeute in %	Messverfahren	Autor(en)
Guyana	30-40	geschätzt	Bholanath (2012)
Kamerun	≤ 30	gemessen	Danwe <i>et al.</i> (2012)
Tropen	35	Literaturstudie	Nasi <i>et al.</i> (2011)
Ghana	53,9	k.A.	Owusu <i>et al.</i> (2011)
Ghana	28,3	gemessen	Amoah (2008)
Thailand	15-60	Befragung	Kainulainen (2007)
Thailand	33-40	gemessen	
Brasilien	49-65	gemessen	Biasi & da Rocha (2007)
Philippinen	20-48	gemessen	Lasco <i>et al.</i> (2006)
Nigeria	56	gemessen	Aina <i>et al.</i> (2005)
Uganda	29-43	gemessen	Kambungu <i>et al.</i> (2005)
Äthiopien	36	gemessen	Abebe & Holm (2003)
Asien/USA	42-60	Literaturstudie	Enters (2001)
pazifisches Asien	40	k.A.	Enters (1997)
Brasilien, Amazonas	33	gemessen	Uhl <i>et al.</i> (1997)
Brasilien, Amazonas	35	gemessen	Gerwing <i>et al.</i> (1996)
Ghana	35-40	geschätzt	Loehnertz <i>et al.</i> (1996)
Amazonas	45,5	k.A.	Verissimo <i>et al.</i> (1995)
Ghana	45-55		
Kamerun	33-56		
Ost-Kalimantan	40-60	gemessen	Noack (1995)
Sarawak	45-57		
Amazonas	34,3	k.A.	Barros & Uhl (1995)
Asien-Pazifik	50	geschätzt	Dykstra (1992)
Surinam	30-45	Befragung	Sumter (2012)
Surinam	32-37	geschätzt	Bhairo-Marhé <i>et al.</i> (2009)
Surinam	40	k.A.	Playfair (2007)
Surinam	53	geschätzt	Asraf <i>et al.</i> [2000] ¹
Surinam	33-43	geschätzt	Whiteman (1999)
Surinam	20-50	k.A.	Sizer <i>et al.</i> (1995)

¹ in TBI (2004)

4. Grundlagen der Schnittholzerzeugung

Das im Wald geerntete Holz stellt das erste Produkt in der Holzverwendung dar (Köhl & Marchetti, 2014). Das Rundholz wird für die Erzeugung von Schnittholz und anderen Erzeugnissen im Sägewerk bearbeitet. Im folgenden Kapitel werden die grundlegenden Holzeigenschaften, die Sägetechnik, die bedeutendsten Schritte der Schnittholzerzeugung und die Produktverwertung dargestellt.

4.1. Holzeigenschaften

Stammquerschnittszonen

Rundhölzer werden in die Zonen Splint, Kern und Herz unterteilt. Jede dieser Zonen zeichnet sich durch unterschiedliche baumartenabhängige Qualitätsmerkmale aus. Generell enthält der Splint, wenn er frei von Fehlern zum Einschnitt gelangt, wertvolles Holz. Es gibt Einschränkungen bei einzelnen Baumarten, bei denen Splintholz unerwünscht ist, da es z.B. wenig dauerhaft oder nicht farbstabil ist (Fronius, 1989; Lohmann, 2012; Wagenführ & Scholz, 2012).

Der Kern enthält das höchstwertige Holz, aus dem das Hauptprodukt erstellt wird. Das Herz mit der Markröhre ist meist weitringig, astig und daher minderwertiger. Die Markröhre wird bei Schnittware als Fehler beurteilt, da sie aus nicht verholzten Zellen besteht. Sie sollte beim Einschnitt der Herzzone entfernt werden (Lohmann, 2012; Wagenführ & Scholz, 2012).

4.1.1. Physikalische Kenngrößen

Rohdichte

Die Rohdichte ist eine der wichtigsten Kenngrößen für Hölzer, da sie direkten Einfluss auf deren technische Eigenschaften hat. Die Rohdichte $[\rho]$ wird in g/cm^3 angegeben und errechnet sich aus dem Verhältnis der Masse $[M]$ zu deren Volumen $[V]$ (siehe Formel 4.1) (Köhl & Marchetti, 2014). Mit zunehmender Dichte steigen die Festigkeit und das Quell- und Schwindverhalten. Die Dichte der einzelnen Holzarten variiert in einem Bereich von $0,1 \text{ g/cm}^3$ für *Ochroma pyramidale* (Balsaholz) bis $1,2 \text{ g/cm}^3$ bei *Guaiacum officinale* (Pockholz) (Wagenführ & Scholz, 2012).

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (4.1)$$

Mit zunehmendem Zellwandanteil steigt die Rohdichte und das Porenvolumen sinkt (Niemz, 1993; Czichos *et al.*, 2013).

Die Holzdichte ist von der Feuchtigkeit abhängig. Daher werden die Darrdichte (Masse darrtrocken / Volumen darrtrocken), Normal-Rohdichte (Dichte bei 20 °C und 65 % relativer Luftfeuchte; entspricht etwa 12 % Holzfeuchte) sowie die Rohdichte des Holzes eines frisch gefällten Baumes unterschieden. Die Darrdichte wird erreicht, wenn eine Holzprobe bei 105 °C im Ofen getrocknet wird, bis keine Gewichtsabnahme mehr stattfindet (Lohmann, 2012).

Quell- und Schwindverhalten

Das Quell- und Schwindverhalten variiert stark von Holzart zu Holzart. Durch Veränderungen des Feuchtigkeitsgehaltes innerhalb der Holzkörper ändern sich deren Dimensionen. Bei Erhöhung der Feuchtigkeit kommt es zum Quellen, bei Reduzierung kommt es zum Schwinden. Aufgrund der Anisotropie von Holz unterscheiden sich die Holzeigenschaften in den 3 anatomischen Grundrichtungen des Holzes (axial, radial, tangential). Daher ist auch das Quell- und Schwindverhalten in den 3 Hauptschnitttrichtungen ungleichmäßig (Niemz, 1993):

- In Faserrichtung: gering.
- In Radialrichtung: 10 - 20 mal stärker als in Faserrichtung.
- In Tangentialrichtung: 15 - 30 mal stärker als in Faserrichtung.

Mit zunehmender Rohdichte steigt das Quellverhalten (Lohmann, 2012; Wagenführ & Scholz, 2012; Czichos *et al.*, 2013).

Energiegehalt

Die im Holz gespeicherte Energie wird durch den Brennwert [H] angegeben. Bei absolut trockenem Holz (atro) variiert der Brennwert gering zwischen den verschiedenen europäischen Holzarten und beträgt im Mittel 5,15 kWh/kg (Nussbaumer *et al.*, 1995; Kaltschmitt *et al.*, 2013). Der Brennwert von Laubholz beträgt im Mittel 5,0 kWh/kg, von Nadelhölzern ist er aufgrund des höheren Harzgehaltes etwas höher (Verscheure, 1998). Nach Shmulsky & Jones (2011) ist der Brennwert von harzhaltigen Hölzern 0,3 kWh/kg höher als von nicht harzhaltigen. Der Energiegehalt von europäischen Holzartengruppen, absolut trocken (atro), ist in Tab. 4.1 dargestellt.

Untersuchungen zum Energiegehalt von surinamischen Hölzern hat Mil (2012) durchgeführt. Er berechnet den mittleren Brennwert von *Buchenavia spp.*, *Terminalia spp.*, *Couratari stellata*, *Eperua falcata*, *Erisma uncinatum*, *Goupia glabra*, *Hydrochorea corymbosa*, *Hymenolobium flavum* & *excelsum*, *Ocotea rubra*, *Pseudopiptadenia suaveolens*, *Vochysia guianensis*.

Tabelle 4.1.: Energiegehalt von europäischem Holz (atro)

Laubholz	kWh/kg	5,0*
Nadelholz	kWh/kg	5,4**

Quelle: Verscheure (1998)*, Shmulsky & Jones (2011)**

Der mittlere Brennwert beträgt 5,8 kWh/kg, das untere Perzentil beträgt 5,6 kWh/kg und das obere Perzentil 6,2 kWh/kg (Mil, 2012).

Neben der Holzart ist der Feuchtigkeits- bzw. Wassergehalt ausschlaggebend für den Energiegehalt des Holzes (Verscheure, 1998). Bei der Verdampfung des im Holz enthaltenen Wassers werden 0,68 kWh pro Kilogramm Wasser an Energie benötigt (Hahn *et al.*, 2014). Somit nimmt der Energiegehalt bei höherem Wassergehalt ab.

Die hölzerne Biomasse kann in 3 Hauptprodukte umgewandelt werden:

- Wärme und elektrische Energie,
- Brennstoff (Scheitholz, Hackschnitzel, Briketts, Pellets),
- Rohstoff für die chemische Industrie.

4.1.2. Mechanische Kenngrößen

Biegefestigkeit

Die Biegefestigkeit σdB [N/mm²] errechnet sich aus dem Biegemoment M_b und dem Widerstandsmoment W_b . Zur Bestimmung der Biegefestigkeit haben sich verschiedene Prüfverfahren etabliert. Am gebräuchlichsten ist der Dreipunkt-Versuch, bei dem ein an den Enden aufliegender Träger mittig belastet wird (Niemz, 1993; Niemz *et al.*, 2000).

$$\sigma dB = \frac{M_b}{W_b} \quad (4.2)$$

Zugfestigkeit

Die Zugfestigkeit wird an fehlerfreien Holzproben in und senkrecht zur Faserrichtung bestimmt. Senkrecht zur Faserrichtung ist sie deutlich geringer (nur 5 - 10 %) als in Faserrichtung (Bergman *et al.*, 2010; Wagenführ & Scholz, 2012).

Die Zugfestigkeit σzB [N/mm²] errechnet sich aus der Bruchkraft F_{max} und der Querschnittsfläche A einer Probe (Wagenführ & Scholz, 2012). Es gilt:

$$\sigma zB = \frac{F_{max}}{A} \quad (4.3)$$

Druckfestigkeit

Die Druckfestigkeit σ_{dB} wird analog der Berechnung der Zugfestigkeit ermittelt. Eine Druckausübung senkrecht zur Faserrichtung führt zum Zusammendrücken des Holzkörpers, es kommt zu keinem Bruch. Daher wird die Spannung bei einer vorgegebenen Verdichtung (z.B. 5 %) geprüft (Wagenführ & Scholz, 2012). Die Druckfestigkeit in Faserrichtung ist deutlich geringer und beträgt in etwa die Hälfte der Zugfestigkeit.

Dauerhaftigkeit

Hölzer sind gegen biotische und abiotische Beanspruchungen aufgrund von Kerninhaltsstoffen und durch ihren Holzaufbau unterschiedlich widerstandsfähig (Erler, 2013). Die Dauerhaftigkeit von Holz wird in der europäischen Norm EN 350-2 als die natürliche Resistenz gegen Schädlingsbefall ohne den Einsatz chemischer Maßnahmen beschrieben (Militz & Mai, 2012).

Die Dauerhaftigkeit variiert stark von Holzart zu Holzart. Das Kernholz vieler Holzarten enthält Inhaltsstoffe, die einen Schutz gegen holzabbauende Organismen bieten. In Splintholz und nicht dauerhaften Holzarten ist die Konzentration von Bioziden Substanzen gering. Die im Splint vorhandenen Inhaltsstoffe (Stärke, Zucker) begünstigen sogar den Befall durch Mikroorganismen (Augusta, 2007; Erler, 2013). Die Bewertung der Dauerhaftigkeit basiert in der Regel auf empirischen Einschätzungen sowie Erfahrungswerten bei der Anwendung von Holz im dauerfeuchten Bodenkontakt. Neben den Unterschieden zwischen den Holzarten gibt es starke Unterschiede in Bezug auf die Dauerhaftigkeit in Abhängigkeit von holzzersetzenden Organismen und vom Verwendungszweck (Augusta, 2007). Gemäß EN 350-2 wird die natürliche Dauerhaftigkeit entsprechend der folgenden Organismengruppen bewertet:

- gegen Pilze,
- gegen Larven von Trockenholz zerstörenden Käfern,
- gegen Termiten,
- gegenüber Holzschädlingen im Meerwasser.

Die Dauerhaftigkeit von Holz gegenüber Schadorganismen wird in Klassen eingeteilt. Tabelle 4.2 gibt eine Übersicht.

Rückschlüsse auf die zu erwartende Dauerhaftigkeit bzw. Lebensdauer eines Bauteils unter trockenen oder wechselfeuchten Bedingungen lassen sich auf Basis dieser Werte nur schwer ableiten, sie dienen jedoch als Orientierungshilfe (Militz & Mai, 2012).

Tabelle 4.2.: Dauerhaftigkeitsklassen von Holz gegenüber Schadorganismen nach DIN EN 350-2

Schadorganismen	Klasse	Bewertung	Jahre
Pilze	I	sehr dauerhaft	≥ 25
	II	dauerhaft	15-25
	III	mäßig dauerhaft	10-15
	IV	wenig dauerhaft	5-10
	V	nicht dauerhaft	≤ 5
Trockenholz zerstörende Larven	I	dauerhaft	
	II	anfällig	k.A.
	III	anfällig, auch Kernholz	
Termiten	I	dauerhaft	
	II	mäßig dauerhaft	k.A.
	III	anfällig	
im Meerwasser	I	dauerhaft	
	II	mäßig dauerhaft	k.A.
	III	anfällig	

4.2. Sägetechnik

Die Sägetechniken werden anhand der verwendeten Hauptmaschinen eingeteilt in Gatter-, Band- und Kreissäge sowie Profileranlagen. Maßgeblich sind die Hauptmaschinen im Sägewerk, die zunächst die Stämme der Länge nach auftrennen. Bei diesen Maschinen handelt es sich meist um die Engpassmaschinen, die ausschlaggebend für die Mengenleistung von Sägewerken bzw. Einschnittstraßen sind (Maisenbacher, 1978; Fronius, 1989).

Gattersägen

Bei Gattersägen wird zwischen Vertikal- und Horizontalgattern unterschieden. Vertikalgatter sind die ältesten Holzbearbeitungsmaschinen. In oszillierend bewegten Rahmen sind mehrere Sägeblätter eingespannt (Fronius, 1989). Sie schneiden nur während der Abwärtsbewegung des Rahmens. Das Rundholz wird mithilfe von Anpresswalzen durch das Gatter befördert. Hierfür ist ein diskontinuierlicher Vorschub notwendig (Bosshard, 2013).

Gattersägenblätter haben eine Schnittfuge von 3 - 6 mm. Es werden Vorschubgeschwindigkeiten von 6 - 12 m/min und bei Hochleistungsgattern bis zu 20 m/min erreicht (Wagenführ & Scholz, 2012; Bosshard, 2013). Abhängig vom Gattertyp werden Einschnittsmengen von 6.000 - 25.000 m³ Rundholz pro Jahr erreicht (Niemz *et al.*, 2000).

Abhängig von der Anzahl der Sägeblätter im Einhang und ihren Abständen voneinander lässt sich in einem Arbeitsgang ein bestimmtes Schnittbild erzeugen. Das Verstellen der Sägeblätter erfolgt manuell oder hydraulisch. Es sind erhebliche Rüstzeiten für den Wechsel der Einschnittsart zur Erzeugung unterschiedlicher Schnittbilder erforderlich. Horizontalgatter schneiden waa-

4. Grundlagen der Schnittholzerzeugung

gerecht. Sie sind nur mit einem Sägeblatt ausgerüstet und überwiegend für starke Dimensionen ausgelegt (Mayer, 1956; Wagenführ & Scholz, 2012).

Nachteil der Gattersäge ist, dass bereits vor dem Beginn des Sägevorgangs die gesamte Stammaufteilung festgelegt werden muss, da eine etwaige Umklassifizierung der Holzqualität auf Sicht während des Einschnitts nicht möglich ist (Isles, 1978).

Bandsägen

Grundsätzlich müssen zwei Gruppen von Bandsägen unterschieden werden:

Große Blockbandsägen und kleine Trennbandsägen. Große Blockbandsägen haben 18 - 30 cm breite Blätter und einen Rollendurchmesser bis über 2 m, die Schnittfuge beträgt 2,5 - 3,5 mm. Es können Vorschubgeschwindigkeiten von mehr als 200 m/min erreicht werden (Niemz *et al.*, 2000). Abhängig von der Konstruktion der Säge können Stämme von 3 m Durchmesser und darüber eingesägt werden. Bei der vertikalen Anordnung wird der fest auf einem Wagen liegende Block seitlich an der Säge vorbeigeführt und eingeschnitten. Geschnitten werden kann im Vorlauf und bei Verwendung von beidseitig gezähnten Sägeblättern im Vor- und Rücklauf des Sägeblockes.

Im Gegensatz dazu wird die horizontale Bandsäge während des Schneidevorgangs über den festliegenden Stamm geführt. Blockbandsägen werden für große Durchmesser und, da sie stufenlos verstellbar sind, für individuelle Einschnitte verwendet. Sie zeichnen sich ferner durch eine flexible Manipulation des Stammes aus, wodurch es möglich ist, an Defekten und Fehlstellen vorbeizuschneiden. Besonders bei sehr harten Hölzern und unförmigen mit Wuchsfehlern behafteten Blöcken ist aus arbeitstechnischen Gründen grundsätzlich eine Bandsäge gegenüber der Gattersäge vorzuziehen (Fronius, 1978a). Die Schnittfugenbreite ist im Vergleich zur Gattersäge deutlich geringer. Die Pflege von Bandsägeblättern ist aufwendiger und schwieriger als bei Gatter- oder Kreissägeblättern (Niemz *et al.*, 2000). Kleine Trennbandsägen werden überwiegend im Nachschnitt eingesetzt (Fronius, 1989), sie zeichnen sich durch eine deutlich kleinere Schnittfuge von 1,5 mm aus.

Kreissägen

Kreissägen werden überwiegend im Nachschnitt vor allem in Profilieranlagen eingesetzt. Mittels der Kreissägetechnik werden hohe Vorschubgeschwindigkeiten bei hoher Schnittgenauigkeit und Oberflächengüte erreicht. Durch den Einschnitt von oben und unten in der Doppelwellentechnik wird die Eingriffstiefe halbiert und dadurch die Schnittgenauigkeit erhöht (Fronius, 1989). Es kann sowohl horizontal als auch vertikal geschnitten werden. Ein maximaler Stammdurchmesser von 75 cm kann eingeschnitten werden. Der Vorschub einer Kreissägeanlage beträgt bis zu 200 m/min. Bei Vielblattkreissägen sind die Sägeblätter auf einer Welle montiert und können hydraulisch verstellt werden (Niemz *et al.*, 2000).

Profilieranlagen

In Profileranlagen wird in einem Arbeitsgang, bei dem eine saubere Schnittfläche erzeugt wird, die Seitenware ausgefräst und Hackschnitzel bzw. Strands erzeugt (Niemz *et al.*, 2000). Aufgrund des Fräsens fallen keine sperrigen Holzreste an, statt dessen werden Ausgangsprodukte gewonnen, die in der Holzwerkstoff- und Zellstoffindustrie verwendet werden (Wagenführ & Scholz, 2012).

Kanthölzer werden in einem Arbeitsgang hergestellt. Für die Erzeugung von Brettern ist eine Maschinenkombination mit Band-, Gatter- oder Vielblattkreissägen nötig. Die Vorschubgeschwindigkeiten betragen etwa 200 m/min, wobei die Geschwindigkeit maßgeblich von der zu erzeugenden Spangröße abhängt. Diese Anlagen werden vor allem bei der Verarbeitung von schwächerem Nadelholz eingesetzt (Niemz *et al.*, 2000). Für den Einschnitt von Tropenhölzern sind solche Anlagen nicht geeignet.

4.3. Holzqualität, Sortierung und Vorbereitung für den Einschnitt

Aufgrund der Heterogenität des Rohstoffes Holz hat die Sortierung und Rundholzeinteilung im Sägewerk eine Schlüsselfunktion. Sie bedingen weitgehend über die Leistungsfähigkeit, die Ausbeute und den erreichbaren Gewinn oder Verlust eines Sägewerksbetriebs (Fronius, 1978b; Wagenführ & Scholz, 2012).

4.3.1. Holzqualität und Sortierung

Die Holzqualität hat einen entscheidenden Einfluss auf die Ausbeute bei der Schnittholzerzeugung. Je höher die Qualität des Rundholzes desto höher ist die zu erreichende Schnittholzausbeute. Bei der Sortierung im Sägewerk werden die Rundhölzer in Sägeblöcke eingeteilt und schnittfertig gemacht. Hierbei werden Holzfehler wie Krümmung, Abholzigkeit, Ovalität, Risse und Fäule sowie Astigkeit berücksichtigt und deren Einfluss auf das Schnitterzeugnis minimiert (Fronius, 1989). In Gattersägewerken ist eine Vorsortierung nach Dimension besonders wichtig, damit für den Einschnitt gleiche Einhänge verwendet und Stillstandszeiten für das Umhängen reduziert werden können.

Ziel ist die Einteilung der Rundhölzer in vordefinierte marktfähige Sortimente. Abhängig von Holzart und Verwendungszweck kommen verschiedene Sortierungsregeln zum Einsatz: Stärke- und Qualitätssortierung oder nach einem bestimmten Verwendungszweck.

Bei der Stärkesortierung wird nach dem Mittendurchmesser sortiert und in entsprechende Stärkeklassen eingeteilt (siehe Tab. 4.3). Abschnitte sind in Standardlängen eingeschnittenes Stammholz. Die Längen variieren von 2 - 7 m (Payer, 2015).

4. Grundlagen der Schnittholzerzeugung

Tabelle 4.3.: Stärkeklasseneinteilung nach Mittendurchmesser

Stärkeklasse	Mittendurchmesser cm	Stärkeklasse	Mittendurchmesser cm
0	< 10	6	60 - 69
1	10 - 19	7	70 - 79
2	20 - 29	8	80 - 89
3	30 - 39	9	90 - 99
4	40 - 49	10	100 - 109
5	50 - 59 - ...

Quelle: RVR (2015)

Ein fehlerfreier Stamm hat gegenüber einem Stamm mit vielen Ästen bzw. Faulstellen einen deutlichen Mehrwert. Daher wird Rohholz neben der Stärkeklasse auch nach Qualität sortiert. Standardmäßig werden Sägehölzer nach den Qualitätsklassen A bis D eingeteilt (RVR, 2015). Die Qualitätsklassen und Einteilungsgrundlagen nach der RAHMENVEREINBARUNG ROHHOLZ-HANDEL (RVR) sind in Tab. 4.4 dargestellt.

Tabelle 4.4.: Beschreibung der Qualitätsklassen nach RVR (2015)

Qualitätsklasse	Beschreibung der Qualitätsklasse
A	Stammholz von ausgezeichneter Qualität. Es ist fehlerfrei oder weist nur unbedeutende Qualitätsmerkmale auf, die seine Verwendung kaum beeinträchtigen.
B	Stammholz von normaler Qualität mit wenigen und/oder mäßig ausgeprägten Qualitätsmerkmalen.
C	Stammholz von normaler Qualität mit vermehrt vorkommenden und/oder stärker ausgeprägten Qualitätsmerkmalen.
D	Stammholz, das wegen seiner Merkmale nicht den Klassen A, B, C angehört, aber als Stammholz nutzbar ist.

Für die Qualitätsansprache gibt es entsprechend den verschiedenen Baumarten unterschiedliche Aushaltungskriterien und länderabhängige Qualitätsklassensortierungen. Eine der bekanntesten Sortierungsregeln in den Tropen entwickelte Gallant 1939 für Teak (FAO, 1998). Diese Klassifizierung basiert auf ursprünglich 5 Qualitätsklassen, für deren Einteilung die Kriterien Länge, Umfang, Mindestvolumen und Defekte ausschlaggebend sind. Entsprechend einer Formel werden die Defekte mit vorgegebenen Faktoren multipliziert und hieraus wird eine individuelle Stammbewertung errechnet. Mit diesem Verfahren ist eine weltweite einheitliche Qualitätsklassensortierung für Teak gegeben.

Eine verwendungsorientierte Sortierung stellt bezüglich der Holzeigenschaften spezifische Anforderungen. Zu den häufigsten ausgehaltenen Sortimenten gehören Schwellenholz für die Herstellung von Eisenbahnschwellen sowie Industrieholz. Letzteres wird mechanisch oder chemisch aufgeschlossen und eingeteilt in die Güteklassen IN (normal, gesund, nicht grobastig), IF (fehlerhaft, leicht brüchig, grobastig) und IK (krank, stark brüchig, jedoch gewerblich nutzbar)

(Payer, 2015).

Außerdem wird nach Langholz, Stammholz und Abschnitten unterschieden: Langholz ist mindestens 5 m lang und wird nach Mittendurchmesser sortiert. Stammholz, eine besondere Form des Langholzes, wird nach Länge, Güte und Mittendurchmesser sortiert. Starkholz hat einen Zopfdurchmesser von ≥ 50 cm (Reiter, 2005). Als baumlang wird Stammholz bezeichnet, das nach Gesundschneiden und Zopfen in ganzen Baumängen ausgehalten wird.

In modernen Sägewerken wird das Schnittholz zunehmend maschinell sortiert und zwar über die Ermittlung bestimmter Holzmerkmale wie Rohdichte, Astigkeit, Faserabweichung oder des statischen bzw. dynamischen E-Moduls. Hierbei ist der wichtigste Sortierparameter der E-Modul, weil er Korrelation zur Zugfestigkeit aufweist. Er kann statisch durch mechanische Belastungsverfahren oder dynamisch mit Hilfe von Schall oder Eigenfrequenz der Schwingungen im Holz bestimmt werden. Besonders bei der Verwendung von Vollholzwerkstoffen im Bauwesen ist eine Sortierung, die die Festigkeit des Werkstoffes berücksichtigt, von Bedeutung (Krackler *et al.*, 2010).

4.3.2. Rundholzlagerung und Stammeinteilung

Die angelieferten Stämme werden auf dem Rundholzplatz gelagert, eingeteilt, in schnittfertige Sägeblöcke umgewandelt und für den Einschnitt vorbereitet (Fronius, 1978b). Der Rundholzplatz hat eine entscheidende Rolle für die kontinuierliche Versorgung des Sägewerkes mit Sägeblöcken, besonders wenn es bei der Anlieferung aus dem Wald zu Verzögerungen oder Engpässen kommt.

Das Holz sollte nicht auf der Erde gelagert werden, um Fäule zu vermeiden. Innerhalb von Poltern befallen bei genügend Feuchtigkeit holzersetzende bzw. -verfärbende Pilze das Holz (Maier, 2005). Das kann durch chemischen Holzschutz, Sauerstoffreduzierung (z.B. Nasslagerung, Folienlagerung) oder durch die Wahl eines geeigneten Feuchtebereichs (z.B. beregnen, Wasserlagerung) eingeschränkt werden.

Die Blöcke werden entsprechend der zu erzeugenden Schnitthölzer nach Zopfdurchmesser und Qualität sortiert (Fronius, 1982; Wagenführ & Scholz, 2012). Die Einteilung eines Stammes kann visuell und von Hand erfolgen. Die Trennschnitte werden mit einer Kettensäge oder Kreissäge getätigt. Ferner kann mithilfe von optischen Messgeräten die Schaftform ermittelt werden. Die Stammdaten werden mit den Auftragslisten verknüpft und Programme geben Einteilungsvorschläge aus. Für die anschließende Einteilung kann ein Kapp- und Sortierwagen verwendet werden oder eine automatisierte Ablängstraße.

4.3.3. Entrindung der Sägeblöcke

Im Anschluss daran werden die Sägeblöcke entrindet, um anhaftenden Schmutz, der sich in den Rinden festsetzt, zu entfernen. Hierdurch lassen sich die Standzeiten der Sägen und Messer erheblich verlängern. Das Entrinden der Sägeblöcke sollte erst unmittelbar vor dem Einschnitt erfolgen. Der Rindenmantel schützt das Holz vor Austrocknung, die meist mit Rissbildung und Verfärbung einhergeht. Während des Entrindens ist darauf zu achten, dass der Holzkörper nicht angegriffen, sondern nur Rinde und Bast entfernt werden. Holzart, Baumalter, Schaftform, Astigkeit und unförmige Stammquerschnitte beeinflussen die Entrindungsqualität und – geschwindigkeit. Die Rinde kann energetisch genutzt oder kompostiert werden (Lohmann, 2012; Kollmann, 2013).

Für die Entrindung gibt es verschiedene Werkzeuge und Techniken:

Handentrindung: Mit Schälseisen wird die Rinde mechanisch von Hand vom Holz gestoßen oder mit der Motorsäge mit einem entsprechendem Fräsmesservorsatz entfernt. Besonders in kleinen Sägewerken und zum Nacharbeiten von ungenügend entrindeten Blöcken sind dies gängige Verfahren.

Maschinelle Entrindung: Diese zeichnet sich durch ihre Geschwindigkeit und ein gutes Entrindungsergebnis, auch bei unförmigen Blöcken, aus. Die Maschinen hierzu sind einfach und unfallfrei zu bedienen. Es gibt je nach Anforderung und Spezialisierung des Sägewerks unterschiedliche technische Lösungen wie Fräs- und Schlagkopfentrindung, Ring- und Trommelentrinder (Fronius, 1982; Wagenführ & Scholz, 2012).

Falls eine Entrindung nicht möglich ist, sollten die Stämme mittels Ringdurchlaufwaschanlagen bzw. mit Hochdruckreinigern von anhaftendem Schmutz befreit werden (Holtham, 2011). Besonders in gebirgigen Regionen bleiben Steine in den Hirnenden der Stämme haften, diese können nur mittels Kappschnitten sicher entfernt werden (Fronius, 1982).

4.4. Rundholzeinschnitt

Das im Wald geerntete Rundholz wird im Sägewerk zu Kantholz, Schnittholz und ggf. Schwellen bzw. dem Verwendungszweck entsprechend verarbeitet. Ziel ist es, eine bestmögliche Ausnutzung eines jeden Stammes entsprechend der Holzdimension, Holzqualität und Verwendung zu erreichen (Fronius, 1978b).

Beim Einschnitt werden Kantholzschnitte, Brett- und Dielenschnitte, Rift- und Spiegelschnitte, Schwellenschnitte und Sonderschnitte unterschieden. Der Einschnitt bestimmt maßgeblich die Schnittholzqualität, da die anatomischen Holzeigenschaften die Gründe für das Verziehen und Nichtmaßhalten der Schnitthölzer sind, Abb. 4.1. Je nach Anordnung der Jahrringe,

4. Grundlagen der Schnittholzerzeugung

bzw. Zuwachszonen quillt und schrumpft das Schnittholz in unterschiedlichem Maße. Das Einschnittverfahren ist daher ausschlaggebend für die Qualität und Ausbeute der Schnitthölzer (Fronius, 1982; Bergman *et al.*, 2010; Lohmann, 2012).

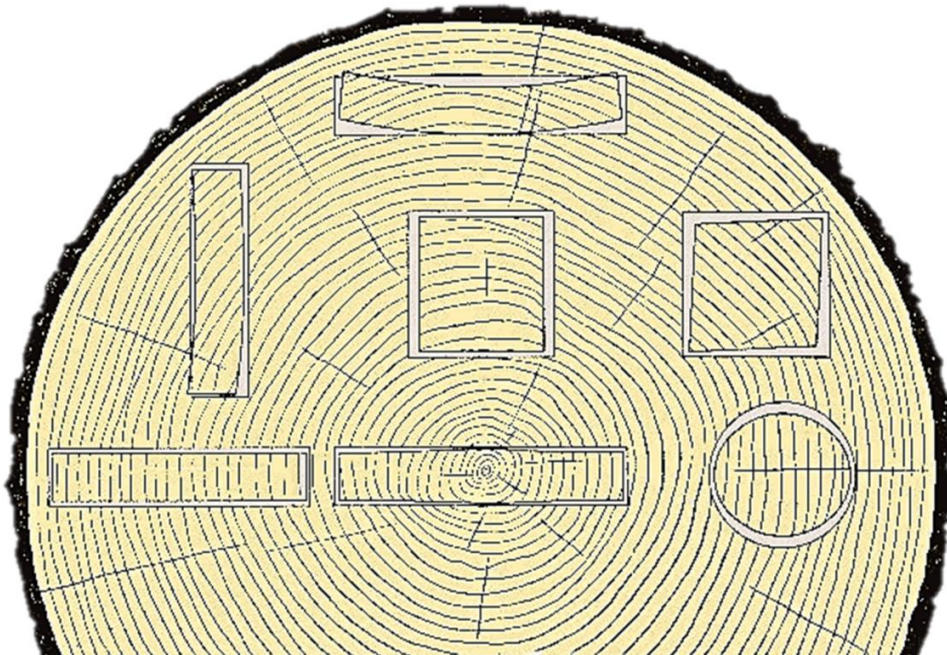


Abbildung 4.1.: Einfluss der Lage der Jahrringe auf Formveränderungen. Quelle: (Bergman *et al.*, 2010)

Die einzelnen Holzarten unterscheiden sich beim Einschnitt und stellen unterschiedliche Anforderungen an die Sägetechnik und Maschinenausstattung. Wichtige Einflussfaktoren sind Härtegrad, Faserstruktur, Harzgehalt, Inhaltsstoffe sowie Stammform. Die Einflussfaktoren mit den jeweiligen Kategorien sind in Tab. 4.5 aufgeführt.

Tabelle 4.5.: Einflussfaktoren des Holzes auf den Einschnitt

Merkmal	Kategorie
Härtegrad	weich - hart
Faserstruktur	locker - dicht
Harzgehalt	ohne - viel
Abrasiv Inhaltsstoffe	ohne - viele
Stammform	zylindrisch - krumm

Schnittholz wird generell nach 4 Qualitätsklassen sortiert. Die höchsten Anforderungen werden an die Schnittklasse *S* gestellt. Das Schnittholz muss vollständig scharfkantig sein, es darf keine Waldkante mehr haben. Im Gegenzug dazu weist die Schnittholzklasse *C* die niedrigsten Anforderungen auf. In dieser muss nur jede Seite des Schnittholzes von der Säge gestreift worden sein (Hugues *et al.*, 2002; Lohmann, 2012). Die Anforderungen und die Klasseneinteilung sind in nachstehender Tab. 4.6 dargestellt.

4. Grundlagen der Schnittholzerzeugung

Tabelle 4.6.: Schnittholzqualitäten

Klasse	Merkmal	Anforderungen
<i>S</i>	scharfkantig	keine Waldkante
<i>A</i>	vollkantig	zulässige Baumkante 1/8 h
<i>B</i>	baumkantig	zulässige Baumkante 1/3 h
<i>C</i>	gestreift	an allen 4 Seiten gestreift

Abhängig vom Durchmesser und dem zu erzeugenden Schnittgut ist die Schnittart zu wählen. Beim Zuschnitt ist besonders in den Schnittklassen *scharfkantig* und *vollkantig* auf die Schnittreihenfolge zu achten. Generell wird zwischen besäumtem und unbesäumtem Schnittholz unterschieden. Das unbesäumte Schnittholz hat noch eine Waldkante.

Es wird weiter zwischen Kantholzschnitt, Brett- und Dielenschnitten sowie Rift- und Spiegelschnitten unterschieden. Dabei ist zu beachten, dass es aufgrund der Lage der Jahrringe und deren Ausrichtung im Schnittholz zu unterschiedlichen Qualitätsmerkmalen kommt (Niemz *et al.*, 2000; Lohmann, 2012). Die Haupteinschnittsarten sind in Abb. 4.2 dargestellt.

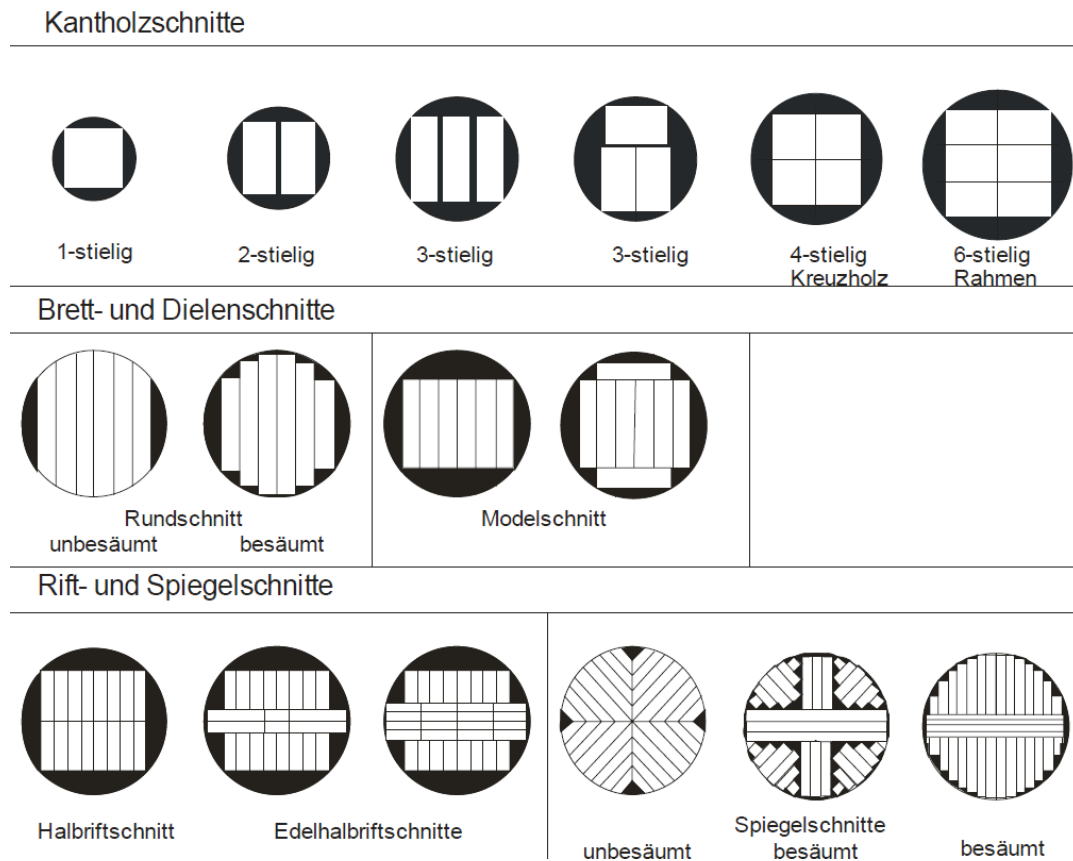


Abbildung 4.2.: Haupteinschnittsarten. Quelle: Niemz *et al.* (2000)

Beim Einschnitt von Rundholz entstehen zwangsläufig Koppelprodukte. Die erzeugten Pro-

dukte lassen sich in Haupt- und Nebenerzeugnisse sowie Restholz einteilen Fronius (1989). Die Hauptezeugnisse sind die gewinnbringenden Sortimente. Die Nebenerzeugnisse fallen als Beiprodukt an, sie haben eine geringere Dimension als die Hauptezeugnisse und werden meist aus der Seitenware gesägt.

4.4.1. Schnittholzausbeute

Die Ausbeute berechnet sich aus den Volumina des eingesetzten Rundholzes und des daraus erzeugten Schnittholzes und wird in Prozent angegeben. Sie gilt als ein Hauptindikator für die Effizienz von Sägewerken (Lundahl, 2009).

$$Ausbeute[\%] = \frac{V_{Schnittholz}}{V_{Rundholz}} * 100 \quad (4.4)$$

Fronius (1989) definiert die Ausbeute als „die Summe der aus dem Rundholz hergestellten Schnittholzerzeugnisse“. Das Betriebsergebnis im Sägewerk hängt im Wesentlichen von der Ausnutzung (Ausbeute) des eingesetzten Rundholzes ab.

Die Schnittholzausbeuten sowie die Restholzmengen sind abhängig von Schnittbild, Einschnittart und Schnittfugenbreite. Besonders hoch ist der Einfluss der qualitativen Anforderungen an das Schnittgut auf die Ausbeute.

Nach Fronius (1982) verteilen sich die Erzeugnisse beim Rundholzeinschnitt wie in Tab. 4.7 dargestellt.

Tabelle 4.7.: Anteil der Produkte beim Rundholzeinschnitt

Erzeugnis	Ausbeute %	Mittelwert %
Hauptezeugnis	35 - 80	50
Nebenerzeugnis	5 - 35	20
Restholz	10 - 25	17
Sägespäne	7 - 22	13

Quelle: (Fronius, 1982)

Die Schnittholzausbeute beim Nadelholzeinschnitt variiert von 50 - 71 % (Autorenkollektiv, 1975). Beim Laubholzeinschnitt nennen Krackler & Niemz (2011) basierend auf einer Befragung in der Schweiz Werte von 18 - 85 %.

Die erreichbare Ausbeute bei der Schnittholzproduktion hängt im Wesentlichen von Einflussgrößen ab, die überwiegend auf den Stamm zurückzuführen sind (Steele, 1984; Steffen, 1995; Lohmann, 2012):

- Holzart,

4. Grundlagen der Schnittholzerzeugung

- Stammform (Krümmung, Ovalität, Abholzigkeit),
- Blocklänge,
- Blockdurchmesser,
- Baumkante,
- Schnittfuge,
- Querschnittabmessung der Schnittware.

Jedoch hat auch das Verfahren zur Ermittlung und Einstellung des Schnittbildes, die Stabilität der Sägeblätter und deren Schnittgenauigkeit, das System, welches das Schnittgut durch die Maschine führt, die Größe der voraussichtlichen Schwindung und die Personengruppe, die die Verfahren anwendet und die Maschinen bedient, einen hohen Einfluss auf die Ausbeute (Dickinson, 1981; Lundahl, 2009).

Aufgrund der stetig steigenden Rundholzkosten und der Tatsache, dass das Rundholz einen der Hauptkostenfaktoren im Sägewerk darstellt (Fronius, 1982; Wagenführ & Scholz, 2012), ist die Ausbeuteoptimierung ein entscheidender Faktor für die erfolgreiche Unternehmensführung (Usenius & NEPVEU, 1996).

Es liegt in der Verantwortung des Sägers, das für die Erzeugung eines entsprechenden Schnittholzes zu verwendende Rundholz optimal auszuwählen und zu positionieren, um eine möglichst hohe Ausbeute zu erreichen (Lewis, 1985; Maness & Donald, 1994; Selin, 2001; Baltrušaitis & Pranckevičienė, 2005; Bennett, 2014). Laut Vuorilehto *et al.* (2004) führt die Positionierung und optimale Stammeindrehung zu einer Erhöhung der Schnittholzausbeute bei Kiefern-sägeblöcken um bis zu 10 %, wenn das Stammstück seiner Krümmung nach optimal auf der Säge ausgerichtet wird. Lundahl & Grönlund (2010) ermittelten eine durchschnittliche Ausbeuteerhöhung von 8,6 % in schwedischen Sägewerken, wenn das Stammstück optimal eingedreht und parallel zur Schnittführung positioniert wird.

Für eine optimierte Ausbeute ist vor dem Einschnitt der Mindestzopfdurchmesser des Rundholzes zu bestimmen. Bei einer Unterschreitung des Mindestzopfdurchmessers entsteht Ausschuss. Eine Überschreitung verringert die Ausbeute. Im Fall von Stammunförmigkeiten ist eine von Erfahrungswerten abhängige Zugabe erforderlich. Krumme Stämme werden durch die Einteilung in kurze Sägeabschnitte wieder „gerade“ (Kaiser, 2005). Möglichkeiten der Einteilung von krummen Stämmen und die zu erzielenden Qualitäten der Sägeblöcke sind in Abb. 4.3 aufgezeigt.

Der Zopfdurchmesser kann mithilfe des pythagoreischen Lehrsatzes berechnet werden. In der Praxis haben sich besonders in kleinen Sägewerken einfache Hilfsmittel wie eine Messtafel bzw. eine Messgabel bewährt.

4. Grundlagen der Schnittholzerzeugung

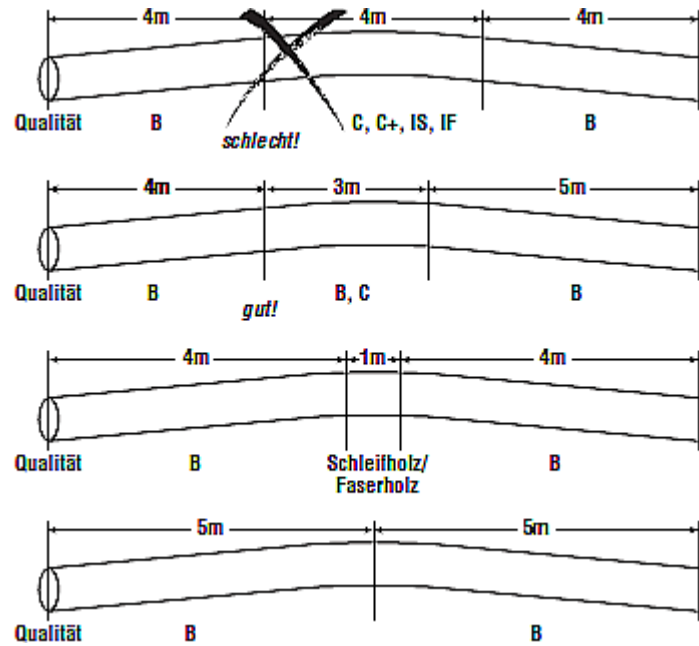


Abbildung 4.3.: Einteilen von krummen Stämmen in Sägeblöcke. Quelle: (Sandler, 2001)

In Großsägewerken werden automatisierte Messverfahren eingesetzt, die die Stammvermessung durchführen und teilweise sogar 3D-Scans der Stämme ohne Rinde erstellen. Durch die automatische Stammvermessung kann bei Kiefern- und Fichtenstämmen eine Erhöhung der Schnittholzausbeute gegenüber handvermessendem Holz von bis zu 4 % erreicht werden (Skatter *et al.*, 1998). Auf Basis von 3D-Scans, die innere Stammdefekte aufzeigen, konnte in Hartholzsägewerken in den USA eine Ausbeuteerhöhung von 10 - 14,2 % durch Einschnittsoptimierungen erzielt werden (Lin *et al.*, 2011).

Aufgrund von Abholzigkeit sinkt mit zunehmender Schnittlänge die Ausbeute am Haupterzeugnis (Richter, 2014b), da prismierte Schnittware, unabhängig von der Länge, immer den gleichen Mindestzopfdurchmesser benötigt. Mit jedem Meter, den ein Sortiment länger wird, sinkt die Ausbeute am Haupterzeugnis bei *absolut scharfkantigem* Schnittholz im Durchschnitt um 1,3 % (Fronius, 1982).

In Abbildung 4.4 sind zwei Stämme mit gleicher Länge und gleichem Zopfdurchmesser aber unterschiedlicher Abholzigkeit dargestellt. Es wird ein scharfkantiges Kantholz mit einer Länge von 6 m in einer Dimension von 12 x 12 cm aus den Stämmen gesägt. Die Ausbeute des Stammes mit einer Abholzigkeit von 4 mm/lfm beträgt 56,6 %, für den Stamm mit einer Abholzigkeit von 12 mm/lfm nur noch 44,1 % (Fronius, 1982).

Neben den Rundholzeigenschaften hat auch die Verarbeitungstechnik Einfluss auf die Ausbeute. Hierbei ist ein wesentlicher Faktor die Schnittfugenbreite (Fronius & Kellner, 1978; Stern *et al.*, 1979). Bei einer Sägeblattstärke von 1,8 mm und 0,7 mm Schrank liegt der Späneanteil bei

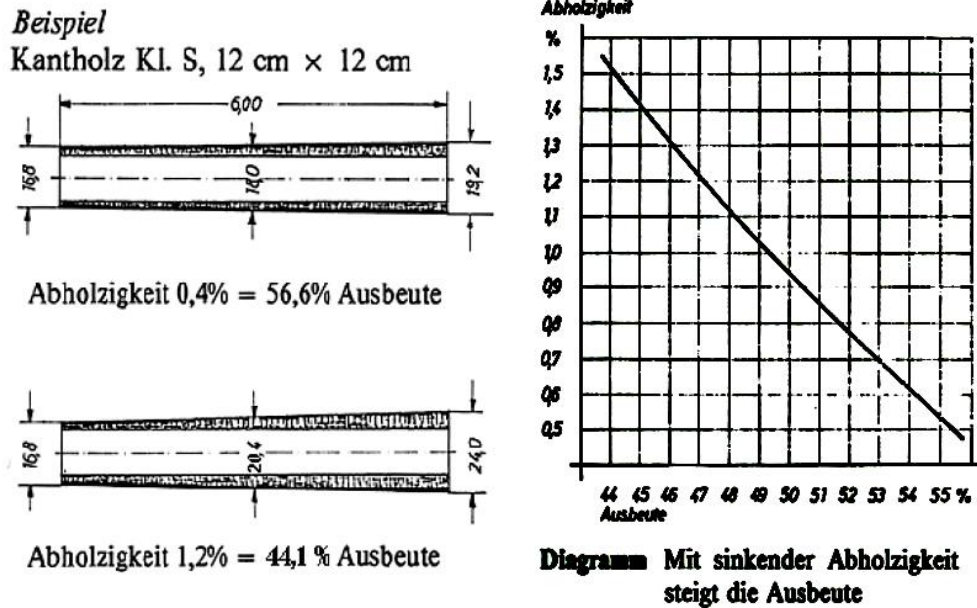


Abbildung 4.4.: Einfluss der Abholzigkeit auf die Ausbeute. Quelle: Fronius (1982)

12,6 %. Bei einem Blatt mit 2,2 mm Stärke und einem Schrank von 0,8 mm liegt der Späneanteil bei 14,8 % (Gfeller, 2000).

Bei einem Vergleich verschiedener Ausbeutewerte aus unterschiedlichen Ländern ist zu beachten, ob sich der Wert auf das frische Schnittholz oder auf das getrocknete und ggf. gehobelte Produkt bezieht, da es keine einheitlichen Regeln dazu gibt (UNECE, 2010).

Bei der Optimierung der Schnittbilder darf jedoch nicht ausschließlich auf die Ausbeute geachtet werden. Es muss auch die monetäre Wertigkeit der Haupt- und Nebenerzeugnisse berücksichtigt werden (Tuomaala, 1978). Ferner muss eine Ausbeuteoptimierung im Einklang mit der benötigten Produktionszeit und somit mit den Produktionskosten stehen (Bennett, 2014).

4.4.2. Sägenebenprodukte und Holzreststoffe

Holzreststoffe lassen sich in unterschiedliche Kategorien einordnen. Bereits auf dem Rundholzplatz fällt Industrie- und Waldrestholz an, das nicht für den Einschnitt geeignet ist. Industriestammholz wird wie das Restholz in der Papier- und Zellstoffindustrie verwendet. Waldrestholz sowie Kappstücke werden überwiegend energetisch verwertet (Krackler *et al.*, 2010).

Sägenebenprodukte werden zum Industrierestholz gezählt. Es handelt sich allgemein um überwiegend naturbelassene Nebenprodukte, die bei der Holzbe- und Holzverarbeitung anfallen. Hierzu zählen alle Holzreststoffe, die in der mechanischen Industrie beim Herstellen von Produkten anfallen (Lohmann, 2012). Sägenebenprodukte haben im allgemeinen einen positi-

4. Grundlagen der Schnittholzerzeugung

ven Marktwert und sind Bestandteil der Gesamtrechnung des Sägewerksbetriebs (Marutzky, 2010c).

Für einen bestmöglichen Verwendungs- bzw. Einsatzbereich der Resthölzer ist deren Sortierung von entscheidender Bedeutung (Frühwald, 1978).

Sägenebenprodukte können entweder direkt oder nach einer Weiterverarbeitung energetisch oder stofflich genutzt werden. Hauptabnehmer für die energetische Verwertung sind Energieunternehmen und deren Zulieferer, die Pellet- und Briketthersteller (Marutzky, 2010b). In Pelletieranlagen werden unter hohem Druck kleine zylindrische Presslinge, Holzpellets, aus naturbelassenen Säge- und Hobelspänen hergestellt. Holzpellets sind ein entsprechend DIN 51731 genormter Festbrennstoff (García-Maraver *et al.*, 2011). Brikettieranlagen erzeugen ebenfalls unter Druck aus trockenen feinkörnigen Industrieresthölzern hoch verdichtete Briketts.

Pellets und Briketts haben gegenüber Scheitholz deutliche Vorteile in Bezug auf einen definierten Feuchtigkeitsgehalt, Energiegehalt sowie bessere Lager- und Stapelmöglichkeiten (Gaggermeier *et al.*, 2014). Neben dem Verkauf von Sägenebenprodukte zur Energieerzeugung werden diese auch innerbetrieblich energetisch in Verbrennungs- und Kleinf Feuerungsanlagen sowie durch Vergasung zur Wärmeherstellung genutzt. Die Wärme kann zur Trocknung des Schnittholzes und für die Erzeugung von elektrischer Energie genutzt werden (Marutzky, 2010a).

Zu den Sägenebenprodukten zählen Sägespäne, Spreißel, Schwarten und Hackschnitzel. In Abbildung 4.5 sind die beim Rundholzeinschnitt anfallenden Sägenebenprodukte dargestellt. Anschließend werden die einzelnen Sägenebenprodukte in ihren Eigenschaften und Verwertungsmöglichkeiten beschrieben.

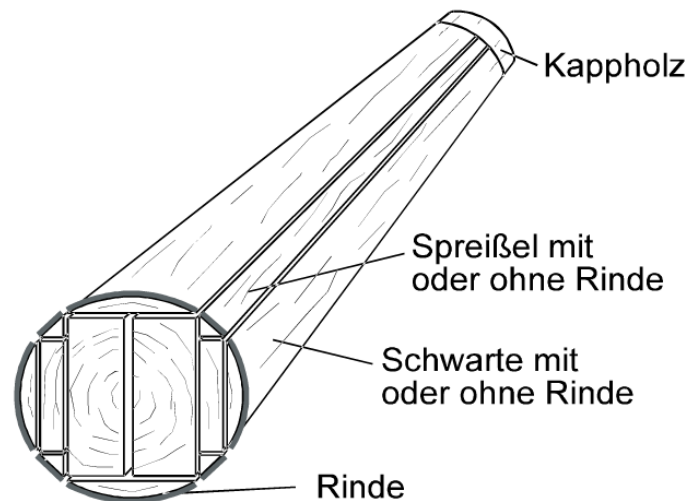


Abbildung 4.5.: Sägerestholz. Quelle: Österreichisches Normungsinstitut (1998)

Sägespäne

Als kleinste Sägenebenprodukte fallen in Abhängigkeit von der Einschnittsart und den produzierten Schnittholzsortimenten Sägespäne beim Säge- und Fräsprozess in unterschiedlichen Anteilen an. Der Späneanteil nimmt aufgrund der Schnittfugenbreite vom Einschnitt mit Bandsägen über Kreissägen hin zu Gattersägen zu. Die Größe und Form der Späne ist abhängig von der jeweiligen Beschaffenheit des Einschnittwerkzeuges. Besonderen Einfluss haben die Zahnteilung sowie die Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeiten (Lohmann, 2012). Neben der energetischen Verwertung durch das direkte Verbrennen in Sägespäneöfen, oder nach der Verarbeitung zu Pellets oder Briketts, können die Späne stofflich genutzt werden (Marutzky, 2010a). Die stoffliche Verwertung erfolgt überwiegend in Form von Weiterverarbeitung zu Holzwerkstoffen wie Span-, Faser- und Verbundplatten (Deppe & Ernst, 1982). Weitere Verwendungsmöglichkeiten finden sich durch die Weiterverarbeitung zu Zellstoff, Pressformteilen oder Holzzement. Die Späne können auch direkt als Verpackungsmaterial, Filtermittel, Räuchermittel, Saugmittel oder als Stalleinstreu genutzt werden.

Spreißel

Spreißel, auch Säumlänge, sind überwiegend konisch zulaufende, baumkantige Besäumstreifen, vgl. Abb. 4.5. Rindenfreie Spreißel werden überwiegend in der Papier-, Zellstoff- und Holzwerkstoffindustrie verarbeitet. Unentrindet werden sie meist der energetischen Verwertung zugeführt oder zu Hackschnitzeln weiterverarbeitet (Tech *et al.*, 2013).

Schwarten

Schwarten entstehen beim Rundholzeinschnitt. Es wird zwischen Rundschwarten mit nur einer Schnittfläche und Brettschwarten mit zwei Schnittflächen unterschieden. Entrindete Schwarten werden nach dem Hacken überwiegend der Zellstoff- und der Holzwerkstoffindustrie zugeführt oder energetisch genutzt. Unentrindete Schwarten werden überwiegend energetisch genutzt (Fronius, 1991; Tech *et al.*, 2013).

Hackschnitzel

Hackschnitzel entstehen nicht direkt beim Säge- oder Fräsprozess. Die Hackschnitzel werden aus größeren Sägenebenprodukten wie z.B. Schwarten, Spreißeln und sonstigem Industrierestholz aber auch aus Waldrestholz durch das Hacken hergestellt. Beim Hacken entstehen 3 - 6 mm dicke und 20 - 30 mm breite und unterschiedlich lange schräg zur Faserrichtung verlaufende Holzstücke. Hackschnitzel werden energetisch und stofflich genutzt. Hieraus ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an deren Beschaffenheit. Rindenfreie Hackschnitzel finden Eingang in die Zellstoffindustrie. Hauptabnehmer von Hackschnitzeln sind Energieunternehmen sowie die Zellstoff- und Holzwerkstoffindustrie (Deppe & Ernst, 1982; Fronius, 1991).

5. Beschreibung des Rundholzes

In diesem Kapitel wird das Rundholz, wie es der Sägeindustrie in Surinam zur Verfügung steht, beschrieben. Hierfür werden Rundholzkennzahlen der surinamischen Holzarten ermittelt. Eine eingehende Beschreibung der Rundhölzer ist für eine Bewertung der Verarbeitungstechnik, Maschinenausstattung und Schnittholzausbeute erforderlich.

5.1. Methode Rundholzbeschreibung

In den offiziellen Berichten der Forstverwaltung Surinams wird das Einschlagsvolumen gesondert nach Holzarten veröffentlicht. Es werden jedoch keine Holzartenmerkmale beschrieben.

Für Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit stellte die Forstverwaltung das landesweite Einschlagsverzeichnis von Januar 2005 bis Juli 2015 zur Verfügung.

Der gesamte Datensatz verfügt über die Daten von 1.091.344 Stämmen. Nach einer Überprüfung auf Plausibilität wurde der Datensatz auf 1.078.116 Daten (um 1,2 %) reduziert. Der bei weitem häufigste Grund für den Ausschluss aus den weiteren Untersuchungen war eine Abholzigkeit von < 0 . Der jeweilige Grund und die Anzahl der ausgeschlossenen Stämme sind in Tab. 5.1 dargestellt.

Tabelle 5.1.: Plausibilitätsprüfung, Gründe für die Reduktion des Datensatzes

	n
Gesamter Datensatz	1.091.344
Holzart fehlt	1.848
Länge = 0 m	133
Länge ≥ 30 m	34
Durchmesser = 0	28
Zopf/Stammfuß < 10	427
Abholzigkeit < 0	10.758
Reduzierter Datensatz	1.078.116

Zur allgemeinen Beschreibung des Rundholzeinschlags wird eine Stärkeklassenverteilung nach Mittendurchmesser über alle Holzarten erstellt. Eine gesonderte Auswertung der wichtigsten 10 Holzarten wird vorgenommen.

5. Beschreibung des Rundholzes

Die Stärkeklassenverteilung erlaubt Rückschlüsse auf die Dimensionen der in den Sägewerken in Surinam verfügbaren Rundhölzer. Wie in Kapitel 4.2 dargestellt haben Durchmesser und Länge entscheidenden Einfluss auf die technische Ausstattung, das Produktionsverfahren und die Ausbeute bei der Schnittholzerzeugung.

Die im Einschlagsverzeichnis erfassten Merkmale Baumart, Länge, Zopf- und Stammfußdurchmesser ermöglichen es, Kennzahlen für die folgenden Parameter zu berechnen:

- Stammlänge (l),
- Stammfußdurchmesser (d_u),
- Zopfdurchmesser (d_o),
- Volumen (v),
- Abholzigkeit (t),
- Ovalität (o).

Aufgrund der Vielzahl von Holzarten wird sich bei der Darstellung der Ergebnisse auf die wichtigsten 10 Holzarten konzentriert. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass sie jeweils mehr als 2,5 % des Gesamtvolumens ausmachen. Auf die wichtigsten 10 Holzarten entfallen 61 % des Rundholzvolumens des Einschlags von 01/2005 bis 07/2015.

Die 10 wichtigsten Holzarten des Gesamteinschlags sind:

- *Dicorynia guianensis*,
- *Eperua flacata*,
- *Goupia glabra*,
- *Manilkara bidentata*,
- *Ocotea rubra*,
- *Peltogyne paniculata*,
- *Qualea rosea*,
- *Ruizterania albiflora*,
- *Vochysia tomentosa*,
- *Vouacapoua americana*.

Holzartenspezifisch werden Minimum, Maximum, Mittelwert und Median sowie Standardabweichung für die verschiedenen Merkmale nach Sachs (2013) errechnet. Für eine Gesamtbeurteilung und zum Vergleich einzelner Holzarten werden die gemittelten Werte der 10 wichtigsten Holzarten einzeln sowie die gemittelten Werte aller in Surinam eingeschlagenen Holzarten als Gruppe graphisch dargestellt.

Formeln zur Berechnung der Stammholzmerkmale

Die Mittelwerte der Durchmesser d [mm] werden aus den zwei im rechten Winkel zueinander gemessenen Werten d_1 und d_2 bzw. bei elliptischen Stämmen aus d_{max} und d_{min} berechnet (Burschel & Huss, 2003; Köhl *et al.*, 2006; Kramer & Akça, 2008).

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (5.1)$$

Die Grundfläche g [m²] von Stammfuß und Zopf wird für die Berechnung des Volumens V nach Smalian benötigt und entsprechend nachstehender Formel berechnet (Burschel & Huss, 2003; Köhl *et al.*, 2006; Kramer & Akça, 2008):

$$g = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad (5.2)$$

Das Volumen V [m³] nach SMALIAN errechnet sich aus der Grundfläche des Stammfußes (g_u) und der Grundfläche des Zopfes (g_o) sowie der Stammlänge l (Burschel & Huss, 2003; Köhl *et al.*, 2006; Kramer & Akça, 2008).

$$V = \frac{g_u + g_o}{2} \cdot l \quad (5.3)$$

Die Abholzigkeit t [mm/lfm] wird anhand der Durchmesser von Stammfuß (d_u) und Zopf (d_o) sowie der Stammlänge l berechnet (Burschel & Huss, 2003; Kramer & Akça, 2008).

$$t = \frac{d_u - d_o}{l} \quad (5.4)$$

Die absolute Ovalität (O_{abs}) [mm] errechnet sich aus der Differenz des maximalen Zopfdurchmessers ($d_{O\ max}$) und dem minimalem Zopfdurchmesser ($d_{O\ min}$) (Burschel & Huss, 2003; Kramer & Akça, 2008):

$$O_{abs} = d_{O\ max} - d_{O\ min} \quad (5.5)$$

Anschließend an die deskriptive Statistik des Einschlagsverzeichnisses werden die wichtigsten Eigenschaften der Hölzer, ihre Verwendungsmöglichkeiten und Besonderheiten auf Grundlage einer Literaturstudie dargestellt.

5.2. Ergebnisse Rundholzbeschreibung

Die Anzahl der im Einschlagsverzeichnis von 01/2005 bis 07/2015 erfassten Stämme variiert innerhalb der Holzarten von 1 - 190.001 Stämmen. Der Mittelwert beträgt 6.956 Stämme, der Median 697 Stämme (Standardabweichung 21.239 Stämme).

Die Darstellung der Rundholzkennzahlen für die 10 wichtigsten Holzarten, die mehr als 61 % des Rundholzvolumens der Holzernte auf sich vereinen, basiert auf den Daten von fast 700.000 Stämmen. Je Holzart werden die Daten von knapp 25.000 - 190.000 Stämmen ausgewertet. Der Mittelwert umfasst knapp 70.000 Stämme und der Median beträgt knapp 43.000 Stämme. Die Anteile dieser Holzarten am Gesamteinschlag variieren von 2,9 - 17,7 %. In Tab. 5.2 werden die Stammdaten der Auswertung beschrieben.

Tabelle 5.2.: Einschlagsverzeichnis von 01/2005 bis 07/2015 als Datengrundlage für die Berechnung der Rundholzkennzahlen für die einzelnen Holzarten

Stichprobe	Baumarten	Stammzahl				
	n	n	Min	Max	\bar{x}	Md
insgesamt	155	1.078.116	1	190.001	6.956	697
detailliert dargestellt	10	699.879	25.471	190.001	69.988	42.669

Es zeigt sich beim gesamten Datensatz ein großer Unterschied zwischen dem Mittelwert und dem Median sowie eine hohe Konzentration auf wenige Holzarten. Von einzelnen Holzarten wurden nur sehr wenige, im Extremfall sogar nur 1 einziger Stamm, in den letzten 10 Jahren geerntet. 14 Hölzer haben einen Anteil von 1 - 2,4 %. Die übrigen 131 Holzarten haben einen Anteil von jeweils < 1 % am Gesamteinschlag. Dies bestätigt wiederum die Konzentration auf einige wenige Holzarten bei zugleich hoher Artenvielfalt.

In Tab. 5.3 sind die am Einschlag beteiligten 10 wichtigsten Holzarten einzeln und als Gruppe sowie die übrigen 145 Holzarten zusammengefasst dargestellt. Die detaillierte Auswertung aller übrigen Holzarten findet sich im Anhang A dieser Arbeit.

Bei der Gegenüberstellung von geernteten Stämmen und deren Volumen in Tab. 5.3 fällt auf, dass von *Vouacapoua americana* der Anteil an geernteten Stämmen mit 10,2 % relativ hoch, der Volumenanteil am Gesamteinschlag mit 2,9 % jedoch gering ist. Es werden dementsprechend viele Stämme mit einem geringen Volumen geerntet. Umgekehrt wurden von *Qualea rosea* stärkere Stämme geerntet. Der Volumenanteil ist mit 12,3 % am zweithöchsten. Der Anteil der geernteten Stämme ist mit 9,9 % niedriger. Die wichtigsten 10 Holzarten haben bei der Betrachtung der Anzahl geernteter Stämme pro Baumart sogar einen Anteil von 64,9 %. Es zeigt sich eine noch stärkere Konzentration auf einige wenige Hölzer.

Es gibt lediglich 2 Holzarten, *Dicorynia guianensis* und *Qualea rosea*, die mehr als 10 % des Gesamteinschlagvolumens auf sich vereinen. 38,9 % des Volumens verteilt sich auf 145 Holzar-

5. Beschreibung des Rundholzes

Tabelle 5.3.: Zusammensetzung der Holzernte von 01/2005 bis 07/2015 nach Volumen und Stammzahlen der 10 wichtigsten Holzarten

Holzart	Volumen		Stämme	
	m ³	%	n	%
<i>Dicorynia guianensis</i>	480.703	17,7	190.001	17,6
<i>Eperua falcata</i>	92.566	3,4	39.899	3,7
<i>Goupia glabra</i>	153.210	5,6	76.990	7,1
<i>Manilkara bidentata</i>	91.066	3,4	32.995	3,1
<i>Ocotea rubra</i>	125.806	4,6	42.502	3,9
<i>Peltogyne paniculata</i>	94.038	3,5	32.539	3,0
<i>Qualea rosea</i>	335.439	12,3	107.169	9,9
<i>Ruizterania albiflora</i>	131.078	4,8	42.836	4,0
<i>Vochysia tomentosa</i>	77.941	2,9	25.471	2,4
<i>Vouacapoua americana</i>	78.823	2,9	109.477	10,2
Summe wichtigste 10	1.660.670	61,1	699.879	64,9
Restliche 145 Arten	1.056.173	38,9	378.237	35,1
Gesamt	2.716.843	100	1.078.116	100

ten. In Abb. 5.1 sind die Volumenanteile der am Gesamtschlag beteiligten wichtigsten 10 Holzarten farblich dargestellt.

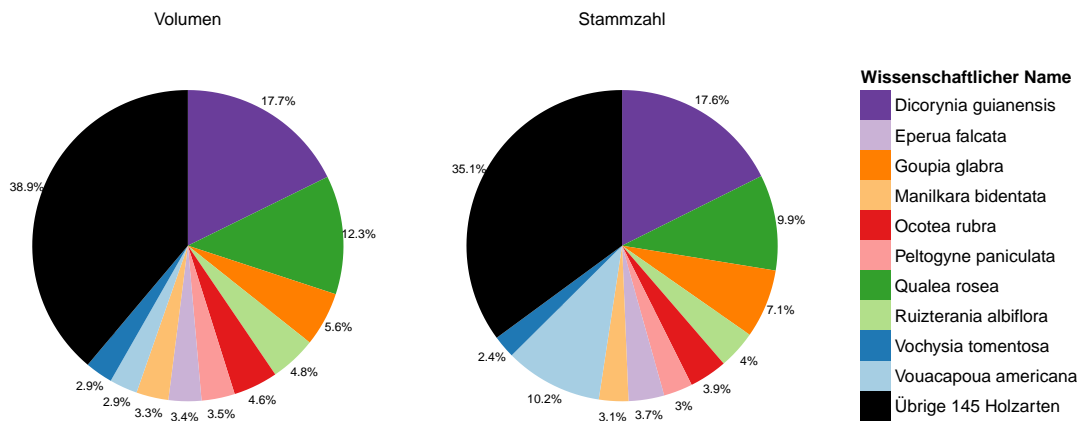


Abbildung 5.1.: Holzartenzusammensetzung des Einschlags nach Volumen und Stammzahl von 01/2005 bis 07/2015

5.2.1. Stärkeklassenverteilung

Die Stärkeklassen reichen von 1 (10 - 19 cm) bis 17 (≥ 170 cm). Es wird die Anzahl der Stämme nach Mittendurchmesser der jeweiligen Stärkeklasse angegeben. In Abb. 5.2 sind in der Klassensumme (schwarz) alle Stämme mit dem entsprechenden Mittendurchmesser dargestellt.

5. Beschreibung des Rundholzes

Die 10 wichtigsten Holzarten, auf die sich über 61 % der Holzerntemenge und fast 65 % der Stammzahlen konzentrieren, sind farblich hervorgehoben.

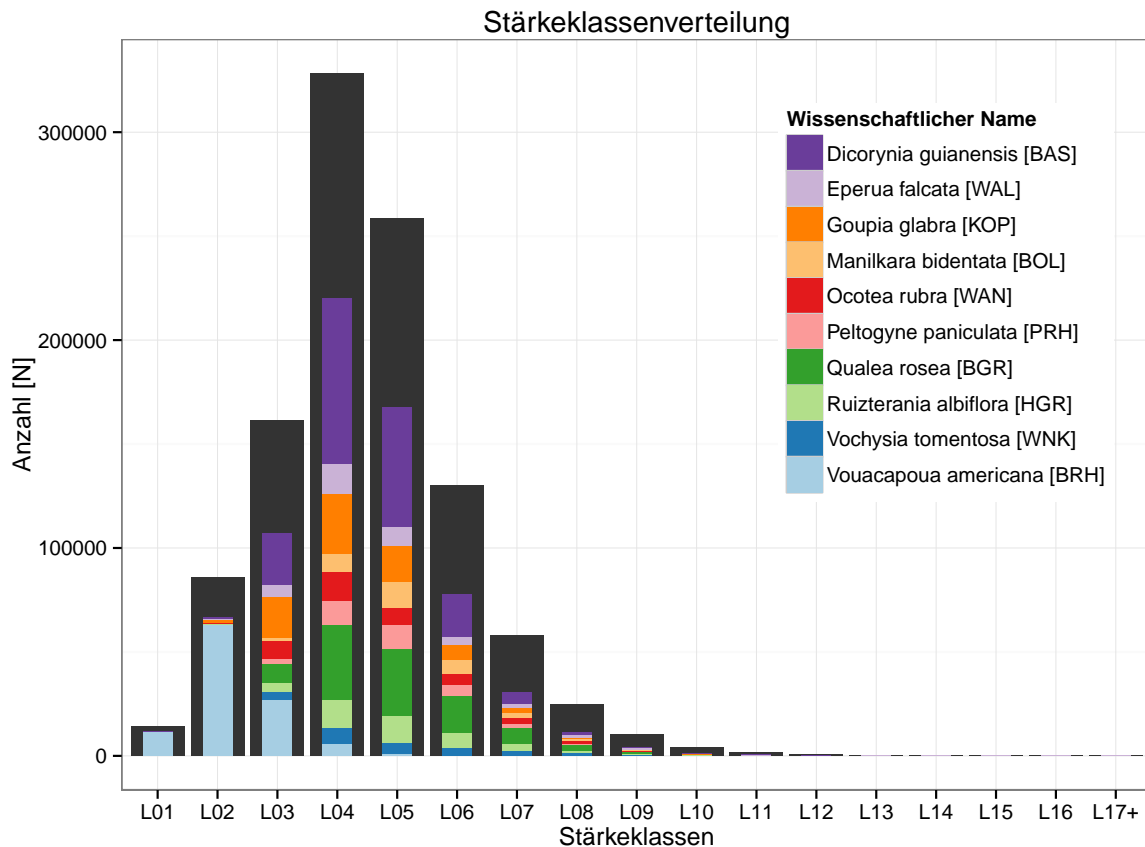


Abbildung 5.2.: Stärkeklassenverteilung nach Mittendurchmesser. Farblich: 10 Holzarten von 155, die insgesamt über 61 % des Gesamtvolumens von 2,7 Mio. m³ bzw. 65 % von über 1 Mio. geernteter Stämme ausmachen

Quelle: eigene Berechnungen; Datengrundlage Einschlagsverzeichnis 01/2005 bis 07/2015 von SBB.

Die Mittenstärkenverteilung ist eingipfelig, hat ihr Maximum im Bereich der 4. Stärkeklasse und ist leicht rechtsschief. Es ist ein deutlicher Sprung von der 3. zur 4. Klasse um knapp 160.000 Stämme zu erkennen.

Auffällig ist, dass trotz des gesetzlich vorgeschriebenen Mindesthaubarkeitsdurchmessers von 30 cm in Brusthöhe (President of Suriname, 1992), knapp 100.000 Stämme (9,2 %) in der 1. und 2. Stärkeklasse geerntet wurden. Zu einem gewissen Teil lässt sich diese Diskrepanz mit der Klassenzusammenstellung nach Mittendurchmesser begründen: so werden Stämme, die mit einem Brusthöhendurchmesser (BHD) von knapp über 30 cm geerntet werden, bei der zu Grunde liegenden Berechnung der Stärkeklasse nach Mittendurchmesser aufgrund der natürlichen Abholzigkeit in einer Stärkeklasse niedriger verzeichnet. Zudem werden auch schwächere Stämme, die bei der Holzernte umgeworfen oder umgerissen werden, aufgearbeitet und sind

5. Beschreibung des Rundholzes

somit Bestandteil der nationalen Rundholzliste. Ferner vergibt die Forstverwaltung auf Antrag Sondergenehmigungen für das Fällen von Bäumen, die einen BHD von < 30 cm haben.

Die Auswertung zeigt, dass in Surinam überwiegend mittleres (38 - 50 cm) bis starkes (> 50 cm) Baumholz geerntet wird.

Die Stärkeklassenverteilung nach den 10 wichtigsten Baumarten (farblich dargestellt) zeigt ein ähnliches Bild. Die Mittenstärkenverteilung ist ebenfalls von einer positiven Schiefe gezeichnet. Das Maximum ist ebenfalls in der 4. Stärkeklasse.

Auffällig ist der dominante Anteil von *Vouacapoua americana* in der 1. bis 3. Stärkeklasse. Dieser hohe Anteil von schwachen Dimensionen erklärt sich aus der besonderen Verwendung.

Das Holz von *Vouacapoua americana* wird aufgrund seiner Stabilität und Dauerhaftigkeit für die Herstellung von Telegraf- und Stromleitungsmasten genutzt. Beim Sägen der Masten wird bevorzugt schwach dimensioniertes Holz verwendet, da so die Herzzone nicht aufgetrennt werden muss. Oft werden auch runde, nur mit der Axt vom Splint gesäuberte Hölzer verwendet, wofür ebenfalls schwächere Dimensionen nachgefragt werden. Dies zeigt sich auch in den hohen Stammzahlen bei niedrigem Gesamtvolumen, vgl. Tab. 5.3. Die Stärkeklassenverteilung ohne *Vouacapoua americana* zeigt eine deutlichere Konzentration auf starkes Baumholz.

5.2.2. Rundholzkennzahlen nach Holzarten

Dieser Abschnitt stellt die Kennzahlen der 10 wichtigsten Holzarten dar. Der besseren Vergleichbarkeit wegen werden diese einzeln pro Holzart, für die Gruppe der 10 wichtigsten und die Gesamtheit aller Holzarten zusammengefasst in den Graphiken dargestellt. Die Auswertungen aller übrigen Holzarten sind im Anhang A dieser Arbeit tabellarisch dargestellt. Die Ergebnisse liefern eine Übersicht über die Dimensionen und Eigenschaften des der Sägeindustrie zur Verfügung stehenden Holzes. Ferner sind bedingt Rückschlüsse auf die Naturalausstattung in den Konzessionen möglich. Es werden die Kennwerte für die folgenden Merkmale dargestellt:

- Zopfdurchmesser,
- Stammfußdurchmesser,
- Länge,
- Volumen,
- Abholzigkeit,
- Ovalität.

Zopfdurchmesser

Die mittleren Zopfdurchmesser (siehe Abb. 5.3) aller Holzarten variieren von 22,4 - 69,9 cm (Mittelwert 44,1 cm, Median 43,9 cm, Standardabweichung 8,4 cm). Die mittleren Zopfdurchmesser der 10 wichtigsten Holzarten variieren von 24,4 - 50,4 cm (Mittelwert 44,7 cm, Median 46,8 cm, Standardabweichung 7,5 cm). *Vouacapoua americana* hat mit 24,4 cm den niedrigsten und *Manilkara bidentata* hat mit 50,4 cm den höchsten mittleren Zopfdurchmesser.

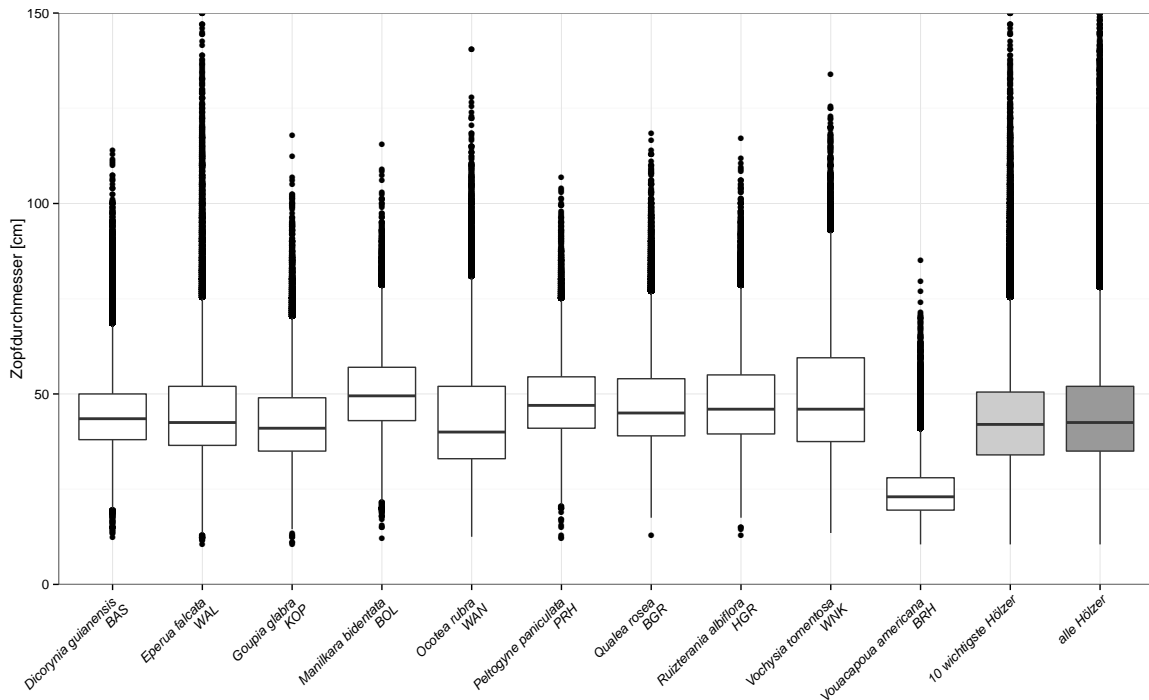


Abbildung 5.3.: Zopfdurchmesser

Stammfußdurchmesser

Die Verteilung der Stammfußdurchmesser ist in Abb. 5.4 dargestellt. Der mittlere Stammfußdurchmesser aller Holzarten variiert von 29,3 - 85,5 cm (Mittelwert 55,1 cm, Median 54,8 cm, Standardabweichung 9,6 cm). Der mittlere Stammfußdurchmesser der 10 wichtigsten Holzarten variiert von 30,5 - 62,3 cm (Mittelwert 55,8 cm, Median 59,6 cm, Standardabweichung 9,5 cm). Den niedrigsten mittleren Stammfußdurchmesser hat *Vouacapoua americana* (30,5 cm) und den höchsten hat *Vochysia tomentosa* (62,3 cm).

Stammlänge

Die Verteilung der Stammlängen ist in Abb. 5.5 dargestellt. Die mittleren Stammlängen aller Hölzer variieren von 8,1 - 16,8 m (Mittelwert und Median 11,6 m, Standardabweichung 1,2 m). Die mittleren Stammlängen der 10 wichtigsten Hölzer liegen im Bereich von 10,1 - 12,8 m (Mittelwert 11,6 m, Median 11,8 m, Standardabweichung 1,0 m).

5. Beschreibung des Rundholzes

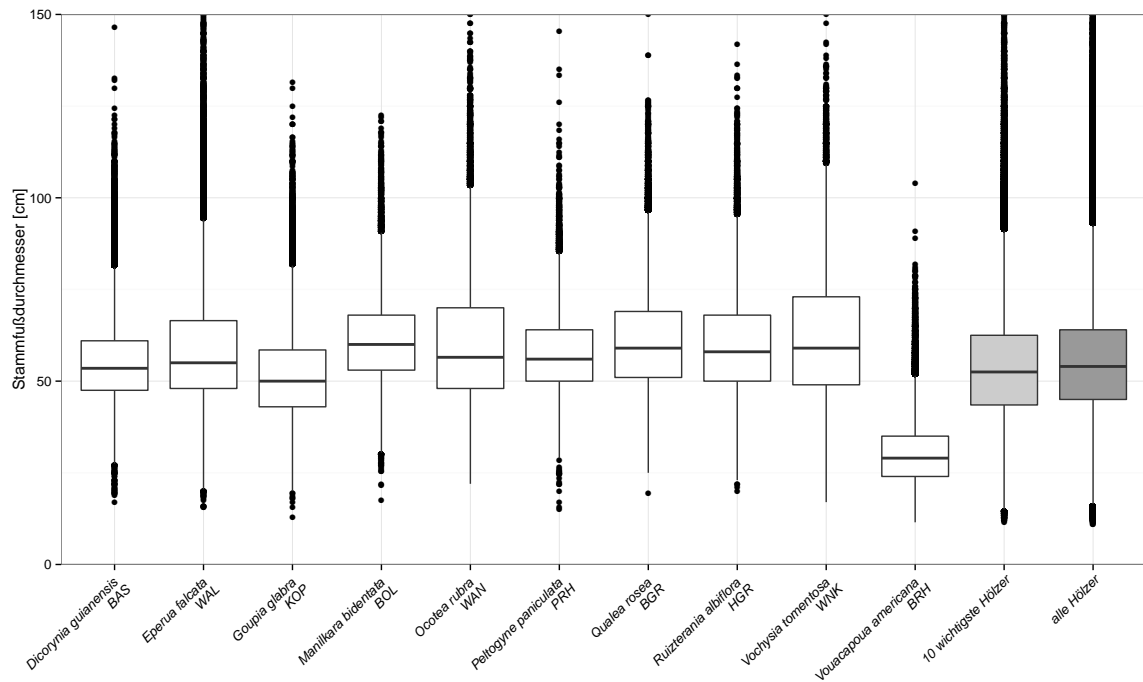


Abbildung 5.4.: Stammfußdurchmesser

Die Ergebnisse zeigen, dass überwiegend LKW-Transportlängen von 10 - 15 m genutzt werden. Die Stämme werden bereits im Bestand am ersten Starkast gezopft und wenn nötig auf dem Holzlagerplatz beim Verladen für den Transport weiter eingekürzt.

Stammvolumen

In Abb. 5.6 ist das Stammvolumen dargestellt. Das mittlere Stammvolumen aller Baumarten variiert von 0,5 - 6,24 m³ (Mittelwert 2,48 m³, Median 2,41 m³, Standardabweichung 0,89 m³). Das mittlere Stammvolumen der 10 wichtigsten Holzarten variiert von 0,72 - 3,13 m³ (Mittelwert 2,54 m³, Median 2,82 m³, Standardabweichung 0,74 m³). Das niedrigste mittlere Stammvolumen hat *Vouacapoua americana* (0,72 m³) und das höchste hat *Qualea rosea* (3,13 m³).

Abholzigkeit

Die mittlere Abholzigkeit aller Baumarten variiert von 2,2 - 27,2 mm/lfm (Mittelwert 9,9 mm/lfm, Median 9,4 mm/lfm, Standardabweichung 2,8 mm/lfm). Die mittlere Abholzigkeit der 10 wichtigsten Holzarten variiert von 5,7 - 14,0 mm/lfm (Mittelwert und Median 9,9 mm/lfm, die Standardabweichung 5,5 mm/lfm). Die stärkste mittlere Abholzigkeit zeigt sich bei *Eperua flacata* (14,0 mm/lfm) und bei *Ocotea rubra* (13,3 mm/lfm). Die niedrigste mittlere Abholzigkeit hat *Vouacapoua americana* (5,7 mm/lfm).

5. Beschreibung des Rundholzes

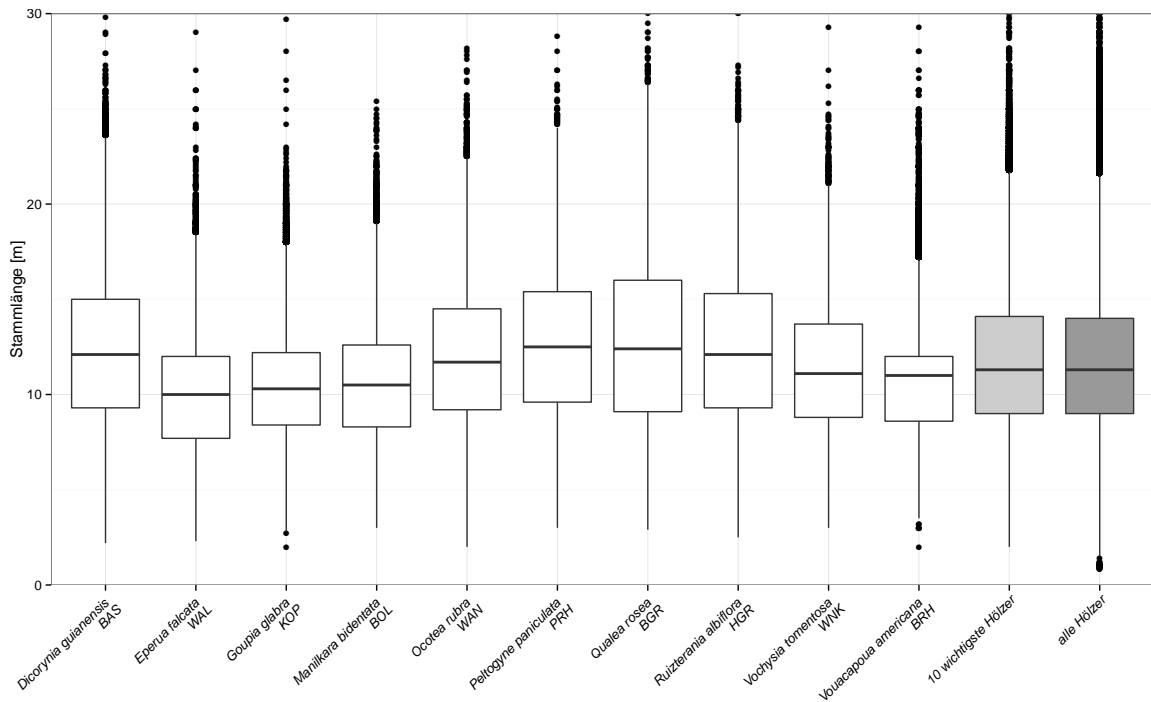


Abbildung 5.5.: Stammlängen

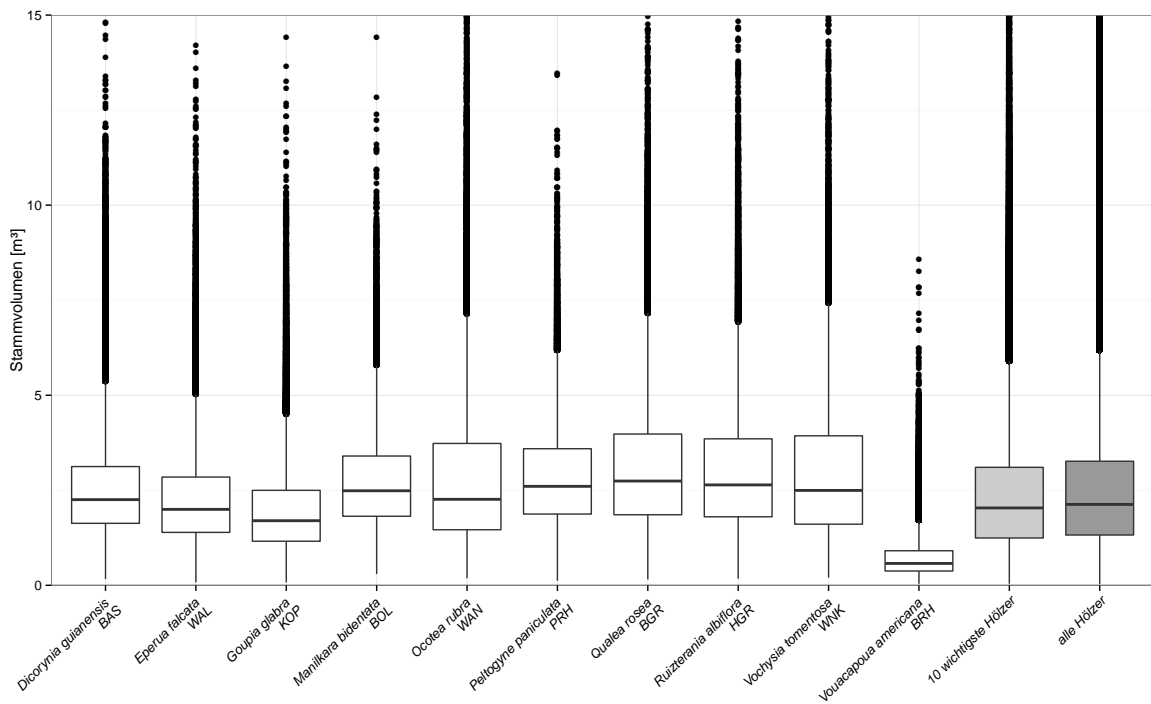


Abbildung 5.6.: Stammvolumen

5. Beschreibung des Rundholzes

Von den 155 Holzarten haben 67 eine mittlere Abholzigkeit von > 10 mm/lfm. Es zeigt sich, dass die surinamischen Hölzer überwiegend vollholzige sind, vgl. Abb. 5.7.

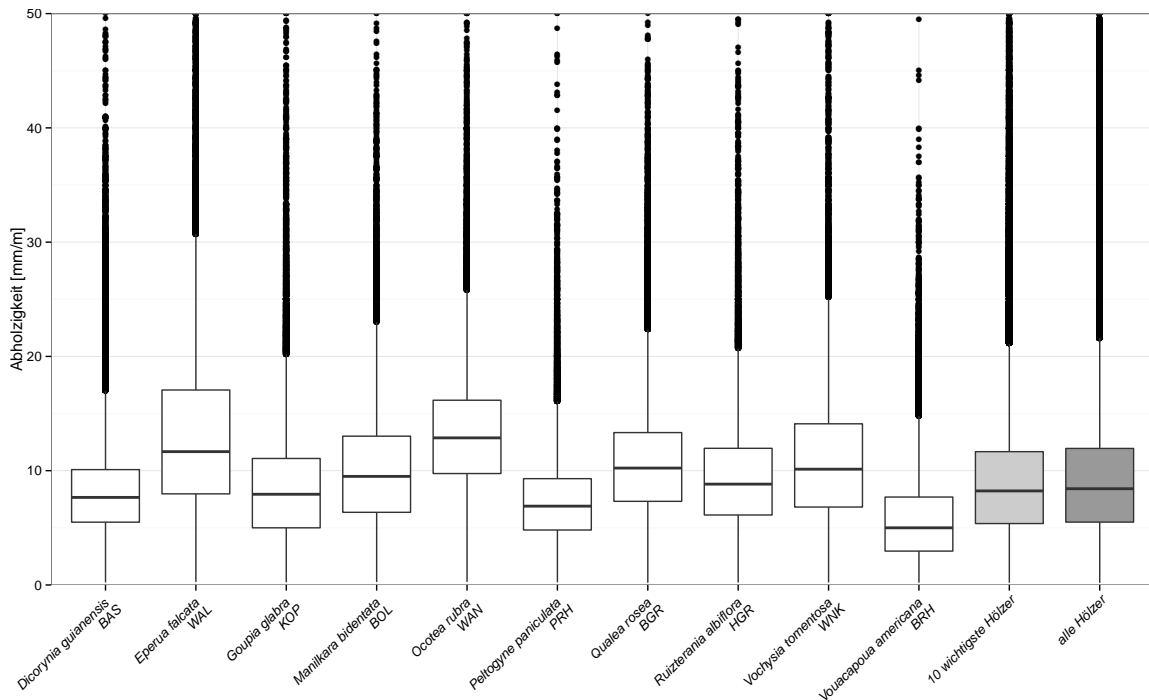


Abbildung 5.7.: Abholzigkeit

Ovalität

Die mittlere Ovalität aller Baumarten variiert von 0,8 - 57,5 mm (Mittelwert 26,6 mm, Median 25,9 mm, Standardabweichung 8,5 mm). Die mittlere Ovalität der 10 wichtigsten Holzarten variiert im Mittel von 14 - 34 mm (Mittelwert 25,7 mm, Median 25,4 mm, Standardabweichung 5,5 mm). *Eperua flacata* weist mit 31 cm die höchste mittlere Ovalität und *Vouacapoua americana* die niedrigste mit 13 mm auf.

Die surinamischen Stämme sind von geringer Ovalität, vgl. Abb. 5.8.

Eine Zusammenstellung der Rundholzkennzahlen für die 10 wichtigsten Holzarten findet sich in Tab. 5.4. Eine tabellarische Übersicht über alle 155 Holzarten des Einschlagsverzeichnisses von SBB von 01/2005 bis 07/2015 findet sich im Anhang A.

5.2.3. Charakteristika der surinamischen Hölzer

Für eine Beurteilung der Säge- und Verarbeitungstechnik ist eine Beurteilung des zur Verfügung stehenden Holzes unabdingbar. Für die optimale Verarbeitung und Verwendung ist eine Berücksichtigung der Holzmerkmale und -eigenschaften notwendig.

5. Beschreibung des Rundholzes

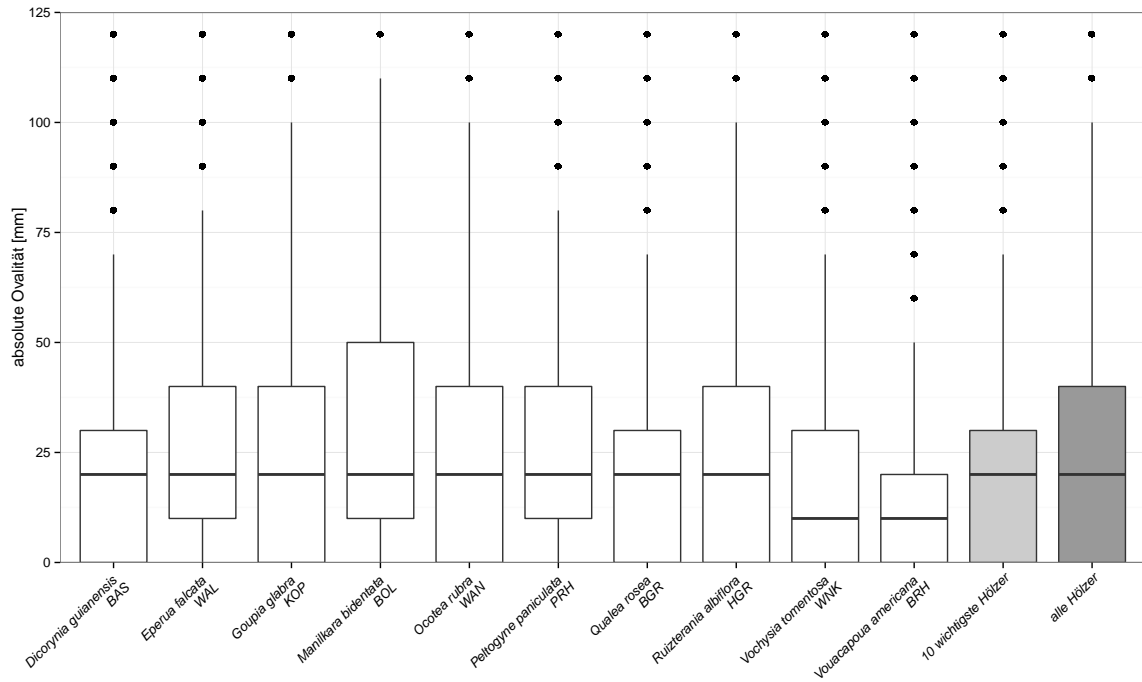


Abbildung 5.8.: Absolute Ovalität

Nachfolgend werden die wichtigsten Charakteristika für die 10 wichtigsten Holzarten dargestellt. Zur besseren Übersicht und Vergleichbarkeit werden diese in Form von Tabellen zusammengefasst. Es werden die gängigsten Handelsnamen, die Wuchsgebiete und Holzeigenschaften unterschieden nach Kern- und Splintholz, Holzqualität sowie Verwendungs- bzw. Einsatzbereiche aufgeführt. Die tabellarischen Übersichten sind in den Tab. 5.5 und 5.6 dargestellt.

Abbildungen der Hölzer in den drei Hauptschnitttrichtungen (in Faserrichtung, radial und tangential) finden sich in Anhang B.

Die Hölzer zeichnen sich fast alle durch eine hohe Dichte aus. Die höchste Dichte haben *Hymenolobium flavum* und *Manilkara bidentata* mit $1,00 \text{ g/cm}^3$. Die geringste Dichte mit $0,50 \text{ g/cm}^3$ besitzt *Qualea rosea*. Die durchschnittliche Dichte beträgt $0,81 \text{ g/cm}^3$. Eine Übersicht der Holzdichten ist in Tab. 5.7 zusammengestellt.

5. Beschreibung des Rundholzes

Tabelle 5.4.: Rundholzkennzahlen der wichtigsten 10 Holzarten

Holzart	Code	n		Fuß [cm]	Zopf [cm]	Länge [m]	Volumen [m ³]	Ovalität [mm]	Abholzigkeit [mm/lfm]
<i>Dicorynia guianensis</i>	BAS	190.001	mean	54,9	45,0	12,4	2,53	23,1	8,1
			median	53,5	43,5	12,1	2,25	20,0	7,7
			min	17,0	12,5	2,2	0,16	0,0	0,2
			max	146,5	114,0	29,8	16,44	500,0	95,0
			s	10,5	9,7	3,6	1,29	25,6	4,2
			var	111,1	94,2	13,1	1,66	653,5	17,4
<i>Eperua falcata</i>	WAL	39.899	mean	59,4	46,3	10,1	2,32	31,0	14,0
			median	55,0	42,5	10,0	2,00	20,0	11,7
			min	15,5	10,5	2,3	0,08	0,0	0,3
			max	273,5	182,5	29,0	18,06	1350,0	265,4
			s	18,1	15,6	3,1	1,42	38,4	10,5
			var	329,3	242,3	9,7	2,01	1471,3	109,4
<i>Goupia glabra</i>	KOP	76.990	mean	51,6	42,8	10,5	1,99	25,7	8,5
			median	50,0	41,0	10,3	1,70	20,0	7,9
			min	13,0	10,5	2,0	0,08	0,0	0,2
			max	131,5	118,0	29,7	17,26	600,0	165,0
			s	11,8	10,6	2,7	1,19	30,8	5,2
			var	138,3	113,1	7,5	1,41	947,9	26,6
<i>Manilkara bidentata</i>	BOL	32.995	mean	61,2	50,4	10,8	2,76	33,9	10,2
			median	60,0	49,5	10,5	2,49	20,0	9,5
			min	17,5	12,0	3,0	0,30	0,0	0,3
			max	122,5	115,5	25,4	15,10	490,0	81,1
			s	11,5	10,9	3,2	1,34	34,9	5,9
			var	132,7	119,3	10,0	1,80	1215,8	34,7
<i>Ocotea rubra</i>	WAN	42.502	mean	60,3	44,3	12,1	2,96	26,7	13,3
			median	56,5	40,0	11,7	2,26	20,0	12,9
			min	22,0	12,5	2,0	0,18	0,0	0,3
			max	170,5	140,5	28,2	24,77	700,0	86,7
			s	17,1	14,9	3,6	2,22	34,5	5,9
			var	291,9	221,5	12,8	4,91	1187,8	34,6
<i>Peltogyne paniculata</i>	PRH	32.539	mean	57,6	48,3	12,6	2,89	30,2	7,5
			median	56,0	47,0	12,5	2,60	20,0	6,9
			min	15,0	12,0	3,0	0,12	0,0	0,2
			max	145,5	107,0	28,8	19,58	410,0	95,2
			s	11,0	10,4	3,8	1,42	32,3	4,3
			var	120,4	107,8	14,2	2,02	1046,0	18,7
<i>Qualea rosea</i>	BGR	107.169	mean	60,8	47,3	12,8	3,13	23,1	10,7
			median	59,0	45,0	12,4	2,74	20,0	10,2
			min	19,5	13,0	2,9	0,16	0,0	0,2
			max	170,0	160,0	30,0	24,83	440,0	105,1
			s	13,3	11,9	4,2	1,76	27,8	5,2
			var	176,0	141,5	17,5	3,08	773,2	27,0
<i>Ruizterania albiflora</i>	HGR	42.836	mean	59,8	48,2	12,5	3,06	25,1	9,5
			median	58,0	46,0	12,1	2,64	20,0	8,8
			min	20,0	13,0	2,5	0,17	0,0	0,2
			max	142,0	117,0	30,0	21,55	570,0	78,5
			s	13,7	12,2	3,8	1,76	29,5	5,2
			var	188,3	148,3	14,6	3,11	867,8	27,0
<i>Vochysia tomentosa</i>	WNK	25.471	mean	62,3	49,9	11,4	3,06	24,0	11,2
			median	59,0	46,0	11,1	2,50	10,0	10,1
			min	17,0	13,5	3,0	0,20	0,0	0,2
			max	183,0	134,0	29,3	20,17	750,0	120,0
			s	17,8	16,5	3,4	2,04	32,6	6,9
			var	317,3	273,7	11,3	4,16	1061,5	47,3
<i>Vouacapoua americana</i>	BRH	109.477	mean	30,5	24,4	10,8	0,72	14,0	5,7
			median	29,0	23,0	11,0	0,57	10,0	5,0
			min	11,5	10,5	2,0	0,04	0,0	0,2
			max	258,0	85,0	29,3	21,28	470,0	296,3
			s	8,3	7,0	2,6	0,51	18,8	3,8
			var	69,7	48,4	6,8	0,26	354,9	14,6

Tabelle 5.5.: Holzcharakteristika der wichtigsten surinamischen Hölzer Teil I

Handelsname	Verbreitung	Holz	Holzqualität	Verwendung
<i>Dicorynia guianensis</i>				
Basralocus, Angélique, Barkarouballi, Angelica do Pará	Surinam, Franz. Guyana, unteres brasil. Amazonasgebiet	Kern: hellrötlich, später braun, braun violett Splint: 3 - 6 cm stark, hellrosa, später hellbraun	feine Textur, geradfaserig, 0,6 - 2,5 % SiO ₂ ; natürliche Resistenz gegen Bohrmuschelbefall, gute Festigkeit (wie Teak)	Wasserbauholz, Treppen, Schiffsdecks, Stege
<i>Eperua falcata</i>				
Walaba, Apa, Wallaba, Uapa	Wapa, Amazonasbecken, Guayanas	Kern: braun-rot bzw. dunkel-braun-rot mit dunklen Streifen oder Flecken von Farb- und Gerbstoffen Splint: 3 - 6 cm breit und zunächst rosa-beige	geradfaserig, mittelfeine bis grobe Textur; sehr dauerhaft; gute Festigkeit, leicht spaltbar	Pfähle, Leitungsmasten, Industrieböden, Dachschindeln; in Surinam auch für Kremation
<i>Goupia glabra</i>				
Kopi, Congrio blanco, Cuiúba, Chaquiro, Capricornia, Kabukalli, Goupi	Orinoko-Delta (Venezuela), Pará (Brasilien), trockene Standorte in den Guayanas	Kern: rosa-orangebraune Färbung, nach der Trocknung kastanienbraun; teilweise mit feinen dekorativen Streifen durchsetzt	homogene, fein bis mittelgrobe Holzstruktur, dauerhaft bis mäßig dauerhaft; Resistenz gegen Termiten- und Insektenbefall	schweres Konstruktionsholz, Brückenbelege, Schleusentore, Wasserbauwerke, Treppen und Parkett
<i>Manilkara bidentata</i>				
Bolletrie, Maçaranduba, Balata rouge, Balata, Nispero, Pamashto, Bulletwood	tropisches Mittel- und Südamerika	Kern: frisch fleischrot, nach dem Trocknen rot-braun Splint: 3 - 5 cm breit, leichte rötliche bis beige Färbung	überwiegend geradfaserig, selten Weicheldrehwuchs; gleichmäßige, dichte und feine Holztextur; sehr dauerhaft gegen Pilzbefall im Erdkontakt; neigt zu Verformung und Reißen	Konstruktionsholz, Brücken, Schwellen, Wasser- und Gartenbau, Parkett, Möbel, Tischlerarbeiten, Griffe, Werkzeugstiele, Bögen von Streichinstrumenten
<i>Ocotea rubra</i>				
Wana, Louro, Grignon franc, Determa, Wane	Amazonasbecken, Guayanas, Trinidad	Kern: hellrosa-braun, glänzt wie <i>Swietenia spp.</i> ; Streifencharakter; mittelgrobe, einheitliche Struktur Splint: 2 - 5 cm, hellgrau bis blassgrau-rötlich	dauerhaft; natürliche Resistenz gegen Insekten, Termiten und Bohrmuscheln; neigt zu Zellkollaps	Sperrholz- und Messerfurnierherstellung, Schiffsbau, Fensterholz, Terrassenholz

Quelle: nach (Boehm, 2011)

Tabelle 5.6.: Holzcharakteristika der wichtigsten surinamischen Hölzer Teil II

Handelsname	Verbreitung	Holz	Holzqualität	Verwendung
<i>Peltogyne paniculata</i>				
Purpelhart, Morado, Pau roxo, Nazareno, Violettholz, Amarante, Purpleheart, Tananeo, Palo morado, Purperhart, Ameranth, Zapatero	Mexico bis Minas Gerais (Brasilien)	Kern: beige-braun, oxidiert zu violett-purpurrot, welches mit der Zeit maronenbraun wird Splint: cremig weiß, 3 - 7,5 cm stark	überwiegend geradfaserig und gleichmäßig; dauerhaft bis mäßig dauerhaft; gute Festigkeitseigenschaften, schwer und elastisch, formstabil	Prestigeprodukte wie Messerfurniere, Möbel, Innenausbau, Fußböden, Säрге, Messergriffe, Musikinstrumente, Billardstöcke
<i>Qualea rosea und Ruizterania albiflora</i>*				
Mandioqueira, Gronfolo, Mandio, Florecillo	Guyanas und Amazonasbecken	Kern: rosa-braun bis rotbraun, leichter Wechselfeldrehwuchs Splint: 3 - 6 cm stark, grauweiß	unregelmäßige Faserstruktur; gleichmäßige, mittlere grobe Textur; mäßig dauerhaft; erst nach Trocknung dauerhaft gegen Insektenbefall	Sperrholz, Tischlerholz, Türrahmen, Waggonbohlen, Parkett
*Ist eine Unterart. Unterscheidet sich nur durch ihre beige-graue Farbe von <i>Qualea rosea</i> .				
<i>Vochysia tomentosa</i>				
Wanakwarie, Quaruba branca, Guaruba, Bella Maria, Kouali, Iteballi, Corpo, Quillo, Saladillo	Guayanas, tropisches Mittel- und Südamerika	Kern: rosabräunlich, nach Trocknung goldbraun, geradfaserig, grobe Textur Splint: 4 - 8 cm undeutlich abgesetzt	mäßig bis wenig dauerhaft gegenüber Insekten- und Pilzbefall; relativ weich, spröde, wenig elastisch	Möbelrahmen, Konstruktionsholz, für die Sperrholzproduktion geeignet
<i>Vouacapoua americana</i>				
Bruinhart, Acapú, Bois perdrix, Wacapou, Sarabebelli, Botonellare	nordöstliches Südamerika vorwiegend im Amazonasbecken in Pará (Brasilien), Surinam, Guyanas	Kern: maronenbraun, nach Trocknung dunkelbraun, teilweise mit hellen Streifen Splint: 2 - 3 cm breit, hellbeige	sehr dauerhaft, sehr hart, sehr fest	höherwertige Möbel, Parkett, Wasser- und Brückenbau, Telegrafmasten

Quelle: nach (Boehm, 2011)

5. Beschreibung des Rundholzes

Tabelle 5.7.: Rohdichten der wichtigsten 10 Holzarten bei 12 % Feuchtigkeit

Holzart	g/cm ³
<i>Dicorynia guianensis</i>	0,80
<i>Eperua falcata</i>	0,90
<i>Goupia glabra</i>	0,81
<i>Manilkara bidentata</i>	1,00
<i>Octoea rubra</i>	0,65
<i>Peltogyne paniculata</i>	0,82
<i>Qualea rosa</i>	0,50
<i>Rutizerania albiflora</i>	0,75
<i>Vochysia tomentosa</i>	0,35-0,60
<i>Vouacapoua americana</i>	0,90
zum Vergleich: <i>Fagus silvatica</i> *	0,62 - 0,69

Quelle: Boehm (2011); *Niemz *et al.* (2015)

5.3. Diskussion Rundholzbeschreibung

Zur Beschreibung der Rundhölzer, die der Sägeindustrie zur Verfügung stehen, wurde das nationale Einschlagsverzeichnis von Surinam von Januar 2005 bis Juli 2015 ausgewertet. Auf Basis der Grundgesamtheit von über 1 Mio. Stämmen wurden Stärkeklassen, Rundholzdimensionen, -qualitäten und Einzelstammparameter analysiert. Eine Literaturstudie zu den Charakteristika der wichtigsten 10 Holzarten ergänzt die Information zu einem Gesamtbild über den vorhandenen Rohstoff. Auf dieser Grundlage ist es möglich, eine Planung der notwendigen Sägewerkstechnik zu erstellen und mögliche Schnittholzausbeuten zu bewerten.

Die Ergebnisse sprechen dafür, dass in Surinam mittleres bis starkes Baumholz geerntet wird. Ein allgemein tropenassoziertes Vorkommen von sehr starkem Holz kann nur in geringem Umfang bestätigt werden. Die Ergebnisse legen nahe, dass die Hölzer in Surinam überwiegend vollholzsig sind. Ebenso zeigt sich eine nur geringe Ovalität. Die Krümmung konnte auf Basis der vorliegenden Daten nicht ermittelt werden, jedoch weisen stark gekrümmte Stämme meist einen unrunder Querschnitt auf (Richter, 2014a). Somit ist überwiegend von guten Schaftformen auszugehen.

Ein in vielen tropischen Ländern beobachtetes Problem der Konzentration auf einige wenige Holzarten (Johns, 1985) kann für Surinam bestätigt werden.

Ein interessantes Ergebnis ist die Analyse der Rundholzstatistik nach Volumen und Stammzahlen, da hier bei einigen Holzarten hohe Unterschiede vorherrschen.

Die Auswertungen für die wichtigsten 10 Holzarten basieren pro Holzart auf der Grundgesamtheit an Daten von Januar 2005 bis Juli 2015. Dies sind pro Holzart mindestens 25.000 Stämme.

5. Beschreibung des Rundholzes

Die Untersuchung der Einzelstammparameter verdeutlicht, dass in Anbetracht der vorherrschenden Dimensionen auf Starkholz ausgelegte aber keine besonders speziellen Sägewerksmaschinen notwendig sind. Anhand der Auswertungen kann gezeigt werden, dass auf Grundlage der Schaftformen der surinamischen Rundhölzer hohe Ausbeuten bei der Schnittholzproduktion zu erwarten sind. Durch abrasive Inhaltsstoffe und die hohe Holzdichte (Boehm, 2011) ist eine besondere Sägezahngeometrie und eine sorgfältige Blattpflege notwendig (Fronius, 1989; Lohmann, 2012).

Die Ergebnisse bieten die Grundlage für die Planung von Neuinstallationen und zur Überprüfung der installierten Sägewerkstechnik. Es lassen sich Rückschlüsse auf die notwendige Dimension der Anlagen ableiten. Auch im Bereich der Forstwirtschaft können die Daten für Planungen von Holzernte und Holzrücken sowie den Rundholztransport verwendet werden.

Die Datengrundlage erlaubt keine Rückschlüsse auf Defekte innerhalb der Stämme. Fäule, Risse und Splintholzanteile werden in der amtlichen Statistik nicht erfasst. Somit lässt sich anhand der Analysen nur bedingt auf die Holzqualitäten schließen. Weitere Untersuchungen hierzu und die Entwicklung einer praxistauglichen Qualitätssortierung sind anzustreben. In Bezug auf die Konzentration auf 10 Holzarten sind weitere Untersuchungen in Bezug auf den Absatz und das Kaufverhalten der Konsumenten durchzuführen, um das Holzartenspektrum und nutzbare Volumen nachhaltig zu erweitern. Eine Erweiterung des nutzbaren Baumartenspektrums führt zu einer gleichmäßigeren Verteilung des Einschlagsvolumens auf mehreren Holzarten und dient dem Erhalt der Biodiversität (Vlosky & Aguirre, 2001). Dies führt außerdem zu einer Erhöhung des Bestandwertes, weil in der Folge mehr vermarktbare Holz vorhanden ist. Es wird die Rentabilität der Naturwaldbewirtschaftung in den Tropen erhöht (Barany *et al.*, 2003).

Die Datengrundlage erlaubt keine Rückschlüsse auf die Verfügbarkeit der Holzarten. Der Aufbau einer nationalen Forstinventur ist anzustreben, um holzartenabhängige Nutzungssätze zu erarbeiten. Die Daten einer Forstinventur liefern die Grundlage für eine schwerpunktmäßige Analyse und Vermarktung von bisher wenig genutzten Holzarten, die zahlreich und mit einem hohem Volumen im Wald vorhanden sind.

Es sind in Bezug auf holzartenspezifische Rundholzkennzahlen bisher keine Studien aus Surinam bekannt. Jonkers (1987) entwickelte Formzahlen für 12 surinamische Holzarten. In einer Arbeit von Hack (2014) wurde die Schaftform von 16.000 in Surinam gefällten Stämmen aus dem analysierten Datensatz von September 2013 untersucht, wobei nicht zwischen verschiedenen Holzarten unterschieden sondern eine Vollholzigkeit über alle Holzarten aufgezeigt wird. Neben der holzartenspezifischen Darstellung werden mit der vorliegenden Studie erstmals auf Datenbasis von über 1 Mio. Stämmen Rundholzkennzahlen für Surinam veröffentlicht.

Das Ziel, baumartenspezifische Rundholzkennzahlen für Surinam zu errechnen, wurde erreicht.

5. *Beschreibung des Rundholzes*

Die Analyse der Rundholzkennzahlen zeigt, dass der Einschlag sich auf wenige Hölzer konzentriert. Die Auswertung bietet eine Planungsgrundlage und ermöglicht Rückschlüsse auf die notwendige Sägewerkstechnik. Es wird aufgezeigt, dass in Surinam überwiegend rundes und vollholzige Starkholz geerntet wird. Anhand der Rundholzkennzahlen können gute Schnittholzausbeuten in den Sägewerken erwartet werden.

6. Expertenbefragung

Zur Erfassung der lokalen Gegebenheiten, Handelsbräuche und für die Beschreibung der Arbeits- und Produktionsbedingungen wurden Befragungen in Sägewerken und Holzhandelsbetrieben durchgeführt. Hierbei ermöglicht eine multiperspektivische Betrachtung durch die Kombination quantitativer und qualitativer methodischer Ansätze, Grundlagenwissen zu verifizieren und zusätzliches Hintergrundwissen zu liefern. Qualitative Fragestellungen sollen ergänzend die Interpretation der Ergebnisse erleichtern und verbessern, da sie mitunter eine Tiefenschärfe aufweisen, die mit einer rein quantitativen Untersuchung nicht erreicht werden kann (Flick, 2008). Ferner wurden weitere Daten erhoben, über die die offiziellen Statistiken keine Aussage treffen und die für die Studie relevant sind. Die Expertenbefragung war erforderlich, um Termini und lokale Gegebenheiten in der Holzverarbeitung sowie die ortsübliche Verwendung und Sortierung von Produkten darstellen zu können.

6.1. Befragungsmethode

Für die Expertenbefragung wurde ein stark-strukturierter Ansatz angewendet, bei dem die systematische Abarbeitung standardisierter Fragen eine Vergleichbarkeit der Daten gewährleistet (Berekoven, 2009). Es fanden Befragungen in Sägewerken und in Holzhandelsbetrieben statt. Die hierfür gemäß Raab-Steiner & Benesch (2008) konzipierten Fragebögen setzen sich aus geschlossenen und offenen Fragen zusammen, wobei die quantitative Datenerhebung überwiegt. Die Fragebögen finden sich in Anhang C und D.

Auf Basis einer im November 2011 durchgeführten vierwöchigen Vorstudie in Surinam wurden die Fragebögen entwickelt. Es wurden zufällig ausgewählte Sägewerke aufgesucht und Mitglieder ortsansässiger Institutionen und Vereinigungen interviewt. Hierdurch konnte ein Überblick über die Beschaffenheit des Untersuchungsbereichs hinsichtlich räumlicher, technischer und organisatorischer Aspekte gewonnen werden.

Die Befragung orientiert sich methodisch an den Vorgehensweisen der empirischen Sozialforschung (Garz & Kraimer, 1991; Brüsemeister, 2008; Berekoven, 2009; Bogner *et al.*, 2009). In der zu Experteninterviews vorhandenen Literatur werden vorwiegend Fragen des Feldzugangs und der Gesprächsführung erörtert (Bogner *et al.*, 2009; Gläser & Laudel, 2010). Methodische Regeln zur Interviewplanung, zum Vorgehen in Interviews und zur Gesprächsführung beziehen

6. Expertenbefragung

sich dabei auf das einzelne Interview (Helfferich, 2005). Die Hauptaufgabe des Experteninterviews besteht darin, individuelle Aussagen im Hinblick auf die zu untersuchende Problematik zu erfassen und dabei von einer Vielzahl von Befragten vergleichbares Material zu gewinnen (Berekoven, 2009). Aufgrund ihrer sachlich gebotenen Offenheit werden explorative und forschungsbegleitende Experteninterviews in der Regel nicht zum Gegenstand methodisch reflexiver Diskussionen über Interviewformen und deren Techniken gemacht (Deeke, 1995). In der Forschungspraxis bezeichnet das Experteninterview ein qualitativ und offen gehaltenes, vorstrukturiertes Gespräch, wobei dem Befragten ein virtueller Expertenstatus in Bezug auf dessen Handlungs- und Erfahrungsbereich eingeräumt wird (Deeke, 1995). Für die vorliegende Studie werden diejenigen Personen als Experten definiert, die Leitungsfunktionen im Sägewerks- bzw. im Holzhandelsbetrieb innehaben. Dabei sind die angesprochenen Experten selbst aktiver Teil des Untersuchungsgegenstandes und nehmen nicht von außen im gutachterlichen Sinne Stellung (Meuser & Nagel, 1991).

Die einschlägige Literatur zu Experteninterviews unterscheidet zwischen problemzentrierter sowie explorativ-felderschließender und forschungsbegleitender Befragung. Für die vorliegende Untersuchung wird die letztere Form als Experteninterview im Rahmen von Fallstudien zugrunde gelegt (Meuser & Nagel, 1991; Mayer, 2008).

Pretests wurden zur empirischen Überprüfung der Rohfragebögen mit zwei Experten und zwei Mitarbeitern der Forstverwaltung durchgeführt. Sie dienten der Überprüfung der Verständlichkeit auch im Hinblick auf lokale Begrifflichkeiten und Gegebenheiten (Porst, 2013) sowie der Abschätzung der durchschnittlichen Befragungsdauer. Im Anschluss wurden Formulierungen angepasst, die im lokalen Kontext missverständlich hätten sein können. Die Befragung fand auf Englisch statt. Schwierigkeiten ergaben sich bei teilweise unzureichender Kenntnis der Fachsprache des Experten. In solchen Fällen wurde auf die Verdolmetschung eines Mitarbeiters der Forstverwaltung zurückgegriffen, um die jeweiligen Begriffe ins Niederländische bzw. ins SARANTONGO, die lokale Kreolsprache, zu übersetzen. Die statistische Auswertung der erhobenen Daten erfolgte themenbezogen.

6.1.1. Experteninterview Sägewerker

Die Grundgesamtheit der registrierten Sägewerke wurde durch einen Abgleich der Verzeichnisse des surinamischen Statistikamtes, *Algemeen Bureau voor de Statistiek in Surinam* (ABS), der surinamischen Handelskammer, *Kamer van Koophandel en Fabrieken* (KKF) und der Forstverwaltung SBB gewonnen. Es wurden nur Betriebe berücksichtigt, die an einem festen Standort ansässig sind. Durch Überprüfen der wirtschaftlichen Aktivität wurde die ursprüngliche Anzahl von 76 Sägewerken (Matai, 2012a) auf 62 im Jahr 2011 aktive Betriebe reduziert.

6. Expertenbefragung

Für die Repräsentativität der Studie wurde ein Stichprobenfehler von 10 % und ein Vertrauensintervall von 95 % akzeptiert. Für die Verteilung der Antworten wurde eine konservative Annahme von 50 % getroffen. Der minimale Stichprobenumfang wurde entsprechend Formel 6.1 für eine endliche Grundgesamtheit errechnet (Bamberg *et al.*, 2012; Mossig, 2012).

$$n \geq \frac{N}{1 + \frac{(N-1) \cdot \epsilon^2}{z^2 \cdot P \cdot Q}} \quad (6.1)$$

- n = minimal erforderlicher Stichprobenumfang für eine endliche Grundgesamtheit
- N = Anzahl der Elemente der Grundgesamtheit
- ϵ = gewählter tolerierter Fehler
- z = aus der zentralen Wahrscheinlichkeit der Standardnormalverteilung berechneter Wert der gewählten Sicherheitswahrscheinlichkeit
- P = tatsächlicher Mittelwert der Grundgesamtheit
- $Q = 1-P$

Mit der Befragung soll der unbekannte tatsächliche Mittelwert P und somit auch Q ermittelt werden. Daher wird P so hoch geschätzt, dass das Produkt aus $P \cdot Q$ den größtmöglichen Wert annimmt, damit auch im ungünstigen Fall ein ausreichend großer Stichprobenumfang n errechnet wird (Mossig, 2012).

Im Rahmen dieser Arbeit wurden 38 Betriebe, die entsprechend obiger Vorgaben den mindestens erforderlichen Stichprobenumfang darstellen, befragt. Dies sind 60 % der surinamischen Sägewerker.

Zur Erhöhung der Repräsentativität wurde die Grundgesamtheit anhand der Daten über die installierte Verarbeitungskapazität der Sägewerke stratifiziert und es wurden proportional geschichtete Stichproben gezogen (Schnell *et al.*, 2011). Hierdurch wird einer möglichen Inhomogenität der Grundgesamtheit und damit der Gefahr einer Verzerrung vorgebeugt (Bortz, 2005; Mossig, 2012). Die installierte Verarbeitungskapazität ist eine wichtige Kenngröße zur Beschreibung von Sägewerken. Sie lässt Rückschlüsse auf Rohstoff- und Energiebedarf, Beschäftigtenzahl sowie Umsatz zu. Die Stratifizierung ermöglicht es zudem, für jede Schicht unabhängige Schätzungen zu treffen (Schnell *et al.*, 2011). Somit können in der Ergebnisbetrachtung Aussagen über die einzelnen Betriebsgrößenklassen getroffen werden.

Es wurden 4 Straten entsprechend der jährlichen Rundholzverarbeitungskapazität gebildet:

- Kleinst-,
- Klein-,
- Mittel-,
- Großbetrieb.

6. Expertenbefragung

Die Kleinstbetriebe setzen jeweils nur 1 mobile Säge ein, deren installierte Verarbeitungskapazität bis zu 3.750 m³ beträgt. Das zweite Stratum der Kleinbetriebe reicht von 3.750 - 10.000 m³ verarbeitetes Rundholz.

Kleinbetriebe zeichnen sich durch eine Maschinenkombination aus Band- und Gattersäge oder durch 2 mobile Sägen aus. Die Mittelbetriebe werden im Stratum von 10.000 - 15.000 m³ zusammengefasst. Sie sind geprägt von einer Maschinenkombination aus 1 Band- und 2 Gattersägen oder mehr als 3 mobilen Sägen. Die Großbetriebe verfügen über 1 oder mehrere Band- und mehrere Gattersägen, nur ein Betrieb hat 6 mobile Sägen installiert. Die Grenzen des Stratums reichen von 15.000 - 45.000 m³ Rundholzininput.

Entsprechend der probabilistischen Stichproben wurden aus den einzelnen Straten zufällig die Untersuchungsobjekte proportional zur Grundgesamtheit gezogen (Richter, 2004; Bortz, 2005; Bamberg *et al.*, 2012). Durch die zufällige Auswahl der Sägewerke wurde ein möglicher systematischer Fehler im Auswahlverfahren reduziert und das Verfälschen der Ergebnisse durch systematische Selektionseffekte vermieden (Bortz, 2005). Eine Übersicht über die Größenklassenverteilung der Sägewerke in Surinam und die Anzahl der Stichproben innerhalb der einzelnen Straten findet sich in Tab. 6.1.

Tabelle 6.1.: Sägewerke nach Größenklasse und Gewichtung der Stichprobe

	Klassengrenzen m ³	Sägewerke n	Gewichtungsfaktor f	Stichprobe n
Großbetrieb	15.000 - 45.000	13	0,21	8
Mittelbetrieb	10.000 - 15.000	20	0,32	12
Kleinbetrieb	3.750 - 10.000	22	0,35	14
Kleinstbetrieb	1 - 3.750	7	0,12	4
Summe		62	1,00	38

Die Datenerhebung erfolgte von Februar bis April 2012. Vor Beginn der Befragung wurde über den Forschungshintergrund informiert und eine Projektbeschreibung mit Kontaktdaten übergeben. Es wurde darauf hingewiesen, dass keine Auskunftspflicht besteht, dass alle Informationen vertraulich und anonym behandelt und ausgewertet werden, so dass keine direkten Rückschlüsse auf einzelne Betriebe getätigt werden können.

Der Fragebogen umfasst die Bereiche Technik, Sozio-Ökonomie und Ökologie mit insgesamt 111 Unterfragen, die sich in 9 Hauptbereiche gliedern:

- Rohstoffe,
- Logistik,
- Produkte,
- Maschinenausstattung,
- Produktion,

6. Expertenbefragung

- Vertrieb,
- Betriebskennzahlen,
- Kooperationen,
- Holzwirtschaft in Surinam.

Die Experteninterviews dauerten in Abhängigkeit von der Größe der Geschäftsbereiche und des Organisationsgrads der Betriebe jeweils zwischen 60 - 120 Minuten.

Ein Musterfragebogen befindet sich in Anhang C.

Betriebsbesichtigung Sägewerke

Nach den Interviews wurde jeweils der Betrieb besichtigt und fotografiert. Beobachtungen wurden nach Verlassen des Betriebes notiert. Die Betriebsbesichtigung ermöglichte eine bedingte Validierung der Angaben der Experten durch die teilnehmende Beobachtung des Verfassers und lieferte weitere Erkenntnisse u.a. zum Betriebsablauf und zu den Arbeitsbedingungen. Da aus betrieblichen Gründen 3 der 38 Experten in ihren städtischen Büros interviewt wurden, konnte in diesen Betrieben keine Besichtigung durchgeführt werden.

6.1.2. Experteninterview Holzhandelsbetriebe

Der Holzhandel in Surinam ist geprägt durch kleine, lokale Handelsbetriebe, die sich als *Hout Markets* (niederländisch für Holzmärkte) bezeichnen. Der Einkauf beschränkt sich auf wenige Sägewerke. Der Absatz richtet sich an lokale Handwerksbetriebe und Privatabnehmer.

Die Auswahl der Testbetriebe beschränkt sich auf Holzhandelsbetriebe, die nicht direkt an ein Sägewerk angeschlossen sind, um neutrale Informationen des Handels zu erfassen und eine Verzerrung aus Sicht der Schnittholz produzierenden Betriebe zu vermeiden. Die Stichprobenauswahl konzentriert sich auf den absatzstärksten Bereich, die Hauptstadt Paramaribo. Die räumliche Begrenzung des Erhebungsgebietes gewährleistet repräsentative Ergebnisse über den wichtigsten Bereich des Holzmarktes in Surinam ohne die Beeinflussung durch rurale Strukturen.

Im Jahr 2011 gab es in Surinam laut Matai (2012a) 113 registrierte Holzhandelsbetriebe. Aufgrund von Preisstabilität und einer durch den Markt geregelten Preisbildung wird in Bezug auf die Fragestellung für die Repräsentativität eine Befragung von 15 Betrieben als ausreichend betrachtet. Die Betriebe wurden zufällig ausgewählt, um ein Verfälschen der Ergebnisse durch systematische Selektionseffekte zu vermeiden (Bortz, 2005).

6. Expertenbefragung

Die Befragung der Holzhandelsbetriebe erfolgte im September 2012. Die Experteninterviews dauerten mit einem Betriebsrundgang und der fotografischen Dokumentation jeweils zwischen 40 - 60 Minuten.

Folgende Themenbereiche wurden abgedeckt:

- Kennzahlen zum Betrieb,
- Produkte und Preise,
- Absatz,
- Kooperationen,
- Holzwirtschaft in Surinam.

6.2. Ergebnisse Befragung

6.2.1. Experteninterview Sägewerke

Im Rahmen der Studie wurden 38 Sägewerker befragt. Weitere Besichtigungen und Gespräche mit Inhabern, dem Management aber auch Arbeitern fanden über den gesamten Studienzeitraum verteilt in über 50 Sägewerken in Surinam statt.

Rundholz und Rundholzversorgung

89 % (34) der befragten Säger gaben an, im Jahr 2011 insgesamt 147.500 m³ Rundholz umgeschlagen zu haben. Dies entspricht 40 % des gesamten in Surinam produzierten Rundholzes bzw. 53 % unter Berücksichtigung des Rundholzexportes. Die von den Sägern umgeschlagene Holzmenge wurde zu 81 % (119.000 m³) in den eigenen Sägewerken verarbeitet. Die übrigen 19 % (28.500 m³) wurden unverarbeitet weiterverkauft.

Die enge Verzahnung zwischen Konzessionären und Sägewerkern zeigt sich daran, dass 53 % (20) der Befragten über eine eigene Konzession verfügen, aus der sie 58 % ihres Bedarfs an Rundholz beziehen. Ein Grund hierfür sind gesetzliche Vorgaben zur Erhöhung der Wertschöpfung im Land, die ab einer bestimmten Konzessionsgröße den Betrieb eines Sägewerkes bzw. einer angeschlossenen Weiterverarbeitung verlangen, vgl. Kap. 3.2.

Das von den Sägewerken verarbeitete Rundholz stammt aus Konzessionen oder aus Gemeinschaftswäldern, sogenannten HOUTKAPVERGUNNING (HKV). Diese werden den indigenen Gemeinden zur Ernte von Rundholz und Nichtholzprodukten für die Gemeinschaftsnutzung dauerhaft überlassen (President of Suriname, 1992; Whiteman, 1999). Die Rundholzbeschaffung verteilt sich über die 38 Sägewerke wie in Tab. 6.2 dargestellt:

Es zeigt sich, dass der Direktbezug aus Konzessionen bei der Rundholzbeschaffung den größten Anteil hat, wobei der Bezug aus nicht betriebseigenen Konzessionen den Bezug aus eigenen

6. Expertenbefragung

Tabelle 6.2.: Rundholzbeschaffung nach Herkunft

	%
Fremde Konzession	42
Eigene Konzession	32
Händler	15
Gemeinschaftswälder (HKV)	11

Konzessionen um ca. ein Drittel übersteigt. Händler und Gemeinschaftswälder (HKV) machen zusammen 26 % der Rundholzquelle aus. Die Rolle der Holzhändler in Surinam ist gering. Säger, die über keine eigene Konzession verfügen, bestellen ihr Rundholz fast dreimal häufiger direkt bei Konzessionären, als dass sie einen Händler einschalten. Hierdurch wird der Preisaufschlag des Handels umgangen. Andererseits werden mögliche Leistungen des Handels, wie die bedarfsgerechte Versorgung mit den entsprechenden Holzarten und Qualitäten, nicht wahrgenommen.

Die Rundholzversorgung der Säger verteilt sich wie in Tab. 6.3 dargestellt. Demnach haben 53 % der Säger direkten Einfluss auf die Rundholzauswahl, Bereitstellung, Pflege und Lagerung des Holzes, da sie die Holzernte selbst durchführen, Lohnunternehmer beauftragen oder eine Abnahme im Wald vornehmen. Bei der Bestellung bei Konzessionären und Abnahme von Lkw-Ladungen am Werk ist ein Einfluss auf die Zusammensetzung in Bezug auf Qualität und Lagerdauer nur begrenzt möglich. Besonders die 5 % der Säger, die direkt vom Lkw am Werk Rundholz kaufen, haben wenig Möglichkeiten ihr Rundholz auszuwählen. Sie sind auf die regelmäßigen Kaufangebote der Lkw-Fahrer angewiesen. Wenn sie Lieferungen ablehnen, laufen sie Gefahr, kein Rundholz mehr angeboten zu bekommen.

Tabelle 6.3.: Rundholzversorgung der Säger

	%
Bestellung	41
Eigene Holzernte	29
Lohnunternehmer	22
Per Lkw-Ladung am Werk	5
Abnahme im Wald	3

Von 92 % (35) der befragten Säger geben 51 % (18) an, dass es immer wieder zu Engpässen in der Rundholzversorgung kommt. Die Gründe für die Engpässe sind vielfältig. Zum Teil sind sie betriebsbedingt oder durch äußere, kaum beeinflussbare Ursachen gegeben. Die Säger geben die Gründe wie in Tab. 6.4 dargestellt an.

Wetterbedingungen und schlechte Infrastruktur führen in den Regenzeiten häufig zu Straßensperrungen für den Lastverkehr, wodurch der Rundholztransport aus dem Wald zu den Sägewerken unterbunden wird. Daher versuchen die Säger, sich vor der Regenzeit ausreichend einzudecken.

6. Expertenbefragung

Tabelle 6.4.: Gründe für Engpässe in der Rundholzversorgung

	%
Schlechte Wetterbedingungen	29
Schlechte Infrastruktur	23
Veraltete Maschinen	12
Bearbeitungszeiten Forstverwaltung	9
Verwaltungsanforderungen	6
Hohe Treibstoffkosten	3
Unzuverlässige Angestellte	3
Keine eigene Konzession	3
Baumarten in der Konzession	3
Abhängigkeit von Lkw-Fahrern	3
Rundholzexport	3
Wettbewerb mit anderen Sägern	3

Die Engpässe in der Rundholzversorgung entstehen auch durch veraltete Holzrückemaschinen. Diese sind oft defekt, so dass bereits gefällte Stämme nicht bis zu den Lkw-befahrbaren Abfuhrwegen gerückt werden können.

Verwendete Hölzer nach Baumarten

95 % (36) der Säger verarbeiten insgesamt 28 Holzarten.

Es zeigt sich jedoch eine deutliche Konzentration auf 6 Holzarten, die von 65 % (23) der Säger verwendet werden. Diese sechs Arten sind:

- *Qualea rosea*,
- *Ruizterania albiflora*,
- *Goupia glabra*,
- *Dicorynia guianensis*,
- *Ocotea rubra*,
- *Vatairea guianensis*.

Die übrigen 22 Holzarten werden von 35 % (13) Sägern verwendet. 10 Holzarten wurden jeweils nur von 1 Säger genannt. Die Anzahl der in den Sägewerken eingeschnittenen Holzarten variiert von 1 - 8, im Mittel 4, bei einem Median von 4 Holzarten. Es zeigt sich eine noch deutlichere Konzentration auf einige wenige Holzarten als aus der Analyse der Rundholzkennzahlen in Kap. 5.2 hervorgegangen.

Von 89 % (34) der befragten Säger führen 88 % der Säger (30) die Konzentration auf obige Holzarten nur auf die Konsumentenwünsche zurück. Von 92 % der befragten Säger (35) verneinen 89 % (31), dass die Konzentration auf diese Hölzer ausschließlich mit den Holzeigenschaften zu begründen ist.

6. Expertenbefragung

Insgesamt verarbeitet die Gruppe der Säger mit Konzession 26 Holzarten. Im Vergleich dazu schneidet die Gruppe der Säger ohne Konzession insgesamt 13 Holzarten ein.

Säger mit Konzession sind aufgrund der naturalen Ausstattung ihrer Konzession darauf angewiesen, ein größeres Baumartenspektrum zu verarbeiten. Sie wirtschaften dadurch profitabler und halten ihre Holzerntekosten geringer. In diesem Zusammenhang sei auf die hohe Artenvielfalt (Kap. 3.2) hingewiesen.

Rundholzkosten

95 % (36) der befragten Säger gaben Auskunft über den Preis, den sie pro m^3 Rundholz ohne Transportkosten bezahlen. Ein Säger (3 %) gab bei den Holzarten *Dicorynia guianensis*, *Qualea rosea*, *Ruizterania albiflora*, *Goupia glabra*, *Vatairea guianensis*, *Simarouba amara* und *Ocotea rubra* einen Preis von $7,20 \text{ €/m}^3$ an.

Dieser Wert ist unrealistisch niedrig, da die Gebühren, die an den Staat zu entrichten sind, in Abhängigkeit von der Kategorie der Holzart zwischen $4,20 \text{ €/m}^3$ und $4,65 \text{ €/m}^3$ (Stand 2014; siehe 3.2) liegen. Ferner sind die Holzerntekosten deutlich höher. Bei der Zusammenstellung der Rundholzpreise wurden die Angaben dieses Sägers daher nicht berücksichtigt.

Die Preise pro m^3 Rundholz über alle Holzarten variieren von 29 - 230 €. Der Mittelwert liegt bei 81 €/m^3 und der Median bei 82 €/m^3 . Die Rundholzpreise der häufigsten 6 Holzarten, die von 65 % der Säger (23) verwendet werden, sind in Tab. 6.5 dargestellt.

Tabelle 6.5.: Rundholzpreise in €/m^3

Holzart in €/m^3	Min	Max	\bar{x}	Md
<i>Dicorynia guianensis</i>	29	102	70	72
<i>Goupia glabra</i>	29	102	70	78
<i>Ocotea rubra</i>	29	133	88	86
<i>Qualea rosea</i>	29	90	64	68
<i>Ruizterania albiflora</i>	29	90	64	68
<i>Vatairea guianensis</i>	47	115	72	68
alle Holzarten	29	230	81	82

Es zeigt sich, dass die Mittelwerte der Rundholzpreise dieser 6 Holzarten von 64 - 88 €/m^3 variieren. Dies ist ein Unterschied von 37,5 %, der in Anbetracht der unterschiedlichen Hölzer mit spezifischen Eigenschaften und Einsatzbereichen relativ gering ist.

In Surinam gibt es keine Sortierung nach Güte- bzw. Stärkeklassen (Whiteman, 1999; Niemeier, 2013; SBB, 2013). Der Preis pro m^3 hängt überwiegend von der jeweiligen Holzart ab.

Rundholztransport vom Wald zum Werk

In Surinam wird das Rundholz per Lkw oder Schiff transportiert. Eine funktionierende Bahnlinie gibt es nicht mehr. Der Transportweg des Rundholzes der 38 Säger ist in Tab. 6.6 dargestellt.

Tabelle 6.6.: Rundholztransport vom Wald zum Werk

Transportform	%
Lkw	72
Schiff	12
Gebrochener Transport	16

Ein gutes und intaktes Straßennetzwerk ist aufgrund des hohen Anteils von 88 % am Rundholztransport mittels Lkw notwendig. Aufgrund von mangelnden Investitionen seitens des Staates aber auch durch Witterungsereignisse kommt es häufig zu Straßenschäden und -sperrungen, so dass die kontinuierliche Abfuhr aus dem Wald für mehrere Wochen unterbrochen sein kann.

In diesem Zusammenhang ist jedoch auch auf überladene Lkw hinzuweisen, die konservativ geschätzt bis zu 60 t wiegen. Erschwerend kommt hinzu, dass die Rundhölzer häufig weit über die Fahrzeuge hinausragen, wodurch es zu einer ungleichmäßigen Gewichtsverteilung auf den Achsen kommt. Dies führt zu einem hohen Verschleiß an den Fahrzeugen und Schäden an den Straßen.

Dauer zwischen Fällung und Anlieferung

Die Dauer zwischen der Fällung im Wald und der Ankunft des Rundholzes im Sägewerk wird von 84 % der befragten Säger (32) mit 2 - 84 Tagen, im Durchschnitt und Median 28 Tagen, angegeben. In Tab. 6.7 ist die Dauer zwischen Fällung und Anlieferung für Säger mit und ohne Konzession dargestellt.

Tabelle 6.7.: Zeitspanne zwischen Fällung und Anlieferung im Sägewerk

		Min	Max	\bar{x}	Md
Mit Konzession	Tage	2	56	27	23
Ohne Konzession	Tage	14	84	29	25
Gesamt	Tage	2	84	28	28

In Abhängigkeit von der Lagerung und Holzart kann es zu Pilz- bzw. Käferbefall des Rundholzes kommen. Ferner neigt Rundholz zum Reißen und es bilden sich Risse während des Trocknens. Daher sollte die Zeit zwischen Fällung und Anlieferung im Werk möglichst kurz gehalten werden.

Rundholzlagerplatz

Von den 38 befragten Sägern verfügen 89 % der Säger (34) über einen Rundholzlagerplatz am Sägewerk. 11 % (4) haben keinen Rundholzlagerplatz. Sie führen das angelieferte Rundholz direkt der Säge zur Weiterverarbeitung zu.

Eine Übersicht über die Art der Sortierung auf dem Rundholzlagerplatz findet sich in Tab. 6.8.

Tabelle 6.8.: Sortierung auf dem Rundholzlagerplatz

Art der Sortierung	%
Keine Sortierung	50
Baumart	44
Qualität und Baumart	3
Pro Lkw-Lieferung	3

Auf den Rundholzplätzen sortieren 50 % der Säger (17) das angelieferte Rundholz nicht. Es wird abgeladen, wo Platz ist. 44 % der Säger (15) sortieren das Rundholz nach Baumart, 3 % der Säger (1) sortiert nach Qualität und Baumart und weitere 3 % (1) sortiert das Rundholz nach Lkw-Lieferung, um eine Kontrolle über die Transportunternehmen und die Holzherkünfte, d.h. von welchen Konzessionären das Holz stammt, zu haben.

Die mangelnde Sortierung geht meist mit einer mangelnden Organisation auf dem Rundholzlagerplatz einher. Wie in Kap. 4.3 dargestellt ist die Rundholzsortierung ausschlaggebend für eine erfolgreiche Unternehmensführung. Auffällig ist, dass kein Säger nach Dimensionen sortiert. Dies ist besonders beim Einschnitt mit dem Gatter wichtig, um gleiche Einhänge verwenden zu können und somit die Rüstzeiten kurz zu halten.

Rundholzlagerbestand

Die Säger unterscheiden zwischen Mindestbestand und Maximalbestand an Rundholz auf den Lagerplätzen. Der Mindestbestand an Rundholz wird von 76 % (29) der Säger von 20 m³ bis zu 6.000 m³ angegeben. Der Maximalbestand von 68 % (26) der Säger reicht von 90 - 15.000 m³. Der Rundholzlagerbestand ist in Tab. 6.9 dargestellt.

Tabelle 6.9.: Rundholzbestand auf den Lagerplätzen

	Einheit	Min	Max	\bar{x}	Md
Mindestbestand	m ³	20	6.000	844	200
Maximalbestand	m ³	90	15.000	1.679	475

In den Werten spiegeln sich die unterschiedlichen Größenklassen der Sägewerksindustrie wider, vgl. 6.1.1. Die Lagerbestände sind jedoch auch gleichzusetzen mit einer hohen Kapitalbindung.

6. Expertenbefragung

Besonders im Hinblick auf die in 6.2.1 beschriebenen Engpässe bei der Rundholzversorgung ist dies von Bedeutung, da die Lager vor den Regenzeiten aufgefüllt werden müssen, um eine kontinuierliche Versorgung der Säge zu gewährleisten.

Verweildauer der Stämme auf dem Rundholzlagerplatz

97 % (37) der Säger machen Angaben über die Lagerdauer des Rundholzes auf den Lagerplätzen, vgl. 6.10.

Tabelle 6.10.: Lagerdauer auf dem Rundholzplatz

	Min	Max	\bar{x}	Md
Lagerdauer in Wochen	0	24	4	2,5

Die Lagerdauer beträgt maximal 24 Wochen. Die relativ kurzen Lagerzeiten lassen auf eine kurze Kapitalbindung schließen. Auch das Risiko von Lagerschäden durch z.B. Insekten- oder Pilzbefall kann als gering angesehen werden (Fronius, 1982; Maier, 2005). In Anbetracht der zum Teil mehrwöchigen Straßensperrungen aufgrund von Witterungsereignissen lassen die kurzen Lagerzeiten vermuten, dass es bei einer Unterbrechung der Anlieferungen schnell zu Versorgungsengpässen kommt, die Stillstandszeiten zur Folge hätten.

Betriebsplanung

55 % der befragten Säger (21) verwenden zur internen Betriebsplanung das KAPPREGISTER. Das Kappregister ist ein von der Forstverwaltung vorgeschriebenes Verzeichnis, in dem die Stammparameter Baumart, Länge, Zopf- und Stammfußdurchmesser verzeichnet werden. Von den 53 % der Säger (20), die über eine eigene Konzession verfügen, verwenden 39 % (8) das Kappregister zur Betriebsplanung.

Begründet wird die Nichtverwendung seitens der übrigen Säger mit unzureichender Genauigkeit und zur Planung des Betriebsablaufs fehlender wesentlicher Informationen.

66 % der Säger (25) erfassen die Stammparameter zur Kontrolle und zur Betriebsplanung nach der Anlieferung im Werk. Nur 5 % der Säger (1) beschäftigen hierfür einen Rundholzplatzkontrolleur, der auch für die Stammeinteilung zuständig ist. Es wird ersichtlich, dass ein Großteil der Säger keine Naturalbuchführung hat, d.h. dass weder die eingekaufte noch die eingesetzte Rundholzmenge hinreichend erfasst wird. Hierbei ist besonders bemerkenswert, dass 45 % der Säger noch nicht einmal das gesetzlich vorgeschriebene Kappregister und die darauf beruhenden Frachtpapiere für die Kontrolle des Rohmaterials verwenden.

Technische Ausstattung der Sägewerke

In den 38 Sägewerken sind insgesamt 83 Sägen installiert. Hierbei handelt es sich um 33 Band-, 32 Gatter-, 11 mobile Kreis-, 4 mobile Band- und 2 Kreissägen.

Die Anzahl der in den einzelnen Sägewerken installierten Sägen variiert von 1 - 4 Sägen. 12 Betriebe verfügen nur über 1 Säge. Fast 70 % der Betriebe haben mehr als 1 Säge. 4 Betriebe verfügen über 4 Sägen. Die Anzahl der installierten Sägen in den Betrieben ist in Tab. 6.11 dargestellt.

Tabelle 6.11.: Anzahl der in den Sägewerken installierten Sägen

	n
1 Säge	12
2 Sägen	12
3 Sägen	10
4 Sägen	4

Alter der installierten Sägen

Das Alter von 81 % der Bandsägen liegt zwischen 2 und 70 Jahren. Der Mittelwert beträgt 22 Jahre und der Median 16 Jahre. 97 % der Gattersägen sind zwischen 10 und 80 Jahre, im Mittel 38 Jahre und im Median 35 Jahre alt.

Die mobilen Kreissägen sind überwiegend vom Hersteller *Lucas Mill* (Lucas Mill, 2014). Sie sind zwischen einem halben Jahr und 10 Jahren alt. Der Mittelwert beträgt 3,5 Jahre und der Median 2,5 Jahre. Die mobilen Bandsägen sind zwischen 10 und 22 Jahre alt. Der Mittelwert liegt bei 15 Jahren und der Median bei 14,5 Jahren. Die Kreissägen haben ein Alter von 10 Jahren. Die Anzahl der Maschinen nach Alter und Typ sind in Abb. 6.1 dargestellt.

Es zeigt sich, dass besonders in den letzten Jahren ein Trend zu nichtkapitalintensiven mobilen Sägen besteht. Die mobilen Sägen erfordern nur ein Mindestmaß an Infrastruktur und werden meist mit einem eigenen Motor betrieben, so dass auch elektrische Anschlüsse nicht notwendig sind (Lichtenstein, 2002; Richter, 2007; Lucas Mill, 2014).

Das hohe Alter der Maschinen spricht dafür, dass es häufiger zu Defekten und dadurch vermehrt zu Betriebsausfällen kommt. Aufgrund des Alters ist anzunehmen, dass es zu Problemen bei der Ersatzteilversorgung kommen kann. Dies führt wiederum zu längeren Stillstandszeiten.

Verarbeitungsgrößen der Sägewerke

Bei den installierten Bandsägen handelt es sich überwiegend um große Blockbandsägen, die zum Reduzieren der Stämme und zur Vorbereitung der Sägeblöcke für die Gattersägen eingesetzt werden (vgl. 4.2). 97 % der Säger (37) können mit den installierten Sägen maximale

6. Expertenbefragung

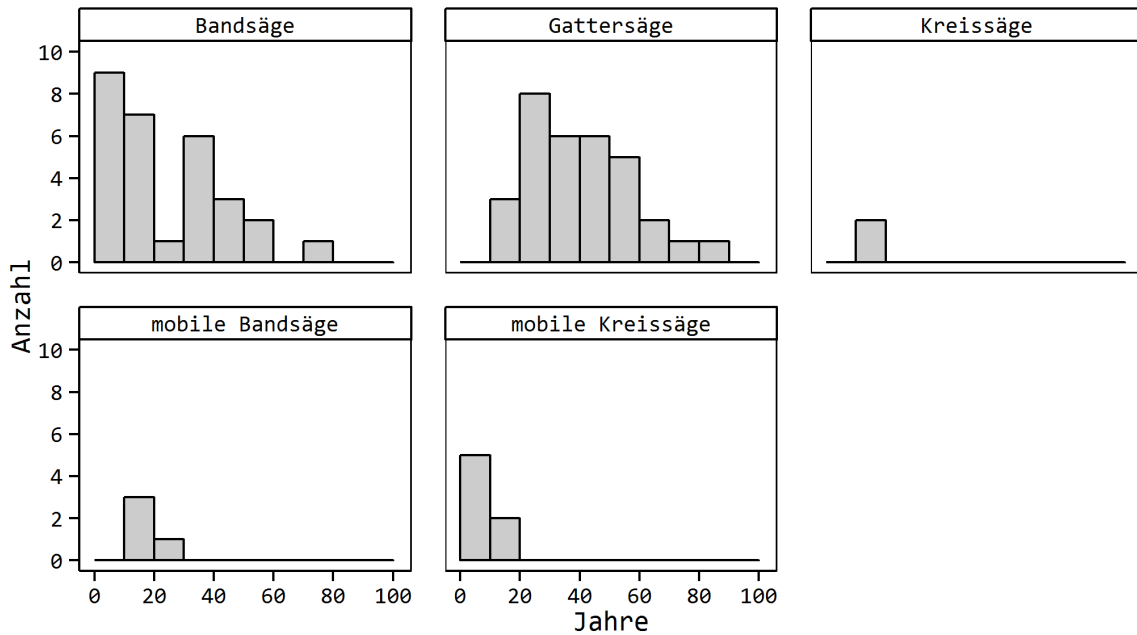


Abbildung 6.1.: Alter der installierten Sägen nach Maschinentyp

Stammdurchmesser von 20 - 200 cm, im Mittel 96 cm und im Median 85 cm sägen. Die zu verarbeitenden minimalen Stammdurchmesser werden von 35 (92 %) Sägern von 2,5 - 76,2 cm, im Mittel mit 27 cm und mit einem Median von 20,3 cm angegeben.

Die potenziell zu verarbeitende maximale Stammlänge wird von 97 % der Säger (37) mit Werten von 6,0 - 17,5 m angegeben. Der Mittelwert beträgt 9 m und der Median 8,5 m. Die minimale Stammlänge wird von 95 % der Säger (36) zwischen 1,2 m und 5 m, im Mittel und Median mit 3 m angegeben.

Die installierten Sägen sind in Bezug auf die Durchmesser und Längen der Rundhölzer ausreichend dimensioniert und darauf ausgelegt, Starkholz zu verarbeiten. Die generell überwiegend hohen Dichten der Hölzer (siehe Tab. 5.7) in Surinam erfordern besonders im Bereich des Sägens und des Stammtransports ausreichend starke Maschinen.

Sägeblattpflege

92 % der Sägewerke (35) verfügen über eigene Maschinen zum Schärfen, Spannen und Richten der Sägeblätter. Die Sägeblattpflege wird in 84 % der Sägewerke (32) im eigenen Schärfräum durchgeführt. 16 % der Sägewerke (6) lassen die Sägeblätter bei einem externen Schärfdienst richten.

In 65 % der Sägewerke (25) kommt ein externer Schärfemeister, der in Surinam SAWDOCTOR genannt wird und vor Ort die Sägeblätter pflegt. Bei 19 % der Sägewerke (8) werden die

6. Expertenbefragung

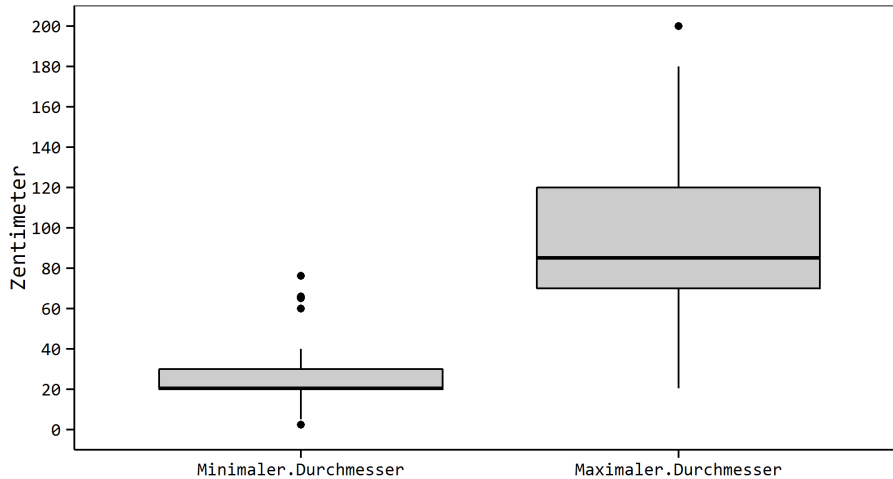


Abbildung 6.2.: Zu verarbeitender Mindest- und Maximaldurchmesser

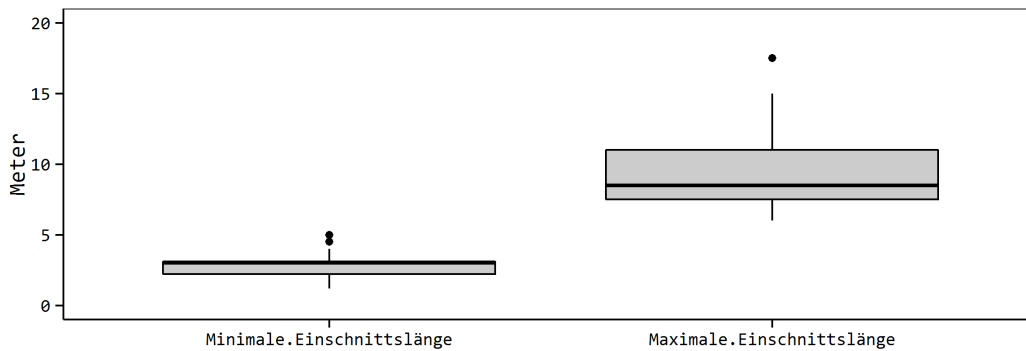


Abbildung 6.3.: Zu verarbeitende Mindest- und Maximallänge der Stämme

Sägeblätter vom eigenen Personal geschärft und gepflegt, die Ergebnisse sind in Tab. 6.12 aufgeführt. Bei 87 % der befragten Sägewerke (33) wurden 64 % (22) der Mitarbeiter in der Sägeblattpflege geschult.

Wie u.a. in Fronius (1989) beschrieben ist die richtige Sägeblattpflege für eine hohe Schnittqualität und für hohe Standzeiten der Schneidwerkzeuge unabdingbar. Aufgrund unterschiedlicher Dichte und Inhaltsstoffe ist eine den Baumarten und dem Sägetypp angepasste Sägeblattpflege notwendig (Fronius, 1989; Ho & Gan, 2002).

53 % der Säger (20) machten Angaben zu Schulungseinrichtungen, in denen die Mitarbeiter in der Sägeblattpflege geschult wurden. Die Schulungseinrichtungen sind in Tab. 6.13 dargestellt.

In Surinam finden Schärfkurse in unregelmäßigen Abständen bei einer von der Vereinigung

6. Expertenbefragung

Tabelle 6.12.: Sägeblattpflege und Instandsetzung

	%
Externer Schärfmeister im Sägewerk	65
Sägewerkspersonal	19
Schärfdienst außerhalb des Sägewerkes	16

Tabelle 6.13.: Schulung in der Sägeblattpflege

	%
Externe Schulungseinrichtung	30
Lokaler Maschinenhändler	30
Am Arbeitsplatz	25
Bei früherem Arbeitgeber	15

der Säger (ASHU) gegründeten Stiftung für Sägeblattpflege STICHTIG VOOR SLAPEREIJ sowie bei einem lokalen Maschinenhändler statt. Der richtigen Sägeblattpflege kommt im Sägewerksbetrieb eine Schlüsselfunktion zu (Fronius, 1989; Lohmann, 2012). Nur 25 % der geschulten Mitarbeiter wurden an den betriebseigenen Schärfmaschinen ausgebildet.

Schnittholzproduktion

Die von den Sägern produzierten Schnitthölzer basieren zu 76 % auf lokalen Standarddimensionen. Die Produktion von Standarderzeugnissen bei 95 % der Säger (36) variiert von 20 - 100 %. Der Mittelwert beträgt 81 % und der Median 85 %.

Sondermaße auf Kundenwunsch haben einen Anteil von 24 % der Schnittholzproduktion. 5 % der Säger (2) haben sich auf Sondermaße spezialisiert und produzieren diese ausschließlich. Bei 18 % der Säger (7) machen Sondermaße mehr als 50 % ihrer Produktion aus.

Die Produktion von Sondermaßen bei 71 % der Säger (27) variiert von 1 - 100 % der Schnittholzerzeugnisse. Der Mittelwert beträgt 33 % und der Median 30 %. Die Verteilungen auf Standarddimensionen und Sondermaßen sind in Abb. 6.4 dargestellt.

Es werden überwiegend Standarddimensionen hergestellt, die auf Lager produziert werden.

63 % der Schnittholzerzeugnisse sind Bauholz, 13 % Fußbodendielen, 10 % Zaunpfähle, 4 % Paletten und jeweils 2 % Pflanzenstöcke, Wandpaneele, Dachstühle, Bootsrahmen und Dachschindeln. Eine Übersicht über die Produkte gibt Abb. 6.5.

Überwachung des Betriebsablaufs

8 % der Säger (3) verwenden zur Überwachung des Produktionsbetriebs ein Prüfprotokoll. In diesem werden Produktionsmengen und Qualitäten sowie Besonderheiten und Ursachen für Abweichungen erfasst.

6. Expertenbefragung

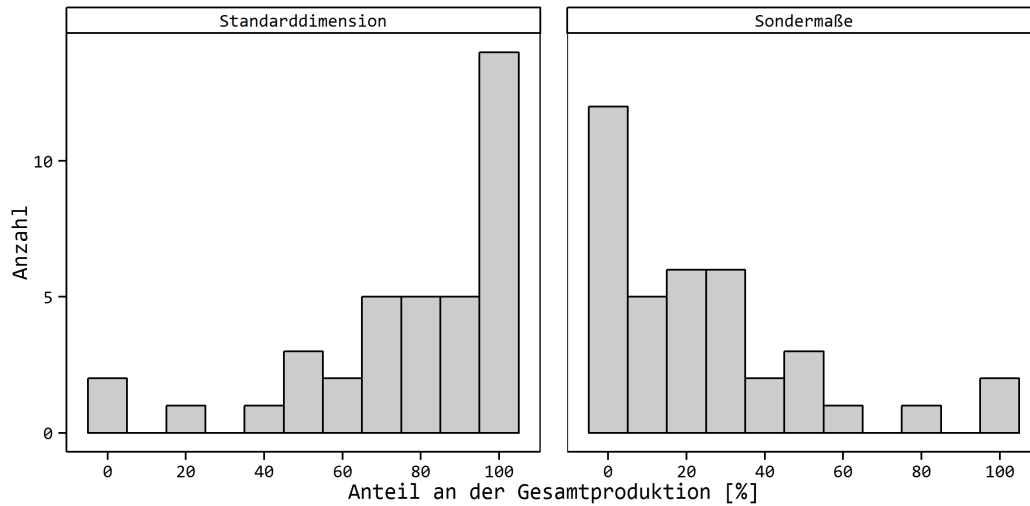


Abbildung 6.4.: Produktion von Schnitthölzern mit Standarddimensionen und Sondermaßen

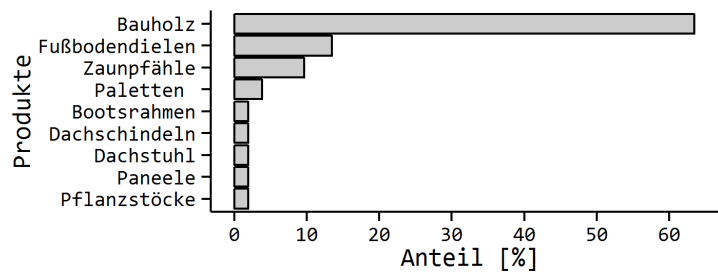


Abbildung 6.5.: Schnittholzerzeugnisse nach Produkten und deren Anteil

Schnittholzausbeute

In Bezug auf die eingesetzte Rundholzmenge errechnet sich eine Ausbeute von 52 - 55 %, was in etwa dem Wert, der von Asraf et al. in TBI (2004) veröffentlicht wurde, entspricht, der allerdings von den Autoren als zu hoch eingeschätzt wird. Die erzeugten Schnitthölzer werden visuell und manuell nach Qualitäten sortiert.

87 % der befragten Säger (33) produzierten 2011 insgesamt 65.200 m³ sägeraues Schnittholz. Die Jahresproduktion variiert zwischen 110 m³ und 6.500 m³ und liegt im Mittel bei 1.976 m³. Der Median beträgt 1.500 m³.

Bei der Produktionsmenge von 82 % der Säger (31) zeigt sich eine rechtsschiefe Verteilung. Es gibt viele kleine Sägewerke mit einer geringen Produktion, siehe Abb.6.6.

6. Expertenbefragung

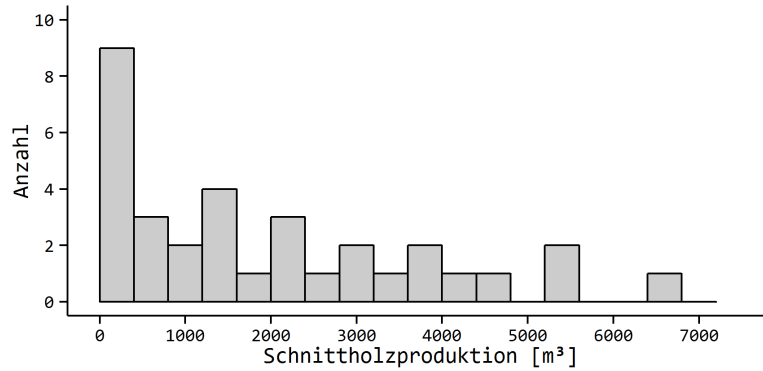


Abbildung 6.6.: Schrittholzproduktion der einzelnen Betriebe 2011

Lohnschnitt

24 % der Säger (9) führen Lohnschnitt durch, d.h. sie schneiden gegen eine Gebühr Rundholz von Dritten ein. 89 % von diesen (8) schneiden 99,9 % der im Lohnschnitt eingeschnittenen Rundholzmenge ein. In den Betrieben wurde 2011 8.235 m³ Rundholz im Lohnschnitt eingeschnitten.

Die im Lohnschnitt eingeschnittene Rundholzmenge variiert von 5 - 4.000 m³, der Mittelwert beträgt 915 m³ und der Median 500 m³.

Für den Lohnschnitt berechnen die Säger zwischen 26,60 €/m³ und 46,72 €/m³. Der Mittelwert beträgt 36,16 €/m³, der Median 35,94 €/m³.

Arbeitsschichten

Die Anzahl der Arbeitsschichten reicht von 1 bis 1,5 pro Arbeitstag. Der Mittelwert und der Median beträgt 1 Schicht pro Arbeitstag.

Im Rahmen einer Kapazitätssteigerung in der Rundholzverarbeitung besteht in der Erhöhung der Arbeitsschichten großes und kurzfristig umsetzbares Steigerungspotenzial. Hierfür wären jedoch Investitionen in eine adäquate Beleuchtung notwendig. Lediglich bei Sägewerken in Wohngebieten ist aufgrund der mit dem Betrieb verbundenen Lautstärke eine Verlängerung der Betriebszeiten nicht möglich.

Schwankungen innerhalb der Jahresproduktion

Über Schwankungen in der jährlichen Schrittholzproduktion geben 84 % der Säger (32) Auskunft. Von diesen produzieren 63 % (20) gleichmäßig über das Jahr verteilt. 34 % der Säger (11) berichten von Schwankungen der Produktion im Jahresverlauf und 3 % der Säger (1) gibt an, dass es in Abhängigkeit von den Schritthölzern zu Schwankungen kommt.

6. Expertenbefragung

Die Monate mit der höchsten Produktion sind April, August, September, Oktober und November. Dezember, Januar und Februar sowie Mai und Juni sind die Monate mit der niedrigsten Produktion. Die geringere Produktion in Dezember, Januar und Februar beruht auf einer Vielzahl von Feiertagen sowie auf einer geringeren Bauaktivität.

In Abb. 6.7 ist der Jahresverlauf der Schnittholzproduktion dargestellt.

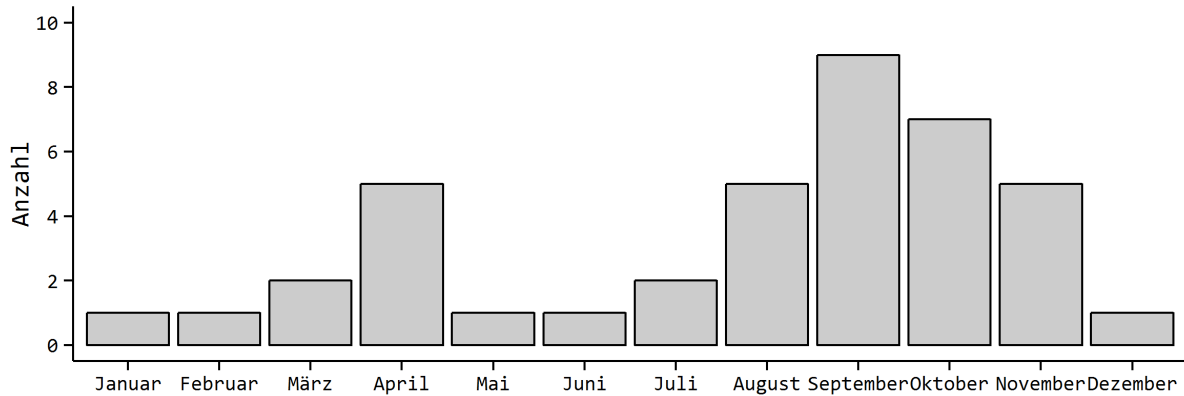


Abbildung 6.7.: Jahresverlauf der Schnittholzproduktion

Ein Einfluss der Regen- bzw. Trockenzeiten zeichnet sich ab.

Schnittholztrocknung

21 % der Säger (8) trocknen Schnittholz. 88 % dieser Säger (7) trockneten 2011 insgesamt 4.455 m³.

Die Trocknungsmengen variieren von 120 - 2.300 m³. Der Mittelwert beträgt 636 m³ und der Median 400 m³. 75 % der Säger (6), die Holz trocknen, trocknen technisch.

Die Anzahl der Trockenkammern variiert von 1 bis 3 Kammern, der Mittelwert beträgt 2 Kammern und der Median 1,5 Kammern. Das Kammervolumen von 83 % der Trockenkammern variiert von 40 - 100 m³, im Mittel sind es 58 m³ und im Median 50 m³.

25 % der Säger (2), die eine Schnittholztrocknung durchführen, trocknen an der Luft. Besondere Installationen gibt es hierfür nicht außer einen festen Untergrund zum Aufstapeln des Holzes. 50 % der beiden Säger (1) verfügt über einen Wetterschutz für das Holz.

Es zeigt sich, dass eine wichtige Grundlage zur weiteren Produktveredelung in Surinam nur rudimentär vorhanden ist.

Die Qualität des luftgetrockneten Holzes dürfte aufgrund der klimatischen Bedingungen, der kurzen Trocknungsdauer und der beschriebenen Infrastruktur gering ausfallen. Für die Herstel-

6. Expertenbefragung

lung von höherwertigen Produkten ist eine qualitativ hochwertige Trocknung die Grundlage. Die Trocknungskapazität sowie -qualität muss erhöht und verbessert werden. Hierfür sind Investitionen, aber auch Schulungen und Know-how Transfer essentiell.

Lohntrocknung findet nicht statt.

Weiterverarbeitung zu Endprodukten

11 % der Säger (4) verarbeiten das Schnittholz zu fertigen Endprodukten. Hiervon produzieren 50 % (2) Türen und Fenster, 25 % (1) Möbel und 25 % (1) Einwegpaletten.

Einwegpaletten werden fast ausschließlich für den Export von Bananen benötigt.

Verkauf von Schnitt- und Rundholz

71 % der Säger (27) verkaufen ihre Produkte ausschließlich auf dem lokalen Markt. Im Exportgeschäft sind 29 % (11) tätig.

Der Anteil der in den Export verkauften Schnittholzmenge der einzelnen Säger variiert von 20 - 100 %. Der Mittelwert beträgt 69,5 % und der Median 75 %.

11 % der Säger (4) handeln mit Rundholz auf dem lokalen Markt. 8 % der Säger (3) verkaufen Rundholz in den Export.

Schnittholzexport nach Ländern bzw. Regionen

Die Länder bzw. Regionen und deren Anteil, in die die Sägewerker ihre Schnitthölzer exportieren, sind in nachstehender Tab. 6.14 dargestellt.

Tabelle 6.14.: Schnittholzexport nach Ländern bzw. Regionen

	%		%
China	17,6	Brasilien	2,9
Niederlande	17,6	Dänemark	2,9
Belgien	11,8	Europa unsp.	2,9
USA	11,8	franz. Guyana	2,9
Deutschland	5,9	Israel	2,9
Frankreich	5,9	Karibik	2,9
Taiwan	5,9	Singapur	2,9
Australien	2,9		

Die Exportländer für Schnittholz weichen von den Ländern des Rundholzexportes ab (siehe Tab. 3.4). Beim Rundholzexport hat Asien mit 91 % den höchsten Anteil (Matai, 2012b).

Die Konzentration auf die Niederlande und Belgien ist sprachlich, historisch (ehemalige Kolonie) und durch die Seehäfen bedingt. In Bezug auf deren hohen Anteil ist zu beachten, dass

6. Expertenbefragung

der weitere Verbleib des Holzes von den Sägern in der Auflistung nicht berücksichtigt wird. So werden von großen deutschen Importeuren häufig Häfen in den Nachbarländern genutzt.

Auffällig ist der geringe Absatz Surinams in den Nachbarländern bzw. in der Karibik.

Koppelprodukte

87 % der Säger (33) produzierten im Jahr 2011 33.000 m³ Resthölzer und Koppelprodukte wie Sägespäne und Rinde beim Rundholzeinschnitt. Die Mengen variieren pro Betrieb von 25 - 8.000 m³, im Durchschnitt betragen sie 1.102 m³ bei einem Median von 500 m³.

Von 97 % der Säger (37) verwenden 8 % (3) die Resthölzer betriebsintern für das Beheizen der Trockenkammern und für Ausbesserungen und Bauten im eigenen Sägewerk.

67 % der Säger (25) entsorgen die Resthölzer und Koppelprodukte ohne irgendeine Form der Nutzung. In Tab. 6.15 ist dargestellt, wie die Resthölzer und Koppelprodukte von den Sägern entsorgt werden.

Tabelle 6.15.: Angaben der Säger über die Entsorgung von Resthölzern und Koppelprodukten

	%
Verbrennen im offenen Feuer	36
Deponieren im Gelände	31
Kostenlose Abgabe	22
Günstige Abgabe	4
Berechnung der Frachtkosten	3
Verkauf an Hühnerfarmen als Einstreu	2
Bezahlung für Ladehilfe	1

30 % der Säger (11) verkaufen Resthölzer und Koppelprodukte. Die Erlöse liegen etwas höher als der Aufwand. Die Zusammensetzung der Resthölzer und Koppelprodukte ist in Tab. 6.16 dargestellt.

Tabelle 6.16.: Angaben der Säger über den Verkauf von Resthölzern und Koppelprodukten

	%
Sägespäne	37
Schwarten	27
Kappstücke	27
Rinde	9

Sägespäne sind mit 37 % am stärksten nachgefragt. Die Späne werden in Hühnerfarmen als Einstreu verwendet. Es eignet sich jedoch nicht jede Holzart, da gewisse Inhaltsstoffe Reizungen und allergische Reaktionen hervorrufen.

6. Expertenbefragung

Es werden 33 % der Resthölzer und Koppelprodukte verwertet. Dementsprechend werden 24.000 m³ ohne Nutzung entsorgt. Zudem werden Arbeitszeit und Maschinen für die Entsorgung eingesetzt.

Die angegebene Menge an Resthölzern und Koppelprodukten entspricht etwa 28 % der eingeschnittenen Rundholzmenge, dies würde eine Ausbeute von über 70 % bedeuten. Es zeigt sich, dass keine hinreichende Kontrolle bzw. Buchführung über die Rohstoffmengen besteht.

Sägewerke mit eigener Konzession und angeschlossenem Holzhandelsbetrieb

42 % der Säger (16) verfügen über einen eigenen Holzhandelsbetrieb, in dem sie ihre Schnitthölzer verkaufen. 62,5 % (10) von diesen verfügen auch über eine eigene Konzession.

Dementsprechend decken 26 % der Säger (10) den gesamten Produktionsprozess von der Ernte des Holzes im Wald über den Einschnitt und den Verkauf ab. Diese Säger müssen neben technischem Fachwissen und Betriebsführung im Sägewerk auch die Forstoperationen im Wald und den Verkauf im Holzhandelsbetrieb verwalten und kontrollieren. Dies zeigt die vielfältigen Herausforderungen, denen diese Sägewerker begegnen müssen.

Betriebskennzahlen

Personalbedarf

In den befragten Sägewerken arbeiten insgesamt 678 Angestellte. Davon sind 13 % (91) im Büro und 87 % (587) als Arbeiter im Sägewerk beschäftigt (siehe Tab. 6.17). Das größte Sägewerk hat 19 Angestellte im Büro und 67 Arbeiter. Es gibt 3 Sägewerke, die keine Büroangestellten haben. Das kleinste Sägewerk beschäftigt 3 Arbeiter.

Tabelle 6.17.: Personalbedarf unterteilt nach Büro und im Werk

	n	%	Min	Max	\bar{x}	Md
Büroangestellte	91	13	0	19	3	2
Arbeiter	587	87	3	67	15	10

Umsatz

Auskunft über ihren Umsatz von 2011 geben 29 % der Säger (11) aus dem kompletten Größenbereich der befragten Unternehmen. Über die getätigten Investitionen im Zeitraum von 2007 bis 2010 geben 68 % der Säger (26) Auskunft. In Bezug auf geplante Investitionen in den nächsten 3 Jahren (2012-2015) machen 55 % der Säger (21) Angaben. In Tab. 6.18 sind die Kennzahlen Umsatz sowie die getätigten und geplanten Investitionen dargestellt.

6. Expertenbefragung

Tabelle 6.18.: Umsatz und Investitionen der Sägewerke im Jahr 2011

		Min	Max	\bar{x}	Md	n
Umsatz 2011	€	50.316	900.000	328.187	310.380	11
Getätigte Investitionen 2007-2010	€	1.663	200.000	49.611	20.000	26
Geplante Investitionen 2012-2015	€	1.750	3.000.000	323.669	100.000	21

Einen Eindruck über das Investitionsverhalten der Unternehmen liefert die Investitionsrate. Für die Berechnung müssen die Eingangsgrößen aus dem gleichen Bezugszeitraum stammen. Bei einem unterstellten jährlich gleich bleibenden Umsatz und einer gleich bleibenden Investitionshöhe beträgt sie auf Basis des durchschnittlichen Umsatzes der Sägewerke von 2011 und gleich verteilter Investitionen in den Jahren 2007 - 2010 knapp 5 %. Bei Berücksichtigung der Mediane liegt die Investitionsrate bei gleichen Annahmen bei 2,1 %. Beide Werte sind sehr niedrig und spiegeln sich in der veralteten Ausstattung in den Sägewerken wider. Es wurden überwiegend Sachinvestitionen und Ersatzinvestitionen getätigt.

Die Investitionsrate in den nächsten Jahren auf Basis des Umsatzes von 2011 würde bei Betrachtung der Mittelwerte einer Investitionsrate von etwa 35 % pro Jahr entsprechen. Dies wäre siebenmal höher als die Investitionsrate pro Jahr im Zeitraum 2007 - 2010. Bei Berücksichtigung der Mediane ergibt sich eine Investitionsrate von etwa 10 %. Dies ist knapp fünfmal höher als im Zeitraum 2007 - 2010.

Auskunft über ihre getätigten Investitionen in den Jahren 2007 - 2010 gaben 55 % der Säger (21). Investiert wurde überwiegend in Gebäudeinfrastruktur und technische Arbeitsgeräte. Eine Übersicht über die Investitionen ist in Tab. 6.19 dargestellt. Die Angaben beziehen sich auf die Nennungen der Anschaffungen und spiegeln nicht den Wert der Investition wider.

Tabelle 6.19.: Investitionen in den Jahren 2007 - 2010, Mehrfachnennung war möglich

	%		%
Gebäude	19	Hobelmaschine	6
Kleinmaschinen	10	Mobile Bandsäge	6
Mobile Kreissäge	10	Radlader	6
Schärfmaschinen	10	Infrastruktur	3
Bandsäge	6	Kappsäge	3
Brückenkran	6	Kompressor	3
Ersatzteile	6	Sonstige	6

60 % der Säger (23) planen Investitionen in den nächsten drei Jahren, die in ähnlichen Ersatz- und Sachmitteln wie die getätigten Investitionen erfolgen sollen (siehe Tab. 6.20). Die Angaben beziehen sich auf die Nennungen der geplanten Anschaffungen und spiegeln nicht den Wert der Investition wider.

Maschinen werden überwiegend auf dem Gebrauchtmrkt gekauft, fabrikneue Anlagen und

6. Expertenbefragung

Tabelle 6.20.: Geplante Investitionen 2012 - 2015, Mehrfachnennung war möglich

	%		%
Sägetechnik	24	Brückenkran	2
Gebäude	20	Förderband	2
Hobel	7	Gabelstapler	2
Umspannung	7	Generator	2
Eigene Konzession	5	Imprägniertank	2
Maschinen	5	Keilzinkanlage	2
Radlader	5	Lkw	2
Trockenkammer	5	Ponton	2
Zubehör	4	Schlepper	2

Maschinen werden selten angeschafft. In Bezug auf die geplanten Investitionen in Hobelmaschinen, Trockenkammern und Keilzinkanlagen lassen sich Rückschlüsse auf das Ziel nach einer höheren Produkttiefe bzw. Weiterveredelung schließen.

Kostenstruktur

68 % der Säger (26) geben Auskunft über ihre Kostenstruktur. Säger, die über eine eigene Konzession verfügen, haben Kosten für Holzernte und Transport angegeben. Diese Angaben werden unter Rundholz zusammengefasst. Das Rundholz ist mit 51 % der wichtigste Kostenfaktor in der Sägeindustrie in Surinam. Eine Übersicht über die Kostenstruktur ist in Abb. 6.8 dargestellt.

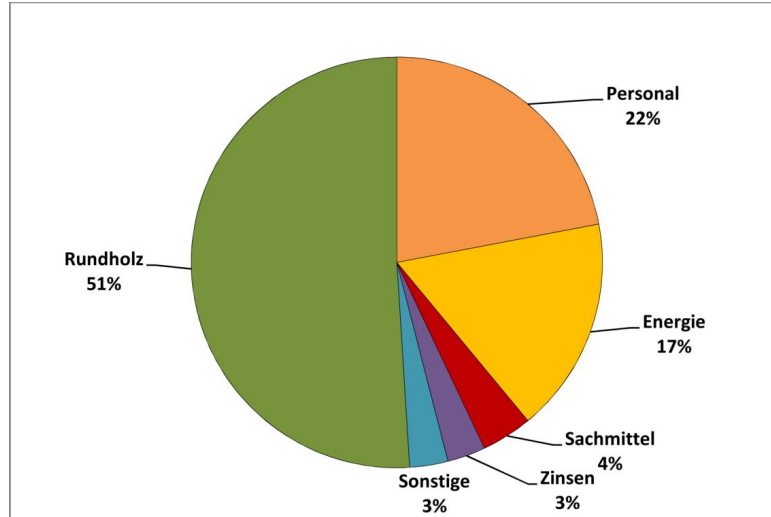


Abbildung 6.8.: Kostenstruktur in der Sägeindustrie

Energieversorgung in den Sägewerken

Die Energieversorgung ist der dritthöchste Kostenfaktor in den Sägewerken in Surinam. 87 % der Säger (33) machen Angaben zu ihrer Energieversorgung. Die Energieversorgung erfolgt über das öffentliche Stromnetz, einen betriebseigenen Generator oder kombiniert gemäß Tab. 6.21.

Tabelle 6.21.: Energieversorgung in den Sägewerken

	%
Generator	48,5
Stromnetz	45,5
Kombiniert	6,0

Der hohe Anteil an Sägewerken mit einer eigenen Energieversorgung durch Generatoren hängt mit der lokalen Netzspannung von 110 V zusammen. Für die in den Sägewerken überwiegend gebrauchten, aus Europa stammenden Maschinen werden 220 V benötigt. Trotz der hohen Kosten für die Stromerzeugung mit Hilfe von Generatoren sind die Investition für das notwendige Umspannen und den Anschluss ans öffentliche Stromnetz für viele Säger zu hoch.

Weiterqualifikation des Personals

Von 97 % der Säger (37) investieren 57 % (21) nicht in die Weiterbildung ihres Personals. Überwiegend werden die Mitarbeiter nicht weitergebildet oder geschult. 32 % der Säger (12) führen in unregelmäßigen und 11 % (4) in regelmäßigen Abständen Schulungen der Mitarbeiter durch, siehe Tab. 6.22.

Tabelle 6.22.: Weiterbildung der Mitarbeiter

	%
Keine	57
Unregelmäßig	32
Regelmäßig	11

In den letzten 10 Jahren wurden in 42 % der befragten Sägewerke (16) zwischen 0 und 35 Mitarbeitern geschult. Der Durchschnitt liegt bei 6 und der Median bei 0 geschulten Mitarbeitern. In 63 % dieser Betriebe wurde kein Mitarbeiter geschult.

55 % der Säger (21) geben an, dass sie Schulungen und Fortbildungen für ihre Mitarbeiter als notwendig empfinden. Nachstehende Tab. 6.23 gibt die Bereiche, in denen aus Sicht der Säger Schulungsnotwendigkeit besteht, wider.

Bei den genannten Schulungsnotwendigkeiten handelt es sich um die wichtigsten technischen Bereiche im Sägewerk, die auf dem höchsten Stand sein sollten. Schulungen im Bereich Management und Qualitätskontrolle machen nur 9 % der Nennungen aus.

6. Expertenbefragung

Tabelle 6.23.: Schulungsnotwendigkeiten aus Sicht der Säger, Mehrfachnennung war möglich

Nennungen	%	Nennungen	%
Sägeführung	16	Management	5
Sägeblattpflege	15	Mechanik	5
Arbeitssicherheit	15	Teamentwicklung	4
Sortierung	11	Qualitätskontrolle	4
Alle Bereiche	7	Erste Hilfe	4
Holzbearbeitung	5	Möbelherstellung	2
Ausbeuteerhöhung	5	Holzernte	2

Im Vergleich zu den Schulungsaktivitäten und den genannten Ausbildungsnotwendigkeiten zeigt sich eine hohe Diskrepanz.

Beschaffung von Personal

79 % der befragten Säger (30) haben Schwierigkeiten bei der Personalbeschaffung. Die genannten Gründe sind in Tab. 6.24 dargestellt.

Tabelle 6.24.: Gründe für Schwierigkeiten bei der Personalbeschaffung

Ursachen	%
Mangelnde Qualifikation	33
Unzuverlässigkeit	25
Körperliche harte Arbeit	12
Konkurrenz mit anderen Arbeitgebern	12
Isolierte Lage des Sägewerkes	5
Junge Generation will nicht im Sägewerk arbeiten	5
Arbeiter verlangen zu viel Lohn	2
Alkohol	2
Faulheit	2
Gesellschaftlich gering angesehener Beruf	2

Die Probleme bei der Personalbeschaffung lassen sich bedingt mit den vorgefundenen schlechten Arbeitsbedingungen und der geringen Entlohnung erklären. Dies wird aber von keinem Säger als Ursache genannt.

Betriebsplanung und Management

58 % der Säger (22) erfassen ihre Schnittholzausbeute. Die genannten durchschnittlichen Ausbeutewerte reichen von 31 - 90 %. Die Schnittholzausbeuten sind in Tab. 6.25 dargestellt.

Tabelle 6.25.: Angaben zur Schnittholzausbeute in den Sägewerken

	Min	Max	\bar{x}	Md
Ausbeute %	31	90	66	60

6. Expertenbefragung

Die Verteilung der von den Sägern gemachten Angaben zu ihrer Schnittholzausbeute sind in Abb. 6.9 dargestellt.

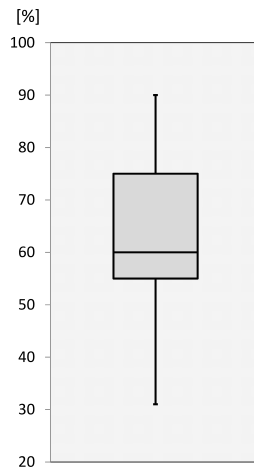


Abbildung 6.9.: Von den Sägern genannte betriebliche Schnittholzausbeute in Prozent

45 % der Ausbeutewerte liegen im Bereich zwischen 50 und 60 % und weitere 45 % der Ausbeutewerte zwischen 70 und 90 %. Die Werte in der Spanne von 70 - 90 % können auf Basis der Literaturstudien (siehe 3.4) als eindeutig zu hoch angesehen werden. Die Werte von 50 - 60% entsprechen den Werten wie sie in Laubholzsägewerken in Deutschland zu erwarten wären. Sie erscheinen in Hinblick auf die Situation vor Ort ebenfalls als zu hoch. Demnach können nur 10 % der Aussagen über die Ausbeute als realistisch angesehen werden.

Im Hinblick auf den Einfluss der Ausbeute auf das Betriebsergebnis ist es nicht nachvollziehbar, dass 42 % der Säger (16) keine Informationen zur Schnittholzausbeute erfassen.

Maßnahmen zur Ausbeuteerhöhung

Maßnahmen zur Ausbeuteerhöhung tätigen 47 % der Säger (18). Die genannten Maßnahmen zur Ausbeuteerhöhung werden von den Sägern entsprechend Tab. 6.26 genannt.

Tabelle 6.26.: Maßnahmen zur Ausbeuteerhöhung

Maßnahmen	%
Schnittbildoptimierung	48
Rundholzsortierung	10
Anpassung der Produkte	6
Investition in neue Säge	6
Kontrolle	6
Maschinenpflege	6
Nebenproduktoptimierung	6
Qualitätskontrolle der Arbeiter	6
Rundholzeinkauf	6

6. Expertenbefragung

Kein Säger bestimmt seine Ausbeute mit Hilfe eines Probeschnittes. Dieses Vorgehen ist nach Fronius (1991) das genaueste und liefert detaillierte Daten der Schnittholzmenge und deren Qualität sowie Werte zur Kontrolle der Betriebsanlagen und des Personals.

Eine automatische Optimierung wird von keinem der Säger verwendet. Hilfsmittel wie Linienlaser für die Stammausrichtung gibt es nicht. Auch für das Ablängen der Schnitthölzer gibt es keine Hilfsmittel wie Lampen, die einen Schatten entsprechend der Länge werfen.

Produktionsplanung

95 % der Säger (36) haben eine Produktionsplanung. 67 % (24) haben eine tägliche, 27 % (10) eine wöchentliche und 6 % (2) eine monatliche Planung. Nur 33 % der Säger (12) planen länger als einen Tag im Voraus. Es wird täglich flexibel reagiert und entsprechend der Nachfrage eingeschnitten bzw. auf Lager produziert.

Zertifizierung der Sägewerke

Kein Säger ist nach einem Zertifizierungssystem für Waldwirtschaft zertifiziert. 10 % der Säger (4) streben eine Zertifizierung in den nächsten Jahren an. Hiervon planen 50 % (2) eine Zertifizierung nach FSC, CHAIN OF CUSTODY (CoC), und 50 % (2) eine Zertifizierung für Qualitätsmanagement nach ISO 9001.

2,5 % der Säger (1) haben eine Zulassung zur phytosanitären Behandlung nach dem Internationalen Standard für Pflanzenschutzmaßnahmen (ISPM). 2,5 % der Säger (1) verfügt über ein Zertifikat über die Hagel- und Feuerresistenz von Holzschindeln aus *Eperua falcata* von der amerikanischen Standardisierungsorganisation AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM).

Es zeigt sich, dass Zertifizierung in der Holzverarbeitung in Surinam keine Rolle spielt.

Auswirkungen des FLEGT-Abkommens

58 % der Säger (22) äußern sich zu den Auswirkungen des internationalen Abkommens FOREST LAW ENFORCEMENT, GOVERNANCE AND TRADE (FLEGT) auf ihren Betrieb. 73 % (15) meinen, dass FLEGT keine Auswirkungen haben wird. 17 % (4) sehen Einschränkungen auf sich zukommen und 7 % (2) sehen in FLEGT eine Chance für ihren Betrieb. Dies sind Betriebe, die derzeit damit beschäftigt sind, sich nach FSC CoC zertifizieren zu lassen. Sie hoffen, sich nach erfolgter Zertifizierung von ihren Mitwettbewerbern absetzen zu können.

3 % der Säger (1) sehen in FLEGT sowohl eine Chance als auch eine mögliche Einschränkung. Die Chance basiert auf der laufenden Planung der FSC-Zertifizierung einer Konzession, die Einschränkung besteht in der Gefahr, durch außerbetriebliche Einflüsse die Zertifizierung einer weiteren Konzessionsfläche, z.B. wegen illegaler Goldsucher, nicht zu erhalten.

6. Expertenbefragung

Es wird deutlich, dass der überwiegende Teil der Säger nicht über FLEGT informiert ist. Es sind jedoch auch 70 % der befragten Säger (27) nicht im Exportgeschäft tätig und haben daher keinen direkten Bezug zu dieser Thematik.

Marktentwicklung

95% der Säger (36) machten Angaben zur künftigen Entwicklung auf dem Holzmarkt. Hiervon erwarten 66 % der Säger (25) eine Steigerung der Rundholznachfrage auf dem nationalen Markt und sogar 86 % der Säger (31) erwarten eine Zunahme der Exporte.

Für sägerauhes Holz sind die Erwartungen niedriger. Für den nationalen Markt gehen 53 % (19) und für den Exportmarkt 81 % (29) der Säger von einer Steigerung der Nachfrage aus.

Für luftgetrocknetes sägerauhes Holz erwarten 72 % der Säger (26) für den nationalen Markt und 59 % (21) für den Exportmarkt eine gleichbleibende Nachfrage. Für technisch getrocknetes sägerauhes Holz erwarten 64 % der Säger (23) eine gleichbleibende Nachfrage auf dem nationalen Markt, für den Export erwarten 68 % (24) eine Steigerung der Nachfrage.

Die Nachfrage nach gehobeltem Holz wird laut 53 % der Säger (19) auf dem nationalen Markt steigen und 57 % (20) erwarten dies für den Exportmarkt.

Bei weiterverarbeiteten Holzprodukten erwarten 58 % der Säger (21) eine gleichbleibende Nachfrage auf dem nationalen Markt. 56 % (20) der Säger erwarten, dass im Export die Nachfrage steigt.

Kooperationen

Kooperationen mit anderen Sägewerken tätigen 26 % der Säger (10). Diese Kooperationen beschränken sich überwiegend auf die Abwicklung von Großaufträgen, bei denen Mengen und Kapazitäten gebündelt werden. Eine Übersicht über die Häufigkeit, mit der die einzelnen Kooperationsformen genannt wurden, gibt Tab. 6.27.

Tabelle 6.27.: Kooperationen zwischen den Sägewerken

Art der Kooperation	%
Abwicklung von Großaufträgen	51
Lösung technischer Probleme	21
Weiterverarbeitung	14
Vermarktung seltenerer Hölzer	7
Transport	7

Lediglich 14 % der Kooperationen beschäftigen sich mit der Weiterverarbeitung und somit einer höheren Fertigungstiefe und einer höheren Wertschöpfung. 7 % kooperieren, um das marktfähige Holzartenspektrum zu erhöhen. Angesichts der Vielzahl an Holzarten, vgl. Kap.

6. Expertenbefragung

3.2, ist auffällig, dass nur wenige Säger sich mit der Verbesserung der Vermarktungssituation seltenerer Hölzer beschäftigen.

Für die Zukunft könnten sich 34 % der Säger (13) Kooperationen mit anderen Sägewerken vorstellen. Die Bereiche, in denen Kooperationen möglich wären, sind in Tab. 6.28 dargestellt.

Tabelle 6.28.: Angestrebte Kooperationen in der Zukunft

	%
Weiterverarbeitung	21
Export	21
Verkauf	11
Vermarktung unbekannter Hölzer	11
Erschließung von neuen Konzessionen	6
Gemeinsame Trocknung	6
Gemeinsamer Submissionsplatz	6
Produktentwicklung	6
Dachschindelproduktion	6
Veredelung	6

Es werden Bereiche und Aktivitäten genannt, in denen derzeit noch nicht bzw. wenig kooperiert wird. Zwei Bereiche lassen sich klar definieren: der gemeinsame Verkauf (43 %) (Verkauf, Export, Vermarktung seltenerer Hölzer) sowie die Zusammenarbeit in Bezug auf die Erstellung höherwertiger Produkte (55 %) (Weiterverarbeitung, Trocknung, Produktentwicklung, Dachschindelproduktion, Veredelung) wird deutlich.

50 % der Säger (19) geben Auskunft über bestehende und geplante Kooperationen in der Wertschöpfungskette Holz. Eine Gegenüberstellung findet sich in Tab. 6.29.

Tabelle 6.29.: Bestehende und geplante Kooperationen in der Wertschöpfungskette Holz

		bestehend	geplant
Lokale Holzmärkte	%	32	8
Konzessionäre	%	28	20
Möbelindustrie	%	16	12
Händler	%	12	20
Baugewerbe	%	8	20
Transport	%	4	0
Technischer Service	%	-	4
Holzbrikettherstellung	%	-	4
Maschineneinkauf	%	-	4
Kunsthandwerk	%	-	8

Es zeigt sich, dass die Säger weitere Kooperationen mit Konzessionären, Händlern, dem Baugewerbe und der Möbelindustrie ausbauen möchten. Dort wird das größte Potenzial zur Verbesserung des Absatzes gesehen.

Wettbewerb mit anderen Sägewerken

82 % der Säger (31) machen Angaben zu ihren Mitbewerbern. Die Mitbewerber verteilen sich wie in Tab. 6.30 dargestellt.

Tabelle 6.30.: Konkurrenten im Schnittholzmarkt

	%
Regional	52
National	35
International	13

Der Wettbewerb mit Sägewerken im regionalen Umkreis (< 50 km) ist am höchsten. Direkte Nachbarländer und die Karibik spielen dabei keine Rolle. 13 % der Säger sehen sich in Konkurrenz zu internationalen Sägewerken (außerhalb der Karibik). Nach amtlicher Statistik wird allerdings kein Schnittholz nach Surinam importiert, vgl. Kap. 3.2.

Nutzung des Internets

Alle Säger verwenden regelmäßig das Internet. Überwiegend wird es zur Informationsbeschaffung genutzt. Die Verwendung des Internets nach Bereichen ist in Tab. 6.31 dargestellt. Die

Tabelle 6.31.: Internetnutzung im Sägewerk

Nutzungszweck	%
Informationsbeschaffung	43
Datenaustausch	25
Werbung	13
Homepage	13
Online-Einkauf	3
Online-Verkauf	3

Informationsbeschaffung im Internet ist der wichtigste Bereich. Es zeigt sich, dass der Online-Markt für die Säger in Surinam keine Rolle spielt. Werbung im Internet und die eigene Homepage werden nur von etwa einem Viertel der Säger betrieben.

6.2.2. Experteninterviews in Holzhandelsbetrieben

In der Hauptstadt von Surinam, in Paramaribo, wurden 15 Holzhandelsbetriebe zufällig ausgewählt und die Besitzer bzw. ein leitender Angestellter befragt.

Betriebsdaten

In 93 % der befragten Holzhandelsbetriebe (14) arbeiten insgesamt 42 Beschäftigte in Vollzeit. Die Anzahl der Beschäftigten variiert von 1,5 - 8, im Mittel sind es 3 und der Median beträgt

6. Expertenbefragung

2 Beschäftigte.

Das gesamte Schnittholzlagervolumen von 67 % der Holzhandelsbetriebe (10) beträgt 2.160 m³. Es variiert von 30 - 500 m³, im Mittel sind es 216 m³ und der Median beträgt 200 m³. Von 80 % der Holzhandelsbetriebe (12) haben 58 % (7) keine Buchhaltung.

Schnitthölzer und deren Einsatzbereich

93 % der befragten Holzhandelsbetriebe bedienen ausschließlich den lokalen Markt mit Schnittholz aus insgesamt 9 Holzarten. Deren Anteile und der überwiegende Einsatzbereich setzen sich wie in Tab. 6.32 dargestellt zusammen. *Qualea rosea* und *Ruizterania albiflora* werden nicht einzeln ausgewiesen, da sie in Surinam unter dem Handelsnamen ‘Gronfolo‘ zusammengefasst werden.

Tabelle 6.32.: Anteil der Schnitthölzer auf dem lokalen Markt und deren Einsatzbereiche

Holzart	%	Einsatzbereich
<i>Qualea rosea</i>	55	Konstruktionsholz
<i>Ruizterania albiflora</i>		
<i>Vochysia tomentosa</i>	13	Konstruktionsholz, Blenden
<i>Ocotea rubra</i>	9	Blenden, Tür- und Fensterrahmen
<i>Goupia glabra</i>	9	Konstruktionsholz, Blenden
<i>Dicorynia guianensis</i>	6	Konstruktionsholz, Brücken
<i>Eperua falcata</i>	4	Zaunpfähle
<i>Simarouba amara</i>	3	Abschlussleisten
<i>Vatairea guianensis</i>	1	Möbel

Die Hölzer, die als Konstruktionsholz verwendet werden, zeichnen sich durch eine hohe Termitenresistenz aus, vgl. 4.1. Ferner lassen sie sich verhältnismäßig gut nageln und müssen nicht vorgebohrt werden.

Abschlussleisten werden bevorzugt aus Hölzern hergestellt, die über ein helles Holz und eine geringe Dichte verfügen und dementsprechend leicht sind. *Eperua falcata* wird aufgrund des natürlich hohen Öl-Gehaltes und einer daraus resultierenden hohen Verwitterungsbeständigkeit für Zaunpfosten verwendet, siehe Kap. 3.2.

Anhand der Verwendungsbereiche lassen sich Rückschlüsse auf die geforderten Schnittholzqualitäten ziehen. Generell sind die Anforderungen bei einer sichtbaren Verwendung, wie z.B. Blenden, Abschlussleisten, Tür- und Fensterrahmen, deutlich höher als bei der nicht-sichtbaren Verwendung wie im Dachstuhl oder bei Unterkonstruktionen.

Schnittholzpreise

Die Schnittholzpreise sind abhängig von der Holzart und Dimension, jedoch nicht von der Länge. Für die Ermittlung von Preisniveaus werden die Mittelwerte über alle Sortimente pro

6. Expertenbefragung

Baumart gebildet und auf m^3 hochgerechnet. Die Schnittholzpreise sind in Tab. 6.33 dargestellt.

Tabelle 6.33.: Schnittholzpreise nach Holzarten

Holzart	Einheit	\bar{x}	Min	Max	Md
<i>Dicorynia guianensis</i>	€/m ³	412	338	512	396
<i>Eperua falcata</i>	€/m ³	270	223	317	270
<i>Goupia glabra</i>	€/m ³	576	401	764	600
<i>Ocotea rubra</i>	€/m ³	490	380	668	452
<i>Qualea rosea</i>	€/m ³	281	213	371	271
<i>Ruizterania albiflora</i>	€/m ³	281	213	371	271
<i>Simarouba amara</i>	€/m ³	178	139	267	163
<i>Vochysia tomentosa</i>	€/m ³	271	253	284	276
<i>Ocotea rubra</i> gehobelt	€/m ³	644	490	740	668

Über alle Baumarten und Sortimente ergibt sich bei der Betrachtung der Durchschnittspreise des Schnittholzes eine Variation von 178 €/m³ für die günstigste Holzart *Simarouba amara* bis 576 €/m³ für *Goupia glabra*, die teuerste Holzart. Der Mittelwert über alle Holzarten und Sortimente liegt bei 345 €/m³ und der Median beträgt 337 €/m³. Das teuerste Produkt ist gehobeltes Schnittholz von *Ocotea rubra* mit einem Preis von 644 €/m³.

Schnittholzpreise werden pro laufenden Meter angegeben. Es gibt keine längenabhängige Preisstaffellung. Dies ist in Bezug auf die sinkende Ausbeute bei zunehmender Länge überraschend (siehe Kap. 4.4.1).

Einkauf von Schnitthölzern

Der Schnittholzeinkauf findet überwiegend in den Sägewerken statt. 31 % der Holzhandelsbetriebe kaufen Rundholz und lassen es im Lohnschnitt nach ihren Vorgaben einsägen. Eine Übersicht über die genannten Bezugsquellen der Schnitthölzer gibt Tab. 6.34.

Tabelle 6.34.: Einkauf von Schnitthölzern

Bezugsquelle	%
Fremdes Sägewerk	57
Eigenes Rundholz im Lohnschnitt	31
Eigenes Sägewerk	7
Andere Holzhandelsbetriebe	5

Schnittholzqualität aus Sicht der Holzhandelsbetriebe

93 % der Holzhandelsbetriebe (14) gaben Auskunft über die bevorzugte Sägetechnik in Hinblick auf die Schnittholzqualität. 50 % der Holzhandelsbetriebe (7) bevorzugen mit der Bandsäge,

6. Expertenbefragung

43 % (6) mit der Gattersäge und 7 % (1) mit der mobilen Kreissäge (Lucas Mill) gesägtes Holz.

Schnittholzverkauf

Nur 47 % der Holzhandelsbetriebe (7) machten eine Angabe über ihre Kunden. Demnach verkaufen sie 50 % ihres umgeschlagenen Schnittholzes an Handwerksbetriebe, 48 % an Privatabnehmer und nur 2 % an Händler.

47 % der Holzhandelsbetriebe (7) geben Auskunft über den Anteil an Schnittholz, das sie nicht verkaufen können. Die Anteile variieren von 1 - 15 %, im Mittel sind es 8,3 % und im Median 8 %.

Lieferservice und Produktveredelung

Von 93 % der Holzhandelsbetriebe (14) verfügen 36 % (5) über einen Kleinlaster, mit dem sie das Schnittholz liefern. Diesen Lieferservice sehen die Betriebe als Wettbewerbsvorteil gegenüber anderen Holzhandelsbetrieben.

Von 93 % der Holzhandelsbetriebe (14) veredeln 29 % (4) das Schnittholz, indem sie es selbst hobeln.

6.2.3. Beobachtungen und festgestellte Mängel bei den Betriebsbesichtigungen in den Sägewerken und Holzhandelsbetrieben

Der Betriebsablauf in den Sägewerken ist geprägt von einem unpfleglichen Umgang mit Rohstoffen, Maschinen und technischen Einrichtungen sowie den Endprodukten. Beim Schnittholz kommt es häufig durch falsches Lagern und beim Transport zu Brüchen und weiteren Defekten. Oftmals wird das mit Steinen und Schmutz verunreinigte Rundholz direkt der Säge zugeführt, was sich negativ auf die Standzeiten der Schneidegarnituren auswirkt. Eine Qualitätssortierung findet nicht statt, Rundholz wird rein nach Baumart und Volumina verkauft. Aus dem hochwertigen Rundholz mit überwiegend guten Eigenschaften (siehe Kap. 5.2) wird hauptsächlich einfaches Schnitt- und Bauholz produziert. Wertsteigernde Faktoren bleiben weitestgehend unberücksichtigt. So wird der Beachtung einer ergebnisorientierten Rundholzeinteilung oftmals keine Beachtung geschenkt. Es zeigt sich zum Beispiel, dass Krümmungen bei der Stammeinteilung nicht berücksichtigt sondern die Stämme grundsätzlich in der Mitte getrennt werden, um gleichlange Schnittholzstapel zu erhalten.

Bei den Betriebsbesichtigungen im Anschluss an die Experteninterviews in den Sägewerken und Holzhandelsbetrieben wurden folgende Mängel festgestellt:

6. Expertenbefragung

- Die Sägewerke sind von Staub, Lärm und einer sich unter den Blechdächern stauenden Hitze geprägt.
- Abgase der Generatoren und der Rauch der Restholzverbrennung führen zu einer spürbaren Belastung der Atemluft in den Sägewerken.
- Werkzeuge und Maschinen sind mehrfach repariert und unsachgemäß instand gesetzt.
- Verkabelungen sind unzureichend geschützt.
- Notabschaltungen wurden in keinem der besuchten Betriebe gefunden.
- Brückenkräne haben keine Überlastabschaltung und sind häufig überladen (siehe Abb. 7.1).
- Maschinen sind nicht bzw. unzureichend vor einem Hineinfassen und Hängenbleiben geschützt.
- Unebenheiten und herumliegende Hölzer stellen eine hohe Stolper- und Sturzgefahr dar.
- Abzugsanlagen, wenn vorhanden, arbeiten nicht zuverlässig, oder sind unterdimensioniert.
- Persönliche Schutzausrüstungen (PSA) werden kaum verwendet.
- Hilfsmittel wie Rolltische, Rollbahnen und Vakuumheber existieren nicht.
- Die Arbeiten werden überwiegend von Hand getätigt, der Automatisierungsgrad ist äußerst gering.
- Der Umgang mit Werkzeugen und Schneideeinrichtungen ist nicht pfleglich.
- Das Schnittholz wird nicht pfleglich behandelt.
- Während des Beförderns kommt es zu Defekten am Schnittholz.
- Die Rundholzplätze sind nicht befestigt und meist unzureichend dräniert.
- Oftmals haftet an den Stämmen Erde, Schlamm und auch Steine.
- Die Stämme werden nicht entrindet bzw. gesäubert.
- Das Hirnholz ist häufig verdreckt, Defekte wie Risse und Fäule sind daher nur schlecht erkennbar.
- Justierschnitte werden nicht durchgeführt.
- Es werden überwiegend lange Stämme eingeschnitten.
- Hilfsmittel zur stammparallelen Ausrichtung werden nicht verwendet.
- Teilweise gibt es eine Schnittholzerfassung, diese ist jedoch meist nicht mit dem Rundholzinput verknüpft.

Impressionen aus den besuchten Sägewerken finden sich in den Abbildungen 6.10.

6. Expertenbefragung



Abbildung 6.10.: Arbeitssituation in den Sägewerken in Surinam

6.3. Diskussion Befragung

Zur Beschreibung der Sägewerksindustrie in Surinam wurden mit Hilfe eines stark strukturier- ten Leitfadeninterviews 38 zufällig ausgewählte Sägewerke (über 60 % der Grundgesamtheit) und 15 zufällig ausgewählte lokale Holzhandelsbetriebe (über 13 % der Grundgesamtheit) be- fragt. Im Anschluss wurden Betriebsbesichtigungen durchgeführt und der Produktionsablauf analysiert. Einzelne Arbeitsschritte wurden mit Angestellten und Arbeitern im Werk und Han- delsbetrieb erörtert.

Die vorliegende Studie liefert erstmals Erkenntnisse, die auf einer gesamtheitlichen Befragung in Sägewerken und Holzhandelsbetrieben in Surinam basieren. Es wurden ökonomische, ökologi- sche und soziale Fragestellungen zur Analyse der Sägeindustrie und des Holzhandels umfassend beantwortet. Die Studie hebt sich damit von bisher veröffentlichten Studien zur Holzwirtschaft in Surinam ab. So beinhaltet die Arbeit von Matai (2012b) rein technische und infrastrukturelle Angaben. Studien von Whiteman (1999) und TBI (2004) basieren auf Beobachtungen und Einschätzungen einer kleinen Auswahl von Betrieben.

Die Sägewerke in Surinam sind technisch veraltet und störungsanfällig. Die Säger müssen stän- dig reparieren und improvisieren. Veraltete Maschinen wurden bereits 1999 von Whiteman in Surinam (Whiteman, 1999) beschrieben. Veraltete und unzureichend gewartete Maschinen füh- ren zu schlechter Schnittgenauigkeit, häufigen Ausfällen und hohen Stillstandszeiten. Aufgrund fehlender Ersatzteilversorgung kommt es zu unzureichender Wartung und wesentliche Maschi- nenteile können nicht ersetzt werden. Dies führt zu einer schlechten Schnittgenauigkeit und hoher Schnittfugentoleranz.

Betrieben, die in Modernisierungen investieren möchten, mangelt es an günstigen Krediten. Viele Unternehmen der surinamischen Sägewerksindustrie verfügen über eine geringe Rendite und Eigenkapitalquote. Sie haben daher nur stark eingeschränkte Investitionsmöglichkeiten. Aufgrund fehlender Sicherheiten und unzureichender Betriebsbuchführung werden Neuinves- titionen und Ersatzinvestitionen von Banken abgelehnt oder Kredite zu hohen Zinsen (21 %, Stand 2013) vergeben. Es werden daher kaum Neuinvestitionen getätigt. Es finden fast aus- schließlich Ersatzinvestitionen statt. Die Infrastruktur für eine weitergehende Produktverede- lung ist nur in geringem Umfang vorhanden.

In Surinam ist die Gattersäge noch immer die meist verbreitete Haupteinschnittsmaschine. Der überwiegende Einsatz von Gattersägen ist auf die einfache Bedienbarkeit und den günstigen Preis von Gebrauchtmaschinen zurückzuführen. Jedoch ist aufgrund der flexiblen und indivi- duellen Manipulierbarkeit des Stammes die Bandsägentechnologie gegenüber der Gattersäge im Vorteil, insbesondere bei Laubhölzern, die häufig innere Stammholzdefekte aufweisen.

6. Expertenbefragung

Die Naturalbuchführung im Sägewerk wird vernachlässigt. Ein Großteil der Sägewerker hat keinen Überblick über das eingesetzte Rundholzvolumen und die produzierte Schnittholzmenge. Die Ausbeute wird nur von 58 % der befragten Säger erfasst. Von diesen wird die Ausbeute deutlich überschätzt. So geben 45 % der Säger Ausbeutewerte von 70 - 90 % an, welche nicht realistisch sein können.

Die Kostenstruktur macht deutlich, dass erwartungsgemäß das Rundholz den höchsten Anteil mit 51 % einnimmt. Daher sollte eine möglichst ressourceneffiziente Verarbeitung und ein sorgfältiger Umgang mit den Rundhölzern der kaufmännischen Zielsetzung der Sägewerker entsprechen.

In den Sägewerken in Surinam wird unter schweren Bedingungen produziert. Flexibilität und Improvisationsfähigkeiten sind notwendig, um Störungen, Defekte und Materialbrüche zu reparieren und zu beheben. Die Ergebnisse sprechen dafür, dass keine ausreichende Betriebskontrolle und nur eine unzureichende Buchführung in den Betrieben vorhanden ist. Daher herrscht kein genauer Überblick über die Eingangs- und Ausgangsgrößen und dementsprechend auch nicht über die Ausbeute an Schnittholz.

Es werden große Mengen an Restholz und Sägespäne ungenutzt deponiert bzw. verbrannt. Dies liegt überwiegend daran, dass es nur äußerst geringe Verwertungsmöglichkeiten im Land gibt. Ein Schwerpunkt für weitere Forschungsaktivitäten sollte auf die stoffliche und energetische Nutzung der Reststoffe gelegt werden.

Qualifiziertes Personal ist auch in der Sägeindustrie die Basis zum wirtschaftlichen Erfolg. Dem widerspricht, dass die Sägewerke nicht in ihr Humankapital investieren und ihre Mitarbeiter nicht schulen (vgl. 6.2.1). Andererseits identifizieren die Betreiber selbst einen Mangel an Personal. In der fachlichen Ausbildung sowie auch in der akademischen Forschung sind die Belange der Holzindustrie in Surinam deutlich unterrepräsentiert. Es gibt eine vom Verband der Sägewerksindustrie (ASHU) eigens gegründete Stiftung zur Sägeblattpflege. Sonstige Ausbildungsstätten zur Sägewerkstechnik und zum Sägewerksmanagement sind im Land nicht vorhanden.

Horizontale Kooperationen in der Sägeindustrie gibt es in rudimentärer Form, etwa in der gemeinsamen Abwicklung von Großaufträgen. Kooperationen hinsichtlich weniger am Markt gehandelte Holzarten, den LESSER KNOWN SPECIES (LKS), sowie der Bereich der Rundholzversorgung sind auszubauen. In Surinam wachsen über 400 verschiedene Baumarten (SBB, 2014a). Jedoch fast 60 % des Einschlagvolumens konzentriert sich auf nur 10 Holzarten, welche auf dem lokalen Markt nachgefragt werden. Die Konzentration auf wenige Baumarten wird nicht mit den Holzeigenschaften begründet, sondern mit der Nachfrage und Akzeptanz auf dem Markt.

6. Expertenbefragung

Auf dem Exportmarkt werden mehr Holzarten nachgefragt. Einzelne Konzessionäre und Säger scheitern jedoch an der nachhaltigen Belieferung von Geschäftspartnern, da sie größere Volumina seltenerer Holzarten nicht bereitstellen können. Gerade bei den LKS und bei der Erfüllung größerer Auftragsvolumina für Großprojekte oder den Export ist ein Zusammenschluss für den gemeinsamen Absatz notwendig.

Im Hinblick auf eine weitere Produktveredelung ist die Schnittholztrocknung von elementarer Bedeutung. Da das Investitionsvolumen für einzelne Säger zu hoch ist, bietet die Einrichtung gemeinschaftlicher Trocknungszentren kosteneffiziente und insbesondere qualitativ hochwertige Lösungen. Die Holztrocknung ist Grundlage für die Weiterverarbeitung und Produktveredelung.

Es zeigt sich, dass über die Hälfte der Säger eine eigene Konzession betreiben. Somit kontrollieren diese Säger die gesamte Supply Chain von der Selektion der Entnahmebäume über die Holzernte, den Transport, die Verarbeitung im Sägewerk bis hin zum fertigen Produkt. 40 % verfügen über einen angeschlossenen Holzhandelsbetrieb, in dem sie ihre Schnittholzprodukte verkaufen. Somit könnten die Säger bedarfsgerecht ihren Rundholzeinschlag planen und in Abhängigkeit von ihrem Absatz vornehmen. Die enge Verknüpfung von Konzession und Sägewerk lässt sich mit der Gesetzgebung begründen, die ab einer Konzessionsgröße von 5.000 ha eine angeschlossene Weiterverarbeitung vorschreibt (President of Suriname, 1992). Hierdurch will der Gesetzgeber erreichen, dass die Wertschöpfung der ersten Verarbeitungsstufe im Land stattfindet. Konzessionäre wurden somit zwangsläufig zu Sägewerksbetreibern, ohne dass sie über eine besondere Ausbildung bzw. fachliches Hintergrundwissen verfügen.

Die Arbeiten in den abgelegenen Konzessionen erfordern häufig kurzfristige Entscheidungen des Managements in Bezug auf die sich ständig ändernden Gegebenheiten (Gelände, Baumartenzusammensetzung, Straßenschäden, Maschinendefekte, Unfälle). Hierdurch ist das Management oft mit Problemlösungen in der Konzession befasst und vernachlässigt dabei die Kontrolle und Koordination im Sägewerksbetrieb.

In Surinam gibt es keine längenabhängige Preisstaffelung bei Schnitthölzern. Der Kunde verlangt lange Schnitthölzer, die er sich selbst bedarfsgerecht zuschneidet. Unbeachtet bei der Preisgestaltung ist hierbei, dass mit zunehmender Länge die Ausbeute abnimmt (vgl. 4.4). Die Entwicklung einer Preisgestaltung in Abhängigkeit von gängigen Baumaßen ist dringend zu empfehlen.

Auf Basis der zufällig ausgewählten Sägewerke wurden umfangreiche Ergebnisse zusammengestellt und durch die anschließenden Erhebungen in den Holzhandelsbetrieben ergänzt. Die Ergebnisse aus den Befragungen liefern erstmals einen umfassenden Einblick über die Situation in den Sägewerken in Surinam.

6. Expertenbefragung

Aufgrund der Befragung und zufälligen Auswahl der Sägewerksbetriebe wird in dieser Arbeit erstmals der surinamische Sägewerkssektor vollständig beschrieben. In Verbindung mit Betriebsbesichtigungen und Mitarbeitergesprächen wurden weitere Beobachtungen zur Vervollständigung des Gesamtbildes erhoben.

Die Ergebnisse zeigen, dass Nachhaltigkeit und eine ressourceneffiziente Verarbeitung derzeit in Surinam nicht Bestandteil der Betriebsführung ist. Die Säger sind sich der Bedeutung der Ressourceneffizienz nicht bewusst, obwohl das Rundholz knapp 50 % der Gesamtkosten ausmacht und somit eine hohe Motivation für einen effizienten Umgang mit dem Rohstoff bestehen sollte.

7. Schnittholzausbeute

Die Schnittholzausbeute hat maßgeblichen Einfluss auf das Betriebsergebnis eines Sägewerkes (Lohmann, 2012). Die Ausbeute kann auch als Maß für die Ressourceneffizienz angesehen werden. Bei einer Optimierung der Ausbeute bleibt jedoch zu beachten, dass der maximale Rohertrag im Vordergrund stehen sollte. So kann eine geringere Gesamtausbeute mit einem besseren Verhältnis zwischen dem hochpreisigen Haupterzeugnis zum Nebenerzeugnis einen deutlich höheren Rohertrag haben.

Die Bestimmung der Ausbeute fand in einem mehrstufigen Verfahren statt. Zunächst wurden Ausbeutemessungen während der Schnittholzproduktion in Surinam durchgeführt. Auf Basis dieser Messwerte wurden die Ergebnisse mit Hilfe der Einschnittssoftware TICALC nachgerechnet und anschließend die optimierte Ausbeute errechnet.

7.1. Methode Schnittholzausbeute

Für die Erfassung der Ausbeute wurde eine mehrphasige Stichprobenauswahl gewählt. Auf Basis der Stichprobe der Experteninterviews in den Sägewerken wurde eine Unterstichprobe zweiter Phase zufällig innerhalb der Betriebsgrößenklassen gezogen (Krug *et al.*, 2001). Es wurden Messungen der Ausbeute sowie auf den realen Daten basierende Simulationen durchgeführt, um die potenzielle Ausbeute mit dem verwendeten Schnittbild und die optimale Ausbeute zu bestimmen.

7.1.1. Ausbeutemessung zur Bestimmung des *IST*-Zustands

Im Fokus der Messung stand die Ausbeute bei der Schnittholzproduktion, die stark durch individuelle Entscheidungen geprägt ist (Dickinson, 1981; Fronius, 1991; Lohmann, 2012) (vgl. Kapitel 4.4). Daher war es wichtig, ein Messverfahren zu wählen, das nicht den Betriebsablauf stört und die Entscheidungen der Arbeiter möglichst wenig beeinflusst.

Die Datenerfassung zur Ausbeute erfolgte in Form von Insitu-Messungen in Sägewerken im Juli 2013. Die Messungen fanden unter realen Bedingungen während der Schnittholzproduktion für den lokalen Markt statt. Die Auswahl der Rund- und der zu produzierenden Schnitthölzer

7. Schnittholzausbeute

oblag den Sägern. Die Einteilung inchnittsätze wurde durch die Säger getätigt. Der Autor hat hierauf keinen Einfluss genommen.

Um möglichst reale Voraussetzungen zu gewährleisten und den Einfluss auf die Entscheidungen der einzelnen Sägewerke so niedrig wie möglich zu halten, wurden nur 2 grundlegende Vorgaben hinsichtlich der zu verwendenden Rundhölzer und der zu erzeugenden Schnittholzprodukte gemacht:

1. Verwendung von gesunden Stämmen, die äußerlich erkennbar weder faul noch hohl oder stark gerissen sind,
2. Produktion von scharfkantigem Schnittholz (Klasse S).

Bei der Auswahl des Erhebungsverfahrens war es wichtig, ein Verfahren zu verwenden, welches den Betriebsablauf möglichst wenig stört. Die Messungen sollten während des regulären betrieblichen Ablaufs ohne zusätzlichen zeitlichen und personellen Aufwand für den Säger durchgeführt werden.

Da das Rund- und Schnittholz in den Sägewerken überwiegend mit Hilfe von Brückenkränen befördert wird, wurde unter der Annahme, dass das Gewicht innerhalb eines gesunden nicht überlagerten Rundholzes nicht wesentlich variiert, eine Federwaage zur Gewichtsermittlung verwendet. Auf Basis der Gewichte des Rund- und Schnittholzes wurde die Ausbeute ermittelt. Die verwendete Federwaage (Steinberg SBS-KW-5/2K), siehe Abb. 7.1, kann Gewichte von 2 - 5.000 kg bei einer Messgenauigkeit von 2 kg wiegen (Steinberg, 2013) und wurde jeweils am Brückenkran angeschlagen.

Für die Ausbeutemessungen wurden zufällig 3 Sägewerke aus den entsprechend der installierten Kapazität gebildeten Größenklassen der Expertenbefragung ausgewählt.

Die Messungen fanden in jeweils einem *Klein-, Mittel- und Großbetrieb* statt. Für die Messungen wurden Produktionszeiträume der Betriebe ausgewählt, in denen Standardsortimente für den lokalen Markt produziert wurden.

Auf eine Ausbeutemessung in Kleinstbetrieben wurde verzichtet, da diese nur eine sehr geringe Produktion haben und meist nicht täglich produzieren.

Die Größenklasseneinteilung ist in Tab. 7.1 dargestellt.

Tabelle 7.1.: Größenklasseneinteilung Sägewerke nach jährlicher Verarbeitungskapazität

Sägewerk	Verarbeitungskapazität	
Großbetrieb	m ³	45.000 - 15.000
Mittelgroßer Betrieb	m ³	10.000 - 15.000
Kleinbetrieb	m ³	3.750 - 10.000
Kleinstbetrieb	m ³	1 - 3.750

7. Schnittholzausbeute



Abbildung 7.1.: Ausbeutemessung mit Kranwaage während des Betriebsablaufs

7. Schnittholzausbeute

Durch die vorhergegangene Expertenbefragung und die Berichterstattung darüber waren die Sägewerker über das Forschungsvorhaben im Bilde und interessiert an der Studie teilzunehmen. Abb. 7.2 gibt einen Überblick über das Verfahren zur Ausbeutemessung und Ableitung der Abweichung von Zielwert und potenziellem Maximum.

Messverfahren

1. Analyse des Materialflusses:

Die Ausstattung der Sägewerke und eine Skizze mit der Anordnung der Maschinen wurde erstellt. Der Materialfluss im Werk wurde verfolgt.

2. Definition der kritischen Messstellen:

Die kritischen Messstellen wurden festgelegt und in der Sägewerksskizze eingezeichnet.

3. Messung des Rundholzes:

Das Rundholz wurde aufgemessen. Hierbei wurden Baumart, Länge, Zopf- und Fußdurchmesser (über Kreuzmessungen), Rindenstärke, Krümmung sowie sichtbare Defekte wie Risse und Fäule erfasst.

4. Wiegen des Rundholzes:

Die Rundhölzer wurden mit Hilfe von um den Stamm geführten Ketten an der Federwaage, die am Haken des Brückenkrans angeschlagen ist, aufgehängt. Vor bzw. nach dem Befördern wurde gewogen. Das Gewicht der Ketten wurde von dem Messergebnis abgezogen.

5. Wiegen des Haupterzeugnisses:

Das produzierte Haupterzeugnis wurde stammweise analog zum Rundholz gewogen.

6. Wiegen des Nebenerzeugnisses:

Das produzierte Nebenerzeugnis wurde für jeden Schnittsatz analog zum Rundholz gewogen.

7. Berechnen der Ausbeute:

Die Ausbeute wurde auf Basis des Gewichtes der Erzeugnisse und des Rundholzes entsprechend Formel 7.1 berechnet.

$$Ausbeute [\%] = \frac{Schnittholz [kg]}{Rundholz [kg]} * 100 \quad (7.1)$$

Für die Auswertung wird angenommen, dass das Gewicht innerhalb eines gesunden und nicht überlagerten Rundholzstammes nicht wesentlich variiert.

Die Ergebnisse werden für das Haupterzeugnis stammweise und für das Nebenerzeugnis pro Schnittsatz dargestellt. Die Zusammenfassung der Nebenerzeugnisse ist betriebsbedingt. Die Säger legen die Seitenbohlen aus dem Vorschnitt von verschiedenen Rundhölzern übereinander

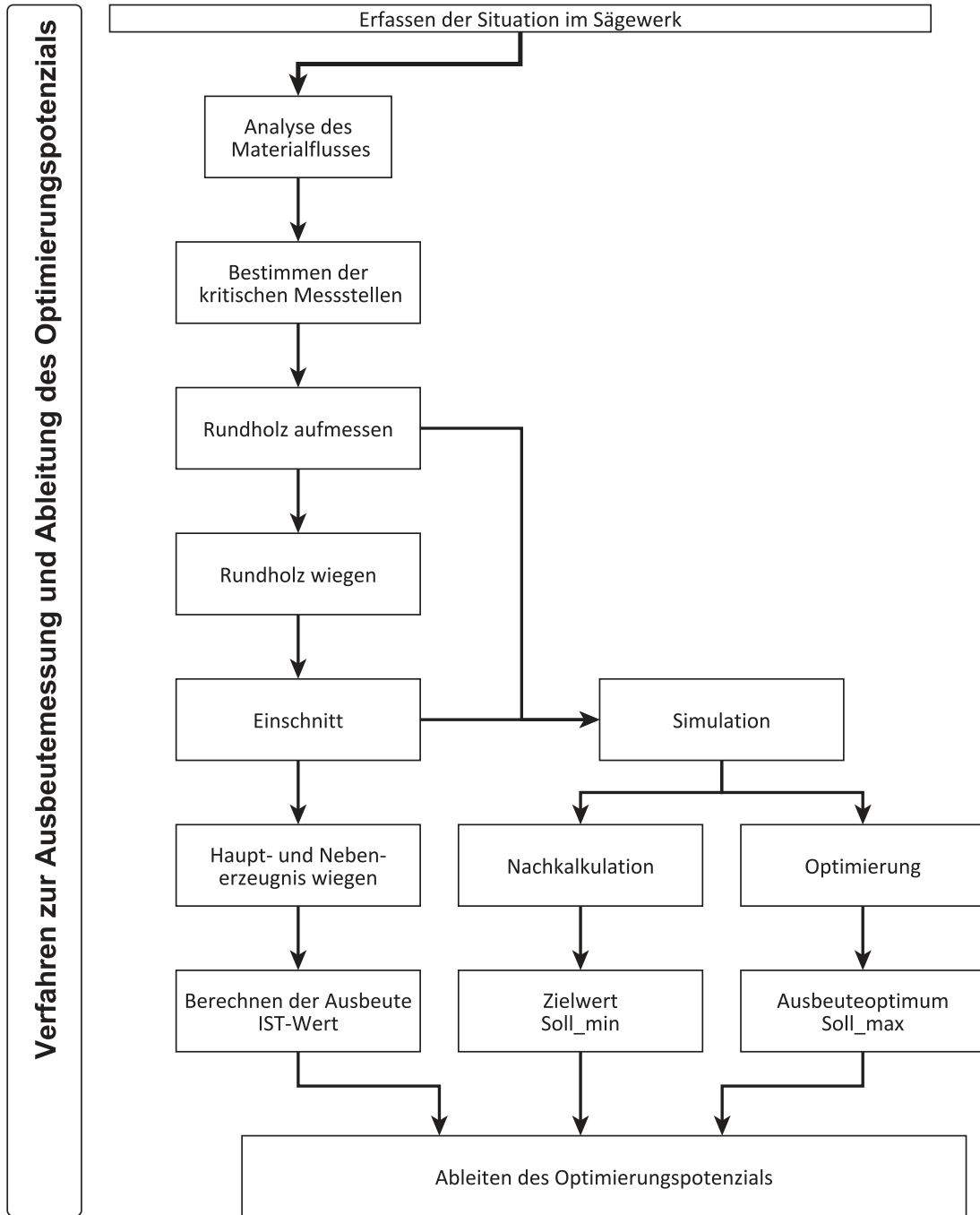


Abbildung 7.2.: Verfahren zur Bestimmung der Ausbeute und Ableitung des Optimierungspotenzials

7. Schnittholzausbeute

und sägen diese in einem Arbeitsgang. Daher wurden die Nebenerzeugnisse überwiegend pro Schnittsatz erfasst. Die Ergebnisse sind in Kapitel 7.2.1 zusammengestellt.

Die Ausbeutemessungen dienen der ergänzenden Beschreibung der Situation vor Ort und sollen die Aussagen der Experteninterviews und Angaben aus den Literaturstudien ergänzen. Die Erarbeitung einer statistisch abgesicherten Aussage über die Ausbeute der Einzelbetriebe ist nicht Ziel der Arbeit.

7.1.2. Berechnung der potenziellen Schnittholzausbeute

Die Berechnung der potenziellen Schnittholzausbeute, des *Soll*-Zustands, erfolgte mit Hilfe von TICALC, einem Programm zur Einschnittsoptimierung (Reiter, 2014).

Das Programm wird in der Arbeitsvorbereitung und Betriebsorganisation verwendet. Es berechnet auf Grundlage der eingegebenen Rundholzwerte ein dreidimensionales Gittermodell des Stammes. Hierfür werden in 10 mm Schritten die Grundflächen des Stammes auf 1/10 mm genau berechnet und anschließend zu einem Modell zusammengefügt, vgl. Abb. 7.3.

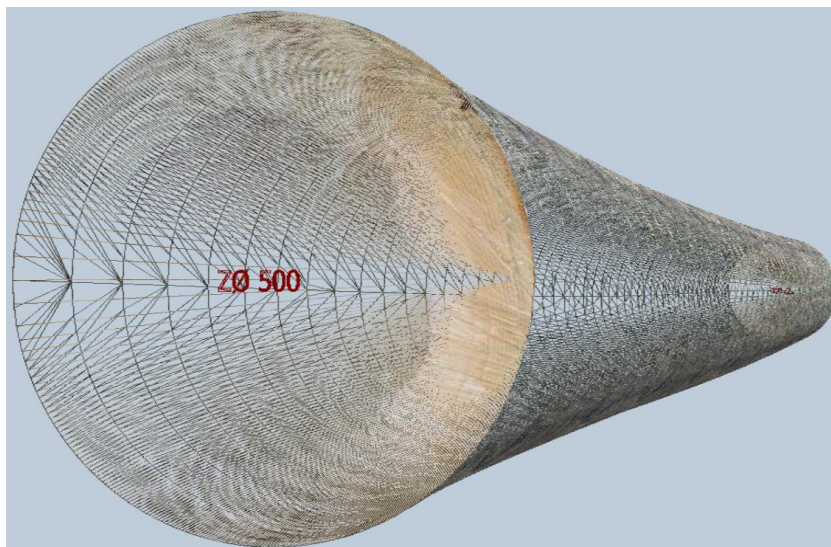


Abbildung 7.3.: Gittermodell eines Stammes mit einem Zopf von 50 cm und 5 m Länge

Die Eingangsgrößen setzen sich aus den kreuzweise gemessenen Zopf- und Stammfußdurchmessern, Länge sowie Krümmung und Rindenstärke zusammen. Das Programm berechnet unter Berücksichtigung von Abholzigkeit und Ovalität ein Modell des realen Stammes.

Entsprechend vorgegebener Produktionsaufträge wird ein wert- oder ausbeutemaximiertes Schnittbild berechnet. Hierfür ermittelt TICALC die Lage der Haupt- und Nebenerzeugnisse in

verschiedenen Einschnittsvarianten. Aus einer vorher definierten Liste von zulässigen Möglichkeiten an Nebenerzeugnissen wählt das Programm im Hinblick auf die Stammparameter das optimale Schnittbild.

Es wird ein Einschnitt auf virtuellen Maschinen, deren Parameter denen der in den Sägewerken in Surinam verwendeten Maschinen angepasst wurden, simuliert. Aus den generierten Schnitтерzeugnissen werden dreidimensionale Modelle erstellt, welche wiederum mehrfach virtuell bearbeitet werden können.

Abschließend werden die Erzeugnisse mit ihren jeweiligen Erlösen bewertet und eine Ergebnisübersicht ausgegeben.

Das Programm ermöglicht die Auswahl von verschiedenen Einstellungen bezüglich der Schnittklasse (Reiter, 2014). Für die Berechnungen in dieser Studie wurde ausschließlich die Schnittklasse S (scharfkantig), vgl. Tab. 4.6, gewählt.

Vorgehen zur Ermittlung der Schnittholzausbeute

Für die Auswertung und Bestimmung des *Soll*-Zustandes wurde ein zweistufiges Verfahren angewandt.

Zunächst wurde das Produktionsergebnis für jeden Stamm mit dem im Sägewerk verwendeten Schnittbild mit TICALC nachkalkuliert. Hieraus ergibt sich der Wert $Soll_{Min}$. Dieser Wert gibt an, welche Ausbeute auf Basis der realen Stammparameter, der Maschinenkombination und des verwendeten Schnittbilds hätte erreicht werden können.

Der Vergleich von $Soll_{Min}$ mit dem gemessenen *IST-Wert* zeigt, inwieweit der Säger sein Ausbeuteziel an dem jeweiligen Stamm erreicht hat (Formel 7.2).

$$Soll_{Min} - IST = \text{Abweichung vom Zielwert} \quad (7.2)$$

Abweichungen von *IST-Wert* und $Soll_{Min}$ lassen sich auf technische Mängel, falsche Stammausrichtung sowie auf höhere Rindenanteile, als in Schnittklasse S zulässig, zurückführen.

Im zweiten Schritt wurde gemäß der vorliegenden Schnittholzdimensionen, technischen Eigenschaften der Säge und der Stammparameter das Schnittbild mit dem Ziel einer Erhöhung der Ausbeute am Haupterzeugnis unter Berücksichtigung des Rohertrages am Gesamtstamm optimiert. Dieser Wert wird als $Soll_{Max}$ bezeichnet.

Aus dem Vergleich von $Soll_{Max}$ und dem gemessenen *IST-Wert* wird das Optimierungspotenzial berechnet (Formel 7.3). Jedoch ist auch dieser Wert beeinflusst durch technische Mängel, falsche Stammausrichtung sowie durch höhere Rindenanteile, als in Schnittklasse S zulässig.

$$Soll_{Max} - IST = \text{gesamtes Optimierungspotenzial} \quad (7.3)$$

7. Schnittholzausbeute

Ein Vergleich der beiden mit Hilfe der Einschnittssimulation von TICALC berechneten Ausbeutewerte für $Soll_{Min}$ und $Soll_{Max}$ ermöglicht die Bewertung der Entscheidung des Sägers für die Auswahl des Schnittbildes für den jeweiligen Stamm, die frei von Einflüssen durch Bedienung, Ausrichtung und Messfehler ist. Hierdurch kann das Optimierungspotenzial allein für die richtige Auswahl eines an den Stamm angepassten Schnittbilds bestimmt werden (Formel 7.4).

$$Soll_{Max} - Soll_{Min} = \text{Optimierungspotenzial der Schnittbildauswahl} \quad (7.4)$$

Die Berechnungen erfolgen für die Haupterzeugnisse stammweise und für die Nebenerzeugnisse über den gesamten Schnittsatz. Mit Blick auf die Wertschöpfung aus dem Rundholz wurde bei allen Berechnungen *erstens* die Maximierung des tatsächlich produzierten Haupterzeugnisses und *zweitens* die Gesamtausbeute des jeweiligen Stammes unter Berücksichtigung des Rohertrages durchgeführt. Die vorliegenden Ergebnisse der untersuchten Betriebe in Surinam weisen die Nebenerzeugnisse als Mittelwert über den gesamten Schnittsatz aus, siehe Tab. 7.2.

Tabelle 7.2.: Berechnung der Schnittholzausbeute auf Betriebsebene

	Einzelstamm	Schnittsatz	Gesamtdaten
Haupterzeugnis	ja	ja	ja
Haupt- und Nebenerzeugnis	nein		

Die Bewertung des Optimierungspotenzials des Gesamtausbeutemaximums erfolgt bezogen auf die einzelnen Schnittsätze. Basierend auf den Rundholz- und Schnittholzpreisen im Untersuchungszeitraum wird der Rohertrag, und die Auswirkungen einer Optimierung auf denselben, berechnet.

7.2. Ergebnisse Schnittholzausbeute

7.2.1. Ergebnisse der Ausbeutemessung in den Sägewerken

Es werden die eingeschnittenen Stämme mit den relevanten Kennzahlen sowie die in der Gattersäge verwendeten Einhänge beschrieben. Die Ergebnisse werden für die einzelnen Sägewerke *groß*, *mittel* und *klein* dargestellt. Die Auswertung erfolgt für jeden Schnittsatz. Die Ergebnisse werden stammweise dargestellt. Die stammweise Darstellung ist notwendig, um Rückschlüsse auf die Zusammenstellung der Schnittsätze und Entscheidungen der Säger ziehen zu können. Eine graphische Darstellung der Ausbeute in Bezug auf einzelne Stammmerkmale findet sich in Anhang E. Die verwendeten, sowie die optimierten Schnittbilder sind in Anhang F dargestellt.

7. Schnittholzausbeute

Die Auswahl der einzelnen Stämme, deren Einteilung und das Zusammenstellen der jeweiligen Schnittsätze wurde von den Sägern selbstständig durchgeführt und nicht durch Vorgaben des Autors beeinflusst.

Großbetrieb

Die Messungen fanden beim Einschnitt von *Goupia glabra* statt. Es wurden Rahmen mit den Maßen (Breite x Höhe) 51 mm x 102 mm gesägt. Das Schnittholz von *Goupia glabra* ist auf dem lokalen Holzmarkt ein hochpreisiges Bauholz. Die nachfolgend verwendeten Werte stammen aus der Befragung in den Sägewerken und Holzhandelsbetrieben (vgl. 6.33; 6.5). Das erzeugte Haupterzeugnis hat einen Verkaufspreis von etwa 515 €/m³. Die Nebenerzeugnisse kosten etwa 20 % weniger als das Haupterzeugnis. Es wird für die Berechnungen ein Preis von 424 €/m³ angenommen. Die Rundholzkosten von *Goupia glabra* betragen 70 €/m³.

Es wurden Messungen an 9 Stämmen von *Goupia glabra* mit einem Gesamtvolumen von 8,1 m³ durchgeführt.

Bei der Schnittholzerzeugung wurden 2 verschiedene Schnittbilder verwendet. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt gesondert pro Schnittsatz, um die Entscheidungen des Sägers bewerten zu können.

Die Stämme werden auf der Blockbandsäge vorbereitet. Wurzelanläufe werden beigeschnitten und je nach Durchmesser werden mehrere Seitenbretter abgetrennt. Es wird mindestens eine Stammseite abgeflacht.

Der so vorbereitete Model wird anschließend auf der Gattersäge eingeschnitten. Nebenerzeugnisse werden aus den 25 mm starken Seitenbrettern aus dem Gattervorschnitt und aus den Seitenbrettern, die auf der Blockbandsäge bei der Modelvorbereitung gesägt wurden, auf dem Besäumer herausgetrennt.

Schnittsatz 1 Großbetrieb

Der 1. Schnittsatz umfasst 2 Stämme mit einem Volumen von 1,2 m³ und 1,1 m³, das Gesamtvolumen beträgt 2,3 m³ bei einem Gesamtgewicht von 2.158 kg. Die Zopfdurchmesser betragen 405 mm und 435 mm, der Mittelwert ist 420 mm. Die Länge beträgt 7,0 m und 5,9 m, der Mittelwert ist 6,5 m. Die für die anschließenden Berechnungen wesentlichen Stammholzparameter sind in Tabelle 7.3 aufgeführt.

Es wird **3-stielig** eingeschnitten. Die zur Herstellung der Rahmen mit den Maßen (Breite x Höhe) 51 mm x 102 mm im Gatter verwendeten Einhänge sind in Tab. 7.4 dargestellt.

7. Schnittholzausbeute

Tabelle 7.3.: Stammparameter, Großbetrieb, Schnittsatz 1

	Einheit	Stammnummer		\bar{x}
		1	2	
Rundholz	kg	1.002	1.156	1.079
Zopfdurchmesser	mm	405	435	420
Fußdurchmesser	mm	485	550	517,5
Länge	m	7,0	5,9	6,5
Volumen	m ³	1,2	1,1	1,2
Rinde	mm	20	20	20
Abholzigkeit	mm/m	11	19	15
Ovalität	mm	10	30	20
Krümmung	mm/m	0	0	0

Tabelle 7.4.: Einhang, Großbetrieb, Schnittsatz 1

Vorschnitt	2x25 mm	3x102 mm	2x25 mm
Nachschnitt	1x25 mm	8x51 mm	1x25 mm

Die Ausbeute am ersten Schnittsatz für das Haupterzeugnis beträgt 50,7 % und 51,4 %, der Mittelwert 51,1 %. Beim Nebenerzeugnis wird eine durchschnittliche Ausbeute von 8,4 % erreicht. Die Gesamtausbeute beträgt 59,1 % und 59,8 %, der Mittelwert 59,5 %. Der Rohertrag pro m³ beträgt 227 € und 230 €, der Mittelwert 229 €. Der Rohertrag pro Stamm beträgt 253 € und 267 €, der Mittelwert 260 €. Der Rohertrag am gesamten 1. Schnittsatz beträgt 520 €.

Die Ergebnisse des 1. Schnittsatzes sind in Tab. 7.5 dargestellt.

Tabelle 7.5.: Messergebnisse, Großbetrieb, Schnittsatz 1

	Einheit	Stammnummer		\bar{x}
		1	2	
Haupterzeugnis	kg	508	594	551
Nebenerzeugnis	kg	— 182 —	—	91
Haupterzeugnis	%	50,7	51,4	51,1
Nebenerzeugnis	%	8,4	8,4	8,4
Gesamtausbeute	%	59,1	59,8	59,5
Rohertrag/m ³	€	227	230	229
Rohertrag/Stamm	€	253	267	260

Schnittsatz 2 Großbetrieb

Der 2. Schnittsatz beinhaltet 7 Stämme mit einem Gesamtvolumen von 5,9 m³. Das Volumen variiert von 0,5 - 1,2 m³. Der Mittelwert beträgt 0,8 m³ und der Median 0,9 m³ (Standardabweichung 0,2 m³).

Der Zopfdurchmesser variiert von 355 - 435 mm, der Mittelwert beträgt 399 mm und der Median 405 mm (Standardabweichung 27 mm). Die Stammlänge variiert von 5,0 - 8,4 m. Im

7. Schnittholzausbeute

Durchschnitt sind die Stämme 6,1 m lang und der Median beträgt 6,0 m (Standardabweichung 1,1 m). Die Stämme haben alle eine 20 mm starke Rinde. Die Abholzigkeit variiert von 4 - 10 mm/m, der Mittelwert beträgt 6 mm/m und der Median 5 mm/m (Standardabweichung 2 mm). Die Ovalität variiert von 10 - 60 mm, im Mittel beträgt sie 31 mm und der Median beträgt 40 mm (Standardabweichung 21 mm). 2 Stämme haben eine Krümmung von 10 mm und 1 Stamm von 5 mm.

Das Gesamtgewicht der Stämme beträgt 6.638 kg und variiert von 556 - 1.360 kg. Der Mittelwert und der Median betragen 948 kg (Standardabweichung 251 kg). Die Messwerte der Einzelstämme sind in Tab. 7.6 dargestellt.

Tabelle 7.6.: Stammparameter, Großbetrieb, Schnittsatz 2

	Einheit	Stamm							\bar{x}
		3	4	5	6	7	8	9	
Rundholz	kg	1.360	948	1.012	1.098	838	556	826	948
Zopfdurchmesser	mm	410	415	435	405	400	355	370	399
Fußdurchmesser	mm	455	445	465	450	425	375	430	435
Länge	m	8,4	6,2	5,6	6,2	5,0	5,1	6,0	6,1
Volumen	m ³	1,2	0,9	0,9	0,9	0,7	0,5	0,8	0,8
Rinde	mm	20	20	20	20	20	20	20	20
Abholzigkeit	mm/m	5	5	5	7	5	4	10	6
Ovalität	mm	60	10	10	50	40	10	40	31
Krümmung	mm	5	10	0	0	0	10	0	3,6

Auffällig ist die hohe Variation der Zopfdurchmesser. Stamm Nr. 8 ist 80 mm schwächer als der stärkste Stamm. Bei der Länge fällt besonders Stamm Nr. 3 mit 8,4 m Länge auf. Eine genaue Ausrichtung auf der Säge von solch langen Hölzern ist besonders schwierig.

Es wird **2-stielig** eingeschnitten. Der beim Vor- und Nachschnitt verwendete Einhang zur Produktion der Rahmen mit den Maßen (Breite x Höhe) 51 mm x 102 mm ist in Tab. 7.7 dargestellt.

Tabelle 7.7.: Einhang, Großbetrieb, Schnittsatz 2

Vorschnitt	2x25 mm	2x102 mm	3x25 mm
Nachschnitt	1x25 mm	8x51 mm	1x25 mm

Nebenerzeugnisse werden aus den 25 mm starken Seitenbrettern, die von der Blockbandsäge abgetrennt wurden und aus den Seitenbrettern vom Gattervorschnitt auf dem Besäumer herausgetrennt.

Das Gewicht der Haupterzeugnisse aller Stämme beträgt 2.311 kg. Das Gewicht des Haupterzeugnisses der Einzelstämme variiert von 158 - 456 kg. Der Mittelwert beträgt 330 kg und der Median 356 kg (Standardabweichung 92 kg). Das Gesamtgewicht der Nebenerzeugnisse beträgt 964 kg, der Mittelwert ist 138 kg.

7. Schnittholzausbeute

Die durchschnittliche Ausbeute am Haupterzeugnis beträgt 34,8 % und variiert von 28,4 - 43,6 %. Die Ausbeute am Nebenerzeugnis beträgt im Durchschnitt 14,5 %. Die Gesamtausbeute variiert von 42,9 - 58,1 %, der Mittelwert beträgt 49,3 %.

Der Rohertrag beträgt durchschnittlich 170 €/m³ und variiert von 138 - 216 €/m³. Der Median beträgt 166 €/m³ (Standardabweichung 26 €/m³). Der Rohertrag pro Stamm variiert von 77 - 205 €. Der Mittelwert beträgt 147 € und der Median 150 € (Standardabweichung 38 €).

Der Rohertrag über den gesamten Schnittsatz beträgt 1.029 €.

Die Ergebnisse der Einzelstämme des 2. Schnittsatzes sind in Tabelle 7.8 dargestellt.

Tabelle 7.8.: Ergebnisse der Schnittholzausbeute im Großbetrieb, Schnittsatz 2

	Einheit	Stammnummer							\bar{x}
		3	4	5	6	7	8	9	
Haupterzeugnis	kg	456	290	356	372	365	158	314	330
Nebenerzeugnis	kg	964							138
Haupterzeugnis	%	33,5	30,6	35,2	33,9	43,6	28,4	38,0	34,8
Nebenerzeugnis	%	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5
Gesamtausbeute	%	48,0	45,1	49,7	48,4	58,1	42,9	52,5	49,3
Rohertrag/m ³	€	164	149	173	166	216	138	187	170
Rohertrag/Stamm	€	205	139	159	152	150	77	146	147

Die Ausbeute und dementsprechend auch der Rohertrag pro Stamm sind im 2. Schnittsatz niedriger als im 1. Schnittsatz. Der Wechsel des Schnittbildes von einem 3-stieligen zu einem 2-stieligen Vorschnitt hat sich negativ ausgewirkt.

Die Stammparameter hätten einen 3-stieligen Einschnitt gemäß Schnittbild 1 bei fast allen Stämmen zugelassen, wodurch die Ausbeute höher ausgefallen wäre.

Mittelgroßer Betrieb

Als Haupterzeugnis wurden Rahmen mit den Maßen (Breite x Höhe) von 51 mm x 102 mm aus *Qualea rosea* erzeugt. *Qualea rosea* ist ein typisches Bauholz in Surinam und wird unter anderem für Dachkonstruktionen und den Hausbau verwendet. Die nachfolgend verwendeten Werte stammen aus der Befragung in den Sägewerken und Holzhandelsbetrieben (vgl. 6.33; 6.5). Das Haupterzeugnis hat einen Verkaufspreis von etwa 300 €/m³. Es gibt keine längenabhängige Preisstufen. Die Nebenerzeugnisse kosten im Mittel etwa 20 % weniger als das Haupterzeugnis. Es wird für die Berechnungen ein Preis von 240 €/m³ angenommen. Die Rundholzkosten von *Qualea rosea* betragen 64 €/m³.

Die Stämme werden auf der Blockbandsäge vorbereitet. Es wird der Stammdurchmesser reduziert, indem die Wurzelanläufe entfernt und Seitenbretter geschnitten werden. Der vorbereitete

7. Schnittholzausbeute

Tabelle 7.9.: Einhang, mittelgroßer Betrieb

Vorschnitt	4x25 mm	4x102 mm	5x25 mm
Nachschnitt	1x25 mm	10x51 mm	1x25 mm

Model wird anschließend auf der Gattersäge im Vor- und Nachschnitt zu Schnittholz gesägt. Es wird **4-stielig** eingeschnitten. Die Einhänge im Gatter sind in Tab. 7.9 dargestellt:

Nebenerzeugnisse werden aus den auf der Blockbandsäge geschnittenen und vom Gattervorschnitt stammenden 25 mm starken Seitenbrettern vom Besäumer herausgetrennt.

Es wurden Messungen an 4 Stämmen von *Qualea rosea* mit einem Gesamtvolumen von 13,1 m³ durchgeführt. Das Stammvolumen variiert von 2,7 - 4,2 m³. Der Mittelwert beträgt 3,3 m³ und der Median 3,1 m³ (Standardabweichung 0,6 m³). Die Stammlänge variiert von 7,5 - 9,6 m, der Mittelwert beträgt 8,3 m und der Median 8,1 m (Standardabweichung 0,9 m). Der Zopfdurchmesser variiert von 585 - 755 mm, der Mittelwert beträgt 666 mm und der Median 662 mm (Standardabweichung 91 mm).

Die Stämme haben eine 20 mm starke Rinde, die Durchmesser werden ohne Rinde angegeben. Die Abholzigkeit variiert von 3 - 20 mm/m, der Mittelwert beträgt 11 mm/m und der Median 10 mm/m (Standardabweichung 8 mm/m). Die Ovalität variiert von 40 - 90 mm, im Mittel beträgt sie 66 mm und der Median beträgt 70 mm (Standardabweichung 21 mm). Zwei Stämme haben eine Krümmung von 10 mm.

Das Gesamtgewicht der Stämme beträgt 14.476 kg und variiert von 3.160 - 4.640 kg mit einem Mittelwert von 3.619 kg und einem Median von 3.338 kg (Standardabweichung 689 kg).

Die Daten der Einzelstämme finden sich in Tabelle 7.10.

Tabelle 7.10.: Stammparameter, mittelgroßer Betrieb

	Einheit	Stammnummer				\bar{x}
		1	2	3	4	
Rundholz	kg	3.160	3.256	4.640	3.420	3.619
Zopfdurchmesser	mm	585	595	755	735	666
Fußdurchmesser	mm	620	750	880	760	753
Länge	m	9,6	8,2	7,9	7,5	8,3
Volumen	m ³	2,7	2,9	4,2	3,2	3,3
Rinde	mm	20	20	20	20	20
Abholzigkeit	mm/m	4	20	16	3	11
Ovalität	mm	70	40	70	90	66
Krümmung	mm	0	10	0	10	5

Das Gewicht des Haupterzeugnisses aller Stämme beträgt 6.022 kg. Das Gewicht der Haupterzeugnisse der Einzelstämme variiert von 1.276 - 1.800 kg. Der Mittelwert beträgt 1.506 kg und

7. Schnittholzausbeute

der Median 1.473 kg (Standardabweichung 237 kg). Das Gesamtgewicht des Nebenerzeugnisses beträgt 1.078 kg und variiert von 32 - 392 kg, der Mittelwert beträgt 270 kg und der Median 327 kg (Standardabweichung 161 kg).

Die Ausbeute am Haupterzeugnis variiert von 38,8 - 50,3 % und der Mittelwert beträgt 41,6 %. Die Ausbeute am Nebenerzeugnis variiert von 0,9 - 12,4 % und der Mittelwert beträgt 7,4 %. Die Gesamtausbeute variiert von 40,6 - 62,7 %, der Mittelwert beträgt 49,0 %.

Der Rohertrag pro m³ variiert von 57 - 117 €/m³. Der Mittelwert beträgt 80 €/m³ und der Median 74 €/m³ (Standardabweichung 26 €/m³). Der Rohertrag pro Stamm variiert von 187 - 325 €. Der Mittelwert beträgt 259 € und der Median 261 € (Standardabweichung 61 €). Der Rohertrag über den gesamten Schnittsatz beträgt 1.035 €.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 7.11 dargestellt.

Tabelle 7.11.: Ergebnisse der Schnittholzausbeute im mittelgroßen Betrieb

	Einheit	Stammnummer				\bar{x}
		1	2	3	4	
Haupterzeugnis	kg	1.590	1.276	1.800	1.356	1.506
Nebenerzeugnis	kg	392	334	320	32	270
Haupterzeugnis	%	50,3	39,2	38,8	39,6	41,6
Nebenerzeugnis	%	12,4	10,0	6,9	0,9	7,4
Gesamtausbeute	%	62,7	49,4	45,7	40,6	49,0
Rohertrag/m ³	€	117	78	69	57	80
Rohertrag/Stamm	€	325	232	290	187	259

Kleinbetrieb

Die Ausbeuteerhebung im Kleinbetrieb fand während dem Einschnitt von *Ruizterania albiflora* statt. Es wurden in 3 Schnittsätzen Rahmen und Latten mit den Maßen (Breite x Höhe) 51 x 152 mm, 25 x 76 mm und 38 x 76 mm produziert. Die nachfolgend verwendeten Werte stammen aus der Befragung in den Sägewerken und Holzhandelsbetrieben (vgl. 6.33; 6.5).

Die jeweiligen Haupterzeugnisse haben einen Verkaufspreis von 310 €/m³, 275 €/m³ und 285 €/m³. Die Nebenerzeugnisse kosten etwa 20 % weniger als das Haupterzeugnis. Es wird für die nachfolgenden Berechnungen des Rohertrages ein Verkaufspreis für die Nebenerzeugnisse von 240 €/m³ angenommen. *Ruizterania albiflora* ist ein typisches Bauholz in Surinam, die Rundholzkosten betragen 64 €/m³.

Es wurden Messungen an 9 Stämmen durchgeführt. Die Stämme haben ein Gesamtvolumen von 24,95 m³. Die Stämme wurden vom Säger in 3 Schnittsätzen zusammengestellt, die nacheinander dargestellt werden.

Schnittsatz 1 Kleinbetrieb

Der 1. Schnittsatz umfasst 2 Stämme mit einem Gesamtvolumen von $5,8 \text{ m}^3$ und einem Gesamtgewicht von 5.882 kg . Das Einzelvolumen beträgt $3,4 \text{ m}^3$ und $2,4 \text{ m}^3$, der Mittelwert beträgt $2,9 \text{ m}^3$ (Standardabweichung $0,7 \text{ m}^3$). Die Länge der Stämme ist $8,4 \text{ m}$ und $9,5 \text{ m}$, der Mittelwert ist $9,0 \text{ m}$ (Standardabweichung $0,8 \text{ m}$). Der Zopfdurchmesser beträgt 628 mm und 495 mm , der Mittelwert 562 mm (Standardabweichung 94 mm).

Das Einzelgewicht der Stämme beträgt 3.466 kg und 2.416 kg , der Mittelwert 2.941 kg (Standardabweichung 742 kg). Die Stammparameter sind in Tabelle 7.12 aufgeführt.

Tabelle 7.12.: Stammparameter, Kleinbetrieb, Schnittsatz 1

	Einheit	Stammnummer		\bar{x}
		1	2	
Rundholz	kg	3.466	2.416	2.941
Zopfdurchmesser	mm	628	495	562
Fußdurchmesser	mm	790	630	710
Länge	m	8,4	9,5	9,0
Volumen	m^3	3,4	2,4	2,9
Rinde	mm	10	10	10
Abholzigkeit	mm/m	19	14	17
Ovalität	mm	35	30	33
Krümmung	mm	0	0	0

Die Stämme werden auf der Blockbandsäge vorbereitet, indem die Wurzelanläufe beigeschnitten und je nach Durchmesser mehrere Seitenbretter gesägt werden. Es wird mindestens eine Seite abgeflacht. Der so vorbereitete Model wird anschließend auf der Gattersäge im Vorschnitt und Nachschnitt zu Schnittholz gesägt. Es wird **2-stielig** eingeschnitten und es werden Rahmen mit den Maßen $51 \times 152 \text{ mm}$ (Breite x Höhe) produziert. Der verwendete Einhang ist in 7.13 dargestellt.

Tabelle 7.13.: Einhang, Kleinbetrieb

Vorschnitt	1x25 mm	2x152 mm	3x25 mm
Nachschnitt	1x25 mm	7x51 mm	1x25 mm

Nebenerzeugnisse werden aus den 25 mm starken Seitenbrettern von der Blockbandsäge und vom Gattervorschnitt auf dem Besäumer herausgetrennt.

Das Gewicht der Haupterzeugnisse beträgt 918 kg und 1.014 kg . Insgesamt sind es 1.932 kg , der Mittelwert beträgt 966 kg (Standardabweichung 68 kg). Die Nebenerzeugnisse wiegen zusammen 930 kg .

Die Ausbeute am Haupterzeugnis beträgt $26,5 \%$ und $42,0 \%$, der Mittelwert beträgt $32,8 \%$. Die Ausbeute am Nebenerzeugnis wurde über den gesamten Schnittsatz ermittelt und beträgt

7. Schnittholzausbeute

im Mittel 15,8 %. Die Gesamtausbeute beträgt pro Einzelstamm 42,3 % und 57,8 %, der Mittelwert 48,7 %.

Der Rohertrag pro m³ beträgt 56 €/m³ und 104 €/m³, der Mittelwert 80 €/m³ (Standardabweichung 34 €/m³). Der Rohertrag pro Stamm beträgt 189 € und 250 €, der Mittelwert 220 € (Standardabweichung 43 €). Der Rohertrag am gesamten Schnittsatz liegt bei 438 €.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 7.14 dargestellt.

Tabelle 7.14.: Ergebnisse der Schnittholzausbeute im Kleinbetrieb, Schnittsatz 1

	Einheit	Stammnummer		\bar{x}
		1	2	
Haupterzeugnis	kg	918	1.014	966
Nebenerzeugnis	kg	— 930 —		465
Haupterzeugnis	%	26,5	42,0	32,8
Nebenerzeugnis	%	15,8	15,8	15,8
Gesamtausbeute	%	42,3	57,8	48,7
Rohertrag	€/m ³	56	104	80
Rohertrag	€/Stamm	189	250	220

Schnittsatz 2 Kleinbetrieb

Der 2. Schnittsatz umfasst 5 Stämme mit einem Gesamtvolumen von 11,3 m³ und einem Gesamtgewicht von 11.376 kg.

Das Einzelvolumen variiert von 0,9 - 3,3 m³, der Mittelwert beträgt 2,3 m³ und der Median 2,2 m³ (Standardabweichung 0,9 m³). Die Länge der Stämme variiert von 5,7 - 11,3 m, der Mittelwert beträgt 8,6 m und der Median 8,8 m (Standardabweichung 2,1 m). Der Zopfdurchmesser variiert von 405 - 570 mm, der Mittelwert beträgt 506 mm und der Median 535 mm (Standardabweichung 66 mm).

Das Einzelgewicht variiert von 1.052 - 3.216 kg, der Mittelwert beträgt 2.275 kg und der Median 2.886 kg (Standardabweichung 1.054 kg). Die Stammparameter sind in Tabelle 7.15 aufgeführt.

In diesem Schnittsatz sind Stämme mit stark voneinander abweichenden Zopfdurchmessern sowie Längen zusammengestellt. Die Betrachtung der Volumina macht die Unterschiede am besten deutlich. Es werden Stämme mit einem Volumen <1 m³ bis >3 m³ mit demselben Schnittbild gesägt.

Entsprechend dem ersten Schnittsatz werden die Stämme auf der Blockbandsäge vorbereitet und auf der Gattersäge im Vor- und Nachschnitt zu Schnittholz gesägt. Es wird **5-stielig** gesägt und es werden Latten mit den Maßen 25 x 76 mm (Breite x Höhe) produziert. Die verwendeten Einhänge sind in 7.16 dargestellt.

7. Schnittholzausbeute

Tabelle 7.15.: Stammparameter, Kleinbetrieb, Schnittsatz 2

	Einheit	Stammnummer					\bar{x}
		3	4	5	6	7	
Rundholz	kg	3.216	3.016	1.206	1.052	2.886	2.275
Zopfdurchmesser	mm	570	535	475	405	545	506
Fußdurchmesser	mm	795	650	535	475	640	619
Länge	m	8,8	9,7	11,3	5,7	7,5	8,6
Volumen	m ³	3,3	2,7	2,2	0,9	2,1	2,3
Rinde	mm	10	10	10	10	10	10
Abholzigkeit	mm/m	26	12	5	12	13	14
Ovalität	mm	100	10	10	50	30	40
Krümmung	mm	0	0	0	0	0	0

Tabelle 7.16.: Einhang, Kleinbetrieb, Schnittsatz 2

Vorschnitt	1x25 mm	5x76 mm	2x25 mm
Nachschnitt	1x25 mm	10x25 mm	1x25 mm

Nebenerzeugnisse werden aus den 25 mm starken Seitenbrettern von der Blockbandsäge und vom Gattervorschnitt auf dem Besäumer herausgetrennt.

Das Gewicht der Hauptezeugnisse variiert von 538 - 1.306 kg, der Mittelwert beträgt 889 kg und der Median 942 kg (Standardabweichung 295 kg). Das Gewicht aller Hauptezeugnisse zusammen beträgt 4.446 kg. Das Gewicht der Nebenerzeugnisse von Stamm 3 und 4 beträgt 742 kg und von den Stämmen 5, 6 und 7 zusammen 424 kg, insgesamt sind es 1.166 kg.

Die Ausbeute am Hauptezeugnis variiert von 30,2 - 57,0 %, der Mittelwert beträgt 39,1 %. Die Ausbeute am Nebenerzeugnis beträgt bei Stamm 3 und 4 11,9 % und bei den Stämmen 5, 6 und 7 8,2 %, der Mittelwert über alle beträgt 10,2 %. Die Gesamtausbeute variiert von 40,8 - 65,2 %. Der Mittelwert beträgt 49,3 %.

Der Rohertrag pro m³ variiert von 45 - 113 €/m³. Der Mittelwert beträgt 77 €/m³ und der Median 84 €/m³ (Standardabweichung 30 €/m³). Der Rohertrag pro Stamm variiert von 86 - 257 €. Der Mittelwert beträgt 165 € und der Median 157 € (Standardabweichung 77 €). Der Rohertrag über den gesamten Schnittsatz beträgt 825 €.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 7.17 dargestellt.

Schnittsatz 3 Kleinbetrieb

Der 3. Schnittsatz umfasst 3 Stämme mit einem Gesamtvolumen von 8,0 m³ und einem Gesamtgewicht von 8.452 kg.

Das Einzelvolumen variiert von 1,3 - 3,6 m³. Der Mittelwert beträgt 2,7 m³ und der Median 3,2 m³ (Standardabweichung 1,2 m³). Die Länge variiert von 6,0 - 9,1 m. Der Mittelwert beträgt 7,4 m und der Median 7,2 m (Standardabweichung 1,6 m). Der Zopfdurchmesser variiert von

7. Schnittholzausbeute

Tabelle 7.17.: Ergebnisse der Schnittholzausbeute im Kleinbetrieb, Schnittsatz 2

	Einheit	Stammnummer					\bar{x}
		3	4	5	6	7	
Haupterzeugnis	kg	972	1.306	688	538	942	889
Nebenerzeugnis	kg	—	742	—	—	424	233
Haupterzeugnis	%	30,2	43,3	57,0	51,1	32,6	39,1
Nebenerzeugnis	%	11,9	11,9	8,2	8,2	8,2	10,2
Gesamtausbeute	%	42,1	55,2	65,2	59,3	40,8	49,3
Rohrertrag/m ³	€	48	84	113	96	45	77
Rohrertrag/Stamm	€	157	229	257	86	96	165

490 - 695 mm. Der Mittelwert beträgt 598 mm und der Median 610 mm (Standardabweichung 103 mm). Das Einzelgewicht variiert von 1.308 - 3.646 kg. Der Mittelwert beträgt 2.817 kg und der Median 3.498 kg (Standardabweichung 1.309 kg).

Die Stammparameter sind in Tabelle 7.18 aufgeführt.

Tabelle 7.18.: Stammparameter, Kleinbetrieb, Schnittsatz 3

	Einheit	Stammnummer			\bar{x}
		8	9	10	
Rundholz	kg	1.308	3.498	3.646	2.817
Zopfdurchmesser	mm	490	695	610	598
Fußdurchmesser	mm	540	795	795	710
Länge	m	6,0	7,2	9,1	7,4
Volumen	m ³	1,3	3,2	3,6	2,7
Rinde	mm	10	10	10	10
Abholzigkeit	mm/m	8	14	20	14
Ovalität	mm	40	70	40	50
Krümmung	mm	0	0	0	0

Auffällig sind die starken Schwankungen der Zopfdurchmesser und die unterschiedlichen Stamm-längen. Die Stämme werden auf der Blockbandsäge vorbereitet und auf der Gattersäge im Vor- und Nachschnitt zu Schnittholz gesägt. Es wird **5-stielig** eingeschnitten und es werden Latten mit den Maßen 38 mm x 76 mm (Breite x Höhe) produziert.

Die verwendeten Einhänge sind in Tab. 7.19 dargestellt.

Tabelle 7.19.: Einhang, Kleinbetrieb, Schnittsatz 3

Vorschnitt	1x25 mm	5x76 mm	1x25 mm
Nachschnitt	2x25 mm	9x38 mm	1x25 mm

Nebenerzeugnisse werden auch aus den 25 mm starken Seitenbrettern von der Blockbandsäge und aus dem Gattervorschnitt auf dem Besäumer herausgetrennt.

Das Gesamtgewicht der Haupterzeugnisse beträgt 3.272 kg und variiert von 732 - 1.392 kg.

7. Schnittholzausbeute

Der Mittelwert beträgt 1.091 kg und der Median 1.148 kg (Standardabweichung 334 kg). Die Nebenerzeugnisse wiegen zusammen 1.500 kg.

Die Ausbeute am Haupterzeugnis variiert von 32,8 - 56,0 %, der Mittelwert ist 38,7 %. Die Ausbeute am Nebenerzeugnis wurde über den gesamten Schnittsatz ermittelt und beträgt 17,7 %. Die Gesamtausbeute variiert von 50,5 - 73,7 %, der Mittelwert ist 56,5 %.

Der Rohertrag pro m³ variiert von 72 - 138 €/m³, der Mittelwert beträgt 99 €/m³ und der Median 87 €/m³ (Standardabweichung 35 €/m³). Der Rohertrag pro Stamm variiert von 177 - 312 €. Der Mittelwert beträgt 240 € und der Median 230 € (Standardabweichung 68 €). Der Rohertrag des gesamten Schnittsatzes beträgt 719 €.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 7.20 dargestellt.

Tabelle 7.20.: Ergebnisse der Schnittholzausbeute im Kleinbetrieb, Schnittsatz 3

	Einheit	Stammnummer			\bar{x}
		8	9	10	
Haupterzeugnis	kg	732	1.148	1.392	1.091
Nebenerzeugnis	kg	—	1.500	—	500
Haupterzeugnis	%	56,0	32,8	38,2	38,7
Nebenerzeugnis	%	17,7	17,7	17,7	17,7
Gesamtausbeute	%	73,7	50,5	55,9	56,5
Rohertrag	€/m ³	138	72	87	99
Rohertrag	€/Stamm	177	230	312	240

Zusammenfassung der Ergebnisse der Ausbeutemessung zur Bestimmung des IST-Zustandes

Obwohl die Betriebe unterschiedliche Produkte hergestellt und Stämme unterschiedlicher Dimensionen verwendet haben, variiert die Gesamtausbeute unter den Betrieben nur geringfügig. Der Mittelwert der Gesamtausbeute über alle Betriebe beträgt 50,8 %. Der Anteil des Haupterzeugnisses beträgt 39,0 % und des Nebenerzeugnisses 11,9 %.

Bei der Zusammensetzung der Gesamtausbeute aus Haupterzeugnis und Nebenerzeugnis fällt auf, dass der Groß- und der Kleinbetrieb sich ähnlich verhalten mit 38,8 % bzw. 37,5 % zu 13,0 % bzw. 14,0 %. Die Ausbeute am Haupterzeugnis ist beim mittelgroßen Betrieb positiv zugunsten des Haupterzeugnisses, jedoch ist die Gesamtausbeute um 2,5 % bzw. 2,8 % niedriger als bei den beiden anderen Betrieben.

Nachfolgende Tab. 7.21 stellt die mittlere Ausbeute getrennt nach Haupt- und Nebenerzeugnissen für die einzelnen Betriebe und den Mittelwert aller Betriebe dar.

7. Schnittholzausbeute

Tabelle 7.21.: Verteilung der mittleren Ausbeute in den Betrieben

IST	Einheit	Betriebsgröße			\bar{x}
		groß	mittel	klein	
Haupterzeugnis	%	38,8	41,6	37,5	39,0
Nebenerzeugnis	%	13,0	7,4	14,0	11,9
Gesamtausbeute	%	51,8	49,0	51,5	50,8

7.2.2. Potenzielle Schnittholzausbeute

Zur Berechnung der potenziellen Schnittholzausbeute wird mit Hilfe der Einschnittssimulation TICALC zunächst das im Sägewerk verwendete Schnittbild nachkalkuliert, hieraus resultiert der Wert $Soll_{Min}$.

Nachfolgend wird das Schnittbild entsprechend den Stammparametern optimiert. Es werden hierbei die gleichen Schnittholzmaße zur Berechnung zu Grunde gelegt. Die Kappgrenze für die Schnitthölzer wird ab 2 m in 10 cm Schritten ausgehalten. Die Ergebnisse werden in $Soll_{Max}$ dargestellt. Für die Kalkulation der Roherträge werden die Rund- und Schnittholzpreise gemäß Kapitel 7.2.1 verwendet. Eine einzelstammweise Betrachtung ist notwendig, um Rückschlüsse auf die Zusammenstellung der Schnittsätze und Auswahl der Schnittbilder ziehen zu können. Hierfür werden die Schnittsätze einzeln dargestellt.

Großbetrieb

Schnittsatz 1 Großbetrieb

Die Nachkalkulation des 1. Schnittbildes ergibt für die Stämme 1 und 2 die folgenden Ergebnisse für $Soll_{Min}$.

Die Ausbeute des Haupterzeugnisses pro Stamm beträgt 51,3 % und 49,4 %, der Mittelwert ist 50,3 %. Das Nebenerzeugnis pro Stamm hat einen Anteil von 8,6 % und 10,6 %, der Mittelwert beträgt 9,6 %. Die Gesamtausbeute pro Stamm beträgt 59,9 % und 60,0 %, der Mittelwert ist 59,9 %.

Der Rohertrag pro m^3 für $Soll_{Min}$ beträgt 230 €/m³ und 229 €/m³, der Mittelwert 230 €/m³. Der Rohertrag pro Stamm beträgt 257 € und 265 €, der Mittelwert 261 €.

Der Rohertrag am gesamten Schnittsatz beträgt 522 €. Die Ergebnisse sind in Tabelle 7.22 dargestellt.

Bei der Berechnung des optimierten Schnittbildes $Soll_{Max}$ ergibt sich eine Ausbeute am Haupterzeugnis von 53,6 % und 50,5 %. Der Mittelwert beträgt 52,0 %. Die Ausbeute am Nebenerzeugnis beträgt 15,9 % und 13,8 %, im Mittel sind es 14,8 %. Somit beträgt die Gesamtausbeute 59,9 % und 60,0 %, im Mittel 59,9 %.

7. Schnittholzausbeute

Tabelle 7.22.: Ausbeute und Rohertrag $Soll_{Min}$ Stamm 1 und 2, Großbetrieb

	Einheit	Stammnummer		\bar{x}
		1	2	
Haupterzeugnis	%	51,3	49,4	50,3
Nebenerzeugnis	%	8,6	10,6	9,6
Gesamtausbeute	%	59,9	60,0	59,9
Rohrertrag/m ³	€	230	229	230
Rohrertrag/Stamm	€	257	265	261

Der Rohrertrag pro Festmeter für das optimierte Schnittbild ($Soll_{Max}$) beträgt 273 €/m³ und 249 €/m³, der Mittelwert 261 €/m³. Der Rohrertrag pro Stamm beträgt 305 € und 288 €, der Mittelwert 296 €.

Der Rohrertrag am gesamten Schnittsatz beträgt 593 €. Die Ergebnisse sind in Tabelle 7.23 dargestellt.

Tabelle 7.23.: Ausbeute und Rohrertrag $Soll_{Max}$ Stamm 1 und 2, Großbetrieb

	Einheit	Stammnummer		\bar{x}
		1	2	
Haupterzeugnis	%	53,6	50,5	52,0
Nebenerzeugnis	%	15,9	13,8	14,8
Gesamtausbeute	%	69,4	64,3	66,8
Rohrertrag	€/m ³	273	249	261
Rohrertrag	€/Stamm	305	288	296

Schnittsatz 2, Großbetrieb

Die Nachkalkulation mit dem im Sägewerk verwendeten 2. Schnittbild ergibt den Wert $Soll_{Min}$. Nachstehend die Ergebnisse für die Stämme 3 bis 9.

Die Ausbeute am Haupterzeugnis variiert von 34,1 - 44,9 % , der Mittelwert beträgt 38,6 %. Die Ausbeute am Nebenerzeugnis variiert von 16,3 - 23,2 %, der Mittelwert beträgt 20,5 %. Die Gesamtausbeute variiert von 51,8 - 67,8 %, der Mittelwert beträgt 59,1 %.

Der Rohrertrag pro m³ für $Soll_{Min}$ variiert von 181 - 258 €/m³, der Mittelwert beträgt 216 €/m³, der Median 209 €/m³ (Standardabweichung 28 €/m³). Der Rohrertrag pro Stamm variiert von 107 - 261 €, der Mittelwert beträgt 186 € und der Median 179 € (Standardabweichung 49 €).

Der Rohrertrag über den gesamten Schnittsatz beträgt 1.305 €. Die Ergebnisse für die Einzelstämme sind in Tabelle 7.24 dargestellt.

Die Ergebnisse für das optimierte Schnittbild $Soll_{Max}$ des 2. Schnittsatzes der Stämme 3 bis 9 werden im folgenden dargestellt. Eine Optimierung der Ausbeute bei Stamm Nr. 7 führt zu einer Erhöhung der Gesamtausbeute um 3,4 Prozentpunkte (Haupterzeugnis 2,6 und Nebenerzeugnis 0,7). Die Ausbeute am Haupterzeugnis wäre somit höher als bei $Soll_{Min}$, jedoch

7. Schnittholzausbeute

Tabelle 7.24.: Ausbeute und Rohertrag $Soll_{Min}$ Stamm 3 - 9, Großbetrieb

	Einheit	Stammnummer							\bar{x}
		3	4	5	6	7	8	9	
Haupterzeugnis	%	37,3	34,1	38,1	42,31	44,9	37,3	37,5	38,6
Nebenerzeugnis	%	20,5	17,7	23,2	22,4	22,9	16,3	19,4	20,5
Gesamtausbeute	%	57,8	51,8	61,3	64,8	67,8	53,6	56,9	59,1
Rohertrag/m ³	€	209	181	225	243	258	191	205	216
Rohertrag/Stamm	€	261	168	206	222	179	107	161	186

würde die Ausbeute am Nebenerzeugnis gegenüber $Soll_{Min}$ sinken. Hierdurch würde sich der Rohertrag pro m³ von 258 €/m³ auf 242 €/m³ reduzieren. Die Optimierung macht daher aus ökonomischen Gesichtspunkten keinen Sinn. Es wird im folgenden der Wert $Soll_{Min}$ bei den Berechnungen verwendet.

Das Haupterzeugnis für das optimierte Schnittbild $Soll_{Max}$ variiert von 37,0 - 53,9 %, der Mittelwert beträgt 49,8 %. Die Ausbeute am Nebenerzeugnis variiert von 7,7 - 22,9 %, der Mittelwert ist 14,8 %.

Der Rohertrag pro m³ für das optimierte Schnittbild $Soll_{Max}$ variiert von 201 - 289 €/m³. Der Mittelwert beträgt 248 €/m³ und der Median 257 €/m³ (Standardabweichung 29 m³/€). Der Rohertrag pro Stamm variiert von 113 - 322 €. Der Mittelwert beträgt 217 € und der Median 212 € (Standardabweichung 68 €). Der Rohertrag über den gesamten Schnittsatz beträgt 1.519 €. Die Ergebnisse für jeden Stamm sind in Tabelle 7.25 dargestellt.

Tabelle 7.25.: Ausbeute und Rohertrag $Soll_{Max}$ Stamm 3 - 9, Großbetrieb

	Einheit	Stammnummer							\bar{x}
		3	4	5	6	7*	8	9	
Haupterzeugnis	%	50,8	47,5	53,9	51,9	44,9	37,0	52,2	49,8
Nebenerzeugnis	%	15,5	12,5	19,1	17,2	22,9	19,1	7,7	14,8
Gesamtausbeute	%	66,3	60,0	73,0	69,0	67,8	56,1	59,8	64,6
Rohertrag/m ³	€	257	228	289	270	258	201	231	248
Rohertrag/Stamm	€	322	212	265	247	179	113	181	217

*Es werden die Werte von $Soll_{Min}$ verwendet, da eine Optimierung der Ausbeute die Reduzierung des Rohertrages bewirkt hätte.

Mittelgroßer Betrieb

Die Nachkalkulation des Schnittsatzes mit dem vom Säger im mittelgroßen Betrieb verwendeten Schnittbild ergibt den Wert $Soll_{Min}$.

Die Ausbeute am Haupterzeugnis variiert von 39,0 - 54,7 %, der Mittelwert beträgt 46,2 %. Die Ausbeute am Nebenerzeugnis variiert von 14,0 - 23,1 % und der Mittelwert beträgt 18,7 %. Die Gesamtausbeute variiert von 60,9 - 68,7 % und der Mittelwert beträgt 64,9 %.

7. Schnittholzausbeute

Der Rohertrag pro m^3 variiert von 106 - 134 €/m³. Der Mittelwert beträgt 121 €/m³ und der Median 122 €/m³ (Standardabweichung 12 €/m³). Der Rohertrag pro Stamm variiert von 355 - 445 €. Der Mittelwert beträgt 395 € und der Median 391 € (Standardabweichung 40 €). Der Rohertrag über den gesamten Schnittsatz beträgt 1.582 €. Die Ergebnisse sind in Tabelle 7.26 dargestellt.

Tabelle 7.26.: Ausbeute und Rohertrag $Soll_{Min}$, mittelgroßer Betrieb

	Einheit	Stammnummer				\bar{x}
		1	2	3	4	
Haupterzeugnis	%	54,7	50,1	39,0	44,6	46,2
Nebenerzeugnis	%	14,0	13,8	21,9	23,1	18,7
Gesamtausbeute	%	68,7	63,9	60,9	67,7	64,9
Rohertrag/m ³	€	134	119	106	125	121
Rohertrag/Stamm	€	372	355	445	410	395

Ein den Stammparametern angepasstes, optimiertes Schnittbild ergibt den Wert $Soll_{Max}$.

Bei der Optimierung zeigt sich, dass bei Stamm 2 die Ausbeute am Haupterzeugnis um 1,3 Prozentpunkte erhöht werden kann, dadurch aber die Ausbeute am Nebenprodukt um 4,4 Prozentpunkte sinkt. Bei den zu Grunde gelegten Rund- und Schnittholzpreisen führt dies zu einem um knapp 2 €/m³ niedrigerem Rohertrag. Somit bringt die Optimierung des Schnittbildes bei diesem Stamm keinen Gewinn. Daher werden die Ergebnisse der Nachkalkulation, der Wert $Soll_{Min}$, für diesen Stamm verwendet.

Die Ausbeute am Haupterzeugnis variiert von 50,1 - 61,7 %, der Mittelwert beträgt 54,6 %. Die Ausbeute am Nebenerzeugnis variiert von 10,8 - 17,6 %, der Mittelwert beträgt 15,3 %. Die Gesamtausbeute variiert von 63,9 - 72,6 %, der Mittelwert beträgt 69,9 %.

Der Rohertrag pro m^3 von $Soll_{Max}$ variiert von 119 - 147 €/m³. Der Mittelwert beträgt 137 €/m³ und der Median 140 €/m³ (Standardabweichung 12 €/m³).

Der Rohertrag pro Stamm variiert von 355 - 574 €. Der Mittelwert beträgt 452 € und der Median 439 € (Standardabweichung 94 €). Der Rohertrag über den gesamten Schnittsatz beträgt 1.807 €. Die Ergebnisse der Einzelstämme sind in Tabelle 7.27 dargestellt.

Kleinbetrieb

Schnittsatz 1 Kleinbetrieb

Die Nachkalkulation des verwendeten Schnittbildes ergibt den Wert $Soll_{Min}$.

Für den 1. Schnittsatz (Stamm 1 und 2) ergibt sich eine Ausbeute am Haupterzeugnis von 27,0 und 42,9 %, der Mittelwert beträgt 33,6 %. Die Ausbeute am Nebenerzeugnis beträgt 29,1 und 20,7 %, der Mittelwert 25,6 %. Die Gesamtausbeute beträgt 56,1 und 63,6 %, der

7. Schnittholzausbeute

Tabelle 7.27.: Ausbeute und Rohertrag $Soll_{Max}$, mittelgroßer Betrieb

	Einheit	Stammnummer				\bar{x}
		1	2*	3	4	
Haupterzeugnis	%	61,7	50,1	52,7	55,3	54,6
Nebenerzeugnis	%	10,8	13,8	17,6	17,3	15,3
Gesamtausbeute	%	72,5	63,9	70,3	72,6	69,9
Rohrertrag/m ³	€	147	119	136	143	137
Rohrertrag/Stamm	€	409	355	574	469	452

* Es werden die Werte von $Soll_{Min}$ verwendet, da eine Optimierung der Ausbeute eine Reduzierung des Rohertrages bewirkt hätte.

Mittelwert 59,2 %. Es zeigt sich, das bei diesem Schnittsatz ein gutes Ergebnis in Bezug auf die Gesamtausbeute hätte erreicht werden können.

Der Rohrertrag pro m³ für das nachkalkulierte Schnittbild ($Soll_{Min}$) beträgt 90 €/m³ und 119 €/m³, der Mittelwert beträgt 104 €/m³. Der Rohrertrag pro Stamm beträgt 302 € und 285 €, der Mittelwert 294 €. Der Rohrertrag am gesamten Schnittsatz beträgt 587 €.

Die Ergebnisse für die Einzelstämme sind in Tabelle 7.28 dargestellt.

Tabelle 7.28.: Ausbeute und Rohertrag $Soll_{Min}$ Stamm 1 und 2, Kleinbetrieb

	Einheit	Stammnummer		\bar{x}
		1	2	
Haupterzeugnis	%	27,0	42,9	33,6
Nebenerzeugnis	%	29,1	20,7	25,6
Gesamtausbeute	%	56,1	63,6	59,2
Rohrertrag/m ³	€	90	119	104
Rohrertrag/Stamm	€	302	285	294

Ein den Stammparametern angepasstes, optimiertes Schnittbild ergibt den Wert $Soll_{Max}$.

Die Ausbeute am Haupterzeugnis für den 1. Schnittsatz mit einem optimierten Schnittbild für Stamm 1 und 2 beträgt 53,6 und 53,5 %, der Mittelwert 53,5 %. Die Ausbeute am Nebenerzeugnis beträgt 11,0 und 12,8 %, der Mittelwert 11,8 %. Die Gesamtausbeute beträgt 64,6 und 66,3 %, der Mittelwert 65,3 %.

Der Rohrertrag pro m³ für das den Stammparametern entsprechend optimierte Schnittbild ($Soll_{Max}$) beträgt 129 €/m³ und 132 €/m³, der Mittelwert 131 €/m³. Der Rohrertrag pro Stamm beträgt 434 € und 318 €, der Mittelwert 376 €. Der Rohrertrag am gesamten Schnittsatz beträgt 752 €, also knapp 165 € (28,1 %) mehr als bei Erreichen von $Soll_{Min}$. Dies ist auf die höhere Gesamtausbeute aber hauptsächlich auf die günstigere Verteilung zwischen Haupt- und Nebenerzeugnis zurückzuführen.

Die Ergebnisse der Einzelstämme sind in Tabelle 7.29 dargestellt.

7. Schnittholzausbeute

Tabelle 7.29.: Ausbeute und Rohertrag $Soll_{Max}$ Stamm 1 und 2, Kleinbetrieb

	Einheit	Stammnummer		\bar{x}
		1	2	
Haupterzeugnis	%	53,6	53,5	53,5
Nebenerzeugnis	%	11,0	12,8	11,8
Gesamtausbeute	%	64,6	66,3	65,3
Rohrertrag/m ³	€	129	132	131
Rohrertrag/Stamm	€	434	318	376

Schnittsatz 2 Kleinbetrieb

Die Nachkalkulation des verwendeten Schnittbildes ergibt den Wert $Soll_{Min}$. Die Ausbeute am Haupterzeugnis im 2. Schnittsatz variiert von 38,6 - 61,0 %, der Mittelwert beträgt 48,5 %. Die Ausbeute am Nebenerzeugnis variiert von 4,2 - 12,0 %, der Mittelwert beträgt 8,7 %. Die Gesamtausbeute variiert von 50,6 - 65,2 %, der Mittelwert beträgt 57,2 %.

Der Rohrertrag pro m³ des 2. Schnittsatzes von $Soll_{Min}$ variiert von 71 -114 €/m³, der Mittelwert beträgt 93 €/m³ und der Median 96 €/m³ (Standardabweichung 18 €/m³). Der Rohrertrag pro Stamm variiert von 94 - 262 €, der Mittelwert beträgt 204 € und der Median 234 € (Standardabweichung 71 €). Der Rohrertrag über den gesamten Schnittsatz beträgt 1.021 €.

Die Ergebnisse für den Einzelstamm sind in Tabelle 7.30 dargestellt.

Tabelle 7.30.: Ausbeute und Rohertrag $Soll_{Min}$ Stamm 3 - 7, Kleinbetrieb

	Einheit	Stammnummer					\bar{x}
		3	4	5	6	7	
Haupterzeugnis	%	38,6	48,6	61,0	57,6	46,4	48,5
Nebenerzeugnis	%	12,0	10,9	4,2	4,7	7,2	8,7
Gesamtausbeute	%	50,6	59,5	65,2	62,3	53,6	57,2
Rohrertrag/m ³	€	71	96	114	106	81	93
Rohrertrag/Stamm	€	234	262	260	94	172	204

Die Ausbeute für das optimierte Schnittbild $Soll_{Max}$ der Stämme 3 - 7 des 2. Schnittsatzes im Kleinbetrieb setzt sich wie folgt zusammen: Das Haupterzeugnis variiert von 58,9 - 64,1 %, der Mittelwert beträgt 62,3 %. Die Ausbeute am Nebenerzeugnis variiert von 0,5 - 4,7 % und der Mittelwert beträgt 2,2 %. Die Gesamtausbeute variiert von 63,6 - 65,6 % und der Mittelwert beträgt 64,5 %.

Der Rohrertrag für das optimierte Schnittbild $Soll_{Max}$ des 2. Schnittsatzes im Kleinbetrieb variiert von 109 - 115 €/m³, der Mittelwert beträgt 112 €/m³ und der Median 113 €/m³ (Standardabweichung 2 €/m³). Der Rohrertrag pro Stamm variiert von 98 - 365 €, der Mittelwert beträgt 255 € und der Median 263 € (Standardabweichung 100 €). Der Rohrertrag über den gesamten Schnittsatz beträgt 1.276 € und ist knapp 255 € (25 %) höher als der Rohrertrag des Schnittsatzes von $Soll_{Min}$. Auch bei diesem Schnittsatz ist der deutlich höhere

7. Schnittholzausbeute

Rohrertrag auf die höhere Gesamtausbeute und vor allem auf die Verteilung zwischen Haupt- und Nebenerzeugnissen zurückzuführen.

Die Ergebnisse für den Einzelstamm sind in Tabelle 7.31 dargestellt.

Tabelle 7.31.: Ausbeute und Rohrertrag $Soll_{Max}$ Stamm 3 - 7, Kleinbetrieb

	Einheit	Stammnummer					\bar{x}
		3	4	5	6	7	
Haupterzeugnis	%	62,8	64,1	61,4	58,9	61,6	62,3
Nebenerzeugnis	%	0,8	0,5	4,2	4,7	3,3	2,2
Gesamtausbeute	%	63,7	64,6	65,6	63,6	64,9	64,5
Rohrertrag/m ³	€	111	113	115	109	113	112
Rohrertrag/Stamm	€	365	310	263	98	240	255

Schnittsatz 3 Kleinbetrieb

Die Ergebnisse aus der Nachkalkulation des 3. Schnittsatzes (Stamm 8, 9 und 10) ergeben die Werte $Soll_{Min}$.

Die Ausbeute am Haupterzeugnis variiert von 42,2 - 57,3 %, der Mittelwert beträgt 45,2 %. Die Ausbeute am Nebenerzeugnis variiert von 7,1 % - 14,9 %, der Mittelwert beträgt 13,2 %. Die Gesamtausbeute variiert von 57,5 - 64,4 % und der Mittelwert beträgt 58,4 %.

Der Rohrertrag pro m³ des 3. Schnittsatzes für $Soll_{Min}$ variiert von 92 - 116 €/m³, der Mittelwert beträgt 101 €/m³ und der Median 94 €/m³ (Standardabweichung 14 €/m³). Der Rohrertrag pro Stamm variiert von 149 - 335 €, der Mittelwert beträgt 259 € und der Median 293 € (Standardabweichung 98 €). Der Rohrertrag über den gesamten Schnittsatz beträgt 777 €.

Die Ergebnisse für den Einzelstamm sind in Tabelle 7.32 dargestellt.

Tabelle 7.32.: Ausbeute und Rohrertrag $Soll_{Min}$ Stamm 8 - 10, Kleinbetrieb

	Einheit	Stammnummer			\bar{x}
		8	9	10	
Haupterzeugnis	%	57,3	42,2	43,7	45,2
Nebenerzeugnis	%	7,1	14,9	13,8	13,2
Gesamtausbeute	%	64,4	40,9	57,5	58,4
Rohrertrag/m ³	€	116	92	94	101
Rohrertrag/Stamm	€	149	293	335	259

Die Ausbeute des 3. Schnittsatzes mit dem optimierten Schnittbild $Soll_{Max}$ im Kleinbetrieb setzt sich wie folgt zusammen: Das Haupterzeugnis variiert von 40,9 - 61,2 %, der Mittelwert beträgt 58,6 %. Die Ausbeute am Nebenerzeugnis variiert von 5,3 - 10,1 % und der Mittelwert beträgt 9,1 %. Die Gesamtausbeute variiert von 64,4 - 70,6 % und der Mittelwert beträgt 67,7 %.

7. Schnittholzausbeute

Der Rohertrag für das optimierte Schnittbild $Soll_{Max}$ des dritten Schnittsatzes im Kleinbetrieb variiert von 117 - 133 €/m³. Der Mittelwert beträgt 124 €/m³ und der Median 120 €/m³ (Standardabweichung 8 €/m³). Der Rohertrag pro Stamm variiert von 150 - 431 €. Der Mittelwert beträgt 335 € und der Median 425 € (Standardabweichung 160 €). Der Rohertrag über den gesamten Schnittsatz beträgt 1.005 € und liegt somit 228 € (29,3 %) höher als der Rohertrag von $Soll_{Min}$. Auch bei diesem Schnittsatz spielt die Erhöhung der Gesamtausbeute aber auch die günstigere Verteilung zwischen Haupt- und Nebenerzeugnissen die entscheidende Rolle für das bessere Ergebnis.

Die Ergebnisse für die Einzelstämme sind in Tabelle 7.33 dargestellt.

Tabelle 7.33.: Ausbeute und Rohertrag $Soll_{Max}$ Stamm 8 - 10: Kleinbetrieb

	Einheit	Stamm			\bar{x}
		8	9	10	
Haupterzeugnis	%	59,1	61,2	56,1	58,6
Nebenerzeugnis	%	5,3	9,5	10,1	9,1
Gesamtausbeute	%	64,4	70,6	66,3	67,7
Rohertrag/m ³	€	117	133	120	124
Rohertrag/Stamm	€	150	425	431	335

7.2.3. Betriebsweise Zusammenstellung der Ergebnisse der Ausbeutenerhebung

Im Folgenden werden die in den vorherigen Kapiteln dargestellten Ergebnisse der gemessenen *IST-Werte* und die Ergebnisse aus der Simulation ($Soll_{Min}$) sowie Schnittbildoptimierung ($Soll_{Max}$) für jeden Einzelstamm zusammengefasst und die potenziellen Verbesserungen betrachtet. Die Zusammensetzung der Gesamtausbeute mit den Anteilen von Haupt- und Nebenerzeugnissen wurde im vorhergehenden Kapitel beschrieben. Für die betriebsweise Gegenüberstellung der Ergebnisse werden im folgenden Kapitel die **Gesamtausbeute**, der **Rohertrag pro m³**, der **Rohertrag pro Stamm** und der **Rohertrag pro Schnittsatz** betrachtet.

Anschließend wird für eine Abschätzung der Potenziale auf Betriebsebene auf Basis der Mittelwerte über alle im jeweiligen Betrieb eingesägten Stämme eine Hochrechnung auf die jährliche Schnittholzproduktion erstellt.

Als Basis für die Hochrechnungen dienen die unteren Werte der Größenklasseneinteilung basierend auf dem Rundholzininput (siehe Tab. 6.1). Demnach werden im Kleinbetrieb 3.750 m³, im mittelgroßen Betrieb 10.000 m³ und im Großbetrieb 15.000 m³ Rundholz verarbeitet.

Es werden die Gesamtausbeuten der Einzelstämme für die Werte *IST*, $Soll_{Min}$ und $Soll_{Max}$ dargestellt sowie das Steigerungspotenzial zwischen diesen Werten. Bei der monetären Betrachtung werden die jeweiligen Ergebnisse und die Differenz zwischen den einzelnen Werten dargestellt.

Aus dem Vergleich von $Soll_{Min}$ und $Soll_{Max}$ lässt sich das auf Basis der den Stammdimensionen angepassten Schnittbildauswahl gemittelte Optimierungspotenzial der Gesamtausbeute aufzeigen.

Großbetrieb

Die Untersuchungen im Großbetrieb deuten auf ein mittleres Optimierungspotenzial der Gesamtausbeute bei Erreichen von $Soll_{Min}$ von 14,5 % hin. Hierin sind Optimierungen in Bezug auf technische Ausstattung, Bedienung, Stammpositionierung und Schnittführung enthalten. Bei Erreichen von $Soll_{Max}$ hätte der Betrieb seine Gesamtausbeute um 25,9 % verbessern können.

Der Vergleich von $Soll_{Min}$ und $Soll_{Max}$ deutet auf ein auf Basis der den Stammdimensionen angepassten Schnittbildauswahl gemitteltes Optimierungspotenzial der Gesamtausbeute von 9,9 % hin. In Tab. 7.34 sind die Ergebnisse einzelstammweise dargestellt.

Der Vergleich aus dem gemessenen *IST-Wert* und dem simulierten Wert $Soll_{Min}$ zeigt ein Optimierungspotenzial am Einzelstamm von 0,3 - 33,8 %. Hierin spiegelt sich das überwiegend durch falsche Stammpositionierung, falsche Maschinenbedienung und technische Mängel nicht ausgeschöpfte Potenzial wider. Es zeigt aber auch, dass der Säger bei einigen Stämmen, besonders im 1. Schnittsatz, sehr nah an sein Zielergebnis herangekommen ist und somit in der Lage erscheint, trotz einer veralteten und mit technischen Mängeln behafteten Säge ein gutes Ergebnis zu erreichen, insofern andere Fehlerquellen ausgeschlossen werden können.

Das schlechteste Ergebnis zeigt sich bei Stamm 6. Hier beträgt die Abweichung vom Zielergebnis 33,8 %.

Bei weitergehender Betrachtung und Vergleich des gemessenen *IST-Wertes* mit dem simulierten Wert $Soll_{Max}$ zeigt sich ein Optimierungspotenzial von 7,5 - 46,9 %. Die Abweichungen vom Optimum sind zum einen durch falsche Bedienung und technische Mängel zum anderen durch die Auswahl des Schnittbildes, also die vom Säger getroffene Entscheidung verursacht.

Der Vergleich aus den Werten $Soll_{Min}$ und $Soll_{Max}$ erlaubt Rückschlüsse auf die Auswahl des Schnittbildes. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Anpassung des Schnittbildes an die jeweiligen Stammholzdimensionen ein Verbesserungspotenzial von 0 - 19,0 % beinhaltet. Im Mittel könnte die Ausbeute durch die richtige Schnittbildauswahl um 9,9 % erhöht werden.

Das bei Stamm 7 vom Säger verwendete Schnittbild ist bereits das für den Stamm und das Schnittholzprodukt optimale und konnte nicht weiter optimiert werden. Es besteht somit kein Unterschied zwischen dem angestrebten Zielwert $Soll_{Min}$ und dem Wert des an die Stammdimensionen optimierten Schnittbildes $Soll_{Max}$.

7. Schnittholzausbeute

Abhängig von der Gesamtausbeute ist der Rothertrag. Der Rothertrag pro m³ Schnittholz kann im Mittel bei Erreichen des Zielwertes $Soll_{Min}$ um 36 €/m³ erhöht werden. Um 68 €/m³ kann der Rothertrag pro m³ erhöht werden bei Erreichen von $Soll_{Max}$, wenn alle Fehlerquellen ausgeschlossen und ein den Stammholzdimensionen angepasstes Schnittbild verwendet wird. Es zeigt sich außerdem, dass allein auf Basis der richtigen Schnittbildauswahl ein Optimierungspotenzial pro m³ von 32 €/m³ besteht.

Tabelle 7.34.: Stammweise Darstellung der Ergebnisse im Großbetrieb

Schnittsatz		1		2							
Stammnummer	Einheit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	\bar{x}
Gesamtausbeute											
<i>IST</i>	%	59,1	59,8	48,0	45,1	49,7	48,4	58,1	42,9	52,5	51,8
$Soll_{Min}$	%	59,9	60,0	57,8	51,8	61,3	64,8	67,8	53,6	56,9	59,3
$Soll_{Max}$	%	69,4	64,3	66,3	60,0	73,0	69,0	67,8	56,1	59,8	65,2
Optimierungspotenzial											
<i>IST</i> auf $Soll_{Min}$	%	1,2	0,3	20,2	14,8	23,4	33,8	16,7	24,8	8,3	14,5
<i>IST</i> auf $Soll_{Max}$	%	17,4	7,5	38,0	33,1	46,9	42,6	16,7	30,6	13,9	25,9
$Soll_{Min}$ auf $Soll_{Max}$	%	16,0	7,2	14,8	15,9	19,0	6,6	0,0	4,7	5,2	9,9
Rothertrag											
<i>IST</i>	€/m ³	227	230	164	149	173	166	216	138	187	183
$Soll_{Min}$	€/m ³	230	229	209	181	225	243	258	191	205	219
$Soll_{Max}$	€/m ³	273	249	257	228	289	270	258	201	231	251
$Soll_{Min}$ - <i>IST</i>	€/m ³	4	-1	45	31	52	77	42	53	18	36
$Soll_{Max}$ - <i>IST</i>	€/m ³	46	18	93	79	116	104	42	63	44	67
$Soll_{Max}$ - $Soll_{Min}$	€/m ³	43	19	49	47	64	27	0	10	26	32

Nachfolgend ist in Tab. 7.35 der Rothertrag für die Werte *IST*, $Soll_{Min}$ und $Soll_{Max}$ dargestellt. Es ergibt sich ein Steigerungspotenzial von *IST* zu $Soll_{Min}$ von 18,0 %. Das Optimierungspotenzial von *IST* zu $Soll_{Max}$ beträgt 35,6 %. Die Auswahl eines den Stammholzdimensionen optimal angepassten Schnittbildes steigert den Rothertrag um weitere 14,9 % von $Soll_{Min}$ auf $Soll_{Max}$.

Tabelle 7.35.: Darstellung des Rothertrages über alle Schnittsätze im Großbetrieb

	Einheit	Summe
<i>IST</i> -Wert	€	1.548
$Soll_{Min}$	€	1.827
$Soll_{Max}$	€	2.100

Hochrechnung auf die Jahresproduktion im Großbetrieb

Zur Abschätzung der Größenordnung der Ergebnisse wird unter der Annahme, dass die Werte aus der Stichprobe auf den jährlichen Rundholzininput des Betriebes entsprechend des unteren Wertes der Größenklasse von 15.000 m³ übertragbar sind, eine Hochrechnung erstellt. Es ergibt sich eine Erhöhung der Schnittholzmenge um 14,5 % von 7.770 m³ auf 8.895 m³ bei Erreichen

7. Schnittholzausbeute

des Wertes $Soll_{Min}$. Bei der optimalen Schnittbildauswahl und unter Ausschluss aller Fehlerquellen können bei Erreichen von $Soll_{Max}$ 9.780 m³ Schnittholz produziert werden, was einer Steigerung von 25,9 % entspricht. Allein auf Basis der optimierten Schnittbildauswahl könnten 9,9 % bzw. 885 m³ mehr Schnittholz erzeugt werden. Die Ergebnisse der Hochrechnung auf den jährlichen Rundholzininput sind in Tab. 7.36 dargestellt.

Für den Rohertrag ergibt sich unter obiger Annahme bei der Produktion von Schnittholz mit den verwendeten Dimensionen und Preisen ein Rohertrag entsprechend dem *IST-Wert* von 2,745 Mio. €. Bei Erreichen von $Soll_{Min}$ würde der jährliche Rohertrag 3,285 Mio. € betragen, was einer Erhöhung von 19,7 % entspricht. Eine den Stammdimensionen optimierte Schnittbildauswahl und das Ausschließen aller weiteren Fehlerquellen ergibt für $Soll_{Max}$ einen Rohertrag von 3,765 Mio. € bzw. eine Steigerung von 37,2 %. Bei den Werten ist zu beachten, dass sie sich auf Grund der verbesserten Ausbeute und auf Grund der geänderten Verteilung zugunsten der höherpreisigen Ausbeute am Haupterzeugnis erhöhen. Allein die Verwendung optimierter Schnittbilder würde eine Steigerung um 480.000 € bzw. 14,6 % ermöglichen.

Tabelle 7.36.: Hochrechnung auf die Jahresproduktion im Großbetrieb

	Einheit	<i>IST</i>	$Soll_{Min}$	$Soll_{Max}$
Schnittholz	m ³	7.770	8.895	9.780
Rohertrag	Mio. €	2,745	3,285	3,765

Die Betrachtung der eingesetzten Rohstoffmengen macht das Ressourceneinsparpotenzial deutlich. Um die gleiche Menge an Schnittholz zu produzieren, muss bei einer verbesserten Ausbeute weniger Rundholz eingesetzt werden. Für die Erzeugung einer Schnittholzmenge von 7.770 m³ musste bei der Ausbeute entsprechend dem *IST-Wert* eine Rundholzmenge von 15.000 m³ eingesetzt werden. Bei einer verbesserten Ausbeute gemäß $Soll_{Min}$ könnte die Rundholzmenge um 1.900 m³ und bei der optimierten Ausbeute $Soll_{Max}$ sogar um 3.000 m³ reduziert werden.

Unter der Annahme eines gemäß Kapitel Rundholzkennzahlen (siehe 5.6) errechneten mittleren Stammvolumens der surinamischen Hölzer von 2,48 m³ würde sich eine Einsparung von 765 Rundholzstämmen bei $Soll_{Min}$ und 1.250 Stämmen bei $Soll_{Max}$ im Jahr errechnen. Für eine vorsichtige Bewertung des eingesparten Rundholzes kann der mittlere Rundholzpreis aus der Expertenbefragung (siehe 6.5) von 81 €/m³ verwendet werden. Es ergibt sich ein Einsparpotenzial von etwa 154.000 € bei einer Ausbeute gemäß $Soll_{Min}$ und von etwa 250.000 € bei einer Ausbeute gemäß $Soll_{Max}$. Die Ergebnisse der Darstellung des Ressourceneinsparpotenzials für den Großbetrieb finden sich in Tab. 7.37.

Hochrechnung auf die Jahresproduktion im mittelgroßen Betrieb

Die Ergebnisse aus der Stichprobe im mittelgroßen Betrieb deuten auf ein mittleres Optimierungspotenzial der Gesamtausbeute bei Erreichen von $Soll_{Min}$ von 32,3 % hin. Hierin sind

7. Schnittholzausbeute

Tabelle 7.37.: Hochrechnung des notwendigen Rundholzes und dessen Wert für die jährliche Schnittholzerzeugung im Großbetrieb bei konstantem Output

	Einheit	<i>IST</i>	<i>Soll_{Min}</i>	<i>Soll_{Max}</i>
Notwendiges Rundholz	m ³	15.000	13.103	11.917
Rundholzstämme	n	6.048	5.283	4.805
Rundholzkosten	€	1.215.000	1.061.332	965.291

Optimierungen in Bezug auf technische Ausstattung, Bedienung, Stammpositionierung und Schnittführung enthalten. Bei Erreichen von *Soll_{Max}* hätte der Betrieb seine Gesamtausbeute um 42,5 % verbessern können.

Der Vergleich von *Soll_{Min}* und *Soll_{Max}* deutet auf ein - auf Basis der den Stammdimensionen angepassten Schnittbildauswahl - gemittelt Optimierungspotenzial der Gesamtausbeute von 7,7 % hin. In Tab. 7.38 sind die Ergebnisse einzelstammweise dargestellt.

Der Vergleich aus dem gemessenen *IST-Wert* und dem simulierten Wert *Soll_{Min}* zeigt ein Optimierungspotenzial am Einzelstamm von 9,5 - 66,8 %. Hierin spiegelt sich das überwiegend durch falsche Stammpositionierung, falsche Maschinenbedienung und technische Mängel nicht genutzte Potenzial wider.

Das schlechteste Ergebnis zeigt sich bei Stamm 4. Hier beträgt die Abweichung vom Zielergebnis 66,8 %.

Bei weitergehender Betrachtung und dem Vergleich des gemessenen *IST-Wertes* und dem simulierten Wert *Soll_{Max}* zeigt sich ein Optimierungspotenzial von 15,5 - 78,8 %. In diesem Wert ist neben den durch falsche Bedienung und technische Mängel enthaltenen Abweichungen auch die Auswahl des Schnittbildes, also die direkt vom Säger beeinflusste Entscheidung, enthalten.

Der Vergleich aus den Werten *Soll_{Min}* und *Soll_{Max}* erlaubt Rückschlüsse auf die Auswahl des Schnittbildes. Die Ergebnisse deuten auf ein allein auf Basis eines den Stammholzdimensionen angepassten Schnittbildes gegebenes Verbesserungspotenzial von 0 - 15,4 % hin. Es zeigt sich, dass in diesem Betrieb bereits eine recht gute Zusammenstellung der Schnittsätze stattfindet. Stamm Nr.3 hätte jedoch nicht mit diesem Schnittbild eingesägt werden sollen. In diesem Betrieb scheinen technische und auf falsche Bedienung zurückzuführende Mängel zu überwiegen.

Das gute Ergebnis beim Vergleich von *Soll_{Min}* und *Soll_{Max}* bei Stamm 2 macht deutlich, dass in diesem Betrieb eine gute Schnittbildauswahl getroffen werden kann, jedoch die Zusammensetzung der Schnittsätze optimiert werden sollte.

Abhängig von der Gesamtausbeute ergibt sich der Rohertrag. Bei Erreichen des Zielwertes *Soll_{Min}* kann der Rohertrag um 41 €/m³; bei Erreichen von *Soll_{Max}* kann er um 56 €/m³ er-

7. Schnittholzausbeute

hört werden durch Ausschluss aller Fehlerquellen und durch die Verwendung eines den Stammholzdimensionen angepassten Schnittbildes. Es zeigt sich, dass allein auf Basis der richtigen Schnittbildauswahl ein Optimierungspotenzial pro m^3 von 16 €/m^3 besteht.

Tabelle 7.38.: Stammweise Darstellung von Gesamtausbeute und Rohertrag im *IST*- und *Soll*-Zustand sowie das Steigerungspotenzial im mittelgroßen Betrieb

Stammnummer	Einheit	1	2	3	4	\bar{x}
Gesamtausbeute						
<i>IST</i>	%	62,7	49,4	45,7	40,6	49,0
<i>Soll_{Min}</i>	%	68,7	63,9	60,9	67,7	64,9
<i>Soll_{Max}</i>	%	72,5	63,9	70,3	72,6	69,9
Optimierungspotenzial						
<i>IST</i> auf <i>Soll_{Min}</i>	%	9,5	29,2	33,4	66,8	32,3
<i>IST</i> auf <i>Soll_{Max}</i>	%	15,5	29,2	53,9	78,8	42,5
<i>Soll_{Min}</i> auf <i>Soll_{Max}</i>	%	5,5	0,0	15,4	7,2	7,7
Rohertrag						
<i>IST</i>	€/m ³	117	78	69	57	80
<i>Soll_{Min}</i>	€/m ³	134	119	106	125	121
<i>Soll_{Max}</i>	€/m ³	147	119	136	143	137
<i>Soll_{Min}-IST</i>	€/m ³	17	41	37	68	41
<i>Soll_{Max}-IST</i>	€/m ³	30	41	67	86	56
<i>Soll_{Max}-Soll_{Min}</i>	€/m ³	13	0	31	18	16

Die Betrachtung des Rohertrages erlaubt eine monetäre Bewertung der Ergebnisse. In Tab. 7.39 ist der Rohertrag für die Werte *IST*, *Soll_{Min}* und *Soll_{Max}* dargestellt. Es ergibt sich im mittelgroßen Betrieb ein Steigerungspotenzial von *IST* zu *Soll_{Min}* von 52,9 %. Das Optimierungspotenzial von *IST* zu *Soll_{Max}* beträgt 74,6 %. Das Optimierungspotenzial allein auf Basis der Auswahl eines den Stammholzdimensionen angepassten Schnittbildes von *Soll_{Min}* zu *Soll_{Max}* beträgt 14,2 %.

Tabelle 7.39.: Darstellung des Rohertrages im mittelgroßen Betrieb

	Einheit	Summe
<i>IST</i>	€	1.035
<i>Soll_{Min}</i>	€	1.582
<i>Soll_{Max}</i>	€	1.807

Hochrechnung der Ergebnisse auf die Jahresproduktion im mittelgroßen Betrieb

Für eine Abschätzung der Bedeutung der Ergebnisse wird unter der Annahme, dass die Werte aus der Stichprobe auf den jährlichen Rundholinput des Betriebes entsprechend der Größenklasse von 10.000 m^3 übertragbar sind, eine Hochrechnung erstellt. Es ergibt sich eine Erhöhung der Schnittholzmenge um 32,3 % von 4.900 m^3 auf 6.490 m^3 bei Erreichen des Wertes *Soll_{Min}*. Bei der optimalen Schnittbildauswahl und unter Ausschluss aller Fehlerquellen müssten bei Erreichen von *Soll_{Max}* 6.990 m^3 Schnittholz produziert werden können, was einer Steigerung

7. Schnittholzausbeute

von 42,5 % entspricht. Allein auf Basis der optimierten Schnittbildauswahl könnten 7,7 % bzw. 500 m³ mehr an Schnittholz erzeugt werden. Die Ergebnisse der Hochrechnung in Hinblick auf den jährlichen Rundholzininput sind in Tab 7.40 dargestellt.

Für den Rohertrag ergibt sich unter obiger Annahme bei der Produktion des Schnittholzes mit den verwendeten Dimensionen und Preisen ein Rohertrag entsprechend dem *IST-Wert* von 800.000 €. Bei Erreichen von *Soll_{Min}* würde der jährliche Rohertrag 1.210.000 € betragen, was einer Erhöhung von 51,3 % entspricht. Eine entsprechend den Stammdimensionen optimierte Schnittbildauswahl und der Ausschluss aller weiteren Fehlerquellen ergibt für *Soll_{Max}* einen Rohertrag von etwa 1.370.000 € bzw. eine Steigerung um 71,3 %.

Allein die Verwendung optimierter Schnittbilder würde eine Steigerung um 160.000 € bzw. 13,2 % ermöglichen.

In Tab. 7.40 sind die Ergebnisse der Hochrechnung dargestellt.

Tabelle 7.40.: Hochrechnung auf die Jahresproduktion im mittelgroßen Betrieb

	Einheit	IST	<i>Soll_{Min}</i>	<i>Soll_{Max}</i>
Schnittholz	m ³	4.900	6.490	6.990
Rohertrag	€	800.000	1.210.000	1.370.000

Eine Betrachtung der eingesetzten Rohstoffmenge macht das Ressourceneinsparpotenzial deutlich. Um die gleiche Menge an Schnittholz zu produzieren, muss bei einer verbesserten Ausbeute weniger Rundholz eingesetzt werden. Für die Erzeugung der Schnittholzmenge von 4.900 m³ musste bei der Ausbeute entsprechend dem *IST-Wert* eine Rundholzmenge von 10.000 m³ eingesetzt werden. Bei einer verbesserten Ausbeute gemäß *Soll_{Min}* könnte die Rundholzmenge um 2.450 m³ und bei der optimierten Ausbeute *Soll_{Max}* sogar um fast 3.000 m³ reduziert werden.

Unter der Annahme eines gemäß 5.6 errechneten mittleren Stammvolumens der surinamischen Hölzer von 2,48 m³ würde sich eine Einsparung von 990 Stämmen bei *Soll_{Min}* und 1.200 Stämmen bei *Soll_{Max}* im Jahr errechnen. Für eine vorsichtige Bewertung des eingesparten Rundholzes kann der mittlere Rundholzpreis aus der Expertenbefragung (siehe 6.5) von 81 €/m³ verwendet werden. Es ergibt sich ein Einsparpotenzial von 198.000 € bei einer Ausbeute von *Soll_{Min}* und von 242.000 € bei einer Ausbeute gemäß *Soll_{Max}*. Die Ergebnisse der Darstellung des Ressourceneinsparpotenzials für den mittelgroßen Betrieb finden sich in Tab. 7.41.

Kleinbetrieb

Die Ergebnisse aus der Stichprobe im Kleinbetrieb deuten auf ein mittleres Optimierungspotenzial der Gesamtausbeute bei Erreichen von *Soll_{Min}* von 12,6 % hin. Hierin sind Optimierungen in Bezug auf technische Ausstattung, Bedienung, Stammpositionierung und Schnittführung

7. Schnittholzausbeute

Tabelle 7.41.: Hochrechnung des notwendigen Rundholzes und dessen Wert für jährliche Schnittholzerzeugung im mittelgroßen Betrieb bei konstantem Output

	Einheit	IST	Soll _{Min}	Soll _{Max}
Notwendiges Rundholz	m ³	10.000	7.550	7.010
Rundholzstämmen	n	4.032	3.044	2.827
Rundholzkosten	€	810.000	611.556	567.811

enthalten. Bei Erreichen von *Soll_{Max}* hätte der Betrieb seine Gesamtausbeute um 27,5 % verbessern können.

Wird das Schnittbild angepasst an die Stammdimensionen ausgewählt, deutet der Vergleich von *Soll_{Min}* mit *Soll_{Max}* auf ein gemittelttes Optimierungspotenzial der Gesamtausbeute von 13,2 % hin. In Tab. 7.42 sind die Ergebnisse einzelstammweise dargestellt.

Der Vergleich des gemessenen *IST-Wertes* mit dem simulierten Wert *Soll_{Min}* zeigt ein Optimierungspotenzial am Einzelstamm von -12,6 - 32,7 %. Hierin spiegelt sich das überwiegend durch falsche Stammpositionierung, falsche Maschinenbedienung und technische Mängel bedingte Potenzial wider. Es zeigt aber auch, dass der Säger bei einigen Stämmen, besonders bei Stamm 5 im zweiten Schnittsatz, sehr nah an sein Zielergebnis herangekommen ist und somit in der Lage erscheint, trotz einer veralteten und mit technischen Mängeln behafteten Säge ein gutes Ergebnis zu erreichen, wenn andere Fehlerquellen ausgeschlossen werden können. Der negative Wert bei Stamm 8 lässt sich auf die Zusammensetzung des Schnittsatzes zurückführen. Die Stämme 9 und 10 hatten ein fast dreimal so großes Volumen wie die übrigen Stämme innerhalb des Schnittsatzes aber nur eine geringe Ausbeute am Haupterzeugnis. Durch die Aufnahme der Nebenerzeugnisse pro Schnittsatz wurde die Gesamtausbeute von Stamm 8 überschätzt.

Das schlechteste Ergebnis zeigt sich bei Stamm 1. Hier beträgt die Abweichung vom Zielergebnis 32,7 %.

Bei weitergehender Betrachtung und dem Vergleich des gemessenen *IST-Wertes* mit dem simulierten Wert *Soll_{Max}* zeigt sich ein Optimierungspotenzial von -12,6 - 58,9 %. In diesen Werten ist neben den durch falsche Bedienung und technische Mängel enthaltenen Abweichungen auch die Auswahl des Schnittbildes, also die direkt vom Säger beeinflusste Entscheidung, enthalten. Der negative Wert für Stamm 8 lässt sich wie oben durch die Aufnahme der Nebenerzeugnisse pro Schnittsatz erklären.

Der Vergleich aus den Werten *Soll_{Min}* und *Soll_{Max}* erlaubt Rückschlüsse auf die Auswahl des Schnittbildes. Die Ergebnisse deuten auf ein Verbesserungspotenzial von 0 - 25,9 % hin, allein auf Basis der Verwendung eines den Stammholzdimensionen angepassten Schnittbildes.

7. Schnittholzausbeute

Das bei Stamm 5 vom Säger verwendete Schnittbild ist bereits sehr nahe an dem für den Stamm und das Schnittholzprodukt vorgesehene Optimum und konnte nicht weiter optimiert werden. Es besteht nur ein geringes Optimierungspotenzial von 0,6 % zwischen dem angestrebten Zielwert $Soll_{Min}$ und dem Wert $Soll_{Max}$, dem ein auf Basis der Stammdimensionen optimiertes Schnittbild zugrunde liegt.

Die Gesamtausbeute ist entscheidend für den Rohertrag. Dieser kann im Mittel bei Erreichen des Zielwertes $Soll_{Min}$ um 13 €/m³ erhöht werden. Um 35 €/m³ kann der Rohertrag pro m³ erhöht werden bei Erreichen von $Soll_{Max}$, falls alle Fehlerquellen ausgeschlossen werden können und ein den Stammholzdimensionen angepasstes Schnittbild verwendet wird. Es zeigt sich, dass allein auf Basis der richtigen Schnittbildauswahl ein Optimierungspotenzial pro m³ von 22 €/m³ besteht.

Tabelle 7.42.: Stammweise Darstellung der Gesamtausbeute und des Rohertrags von *IST*- und *Soll*-Zustand sowie das Steigerungspotenzial im Kleinbetrieb

Schnittsatz		1		2				3				
Stamm	Einheit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	\bar{x}
Gesamtausbeute												
<i>IST</i>	%	42,3	57,8	42,1	55,2	65,2	59,3	40,8	73,7	50,5	55,9	51,5
<i>Soll_{Min}</i>	%	56,1	63,6	50,6	59,5	65,2	62,3	53,6	64,4	57,0	57,5	58,0
<i>Soll_{Max}</i>	%	64,6	66,3	63,7	64,6	65,6	63,6	64,9	64,4	70,6	66,3	65,7
Optimierungspotenzial												
<i>IST</i> auf <i>Soll_{Min}</i>	%	32,7	10,1	20,0	7,7	-0,1	5,0	31,2	-12,6	12,9	2,9	12,6
<i>IST</i> auf <i>Soll_{Max}</i>	%	52,8	14,7	51,1	17,0	0,5	7,3	58,9	-12,6	39,8	18,6	27,5
<i>Soll_{Min}</i> auf <i>Soll_{Max}</i>	%	15,2	4,2	25,9	8,6	0,6	2,2	21,1	0,0	23,8	15,3	13,2
Rohrertrag/m³												
<i>IST</i>	€	56	104	48	84	113	96	45	138	72	87	84
<i>Soll_{Min}</i>	€	90	119	71	96	114	106	81	116	92	94	98
<i>Soll_{Max}</i>	€	129	132	111	113	115	109	113	117	133	120	119
<i>Soll_{Min}</i> - <i>IST</i>	€	34	15	23	12	1	9	35	-22	20	6	13
<i>Soll_{Max}</i> - <i>IST</i>	€	73	28	63	30	2	13	68	-21	61	33	35
<i>Soll_{Max}</i> - <i>Soll_{Min}</i>	€	39	14	40	18	1	4	32	1	41	27	22

Nachfolgend findet eine Betrachtung des Rohertrages auf Betriebsebene statt. In Tab. 7.43 ist der Rohertrag für die Werte *IST*, *Soll_{Min}* und *Soll_{Max}* dargestellt. Es ergibt sich im Kleinbetrieb ein Steigerungspotenzial von *IST* zu *Soll_{Min}* von 20,3 %. Das Optimierungspotenzial von *IST* zu *Soll_{Max}* beträgt 52,9 %. Das Optimierungspotenzial allein auf Basis der Auswahl eines den Stammholzdimensionen angepassten Schnittbildes von *Soll_{Min}* zu *Soll_{Max}* beträgt 27,1 %.

Tabelle 7.43.: Darstellung des Rohertrages im Kleinbetrieb

	Einheit	Summe
<i>IST</i>	€	1.983
<i>Soll_{Min}</i>	€	2.386
<i>Soll_{Max}</i>	€	3.033

Hochrechnung der Ergebnisse auf die Jahresproduktion im Kleinbetrieb

Für eine Abschätzung der Bedeutung der Ergebnisse für den Betrieb wird unter der Annahme, dass die Werte aus der Stichprobe auf den jährlichen Rundholzininput des Betriebes entsprechend der Größenklasse von 3.750 m³ übertragbar sind, eine Hochrechnung erstellt. Es ergibt sich eine Erhöhung der Schnittholzmenge um 12,6 % von 1.931 m³ auf 2.175 m³ bei Erreichen des Wertes $Soll_{Min}$. Bei der optimalen Schnittbildauswahl und unter Ausschluss aller Fehlerquellen müssten bei Erreichen von $Soll_{Max}$ 2.464 m³ Schnittholz produziert werden können, was einer Zunahme von 27,6 % entspricht. Allein auf Basis der optimierten Schnittbildauswahl könnten 13,3 % bzw. 290 m³ mehr an Schnittholz erzeugt werden. Die Ergebnisse der Hochrechnung sind in Tab 7.44 Zeile 1 dargestellt.

Für den Rohertrag ergibt sich bei der Produktion des Schnittholzes mit den verwendeten Dimensionen und Preisen ein *IST-Wert* von 315.000 €. Bei Erreichen von $Soll_{Min}$ würde der jährliche Rohertrag 367,500 € betragen, was einer Erhöhung von 16,7 % entspricht. Eine den Stammdimensionen optimierte Schnittbildauswahl und der Ausschluss aller weiteren Fehlerquellen ergibt für $Soll_{Max}$ einen Rohertrag von etwa 446.250 € bzw. eine Zunahme um 42 %.

Allein die Verwendung optimierter Schnittbilder würde eine Steigerung um 78.500 € bzw. 21,4 % ermöglichen.

In Tab. 7.44 sind die Ergebnisse der Hochrechnung dargestellt.

Tabelle 7.44.: Hochrechnung auf die Jahresproduktion im Kleinbetrieb

		<i>IST</i>	$Soll_{Min}$	$Soll_{Max}$
Schnittholz	m ³	1.931	2.175	2.464
Rohertrag	€	315.000	367.500	446.250

Die Betrachtung des erforderlichen Rohstoffeinsatzes macht das Ressourceneinsparpotenzial deutlich. Um die gleiche Menge Schnittholz zu produzieren, muss bei verbesserten Ausbeutewerten weniger Rundholz eingesetzt werden. Für die Erzeugung der Schnittholzmenge von 1.930 m³ musste entsprechend dem *IST-Wert* eine Rundholzmenge von 3.750 m³ eingesetzt werden. Bei einer verbesserten Ausbeute gemäß $Soll_{Min}$ könnte die Rundholzmenge um 420 m³ und bei der optimierten Ausbeute $Soll_{Max}$ sogar um 810 m³ reduziert werden.

Unter der Annahme eines gemäß Kapitel Rundholzkennzahlen (siehe 5.6) errechneten mittleren Stammvolumens der surinamischen Hölzer von 2,48 m³ würde sich eine Einsparung von 170 Stämmen bei $Soll_{Min}$ und knapp 330 Stämmen bei $Soll_{Max}$ im Jahr errechnen. Für eine vorsichtige Bewertung des eingesparten Rundholzes kann der mittlere Rundholzpreis aus der Expertenbefragung (siehe 6.5) von 81 €/m³ verwendet werden. Es ergibt sich ein Einsparpotenzial von 34.000 € bei einer Ausbeute von $Soll_{Min}$ und von 66.000 € bei einer Ausbeute gemäß

7. Schnittholzausbeute

$Soll_{Max}$. Die Ergebnisse der Darstellung des Ressourceneinsparpotenzials für den Kleinbetrieb finden sich in 7.45.

Tabelle 7.45.: Hochrechnung des notwendigen Rundholzes und dessen Wert für jährliche Schnittholzerzeugung im Kleinbetrieb bei konstantem Output

	Einheit	IST	Soll _{Min}	Soll _{Max}
Notwendiges Rundholz	m ³	3.750	3.330	2.940
Rundholzstämmen	n	1.512	1.343	1.185
Rundholzkosten	€	303.750	269.709	238.099

7.3. Abschätzung des Optimierungspotenzials für Surinam

Für eine Abschätzung der Ausbeuteoptimierung für Surinam wird die Gesamtausbeute der untersuchten Betriebe gemittelt. Der Mittelwert der Ausbeutemessungen (*IST*) variiert zwischen den Betrieben von 49,0 - 51,8 %. Eine Gewichtung der Ergebnisse nach Größenklassen liefert ähnliche Werte. Der Mittelwert der Ausbeutemessung (*IST*) der Stichprobe aus allen Betrieben beträgt 50,8 % (gewichtet 50,6 %). Der Zielwert (*Soll_{Min}*) variiert von 59,3 - 64,9 %, der Mittelwert beträgt 61,1 % (gewichtet 61,4 %), was einer Steigerung von 20,2 % gleichkommt. Der optimierte Wert (*Soll_{Max}*) variiert von 65,2 - 69,3 %. Der Mittelwert beträgt 66,9 % (gewichtet 67,2 %) und entspricht einer Steigerung zum *IST* von 31,7 %. Die gemittelten Ausbeutewerte der untersuchten Betriebe und dieselben Werte nach Größenklasse gewichtet sind in Tab. 7.46 dargestellt.

Tabelle 7.46.: Gemittelte Ausbeute über die untersuchten Betriebe sowie gewichtet nach Größenklasse über alle Sägewerke in Surinam

		Stichprobe	gewichtet
		\bar{x}	\bar{x}
<i>IST</i>	%	50,8	50,6
<i>Soll_{Min}</i>	%	61,1	61,4
<i>Soll_{Max}</i>	%	66,9	67,2

Für eine Hochrechnung der Ergebnisse zur Abschätzung des Optimierungspotenzials für Surinam werden die gewichteten Werte der Ausbeuteerhebung verwendet. Als Bezugsgröße dient die Summe der Daten des Einschlagsverzeichnisses von Januar 2005 bis Juli 2015, siehe Tab. 5.2. Ein in den Daten enthaltener möglicher Rundholzexport bleibt in den folgenden Betrachtungen unberücksichtigt.

Potenzielle Schnittholzmenge

Im Zeitraum von Januar 2005 bis Juli 2015 wurden insgesamt 2,7 Mio. m³ Rundholz produziert. Die potenzielle Schnittholzmenge bei einer Ausbeute entsprechend dem gewichteten *IST-Wert*

7. Schnittholzausbeute

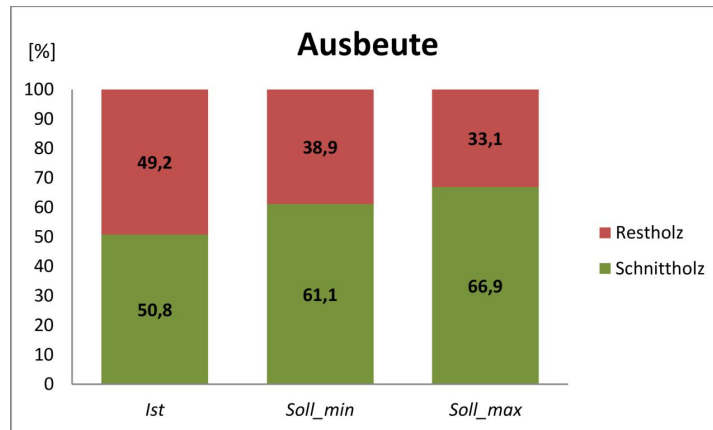


Abbildung 7.4.: Gemittelte Ausbeute über die untersuchten Betriebe

beträgt 1,4 Mio. m³. Bei Erreichen des Zielwertes $Soll_{Min}$ hätten 1,7 Mio. m³ und beim Optimum $Soll_{Max}$ 1,8 Mio. m³ produziert werden können. Hieraus ergibt sich eine Steigerung von 21,4 % bzw. 32,9 %. Die prozentuale Zunahme auf Basis eines den Stammholzdimensionen angepassten Schnittbildes beträgt 9,5 % der eingesägten Rundholzmenge. In Abbildung 7.5 sind die Schnittholz mengen gemäß den potenziellen Ausbeuten dargestellt.

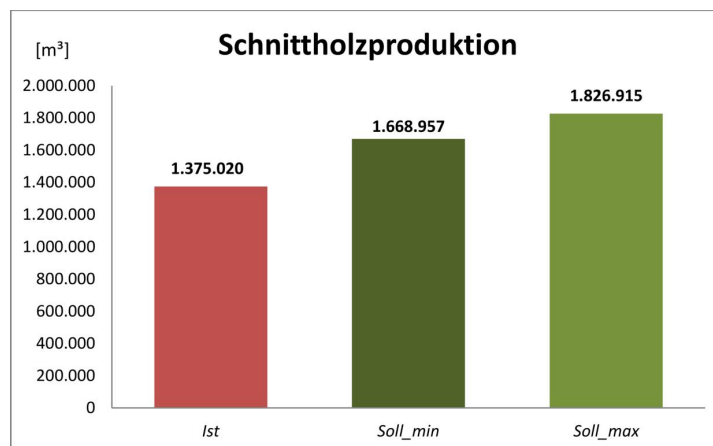


Abbildung 7.5.: Hochrechnung des produzierten Schnittholzes Januar 2005 bis Juli 2015

In Tab. 7.47 sind die Werte der am Einschlag beteiligten wichtigsten 10 Holzarten separat und die übrigen 145 Holzarten zusammengefasst mit den sich entsprechend der unterschiedlichen Ausbeuten ergebenden Schnittholz mengen dargestellt.

Hochrechnung der benötigten Rundholzmenge

Auf Basis der potenziell produzierten Schnittholzmenge des *IST-Wertes* wird nachfolgend die theoretisch benötigte Rundholzmenge berechnet. Für die Produktion von 1,4 Mio. m³ Schnittholz müssten bei einer Ausbeute entsprechend dem *IST-Wert* 2,7 Mio. m³ eingesägt werden.

7. Schnittholzausbeute

Tabelle 7.47.: Hochrechnung der möglichen Schnittholzmenge Januar 2005 bis Juli 2015

	Einheit	eingeschlagenes Rundholz	produzierte Schnittholzmenge		
			<i>IST</i>	<i>Soll_{Min}</i>	<i>Soll_{Max}</i>
<i>Dicorynia guianensis</i>	m ³	480.703	243.288	295.296	323.244
<i>Eperua falcata</i>	m ³	92.566	46.849	56.863	62.245
<i>Goupia glabra</i>	m ³	153.210	77.541	94.117	103.025
<i>Manilkara bidentata</i>	m ³	91.066	46.089	55.942	61.236
<i>Ocotea rubra</i>	m ³	125.806	63.672	77.283	84.597
<i>Peltogyne paniculata</i>	m ³	94.038	47.594	57.768	63.235
<i>Qualea rosea</i>	m ³	335.439	169.769	206.060	225.563
<i>Ruizterania albiflora</i>	m ³	131.078	66.340	80.521	88.142
<i>Vochysia tomentosa</i>	m ³	77.941	39.447	47.879	52.411
<i>Vouacapoua americana</i>	m ³	78.823	39.893	48.421	53.004
\sum übrige 145 Arten	m ³	1.056.173	534.539	648.807	710.213
\sum Gesamt	m ³	2.716.843	1.375.020	1.668.957	1.826.915

Die benötigte Rundholzmenge bei Erreichen des Zielwertes *Soll_{Min}* beträgt dann 2,2 Mio. m³ und beim optimierten Wert *Soll_{Max}* 2,0 Mio. m³. Hieraus resultiert eine Reduktion des eingesägten Rundholzes von 17,6 % und 24,7 %. Das Reduktionspotenzial auf Basis eines den Stammholzdimensionen angepassten Schnittbildes beträgt 8,6 % der eingesägten Rundholzmenge. In Abb. 7.6 ist der Rundholzbedarf für die Erzeugung der Schnittholzmenge, gemäß dem Ausbeute-*IST*-Wert dem Bedarf bei den Werten *Soll_{Min}* und *Soll_{Max}* gegenübergestellt.

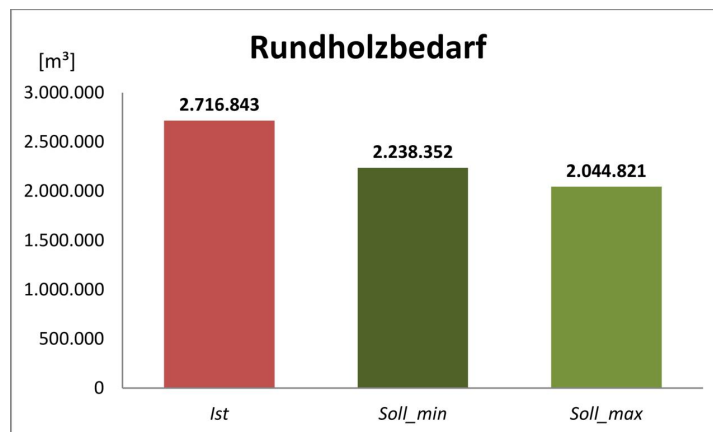


Abbildung 7.6.: Rundholzbedarf entsprechend den unterschiedlichen Ausbeutewerten

Die Ergebnisse sind für die am Einschlag beteiligten wichtigsten 10 Holzarten separat und für die übrigen 145 Holzarten zusammengefasst in nachstehender Tab. 7.48 dargestellt.

Hochrechnung der benötigten Stämme

Auf Basis der potenziell produzierten Schnittholzmenge des *IST*-Wertes werden nachfolgend die benötigten Stammzahlen berechnet. Hierfür werden die Mittelwerte der Volumen des Ein-

7. Schnittholzausbeute

Tabelle 7.48.: Hochrechnung der notwendigen Rundholzmenge für die Schnittholzproduktion Januar 2005 bis Juli 2015

	Einheit	produziertes Schnittholz	notwendiges Rundholz		
			<i>IST</i>	<i>Soll_{Min}</i>	<i>Soll_{Max}</i>
<i>Dicorynia guianensis</i>	m ³	243.288	480.703	396.042	361.799
<i>Eperua falcata</i>	m ³	46.849	92.566	76.263	69.669
<i>Goupia glabra</i>	m ³	77.541	153.210	126.227	115.313
<i>Manilkara bidentata</i>	m ³	46.089	91.066	75.027	68.540
<i>Ocotea rubra</i>	m ³	63.672	125.806	103.649	94.687
<i>Peltogyne paniculata</i>	m ³	47.594	94.038	77.476	70.777
<i>Qualea rosea</i>	m ³	169.769	335.439	276.361	252.467
<i>Ruizterania albiflora</i>	m ³	66.340	131.078	107.993	98.655
<i>Vochysia tomentosa</i>	m ³	39.447	77.941	64.214	58.662
<i>Vouacapoua americana</i>	m ³	39.893	78.823	64.941	59.326
\sum übrige 145 Arten	m ³	534.539	1.056.173	870.160	794.924
\sum Gesamt	m ³	1.375.020	2.716.843	2.238.352	2.044.821

schlagverzeichnis von Januar 2005 bis Juli 2015 der Einzelstämme für die wichtigsten 10 Holzarten nach Holzart separat und für die übrigen 145 Holzarten gewichtet gemittelt.

Es hätten bei einer Ausbeute entsprechend dem *IST-Wert* 1,1 Mio. Stämme eingesägt werden müssen. Bei Erreichen des Zielwertes *Soll_{Min}* hätten 927.000 und bei Erreichen des Optimalwertes *Soll_{Max}* 847.000 Stämme eingesägt werden müssen. Die Anzahl der für den Einschnitt benötigten Stämme hätte um 200.000 Stämme (17,6 %) bei Erreichen von *Soll_{Min}* und um 280.000 Stämme (24,7 %) bei Erreichen von *Soll_{Max}* reduziert werden können. Das Reduktionspotenzial auf Basis eines den Stammholzdimensionen angepassten Schnittbildes beträgt 8,6 % der benötigten Stämme.

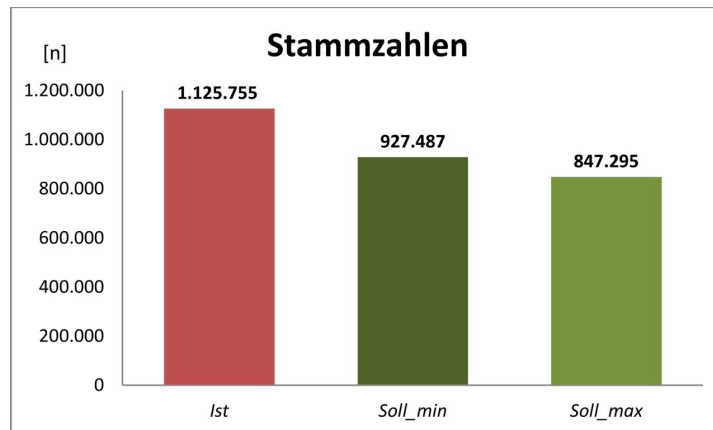


Abbildung 7.7.: Für den Einschnitt notwendige Stämme in Abhängigkeit von der Ausbeute

Die Ergebnisse für die am Einschlag beteiligten wichtigsten 10 Holzarten sind in nachstehender Tab. 7.49 separat und für die übrigen 145 Holzarten zusammengefasst dargestellt.

Aufgrund der Gewichtung mit dem Stammvolumen der 10 wichtigsten Holzarten und Anwen-

7. Schnittholzausbeute

Tabelle 7.49.: Hochrechnung der benötigten Stämme für die Schnittholzproduktion Januar 2005 bis Juli 2015

	\bar{x}	Einheit	Anzahl an Stämmen		
	Volumen		<i>IST</i>	<i>Soll_{Min}</i>	<i>Soll_{Max}</i>
<i>Dicorynia guianensis</i>	2,53	n	190.001	156.538	143.004
<i>Eperua falcata</i>	2,32	n	39.899	32.872	30.030
<i>Goupia glabra</i>	1,99	n	76.990	63.430	57.946
<i>Manilkara bidentata</i>	2,76	n	32.995	27.184	24.833
<i>Ocotea rubra</i>	2,96	n	42.502	35.017	31.989
<i>Peltogyne paniculata</i>	2,89	n	32.539	26.808	24.490
<i>Qualea rosea</i>	3,13	n	107.169	88.294	80.660
<i>Ruizterania albiflora</i>	3,06	n	42.836	35.292	32.240
<i>Vochysia tomentosa</i>	3,06	n	25.471	20.985	19.171
<i>Vouacapoua americana</i>	0,72	n	109.476	90.195	82.397
∑ übrige 145 Arten	2,48	n	425.876	350.871	320.534
∑ Gesamt	2,52	n	1.125.755	927.487	847.295

dung des gewichteten Wertes auf die 145 übrigen Holzarten, die gemäß Abb. 5.2 eher aus den höheren Stärkeklassen kommen, ergibt sich eine Abweichung der Stammzahlen von etwa 4 % gegenüber dem *IST-Wert*. Es kommt somit zu einer leichten Überschätzung.

Hochrechnung der bewirtschafteten Waldfläche

Anhand der Rundholzmengen wird die für die Holzernte benötigte Waldfläche gemäß der Ausbeutewerte berechnet. Der gesetzlich erlaubte maximale Hiebsatz beträgt 25 m³/ha in 25 Jahren (President of Suriname, 1992). Hierbei ist zu beachten, dass nur das aus dem Wald entnommene Stammholz Berücksichtigung findet. Das tatsächlich gefällte Volumen ist deutlich höher.

Nach SBB liegt die durchschnittliche Entnahmemenge unter der gesetzlich erlaubten und beträgt 15 m³/ha (Matai, 2012a).

Die benötigte Waldfläche zur Holzernte beträgt bei einer Nutzung von 25 m³/ha und einer Ausbeute gemäß dem *IST-Wert* 108.700 ha. Bei Erreichen der Ausbeute entsprechend dem Zielwert *Soll_{Min}* würden 89.500 ha und bei Erreichen des Optimalwertes *Soll_{Max}* 81.800 ha für die Holzernte benötigt. Dies bedeutet eine Reduktion der bewirtschafteten Waldfläche um 19.000 ha (17,6 %) bei einer Ausbeute von *Soll_{Min}* und um 27.000 ha (24,7 %) bei einer Ausbeute von *Soll_{Max}*. Die erforderliche Konzessionsfläche zur Produktion der notwendigen Rundholzmenge in Abhängigkeit von der Schnittholzausbeute und der gesetzlich erlaubten Entnahmemenge von 25 m³/ha und dem tatsächlichen Einschlag von 15 m³/ha (Matai, 2012a) ist in Abb. 7.8 dargestellt.

Die Ergebnisse der Berechnungen der notwendigen Konzessionsfläche für die am Einschlag wichtigsten 10 Holzarten und der übrigen 145 sind in Tab. 7.50 dargestellt.

7. Schnittholzausbeute

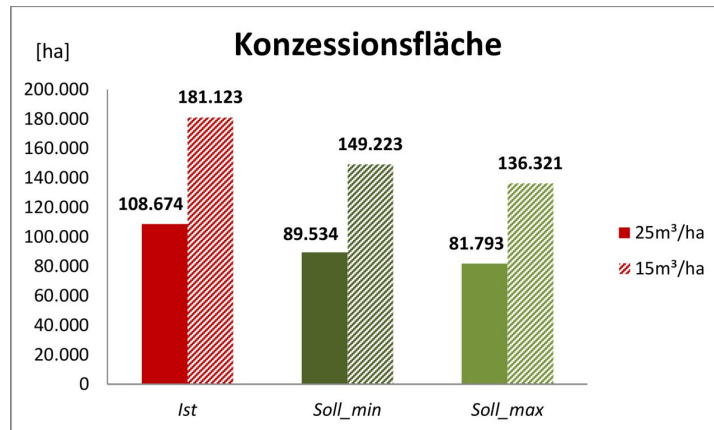


Abbildung 7.8.: Konzessionsfläche in Abhängigkeit von Schnittholzausbeute und Entnahmemenge pro Hektar

Tabelle 7.50.: Hochrechnung der bewirtschafteten Waldfläche für die Schnittholzproduktion Januar 2005 bis Juli 2015 in Abhängigkeit von Ausbeute und Entnahmemengen pro ha

	Einheit	Entnahmemenge 25 m³/ha			Entnahmemenge 15 m³/ha		
		<i>IST</i>	<i>Soll_{Min}</i>	<i>Soll_{Max}</i>	<i>IST</i>	<i>Soll_{Min}</i>	<i>Soll_{Max}</i>
<i>Dicorynia guianensis</i>	ha	19.228	15.842	14.472	32.047	26.403	24.120
<i>Eperua falcata</i>	ha	3.703	3.051	2.787	6.171	5.084	4.645
<i>Goupia glabra</i>	ha	6.128	5.049	4.613	10.214	8.415	7.688
<i>Manilkara bidentata</i>	ha	3.643	3.001	2.742	6.071	5.002	4.569
<i>Ocotea rubra</i>	ha	5.032	4.146	3.787	8.387	6.910	6.312
<i>Peltogyne paniculata</i>	ha	3.762	3.099	2.831	6.269	5.165	4.718
<i>Qualea rosea</i>	ha	13.418	11.054	10.099	22.363	18.424	16.831
<i>Ruizterania albiflora</i>	ha	5.243	4.320	3.946	8.739	7.200	6.577
<i>Vochysia tomentosa</i>	ha	3.118	2.569	2.346	5.196	4.281	3.911
<i>Vouacapoua americana</i>	ha	3.153	2.598	2.373	5.255	4.329	3.955
\sum übrige 145 Arten	ha	42.247	34.806	31.797	70.412	58.011	52.995
\sum Gesamt	ha	108.674	89.534	81.793	181.123	149.223	136.321

7.4. Diskussion Schnittholzausbeute

Im Rahmen der Studie zur Ausbeuteerhebung wurden Messungen in Surinam durchgeführt. Anschließend wurden die Ergebnisse mithilfe einer Einschnittssimulation nachgerechnet und daraufhin optimiert. Es wurde ein effizientes und leicht zu handhabendes Verfahren für die Ausbeutemessung mittels einer Federwaage angewendet. Hierdurch war die Datenerhebung möglich, ohne den Produktionsablauf zu stören. Auf Basis der gemessenen Werte wurden die Einschnitte mithilfe der Einschnittssimulation TiCALC nachgerechnet. Aus der Abweichung der gemessenen von den simulierten Werten konnte die Abweichung vom Zielergebnis des Sägers aufgezeigt werden.

Durch die anschließende Optimierung mit TiCALC wurden für die Rundholzstämme optimale Schnittbilder berechnet und so die potenzielle Ausbeute ermittelt. Aus dem Vergleich des nachgerechneten Schnittbildes mit dem optimierten Schnittbild wurde das Potenzial der richtigen, den Rundholzdimensionen angepassten Schnittbildauswahl abgeleitet. Es kann somit das allein auf der Entscheidung des Sägers beruhende Optimierungspotenzial bestimmt werden, für dessen Nutzung keine Investitionen und Neuanschaffungen notwendig sind.

Im Anschluss an die betriebsweisen Betrachtungen fand eine Hochrechnung des Einsparpotenzials entsprechend der erhobenen Ausbeutewerte IST , $Soll_{Min}$, $Soll_{Max}$ statt. Es wurde aufgezeigt, wie sich die Schnittholzmenge erhöht bei gleichem Rundholzeinsatz bzw. wie der Rundholzeinsatz zur Produktion der gleichen Schnittholzmenge hätte reduziert werden können. Anschließend erfolgten Berechnungen für eine mögliche Reduzierung der Stammzahlen und des Flächenbedarfs für die Holzernte bei gleicher Schnittholzproduktion.

Die im Rahmen der Erhebung des IST -Zustandes ermittelten Ausbeutewerte in den Betrieben vor Ort zeigen, dass die Betriebe trotz unterschiedlicher Holzarten, Stammdimensionen, produzierter Schnittholzdimensionen und Sägen eine Gesamtausbeute haben, die nur wenig voneinander abweicht. Der auf Basis der Stichprobe nach Größenklassen gewichtete Mittelwert der Gesamtausbeute beträgt 50,6 %. Der Mittelwert der gemessenen Gesamtausbeute über alle Betriebe beträgt 50,8 % und entspricht dem Mittelwert von Enters (2001) aus zahlreichen Ländern. Im Vergleich zur Literatur ist dieser Wert höher als von Whiteman (1999), Playfair (2007), Bhairo-Marhé *et al.* (2009) und Sumter (2012) für Surinam beschrieben (vgl. Tab. 3.9).

Es zeigt sich, dass die Abweichung über alle Betriebe zwischen dem gemessenen IST -Wert und dem Zielwert $Soll_{Min}$ 21,4 % beträgt. Dies ist überwiegend auf eine falsche Positionierung des Stammes sowie auf technische Mängel zurückzuführen. Die Abweichung des gemessenen IST -Wertes und des Zielwertes $Soll_{Max}$ beträgt über alle Betriebe 32,9 %. Hierin sind die Abweichungen basierend auf der falschen Positionierung des Stammes sowie aufgrund technischer Mängel aber auch einer den Stammholzdimensionen angepassten Schnittbildauswahl enthalten.

7. Schnittholzausbeute

Es ergibt sich ein allein auf Basis der richtigen Schnittbildauswahl gegebenes Optimierungspotenzial von 9,5 %. Bei Erreichen des Zielwertes $Soll_{Min}$ würde die Schnittholzausbeute bei 61,4 % liegen und bei Erreichen des optimierten Wertes $Soll_{Max}$ würde diese 67,2 % betragen können.

Ein hohes Optimierungspotenzial konnte bei der Stammeinteilung und der Zusammenstellung der Schnittsätze aufgezeigt werden. Der den Rundholzdimensionen angepassten Schnittbildauswahl wird vor Ort nicht genügend Rechnung getragen. Die Kontrolle der Säger ist nicht ausreichend; sie sind sich der Konsequenzen der falschen Zusammenstellung der Schnittsätze nicht bewusst. Eine Erfassung der Ausbeute findet nur rudimentär statt. Die Produktionsergebnisse werden nicht nachkalkuliert.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Optimierungen deutliche Auswirkungen auf die Holz- und Forstwirtschaft in Surinam haben könnten. So könnte die Schnittholzmenge theoretisch bei Erreichen von $Soll_{Min}$ um 21 % und um 33 % bei $Soll_{Max}$ erhöht werden. Es ergibt sich eine theoretische Reduzierung der für die Befriedigung der nachgefragten Rundholzmenge bewirtschafteten Waldfläche bei Erreichen eines $Soll_{Min}$ um 18 % und um 25 % bei $Soll_{Max}$.

Die Messungen fanden in Betrieben unterschiedlicher Größenklassen statt und zeigen ähnliche Ergebnisse. Um gesicherte Ergebnisse für die gesamte Sägeindustrie in Surinam zu erstellen, muss die Stichprobe innerhalb der Betriebe sowie die Anzahl der Betriebe erhöht werden. Die Ergebnisse der Ausbeutemessung bestätigen die Ergebnisse aus den Betriebsbesichtigungen und Experteninterviews hinsichtlich einer niedrigen Ressourceneffizienz und mangelnder Kontrolle bei der Sortierung und im Prozessablauf.

Im Rahmen dieser Studie war es ausreichend, eine genaue Analyse der Haupterzeugnisse pro Stamm durchzuführen, da die Säger bestrebt sind, den Rohertrag zu maximieren und da das Haupterzeugnis den besten Marktpreis erzielt. Zudem wäre für eine stammweise Erfassung der Nebenerzeugnisse der Produktionsablauf stark beeinträchtigt worden.

Für das optimale Schnittergebnis ist die exakte Stammausrichtung von grundlegender Bedeutung (Fronius, 1989; Enters, 2001; Lohmann, 2012). Dies ist ohne Hilfsmittel nur schwer einzuhalten, besonders bei langen Schnitthölzern. Linienlaser an den Haupteinschnittsmaschinen und den Besäumern würden hier verhältnismäßig günstige Lösungsansätze bieten. Durch Messungen mit einer Federwaage gemäß der praktizierten Ausbeutemessung wäre eine betriebsinterne Kontrolle zwischen Rundholzeingang und Schnittholzproduktion möglich, wodurch Entscheidungsfehler in der Produktion auffallen und vermieden werden könnten, ohne dass zusätzliches Personal benötigt wird. Die Kosten für einen Linienlaser und eine Federwaage von etwa 500 € sind in Anbetracht des Umsatzes gering (Steinberg, 2013; LAP, 2015).

Der Fokus der derzeitigen Praxis des möglichst hohen Durchsatzes muss auf eine möglichst hohe Ausbeute am Einzelstamm gelenkt werden. Hierbei ist besonders auf die korrekte Sortierung in-

7. Schnittholzausbeute

nerhalb eines Schnittsatzes hinzuweisen und dass ein dem Stamm entsprechendes Schnittbild auszuwählen ist. Daher sind Schulungen im Bereich der Rundholzeinteilung und Schnittbildherstellung dringend notwendig. Ebenso sind im Bereich Management und Betriebsführung Weiterbildungsmaßnahmen erforderlich. Die Ergebnisse zeigen, dass trotz der mangelhaften technischen Ausstattung bei gleichem Rundholzinput aber einer richtigen Schnittbildauswahl bis zu 9,5 % mehr Schnittholz produziert werden kann, ohne kapitalintensive Investitionen tätigen zu müssen. Es bleibt zu beachten, dass ein damit einhergehender ggf. höherer Aufwand bezüglich der Rundholzsortierung und Einteilung notwendig sein könnte. In Anbetracht der geringen Personalkosten (Matai, 2012a) dürfte der Vorteil des höheren Rohertrags deutlich überwiegen.

Die für Surinam erstellten Hochrechnungen deuten auf ein hohes Potenzial zur Steigerung der Ressourceneffizienz hin. Die benötigten Rundholzmengen und die notwendigen Flächen für die Holzernte können bei gleicher Schnittholzproduktion deutlich reduziert werden. Allein auf Basis der Optimierung bei der den Stammdimensionen angepassten Schnittbildauswahl ist ein Potenzial von bis zu 8,6 % zur Reduzierung der benötigten Fläche für die Holzernte vorhanden.

Um belastbarere Daten für die Sägeindustrie in Surinam zu erhalten, ist die Stichprobe zu vergrößern. Im Rahmen der Ausbeutemessungen wurden Betriebe mit einer Maschinenkombination aus Bandsäge und Gattersäge betrachtet. Daher sind Betriebe mit weiteren Maschinenkombinationen wie z.B. Bandsäge und Besäumer oder reine Bandsägebetriebe zu untersuchen.

Weitere Forschungen in Bezug auf Schnittholzausbeuten verschiedener Baumarten und Schnittholzdimensionen, insbesondere im Hinblick auf den Export, sind erforderlich. Auf dem lokalen Markt in Surinam wird kaum zwischen Kern- und Splintholz unterschieden. Diese Differenzierung findet bei Exportprodukten statt, daher wären Zielstärken in Abhängigkeit vom Splintholzanteil für verschiedene Baumarten abzuleiten.

Für die Ermittlung der Verteilung der Nebenerzeugnisse sowie zur genauen Zusammensetzung der Restholzprodukte wäre in weiteren Studien ebenso eine einzelstammweise Betrachtung und Analyse notwendig. Dies würde ein Aufmessen nach Volumen des Schnittholzes erfordern und den Betriebsablauf stark beeinträchtigen.

Die auf Basis der Hochrechnung erstellten Abschätzungen des Ressourceneinsparpotenzials betrachten nicht die Verluste bei der Holzernte, sondern beziehen sich ausschließlich auf die Menge des Rundholzes, das den Wald verlässt. Die Stammlängen deuten darauf hin, dass nur die Erstlängen verwendet werden (vgl. 5.5) und somit ein hoher Anteil an ungenutztem Holz zurückbleibt. Weitere Verluste entstehen durch die Anlage von Abfuhrwegen und Infrastruktur. Für eine Ermittlung des Ressourceneinsparpotenzials sind weitere Forschungen in der Holzernte notwendig.

7. Schnittholzausbeute

Nicht zuletzt werden durch die direkte Berücksichtigung der Rundholzparameter sowie der Schnittholzgeometrie und der Produktionsbedingungen im Einschnitt während der Messungen und innerhalb der Simulation belastbare jedoch nur für die Stichprobe entsprechende Werte errechnet.

Zuverlässige Rückschlüsse aus Quervergleichen interessanter Einflussgrößen wie dem angestrebten Haupterzeugnis, der Baumart und Rundholzgeometrie sowie der technischen Ausstattung und Bedienung (Personal und Tageszeit) konnten allerdings nicht gezogen werden, da die zur Verfügung stehende Datenbasis hierfür zu inhomogen ist.

Es zeigt sich, dass Ausbeuteoptimierungen auf Basis von organisatorischen und qualitativen Änderungen dazu führen können, dass eine höhere Ressourceneffizienz erreicht wird. Dadurch könnte der Rundholzinput bei gleicher Schnittholzproduktion reduziert werden. Hierdurch könnten die Entnahmemengen im Wald reduziert werden. Somit würde ein Beitrag zum internationalen Wald- und Klimaschutz geleistet werden. Der internationale Wald- und Klimaschutz fokussiert überwiegend auf Maßnahmen und Aktivitäten, die im Wald stattfinden (UNFCCC, 2014). Diese Studie zeigt auf, wie eng die Schnittholzproduktion mit dem Wald verknüpft ist und welche Auswirkungen ineffiziente Praktiken in den Sägewerken auf den Wald haben.

Im Bereich der Schnittholzerzeugung besteht großes Optimierungspotenzial. Sägewerke sind industrielle Anlagen, in denen sich Verfahren und Arbeitsabläufe ständig wiederholen. Notwendige Schulungen und Hilfsmittel sind verhältnismäßig günstig. Die Überwachung der Betriebsabläufe und deren Kontrolle ist deutlich einfacher als bei Maßnahmen, die in der Forstwirtschaft umgesetzt werden müssen. Das Optimierungspotenzial ist mit einfachen Mitteln kurz- bis mittelfristig umsetzbar.

8. Energiegehalt des Restholzaufkommens

Beim Rundholzeinschnitt fallen zwangsläufig Koppelprodukte an, die im Idealfall zunächst stofflich genutzt werden. Aufgrund fehlender Infrastruktur und mangelnder Investitionen gibt es in Surinam keine nennenswerte Nutzung der Resthölzer. Investitionen von mehreren Millionen Euro in hochmoderne Plattenwerke sind in Surinam aufgrund des fehlenden Kapitals und einer nicht nachhaltigen Belieferung mit Rohstoffen derzeit keine Option. Das folgende Kapitel konzentriert sich daher auf den Energiegehalt des Restholzaufkommens und auf das CO₂-Einsparpotenzial bei einer möglichen energetischen Nutzung, um dem Restholz einen ökologischen sowie ökonomischen Wert zu geben.

8.1. Methode Energiegehalt des Restholzaufkommens

Auf Grundlage der Daten des Rundholzeinschlags von 2013 werden die folgenden Berechnungen erstellt, um aus dem Restholz einen ökologischen wie auch ökonomischen Mehrwert zu gewinnen. So wurden 436.000 m³ Stammholz in Surinam produziert. Davon gelangten 108.000 m³ als Rundholz in den Export (SBB, 2013), (vgl. 3.2). Der lokalen Sägeindustrie standen somit 328.000 m³ Rundholz zur Verarbeitung zur Verfügung.

Das real verfügbare Potenzial umfasst die Menge an Brennstoffen, die nach Berücksichtigung von wirtschaftlichen und technischen Faktoren sowie nach Abzug der in Konkurrenz hierzu stehenden Verwertungs- und Entsorgungswege tatsächlich zur Energieproduktion zur Verfügung steht (Marutzky, 2004). In Surinam gibt es derzeit keine Industriezweige, die Holzreststoffe verwerten (Matai, 2012a). Somit bestehen keine konkurrierenden Nutzungsinteressen an den Reststoffen. Da die Sägewerke absatzorientiert in Stadtnähe angesiedelt sind (vgl. 3.2), wird der Energiegehalt des gesamten verfügbaren Restholzes betrachtet.

Für die Berechnung des Restholzaufkommens werden Ausbeutewerte angenommen, die ähnlich den im Rahmen der Untersuchung erfassten und berechneten Werte sind und mit der Literatur übereinstimmen. Es werden Szenarien mit einer Ausbeute von 50 %, 60 % und 70 % erstellt.

8.1.1. Bestimmung des Energiegehaltes

Bei der Berechnung des Energiegehaltes werden die Holzeigenschaften der wichtigsten in Surinam eingeschnittenen Holzarten (vgl. Kapitel 4.1.1) berücksichtigt.

Prozessbedingt werden bei der Energieerzeugung aus Biomasse große Mengen an Wärme frei. Moderne Anlagen nutzen diese Abwärme zum Trocknen des Brennstoffes. Daher wird in den nachfolgenden Betrachtungen davon ausgegangen, dass das Restholz mit Hilfe der Abwärme getrocknet wird und als absolut trocken (atro) zur Verfügung steht. Es wird ein gemittelter Energiegehalt der surinamischen Hölzer (atro) von 5,8 kWh/kg angenommen (Mil, 2012).

Luftgetrocknetes (lutro) Holz hat einen Wassergehalt von etwa 30 %. Hierdurch würde sich der verfügbare Energiegehalt entsprechend nachstehender Formel 8.1 auf 3,86 kWh/kg reduzieren.

$$(70\% * 5,8 \text{ kWh/kg}) - (30\% * 0,68 \text{ kWh/kg}) = 3,86 \text{ kWh/kg} \quad (8.1)$$

Für die Bewertung des energetischen Potenzials werden die Ergebnisse aus der Aufkommensberechnung mit dem Heizwert von Diesel (10.261 kcal/kg) (BMW, 2015), bzw. 9,8 kWh/l, verglichen. Im Rahmen einer ökonomischen Betrachtung des potenziellen Energiegehaltes wird ein Dieselpreis von 1,30 €/l (GPP, 2015) in Surinam für 2014 zugrunde gelegt und für die Umrechnung von kcal zu kWh ein Umrechnungsfaktor von 0,001163 verwendet (Quaschnig, 1999).

Für eine konservative Betrachtung des energetischen Potenzials wird ein entsprechend des DLG-Bewertungsmaßstabes für den elektrischen Wirkungsgrad von Diesel-, Gas-Diesel- oder Gas-Ottomotor im Leistungsbereich von 250 - 1000 kW-Nennleistung der Standardwert von 35 % angenommen (DLG, 2007).

8.1.2. Bestimmung des Kohlendioxid-Einsparpotenzials

Die Berechnung der CO₂-Einsparung durch die energetische Nutzung der Resthölzer basiert auf der Grundlage, dass Holz aus den Elementen Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff aufgebaut wird (Fengel & Wegener, 1983). Die einzelnen Holzarten unterscheiden sich hinsichtlich der Zusammensetzung dieser Elemente wenig. Es kann von einem Kohlenstoffgehalt von 50 % im Holz ausgegangen werden (Zimmer & Wegener, 1996). Es folgt, dass in 1 m³ Holz mit einem mittleren Gewicht von 500 kg Darrgewicht etwa 250 kg Kohlenstoff gespeichert sind (Frühwald *et al.*, 2002).

Bei der Oxidation von Kohlenstoff [C] zu Kohlenstoffdioxid [CO₂] entsteht aus 1 kg C 3,67 kg CO₂ (Mortimer *et al.*, 2014).

8. Energiegehalt des Restholzaufkommens

Der Kohlenstoff bzw. die in 1 m³ Holz gebundenen 920 kg CO₂-Äquivalente werden durch Abbauprozesse bzw. durch die direkte energetische Nutzung wieder freigesetzt (Köhl *et al.*, 2008). Für die Berechnung des Substitutionspotenzials von Diesel durch Holz wird ein Ausstoß von 2,64 kg CO₂ pro Liter Diesel zugrunde gelegt (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2015).

Für die Berechnung des durchschnittlichen CO₂-Gehaltes in den Resthölzern in Surinam wird die Holzdichte pro cm³ (vgl. Tab. 5.7) der in der Sägeindustrie verwendeten Holzarten auf Basis des Anteils am Einschlag ermittelt. Hierfür wird die spezifische Dichte gemäß der am Einschlag beteiligten 10 wichtigsten Holzarten, die 2013 61 % des Einschlages ausmachten, gewichtet. Für die übrigen 145 Baumarten, die 39 % des Einschlags ausmachen, wird angenommen, dass deren Dichte dem Mittelwert der Dichte der 10 wichtigsten Holzarten entspricht. Hieraus resultiert eine mittlere Dichte von 0,79 cm³. Das gemittelte Gewicht von 1 m³ Holz beträgt dementsprechend 790 kg, wovon etwa 50 % Kohlenstoff sind, also 395 kg C/m³. Nachstehend wird in 8.2 die Berechnung des gemittelten CO₂-Gehaltes pro m³ aufgeführt:

$$395 \text{ kg C/m}^3 \cdot 3,67 \text{ kg CO}_2 = 1.450 \text{ kg CO}_2 \quad (8.2)$$

Die Monetarisierung der möglichen CO₂-Einspareffekte erfolgt über einen gemittelten Preis der CO₂-Zertifikate von 12 € pro Tonne (Prima Klima, 2015). Emissionen aus der Restholzbereitstellung und dem Transport bleiben bei der Betrachtung unberücksichtigt.

8.2. Ergebnisse Energiegehalt des Restholzaufkommens

8.2.1. Potenziell verfügbarer Energiegehalt

Die Restholzmenge variiert von knapp 164.000 m³ bei der geringsten Schnittholzausbeute bis etwa 98.500 m³ bei der höchsten. Daraus resultiert ein Heizwert von 751 Mio. kWh bei der niedrigsten Schnittholzausbeute und etwa 451 Mio. kWh bei der höchsten. Je nach Ausbeute entspricht dies einem Dieseläquivalent von 46,0 - 76,7 Mio. l bzw. 59,8 - 99,7 Mio. €. Die Ergebnisse sind in Tab. 8.1 dargestellt.

Tabelle 8.1.: Energetisches Potenzial der Resthölzer (atro) abhängig von der Schnittholzausbeute

		bei einer Ausbeute von		
	Einheit	50 %	60 %	70 %
Restholzmenge	m ³	164.000	131.200	98.400
Restholzmenge	Mio. t	129,56	103,65	77,74
Heizwert	MWh	751.448	601.158	450.869
El. Leistung	MWh	263.007	210.405	157.804
Dieseläquivalent	Mio. l	76,7	61,3	46,0
Diesel-Kosten	Mio. €	99,7	79,7	59,8

8. Energiegehalt des Restholzaufkommens

Nachstehend wird die potenzielle elektrische Leistung aus der Restholznutzung auf den derzeitigen Energieverbrauch in Surinam bezogen. Es werden etwa 1,572 Milliarden kWh (1.572.000 MWh) jährlich an Strom verbraucht. Der derzeitige Energiemix basiert auf 54,1 % fossilen Energieträgern und 45,9 % Wasserkraft (CIA, 2014). Die aus den Resthölzern produzierte elektrische Energie könnte bei der höchsten Schnittholzausbeute 10 % und bei der niedrigsten 16,7 % des Gesamtenergieverbrauchs ausmachen. Bezogen auf die fossilen Energien könnte der Anteil zwischen 18,6 % und 30,9 % liegen.

Die nachstehende Tabelle 8.2 gibt die potenziellen Anteile bezogen auf den Gesamtenergieverbrauch und auf die fossilen Energieträger wider.

Tabelle 8.2.: Substitutionspotenzial Energie aus Resthölzern bezogen auf den Energiebedarf Surinams in Abhängigkeit von der Schnittholzausbeute

	Einheit	Schnittholzausbeute		
		50%	60%	70%
Anteil an:				
Gesamtenergie	%	16,7	13,4	10,0
fossiler Energie	%	30,9	24,7	18,6

8.2.2. Kohlenstoffgehalt

Der gespeicherte Kohlenstoffgehalt pro Energiemenge im Holz ist höher als bei Diesel. Jedoch wird bei der Verbrennung von Holz zur Energieerzeugung kein zusätzlicher bzw. fossiler Kohlenstoff emittiert (Kaltschmitt & Wiese, 2013). Bei der Berechnung werden die für das Jahr 2013 anfallenden CO₂-Emissionen, die bei der Aufarbeitung und beim Handling der Resthölzer entstehen, nicht berücksichtigt. In Abhängigkeit von der jeweiligen Schnittholzausbeute beträgt der Kohlenstoffgehalt der Resthölzer 143.000 - 238.000 t CO₂. Es besteht bei der Verbrennung der Resthölzer statt Diesel zur Energieerzeugung in Abhängigkeit von der Schnittholzausbeute ein Einsparpotenzial von 121.500 - 202.000 t CO₂ (siehe Tab. 8.3). Bei einer monetären Be-

Tabelle 8.3.: CO₂-Gehalt der Resthölzer und das CO₂-Substitutionspotenzial durch die Verbrennung von Holz statt Diesel zur Energieerzeugung sowie Kompensationskosten für den CO₂-Ausstoß in Abhängigkeit von der Schnittholzausbeute für das Jahr 2013

	Einheit	Schnittholzausbeute		
		50%	60%	70%
Kohlenstoff gebunden im Holz	t CO ₂	237.800	190.240	142.680
Kohlenstoff aus Dieselverbrennung	t CO ₂	202.000	162.000	121.500
Kompensationskosten aus Dieselverbrennung	Mio.€	2,4	1,9	1,5

trachtung der Kosten für die vermiedene Emission von CO₂ durch die Substitution von fossilen Energieträgern (hier Diesel) durch die Nutzung der Resthölzer ergeben sich wiederum abhängig von der Schnittholzausbeute Werte von 1,5 - 2,4 Mio.€.

Das im Restholz gebundene CO₂ sowie das Substitutionspotenzial aus der Verbrennung von Holz statt Diesel in Abhängigkeit von der Schnittholzausbeute und die Kosten für eine Kompensation sind in Tab. 8.3 dargestellt.

8.3. Diskussion Potenziale der energetischen Verwertung der Resthölzer

Auf Basis des Rundholzeinschlags von 2013 wurde das energetische Potenzial des Restholzaufkommens und die darin enthaltene potenzielle elektrische Leistung bestimmt. Anschließend wurde das mögliche Substitutionspotenzial von Diesel errechnet und die damit einhergehenden vermiedenen CO₂-Emissionen. Eine Monetarisierung des Einsparpotenzials an Diesel und der vermiedenen CO₂-Emissionen erfolgte im Anschluss.

Ein hohes Potenzial für biomassebasierte Kraftwerke wurde identifiziert, besonders vor dem Hintergrund, dass keine sonstige Verwertung stattfindet und die Resthölzer überwiegend im Bereich der Hauptstadt anfallen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass der allein aus den Resthölzern der Sägeindustrie gewonnene Anteil an elektrischer Energie in Bezug auf die fossilen Energien in Surinam zwischen 18,6 % und 30,9 % pro Jahr betragen könnten. Dies entspräche einem Dieseläquivalent von 46,0 - 76,7 Mio. l, der benötigt würde um die entsprechende Energie mit Generatoren zu erzeugen, mit einem Wert von 59,8 - 99,7 Mio. €.

Die Verwertung der Resthölzer in regionalen Blockheizkraftwerken und die Produktion von Strom und Prozesswärme für die technische Schnittgutttrocknung bzw. Kältegewinnung für die Klimatisierung von Gebäuden kann einen hohen Beitrag zur CO₂-Reduktion liefern. Die Produktion ist klimaneutral, wenn nur Pflanzenreste und Abfälle verwertet werden, da nur das CO₂, welches in der Pflanze gebunden wurde, freigesetzt wird (Kaltschmitt & Wiese, 2013). In Abhängigkeit von der Schnittholzausbeute besteht ein Einsparpotenzial von 121.500 - 202.000 t CO₂ bei der Verbrennung der Resthölzer statt Diesel zur Energieerzeugung. Surinam könnte mit der biomassebasierten Energieproduktion einen hohen Anteil der mit fossilen Energieträgern produzierten Energie substituieren. Gerade im Hinblick auf steigende Energiekosten wird diese Alternative immer interessanter. Es ergibt sich ein hohes Kostensenkungspotenzial.

Außerdem würden Kohlendioxidemissionen reduziert und Surinam würde sich in der Energieproduktion von Entwicklungen am Ölmarkt unabhängiger machen. Auch für einzelne Sä-

8. Energiegehalt des Restholzaufkommens

gewerke, die derzeit ihren Strom für die Maschinen mittels Generatoren produzieren, stellen Kleinkraftwerke eine Alternative dar.

Beispielsweise verbraucht ein kleines Sägewerk pro Woche 500 l Diesel zum Betreiben des Generators, der der Stromerzeugung dient (Matai, 2012b). Bei 40 Wochen laufenden Betriebs pro Jahr werden im Schnitt 20.000 l Diesel, bei einem aktuellen Literpreis von 1,25 -1,50 €/l, mithin 25.000 - 30.000 Euro, eingesetzt. Die Investition in ein mittleres Biomasse-Blockheizkraftwerk beläuft sich auf 130.000 Euro (Ligento, 2016). Innerhalb von 4 - 6 Jahren hätte sich die Anfangsinvestition refinanziert, vorausgesetzt eine günstige Finanzierung wäre gegeben. Diese Anlagen entfalten jedoch ihren höchsten Wirkungsgrad bei Nutzung der Prozesswärme. Daher ist eine Kombination aus der Stromproduktion und der Wärme für den Betrieb der Trocknungskammern ideal. Hier wäre es jedoch sinnvoll den Aufbau bzw. die Installation von gemeinschaftlichen Trocknungszentren zu fördern, um die Trockenkammern voll auszulasten und um notwendiges Spezialwissen und Know-how für die Trocknung auf einige wenige Experten zu konzentrieren.

Die stoffliche Verwertung ist der energetischen vorzuziehen. Im Rahmen der stofflichen Verwertung wird der im Holz gespeicherte Kohlenstoff in Abhängigkeit der aus dem Holz gefertigten Produkte für Jahre bzw. Jahrzehnte der Atmosphäre entzogen und gespeichert (Köhl & Frühwald, 2009). Um die höchsten CO₂-Einsparpotenziale zu erzielen, ist die stoffliche Nutzung und eine Kaskadennutzung der Ressource Holz in Surinam zu etablieren und erst am Ende der Produktlebensdauer eine energetische Verwertung vorzunehmen. Hierfür ist die Entwicklung und die Förderung von im besonderen mittelständischen Unternehmen zu fördern, die aus kurzen Reststücken Produkte wie z.B keilgezinkte Massivholzplatten herstellen.

Es bleibt zu untersuchen, ob eine Verstromung vor Ort möglich ist und welche Kraftwerkstypen am geeignetsten sind, insbesondere unter tropischen Bedingungen. Aufgrund unterschiedlicher Holzinhaltsstoffe und der Vielzahl an Holzarten bleibt zu untersuchen, ob es Besonderheiten bezüglich des Verbrennungsprozesses mit ggf. höheren Ascheanteilen gibt.

Weiterer Forschungsbedarf besteht im Kontext der Produktion von Pellets und Briketts für den Export.

Zur Erhöhung der Ressourceneffizienz ist die Nutzung der Resthölzer für die Energiegewinnung als aktiver Beitrag zur Reduktion von CO₂-Emissionen anzusehen. Neben den Kosten für Diesel könnten CO₂-Emissionen eingespart werden und Surinam wäre von Entwicklungen am Ölmarkt unabhängiger.

9. Gesamtdiskussion und Schlussfolgerungen

Mit dieser Arbeit wird ein effizientes und leicht zu handhabendes Verfahren für die Ausbeutemessung im Produktionsablauf dargestellt. Durch die Einschnittssimulation wird ein Vergleich zwischen dem *IST*- und dem *SOLL*-Zustand ermöglicht, nicht zuletzt durch die direkte Berücksichtigung der Rundholzparameter sowie der Schnittholzgeometrie. Die Produktionsbedingungen beim Einschnitt fließen direkt in die Messungen ein und es werden im Rahmen der Simulation belastbare Werte errechnet.

Die Studie zeigt die Notwendigkeit einer ganzheitlichen Betrachtung der Waldverlustgeschichte auf. Es wird dargestellt, dass eine intensive Zusammenarbeit der Akteure der Holzbereitstellung, der Verarbeitung und des Handels notwendig ist, um eine hohe Ressourceneffizienz zu erreichen.

Die Ergebnisse der Studie basieren auf einer Fallstudie in Surinam. Es wurde mit Hilfe der gewählten Methoden ein gesamtheitlicher Überblick über die Holzwirtschaft mit dem Schwerpunkt der Schnittholzerzeugung in Surinam gewonnen sowie das Potenzial zur Steigerung der Ressourceneffizienz und des Ertrages ermittelt. Hierfür wurden 4 Teilstudien durchgeführt:

- Erarbeitung von Rundholzkennzahlen
- Expertenbefragung in Sägewerken und Holzhandelsbetrieben
- Ausbeutemessung und Ausbeuteoptimierung
- Abschätzung des energetischen Potenzials der nicht genutzten Resthölzer

Zur Rohstoffbeschreibung wurden die Daten von über 1 Mio. Stämmen ausgewertet, daraus Rundholzkennzahlen abgeleitet und erstmals auf Basis eines solch umfangreichen Datensatzes für Surinam veröffentlicht. Anschließend wurden 60 % der Sägewerke ausführlich befragt und besichtigt. Die gewonnenen Informationen wurden durch weitere Befragungen in Holzhandelsbetrieben ergänzt. Ausbeutemessungen zur Analyse des *IST*-Zustands fanden in 3 Sägewerken unterschiedlicher Größenklassen statt. Die erhobenen Ausbeutewerte wurden mithilfe einer Einschnittssimulation nachkalkuliert und ein Ausbeuteoptimum (*SOLL*-Zustand) der betrachteten Rundhölzer rechnerisch ermittelt. Aus den bei den Messungen erfassten Restholzmengen wurde unter Beachtung der lokalen Gegebenheiten der energetische Nutzen sowie das Kohlenstoffesparpotenzial abgeleitet.

Die Arbeit belegt, dass neben den bekannten Problemen wie veraltete und obsoletere Maschinen Entscheidungen in der Schnittholzverarbeitung fehlerhaft getroffen werden (Noack, 1995;

Loehnertz *et al.*, 1996; Enters, 2001; Lohmann, 2012). Generelle Indikatoren hierfür sind in Kapitel 7.2.3 erörtert und für die falsche Auswahl von Schnittbildern vor dem Sägen und nach dem Vorschnitt quantifiziert.

Darüber hinaus eröffnet das in dieser Arbeit dargestellte Nachweiskonzept der nicht erschöpften Ausbeute und ungenutzten Ressourcen ein Handlungsfeld des nationalen wie auch internationalen Wald- und Klimaschutzes. In Anbetracht der von äußeren Einflüssen geringen Störungen und der klaren, immer wiederkehrenden Produktionsabläufe im Sägewerksbetrieb sind Maßnahmen zur Ressourceneffizienz dort verhältnismäßig einfach umzusetzen und zu kontrollieren.

Für die Fallstudie können auf Basis der Ergebnisse Optimierungspotenziale des Rohstoffeinsatzes bzw. für die Erhöhung der Ausbeute bereitgestellt werden. Es wurde außerdem das Substitutionspotenzial von fossilen Energieträgern und das CO₂-Einsparpotenzial für Surinam hochgerechnet bei einer möglichen Verstromung der Resthölzer.

Durch die Steigerung der Ressourceneffizienz kann die jährlich zur Befriedigung des Holzbedarfes bewirtschaftete Fläche reduziert werden. Dies ist besonders im Hinblick auf die langen Erholungsphasen im tropischen Regenwald von Bedeutung, die mindestens 50 - 100 Jahre betragen müssten (Putz *et al.*, 2012).

9.1. Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse aus den Teilstudien

In Surinam wird überwiegend mittleres bis starkes Baumholz geerntet, sehr starkes Holz nur in sehr geringem Umfang. Die Hölzer sind überwiegend vollholzig und weisen eine geringe Ovalität aus, wobei überwiegend von guten Schaftformen der surinamischen Hölzer auszugehen ist. Es findet eine starke Konzentration auf einige wenige Holzarten statt. Fast 60 % des Einschlagvolumens konzentriert sich auf 10 Holzarten.

Die Sägewerke in Surinam sind technisch veraltet und störungsanfällig. Die Schnittgenauigkeit ist schlecht und die Schnitffugentoleranz ist hoch. Die Unternehmen verfügen über eine geringe Rendite und Eigenkapitalquote. Aufgrund fehlender Sicherheiten und unzureichender Betriebsbuchführung werden Neuinvestitionen und Ersatzinvestitionen von Banken abgelehnt oder Kredite zu hohen Zinsen (21 %, Stand 2013) vergeben. Eine Infrastruktur für eine weitergehende Produktveredelung ist nur in äußerst geringem Umfang vorhanden. Als Haupteinschnittsmaschine werden überwiegend Gattersägen verwendet. Die Naturalbuchführung im Sägewerk wird vernachlässigt. 58 % der befragten Säger erfassen ihre Ausbeute. Von diesen wird die Ausbeute deutlich überschätzt. So geben 45 % der Säger Ausbeutewerte von 70 - 90 % an, welche nicht realistisch sein können. Die Rundholzbeschaffung ist mit 51 % der höchste Kostenfaktor.

9. Gesamtdiskussion und Schlussfolgerungen

Resthölzer und Sägespäne werden ungenutzt deponiert bzw. verbrannt. Es herrscht ein Mangel an qualifiziertem Personal, jedoch werden auch kaum Mitarbeiterschulungen durchgeführt. Im Land gibt es kaum Trocknungskapazitäten - diese sind für eine weitere Produktveredelung jedoch essentiell.

Über die Hälfte aller Säger verfügen über eine eigene Konzession. 40 % von diesen besitzen einen angeschlossenen Holzhandel. Aufgrund der Gesetzgebung, die eine Weiterverarbeitung ab einer gewissen Konzessionsgröße vorschreibt, wurden Konzessionäre zwangsläufig zu Sägewerksbetreibern, ohne dass sie über eine besondere Ausbildung bzw. Fachwissen verfügen. In Surinam gibt es keine längenabhängige Preisstaffelung bei Schnitthölzern. Unbeachtet bei der Preisgestaltung ist hierbei, dass mit zunehmender Länge die Ausbeute abnimmt (vgl. 4.4).

Die ermittelten Ausbeutewerte in den Betrieben zeigen, dass die Betriebe trotz unterschiedlicher Holzarten, Stammdimensionen, produzierter Schnittholzdimensionen und Sägen eine Gesamtausbeute haben, die nur wenig voneinander abweicht. Der Mittelwert der gemessenen Gesamtausbeute über alle Betriebe beträgt 50,8 % und entspricht etwa dem Wert von Enters (2001) aus zahlreichen Ländern. Im Vergleich zur Literatur ist dieser Wert höher als von Whiteman (1999); Playfair (2007); Bhairo-Marhé *et al.* (2009); Sumter (2012) für Surinam beschrieben (vgl. Tab. 3.9).

Die Abweichung zwischen dem gemessenen *IST-Wert* und dem Zielwert $Soll_{Min}$, den der Säger unter den gegebenen Voraussetzungen hätte erreichen müssen, beträgt 21,4 %. Dies lässt sich überwiegend auf eine falsche Stammpositionierung und technische Mängel zurückführen. Die Abweichung des gemessenen *IST-Wertes* und des Zielwertes $Soll_{Max}$ beträgt über alle Betriebe 32,9 %. Hierin sind die Abweichungen basierend auf der falschen Positionierung des Stammes sowie aufgrund technischer Mängel aber auch einer den Stammholzdimensionen nicht optimal angepassten Schnittbildauswahl enthalten.

Es ergibt sich ein allein auf Basis der richtigen Schnittbildauswahl gegebenes Optimierungspotenzial von 9,5 %. Bei Erreichen des Zielwertes $Soll_{Min}$ würde die Schnittholzausbeute bei 61,4 % liegen und bei Erreichen des optimierten Wertes $Soll_{Max}$ würde diese 67,2 % betragen können. Der den Rundholzdimensionen angepassten Schnittbildauswahl wird nicht genügend Rechnung getragen. Die Kontrolle der Säger ist nicht ausreichend; sie sind sich der Konsequenzen der falschen Zusammenstellung der Schnittsätze nicht bewusst. Eine Erfassung der Ausbeute findet nur rudimentär statt. Die Produktionsergebnisse werden nicht nachkalkuliert.

Bei Übertragung der Ergebnisse auf die Gesamtsituation könnte die produzierte Schnittholzmenge theoretisch bei gleichem Rundholzinput bei Erreichen von $Soll_{Min}$ um 21 % und um 33 % bei $Soll_{Max}$ erhöht werden. Ferner ergibt sich eine theoretische Reduzierung der für die Befriedigung der nachgefragten Rundholzmenge bewirtschafteten Waldfläche bei Erreichen eines $Soll_{Min}$ um 18 % und um 25 % bei $Soll_{Max}$.

Ein hohes Potenzial für biomassebasierte Kraftwerke wurde identifiziert, besonders vor dem Hintergrund, dass keine sonstige Verwertung stattfindet und die Resthölzer überwiegend im Bereich der Hauptstadt anfallen. Es zeigt sich, dass allein der aus den Resthölzern der Sägeindustrie gewonnene Anteil an elektrischer Energie in Bezug auf die fossilen Energien in Surinam zwischen 18,6 % und 30,9 % betragen könnte. Dies entspräche einem Dieseläquivalent von rund 46 - 77 Mio. l bzw. rund 60 - 100 Mio. €.

Die Verwertung der Resthölzer in regionalen Biomasse-Blockheizkraftwerken und die Produktion von Strom und Prozesswärme für die technische Schnittholztrocknung bzw. Kältegewinnung für die Klimatisierung von Gebäuden könnte einen hohen Beitrag zur CO₂-Reduktion liefern. In Abhängigkeit von der Schnittholzausbeute besteht ein Einsparpotenzial von 121.500 - 202.000 t CO₂ bei der Verbrennung der Resthölzer statt des Einsatzes von Diesel zur Energieerzeugung. Die Investition in ein mittleres Biomasse-Blockheizkraftwerk beläuft sich auf etwa 130.000 Euro (Ligento, 2016). Innerhalb von wenigen Jahren hätte sich die Anfangsinvestition refinanziert, vorausgesetzt eine günstige Finanzierung wäre gegeben. Diese Anlagen entfalten jedoch ihren höchsten Wirkungsgrad bei Nutzung der Prozesswärme. Daher ist eine Kombination aus der Stromproduktion und der Wärme für den Betrieb von Trocknungskammern ideal.

9.2. Kritische Beurteilung der Untersuchung und der Ergebnisse

Aufgrund der isolierten Lage und des guten Kontrollsystems der Forstverwaltung SBB erwies sich Surinam als geeignetes Land für die Durchführung der Fallstudie, da gesicherte Informationen über die Holzflüsse vorliegen. In Surinam mangelt es bisher an Forschung zur Ressourceneffizienz und Schnittholzproduktion. Die Ergebnisse der Arbeit haben bedingte Aussagekraft in Bezug auf andere tropische Länder. Um gesicherte Aussagen zu treffen, wären weitere Studien in anderen tropischen Ländern erforderlich. Die vorliegenden Ergebnisse sowie die für andere tropische Länder durchgeführten Studien (Noack, 1995; Enters, 2001; Amoah, 2008) weisen auf ein hohes Handlungspotenzial hin.

Die erarbeiteten Rundholzkennzahlen liefern erstmals für Surinam eine umfassende Darstellung der Hölzer in Bezug auf ihre Stammeigenschaften. Auf Basis der Grundgesamtheit des Datensatzes von über 1 Mio. Stämmen der Jahre Januar 2005 bis Juli 2015 wurden belastbare Ergebnisse für die Hauptholzarten errechnet.

Die umfangreiche Expertenbefragung in über 60 % der zufällig ausgewählten Sägewerke erfasste neben der technischen Ausstattung eine Vielzahl von qualitativen Merkmalen. Die gewonnenen Erkenntnisse dienen der Sektorbeschreibung und Interpretation der Messergebnisse. Anhand der qualitativen Befragung werden die Stärken und Schwächen des Sägebetriebs aus Sichtweise

9. Gesamtdiskussion und Schlussfolgerungen

der Säger dargestellt und anschließend bewertet. Ergänzend lieferten die Befragungen in den Holzhandelsbetrieben weitere Erkenntnisse zur Situation der Holzwirtschaft.

Die Ausbeutemessung mittels Federwaage ermöglichte eine störungsfreie Messung im normalen Betriebsablauf. Da die zu produzierenden Schnitthölzer sowie die Auswahl der Stämme nicht vorgegeben wurden, war es möglich, Ausbeuten unter realen Praxisbedingungen zu erheben. Ein Vergleich zwischen den Betrieben lässt sich aufgrund der den Sägern überlassenen Auswahl der Holzart und Schnittholzdimension nicht ziehen. Für eine höhere Generalisierbarkeit müsste der Stichprobenumfang erhöht werden und weitere Maschinenkombinationen wären miteinzubeziehen.

Das Ergebnis der Ausbeutemessung (*IST-Wert*) und die folgende Nachkalkulation mithilfe der Einschnittssimulation TICALC ermöglicht es, die Abweichung vom Zielergebnis ($Soll_{Min}$) und das Optimierungspotenzial ($Soll_{Max}$) am Einzelstamm aufzuzeigen. Der Vergleich der Simulationswerte aus der Nachkalkulation und Optimierung ist frei von Einflüssen der Verarbeitungsmaschinen, deren Bedienung, Stammpositionierung, möglichen Holzdefekten sowie Messfehlern. Mit diesem Verfahren ist es möglich, eine Bewertung der vom Säger getroffenen Entscheidungen hinsichtlich der verwendeten Schnittbilder vorzunehmen. Kritisch betrachtet sind diese Ergebnisse jedoch nur repräsentativ für den Probenumfang.

Die Untersuchung zur Restholzverwertung fand unter dem Gesichtspunkt einer energetischen Nutzung und einer monetären Bewertung sowie klimaschutzpolitischer Betrachtungen statt. Eine vorzuziehende stoffliche Verwertung der Resthölzer wurde nicht untersucht. Eine großindustrielle Verwertung der Resthölzer bedarf kapitalintensiver Investitionen. Aufgrund der notwendigen Investitionskosten von etwa 100 Mio. € für ein Spanplatten- oder MDF-Werk (Schulte *et al.*, 2002) stellt dies für Surinam keine Handlungsoption dar. Für die Optimierung und Ausschöpfung des Potenzials dieser modernen Anlagen mangelt es an Expertenwissen und technischem Know-how im Land. In Anbetracht des jährlichen Rundholzeinschlags ist eine kontinuierliche und nachhaltige Rohstoffversorgung in Surinam kaum zu erreichen.

Jedoch liegt im Bereich der Verwertung von kleinen bzw. kurzen Reststücken ein Handlungsfeld für kleine und mittelständische Betriebe, etwa bei der Herstellung von keilgezinkten Massivholzplatten. Eine wesentliche Grundlage hierfür wäre eine qualitativ hochwertige Schnittholztrocknung.

Die Berechnungen des Energiegehaltes der Resthölzer und dessen monetäre Bewertung zeigen das mögliche Potenzial einer auf nachwachsenden Rohstoffen basierenden Energieversorgung sowie das Substitutionspotenzial fossiler Brennstoffe in Surinam auf. Im Rahmen dieser Arbeit blieben der Transport und andere Faktoren der Restholzbereitstellung sowie Investitionskosten in Kraftwerke unberücksichtigt.

9.3. Schlussfolgerungen für die praktische Umsetzung

Im Rahmen dieser Studie wurden folgende Schlüsselstellen in der Produktion zum Erreichen einer optimierten Ausbeute identifiziert: **Stammausrichtung**, **einzelstammweise Kontrolle der Ausbeute** sowie **Schnittbildauswahl**. Es zeigte sich, dass die Ausbeute einzelner Stämme der Stichprobe nicht weiter optimiert werden konnte. Diese Stämme wurden bereits mit dem an ihre Dimensionen optimal angepassten Schnittbild eingesägt. Dies deutet darauf hin, dass trotz der veralteten und einfachen Sägetechnik gute Ausbeuten erzielt werden können. Auf Basis der Ergebnisse werden nachfolgende Empfehlungen für die praktische Umsetzung vorgestellt.

Für das optimale Schnittergebnis ist die exakte Stammausrichtung von grundlegender Bedeutung (Fronius, 1989; Enters, 2001; Lohmann, 2012). Dies ist ohne Hilfsmittel nur schwer einzuhalten, besonders bei den beobachteten langen Schnitthölzern in Surinam. Linienlaser an den Haupteinschnittsmaschinen sowie Besäumern würden hier verhältnismäßig günstige Lösungsansätze bieten.

Durch Messungen mit einer Federwaage gemäß der praktizierten Ausbeutemessung wäre eine betriebsinterne Kontrolle zwischen Rundholzeingang und Schnittholzproduktion möglich, wodurch Entscheidungsfehler in der Produktion auffallen und vermieden werden könnten, ohne dass zusätzliches Personal benötigt wird. Die Kosten für einen Linienlaser und eine Federwaage von jeweils etwa 500 € sind in Anbetracht des Umsatzes gering (Steinberg, 2013; LAP, 2015).

Deutliche Ursachen für den hohen Verlust bei der Schnittholzerzeugung in Surinam sind Fehlentscheidungen im Verarbeitungsprozess, ein den Stammholzdimensionen nicht angepasstes Schnittbild oder eine falsche Sortierung vor dem Sägen und nach dem Vorschnitt. Dies zeigt, dass trotz veralteter Technik und abgängiger Maschinen die Auswahl der Schnittbilder einen überwiegenden Einfluss auf das Betriebsergebnis im Sägewerk hat.

Ein in den Sägewerken häufig beobachteter Fokus des möglichst hohen Durchsatzes muss auf eine möglichst hohe Ausbeute am Einzelstamm gelenkt werden. Hierbei ist besonders auf die korrekte Sortierung innerhalb eines Schnittsatzes hinzuweisen und dass ein dem Stamm entsprechendes Schnittbild auszuwählen ist.

Als Hilfsmittel für die Entscheidungsunterstützung für den Rundholzeinteiler und Sägeführer könnte eine Tablet-basierte Einschnittssimulation dienen. Hiermit kann sich der Rundholzeinteiler bzw. Sägeführer Schnittbildvorschläge auf Basis der realen Stammholzparameter errechnen lassen und eine optimale Einteilung vornehmen, da er direkt Ausbeute- sowie Rohertragswerte aus der Einschnittssimulation erhält.

Entsprechende Programme, ähnlich der in der Arbeit verwendeten Einschnittssimulation von TICALC, berechnen auf Basis der Stammholzparameter dreidimensionale Modelle der Stäm-

9. Gesamtdiskussion und Schlussfolgerungen

me. In einer anschließenden Einschnittssimulation wird nicht nur die Ausbeutemaximierung sondern auch die Verteilung zwischen Haupt- und Nebenerzeugnis mit dem Ziel errechnet, eine Rotertragsmaximierung am Einzelstamm zu erreichen. Hierdurch könnten mangelnde Sorgfalt und fehlende Qualifikation der Personengruppe in Schlüsselpositionen bei der Schnittholzerzeugung ausgeglichen werden. Die Anwendung kann eine kostengünstige Maßnahme für eine deutliche Erhöhung der Schnittholzausbeute und Steigerung des Rotertrags bewirken. Die Entscheidung und die exakte Stammausrichtung bleiben weiterhin in der Verantwortung des Sägeföhrers und Rundholzeinteilers.

Eine vollautomatische Stammzuföhrung und Rundholzvermessung mit Schnittbildanpassung ist in Groösaögewerken in Europa und den USA weit verbreitet. Sie stellen für Surinam keine Alternative dar, da das Investitionsvolumen zu hoch ist und die Verarbeitungskapazitäten zu niedrig sind. Ferner müsst die Technik an die tropischen Gegebenheiten angepasst werden.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass ein alleiniger Technologietransfer und Finanzierungsmechanismen zur Erneuerung der Sägewerkstechnik in Surinam ohne Schulungen nur von begrenzter Wirkung bleiben würden. Eine technische Modernisierung von Sägewerken würde ohne die notwendigen Schulungen zwangsläufig die Potenziale hieraus nicht ausschöpfen, da weiterhin wichtige Entscheidungen in Bezug auf Stammausrichtung und Schnittbildauswahl von den Arbeitern nicht umgesetzt werden könnten.

Die energetische Verwertung der Resthölzer könnte in regionalen Blockheizkraftwerken erfolgen, die Strom und Prozesswärme für die technische Schnittholztrocknung bzw. Kältegewinnung für die Klimatisierung von Gebäuden und Industrieanlagen bereitstellen.

Als vorteilhaft erweist sich hierfür die absatzorientierte Ansiedlung der Sägewerke im Einzugsgebiet der Städte, insbesondere der Hauptstadt Paramaribo. Hierdurch sind die Transportwege für die Resthölzer kurz und ein Sammlungs- bzw. Transportproblem kann ausgeschlossen werden (Frühwald, 1978). Die negativen Auswirkungen der derzeit illegalen Praxis der offenen Verbrennung der Resthölzer und des Sägemehls im Stadtgebiet würde reduziert werden. In Bezug auf eine weltweite Verknappung der fossilen Energieträger und deren langfristiger Kostensteigerung wird eine biomassebasierte Energieproduktion immer wirtschaftlicher und notwendiger (Fell, 2007; Nitsch, 2012). Neben Kosten für fossile Brennstoffe würden Kohlendioxidemissionen reduziert werden und Surinam würde sich von Entwicklungen am Ölmarkt unabhängiger machen.

Neben größeren regionalen Blockheizkraftwerken könnten für etwa die Hälfte der befragten Sägewerke, die derzeit ihre Energie mittels Dieselgeneratoren produzieren, Kleinkraftwerke eine ökonomische und ökologische Alternative darstellen. Durch direkt vor Ort installierte Inselanlagen können die Betriebe, die bisher ohne Nutzen entsorgten Resthölzer energetisch verwerten. Beim Betrieb dieser Anlagen entstehen neben Strom große Mengen an Prozesswärme, die für eine Schnittholztrocknung genutzt werden könnte. Diese stellt gleichzeitig die Grundlage für eine

weitere Produktveredelung und Erhöhung der Wertschöpfung dar (ITTO, 2011b; Wagenführ & Scholz, 2012).

Investitionen in Trockenkammern sind für den einzelnen Säger zu kostspielig und es würde ihm meist am notwendigen Fachwissen mangeln. Daher wäre besonders in diesem Bereich ein Zusammenschluss zum gemeinschaftlichen Betrieb einer solchen Anlage bzw. der Aufbau eines Dienstleistungszentrums notwendig. Die Rohstoffheterogenität und unterschiedlichen Schnittholzdimensionen erfordern spezielle Trocknungsprogramme. Die Zusammenstellung von Trocknungschargen verschiedener Hölzer und Dimensionen in einer Kammer liefert oftmals keine guten Ergebnisse. Aus diesen Gründen wären einzelne Säger nicht in der Lage, das Kammervolumen sowie die Auslastung der Anlage voll zu nutzen. Ferner könnte die gemeinschaftliche Trocknung den Ausgangspunkt für eine gemeinschaftliche Exportvermarktung bilden, etwa hinsichtlich gemeinschaftlich gebündelter Sortimenten seltenerer Holzarten (LKS) oder von Hölzern mit außergewöhnlich seltenen qualitativen Merkmalen wie Riegelung, Wimmerwuchs, u.a. Hölzer mit diesen seltenen, hochwertigen Merkmalen werden besonders als Furnierholz, Parkett und im sichtbaren Holzbau nachgefragt. Derzeit werden diese aufgrund fehlender Volumina zu einfachem Schnittholz verarbeitet und einzelne Säger sind aufgrund der geringen Mengen nicht in der Lage, diese zu vermarkten.

Trocknungszentren und die Energieerzeugung aus Resthölzern bedürfen der Anschubfinanzierung (Entwicklungszusammenarbeit). Hierdurch könnte eine biomassebasierte Energieproduktion aufgebaut und gleichzeitig durch den Aufbau von Trocknungszentren der Grundstein für eine weitere lokale Holzverarbeitung gelegt werden. CO₂-Emissionen aus der Substitution von fossilen Brennstoffen würde eingespart und zusätzlich Arbeitsplätze in der klein- und mittelständischen Industrie geschaffen.

Im Rahmen einer Erhöhung der Ressourceneffizienz in der Sägewerksindustrie in Surinam müssten parallel Programme etabliert werden, die einen sozialverträglichen Marktaustritt der ineffizientesten Sägewerke unterstützen.

9.4. Schlussfolgerungen für weitere Forschungen

In Anbetracht der Tatsache, dass es in Surinam keine nationale Waldinventur und somit auch keine Angaben über die Baumartenzusammensetzung im Land gibt, muss dennoch durch die selektive Nutzung davon ausgegangen werden, dass sich das Bestandesgefüge und die Baumartenzusammensetzung langfristig verändert. Dies hat neben ökologischen auch ökonomische Auswirkungen, da der Bestandeswert abnimmt, wenn nur kommerzielle Holzarten entnommen werden (Lamprecht, 1989; Werger, 2011). Ferner kommt es aufgrund der eingeschränkten Nutzung einzelner Holzarten zu höheren Erntekosten, da der gesetzlich zulässige Nutzungssatz

pro Hektar nicht erreicht wird.

Die Holzeigenschaften vieler Holzarten sind bereits beschrieben, jedoch fehlt es häufig an Spezialwissen, beispielsweise im Bereich der Holz Trocknung oder beim Einschnitt. Die Vermarktung und Marktetablierung der LESSER KNOWN SPECIES ist eine Notwendigkeit in der durch die Vielzahl von Holzarten geprägten tropischen Forstwirtschaft. In diesen Bereichen besteht weiterer Forschungsbedarf.

Eine Überarbeitung der surinamischen Gesetzgebung in Bezug auf den Mindesthaubarkeitsdurchmesser von 30 cm sollte unter Berücksichtigung der spezifischen Charakteristika der einzelnen Holzarten überprüft werden, da es zum Beispiel zu unterschiedlich starker Ausprägung des Splintholzes kommt, was Einfluss auf eine optimale Ausbeute und Wertschöpfung hat (vgl. 4.1). Daher sollte sich weitere Forschung auf die Entwicklung von holzartenspezifischen Zielstärkendurchmessern konzentrieren.

Ein weiteres Forschungsfeld ergibt sich im Bereich der Holzernte. Falsche Fälltechniken und hohe Stockhöhen führen dazu, dass Stämme aufreißen und bereits im Wald bzw. im Sägewerk aussortiert werden müssen oder nur eine geringe Ausbeute erzielen. Studien müssten neue Fälltechniken und Fällhilfen wie hydraulische Fällheber in der Praxis untersuchen.

Bei der Schnittholzerzeugung fallen zwangsläufig Koppelprodukte an. Es gilt in weiteren Studien Verwertungsmöglichkeiten für die Resthölzer zu untersuchen, neue Produkte zu entwickeln und deren Praxistauglichkeit in den Tropen zu überprüfen. Besonders die Produktion von Holzwerkstoffplatten wie OSB sowie das Verleimen von kurzen, fehlerfreien Restholzstücken ermöglicht die Herstellung von hochwertigen Produkten aus Holz von schlechterer Qualität. Hier gilt es weiter zu erforschen und praxistaugliche Investitionsmodelle zu entwickeln.

Weitere Forschung im Bereich der Rundholzsortierung und die Entwicklung von Sortierungsregeln ist anzustreben. Derzeit werden mögliche Sortierungsgewinne wie z.B. durch besonders hochwertige Furnierhölzer nicht realisiert. Aufgrund der natürlichen Abholzigkeit ist die Ausbeute bei langen Schnittholzprodukten niedriger als bei kurzen. Daher sind längenabhängige Schnittholzpreise auf dem lokalen Markt zu etablieren.

9.5. Schlussfolgerungen für den internationalen Wald- und Klimaschutz

Eine der derzeitigen Praxis entsprechende isolierte Betrachtung der einzelnen Produktionsstätten Wald und Sägewerk ist nicht zweckmäßig, um eine nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung zu tätigen. Die enge Verknüpfung von Forst- und Holzwirtschaft, wie es in tropischen Ländern typisch ist, bietet vorteilhafte Bedingungen zur Implementierung eines gesamtheitlichen

9. Gesamtdiskussion und Schlussfolgerungen

Nachhaltigkeitskonzepts im Sinne von vermiedener Degradierung, Walderhalt und Ressourceneffizienz.

Die derzeitigen internationalen Initiativen zum Walderhalt und zur Minderung der Walddegradierung (wie REDD+ und CDM) konzentrieren sich auf Maßnahmen, die im Wald stattfinden bzw. auf Aufforstungen beschränkt sind (Angelsen *et al.*, 2009; UNFCCC, 2014).

Im Rahmen von REDD+ werden derzeit fünf nationale Aktivitäten anerkannt: Reduzierung von Emissionen aus Entwaldung, Reduzierung von Emissionen aus Walddegradierung, nachhaltige Waldbewirtschaftung, Erhaltung des im Wald gespeicherten CO₂, Erhöhung des im Wald gespeicherten CO₂ (Angelsen *et al.*, 2009). Es ist zu empfehlen, REDD+ um eine weitere Aktivität zu erweitern: Reduzierung von Emissionen bei der Schnittholzerzeugung durch eine Erhöhung der Ausbeute am eingesetzten Rundholz.

Der in dieser Arbeit geführte Nachweis für ein Ausbeuteoptimierungspotenzial und ungenutzte Ressourcen eröffnet ein bisher vernachlässigtes Aktionsfeld des nationalen wie auch internationalen Wald- und Klimaschutzes. Eine Ausweitung der Mechanismen vom reinen Waldfokus auf die holzverarbeitende Industrie könnte gemäß vorliegender Studie positive Auswirkungen auf die Reduktion von CO₂-Emissionen haben.

Die Ressourcenverwertung obliegt ab Waldkante den Einzelbetrieben. Diese sind für den sinnvollen Ressourceneinsatz verantwortlich. Das ökonomische Prinzip wird in keiner seiner Ausprägungen von *Minimalprinzip*, *Maximalprinzip* und *Optimumprinzip* bei der Ressourcenverwertung ausreichend angewendet. Maßnahmen zu einer effizienteren Nutzung der Ressourcen im Sägewerksbetrieb müssten nicht über staatlich verordnete Programme und private Initiativen wie in der Waldwirtschaft implementiert werden, sondern auf Betriebsebene, wo sie mit relativ geringem Aufwand umgesetzt werden könnten. Ein Sägewerk ist als geschlossene Einheit betrachtet leicht zu überwachen und zu kontrollieren.

Im Vergleich dazu erweisen sich Forstoperationen aufgrund von räumlichen Distanzen, sich ständig ändernden Umweltbedingungen, anderen Baumartenzusammensetzungen, einem sich ändernden Relief oder Witterungseinflüssen als schwieriger zu überwachen und es bedarf eines deutlich höheren Aufwandes, Verfahrensänderungen umzusetzen. Sägewerksbetriebe hingegen zeichnen sich grundsätzlich durch stets wiederkehrende Prozessabläufe aus, die Bearbeitungsschritte folgen einem strikten Muster, die Umweltbedingungen ändern sich minimal und Witterungsverhältnisse wirken sich nur bedingt aus.

Im Rahmen der derzeitigen Klimaschutzpolitik müssen die ökologischen Vorzüge insbesondere in Bezug auf Kohlenstoff gegenüber anderen, überwiegend fossilen Energieträgern, bei der politischen und ökonomischen Betrachtung stärker berücksichtigt werden (Frühwald *et al.*, 2002). Die Vorzüge und Möglichkeiten der stofflichen und energetischen Nutzung sind vielfältig. Diese

9. Gesamtdiskussion und Schlussfolgerungen

beiden Nutzungsformen geraten in den letzten Jahren mehr und mehr in Konkurrenz zueinander (Mantau, 2012; Becker & Brunsmeier, 2013). Bei der Nutzung nachwachsender Rohstoffe auf land- und forstwirtschaftlichen Flächen kommt es zwangsläufig zu Konflikten zwischen Nahrungsmittelproduktion sowie stofflicher und energetischer Nutzung (Faulstich & Greiff, 2008). Daher ist die Nutzung von biogenen Reststoffen auszubauen und deren energetische Nutzung in Form von Wärme, Strom und Kraftstoffen zu erhöhen. Die beim Einschnitt von Rundholz zwangsläufig anfallenden Sägenebenprodukte (Fronius, 1982) werden in Surinam, wie die derzeitige Praxis zeigt, ohne Nutzen überwiegend verbrannt bzw. deponiert (vgl. 6.1.1 und 6.2.1).

Die vorliegende Arbeit zeigt am Fallbeispiel Surinams die Notwendigkeit und Chancen einer ganzheitlichen Betrachtung der Forst- und Holzwirtschaft in der Problematik von Waldverlust und Walddegradierung auf.

Derzeitige politische Aktivitäten und Mechanismen zum Walderhalt beinhalten die nachhaltige Waldbewirtschaftung, SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT (SFM), als Kernelement. Auch die großen Waldzertifizierungssysteme fordern von ihren Mitgliedern eine nachhaltige Waldbewirtschaftung mit dem Ziel der kontinuierlichen Bereitstellung von Holz und Nicht-Holzprodukten sowie von sozialen und kulturellen Dienstleistungen des Waldes und des Ökosystems Wald als Grundlage für eine nachhaltige Entwicklung der Forstwirtschaft (FAO, 2001).

Während weitgehender Konsens hinsichtlich der grundlegenden Bedeutung von SFM für den Wald und somit für den Klimaschutz besteht, bleibt die Holzwirtschaft und deren Rolle in diesem Kontext bisher unterrepräsentiert. Die Arbeit belegt die Notwendigkeit einer weitergehenden Betrachtung der Ressource Holz aus dem Wald bis in die Verarbeitung und welchen Einfluss eine erhöhte Ressourceneffizienz in der holzverarbeitenden Industrie auf den Wald hat. Walderhalt muss als gesamtheitliche Betrachtung vom nachhaltigen Einschlag bis hin zu einer ressourceneffizienten Verarbeitung und der Nutzung der Reststoffe wahrgenommen werden.

Wenn ein Kubikmeter Rundholz im Sägewerk nur zu 50 % genutzt wird und der Rest ohne Nutzung verbrannt oder deponiert wird, wie in der vorliegenden Arbeit belegt, widerspricht dieses Vorgehen den Grundsätzen der Nachhaltigkeit.

Die Aussage von Stern (2007), dass jedes Abkommen zum Klimawandel, in dem die Forstwirtschaft nicht vollständig einbezogen wird, versagen wird, vernachlässigt die in dieser Arbeit aufgezeigten leicht zu realisierenden Einsparziele in der holzverarbeitenden Industrie. Die Forst- und Holzwirtschaft dürfen nicht als einzelne Aktionsfelder, statt dessen müssen sie zusammenhängend als Einheit aufgefasst werden.

Ein überwiegender Teil der Nachhaltigkeitskriterien, die im Wald gefordert und erfolgreich umgesetzt werden, werden in der Holzverarbeitung bisher missachtet und verletzt. Der in internationalen Programmen zum Wald- und Klimaschutz akzeptierte Ansatz von SFM muss um

9. Gesamtdiskussion und Schlussfolgerungen

die Komponente Ressourceneffizienz in der Holzverarbeitung ergänzt und auf eine nachhaltige Waldressourcenbewirtschaftung, SUSTAINABLE FOREST RESOURCE MANAGEMENT (SFRM), erweitert werden.

Literaturverzeichnis

- Abebe, T. & Holm, S., 2003. Estimation of wood residues from small scale commercial selective logging and sawmilling in tropical rain forests of south-western Ethiopia. *International forestry review*, 5(1):45–52.
- Aina, O., Adetogun, A., Adedokun, M. & Onilude, M., 2005. Alternative cooking fuels from sawmill wastes. In: *Farm Management Association of Nigeria Conference*, Seiten 18–20.
- Amoah, M., 2008. *Assessment of raw material utilisation efficiency of the forest-wood chain as influenced by the forest sector reform in Ghana*. Dissertation, Faculty of Forest and Environmental Sciences, Albert-Ludwigs Universität, Freiburg im Breisgau.
- Andrulleit, H., Babies, H.G., Meßner, J., Rehder, S., Schauer, M. & Schmidt, S., 2010. Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2011. Bericht, Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover.
- Angelsen, A., Brown, S. & Loisel, C., 2009. Reducing emissions from deforestation and forest degradation (REDD). An Options Assessment Report, Meridian Institute, Washington, DC.
- Applegate, G., Putz, F., Snook, L. & Research, C., 2004. *Who Pays for and who Benefits from Improved Timber Harvesting Practices in the Tropics? Lessons Learned and Information Gaps*. CIFOR, Indonesien.
- Augusta, U., 2007. *Untersuchung der natürlichen Dauerhaftigkeit wirtschaftlich bedeutender Holzarten bei verschiedener Beanspruchung im Außenbereich*. Dissertation, Universität Hamburg, Hamburg.
- Autorenkollektiv, 1975. *Werkstoffe aus Holz und andere Werkstoffe der Holzindustrie*. VEB Fachbuchverlag Leipzig.
- Baltrušaitis, A. & Pranckevičienė, V., 2005. The Influence of Log Offset on Sawn Timber Volume Yield. *Materials Science (Medžiagotyra)*, 11(4).
- Bamberg, G., Baur, F. & Krapp, M., 2012. *Statistik*, Band 17. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München.

- Barany, M., Hammett, A. & Araman, P., 2003. Lesser used species of bolivia and their relevance to sustainable forest management. *Forest Products Journal*, 53(7/8):28.
- Barreto, P., Amaral, P., Vidal, E. & Uhl, C., 1998. Costs and benefits of forest management for timber production in eastern Amazonia. *Forest ecology and management*, 108(1):9–26.
- Barros, A.C. & Uhl, C., 1995. Logging along the Amazon River and estuary: patterns, problems and potential. *Forest Ecology and Management*, 77(1):87–105.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2015. Infozentrum Umweltwirtschaft.
www.izu.bayern.de/praxis/detail/praxis.php?pid=0203010101217 (abgerufen am 04.06.2015).
- Becker, G. & Brunsmeier, M., 2013. Konkurrenz zwischen stofflicher und energetischer Holznutzung - auch eine Frage der Allokation. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 164(12):382–388.
- Begon, M., Townsend, C. & Harper, J., 2009. *Ecology: From Individuals to Ecosystems*. Wiley-Blackwell, Oxford, UK.
- Bennett, N., 2014. Sawing methods for improving lumber yield recovery of out-of-shape hardwood saw logs. *Gen. Tech. Rep. NRS-130. Newtown Square, PA: US Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station*.
- Berekoven, L., 2009. *Marktforschung - Methodische Grundlagen und praktische Anwendung*. Gabler Verlag, Wiesbaden, 12 Auflage.
- Bergman, R., Cai, Z., Carll, C.G., Clausen, C.A., Dietsberger, M.A., Falk, R., Frihart, C.R., Glass, S.V., Hunt, C.G., Ibach, R.E., Kretschmann, D.E., Rammer, D.R. & Ross, R.J., 2010. Wood handbook - Wood as an engineering material. General Technical Report FPL-GTR-190, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI.
- Bhairo-Marhé, S., Caldeira, W., Pigot, C. & Ramautarsing, W., 2009. *Rapid Assessment of Existing Financial Mechanisms for Sustainable Forest Management in Suriname*. Tropenbos International, Wageningen.
- Bholanath, P., 2012. Enhancing the capacity of the wood processing sector to improve efficiency and add value in Guyana. Project completion report, Guyana Forestry Commission.
- Biasi, C.P. & da Rocha, M.P., 2007. Rendimento em madeira serrada e quantificação de resíduos para três espécies tropicais. *Floresta, Curitiba, PR*, 37(1).

- Blaser, J., Sarre, A., Poore, D. & Johnson, S., 2011. *Status of Tropical Forest Management 2011*. Nummer 38 in: ITTO Technical Series. International Tropical Timber Organization, Yokohama.
- BMUB, 2016. Kyoto-Protokoll. <http://www.bmub.bund.de/themen/klima-energie/klimaschutz/internationale-klimapolitik/kyoto-protokoll/> (abgerufen am 10.02.2016).
- BMWi, 2015. Gesamtausgabe der Energiedaten-Datensammlung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. www.bmwi/DE/Themen/energie.html (abgerufen am 24.06.2015).
- BMZ, 2007. FLEGT – Bekämpfung des illegalen Holzeinschlags als Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung. Bericht, Bundesministerium für Entwicklung und Zusammenarbeit, Bonn.
- Boehm, G., 2011. *Handelshölzer aus Lateinamerika*. Verlag Kessel, Remagen-Oberwinter.
- Bogner, A., Littig, B. & Menz, W., 2009. *Experteninterviews. Theorien, Methoden, Anwendungsfelder*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Bortz, J., 2005. *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. Springer Medizin Verlag, Heidelberg.
- Boscolo, M. & Vincent, J.R., 2000. Promoting better logging practices in tropical forests: A simulation analysis of alternative regulations. *Land Economics*, 76((1)):1–14.
- Bosshard, H., 2013. *Holzkunde - Band 3: Aspekte der Holzbearbeitung und Holzverwertung*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- Brack, D. & Hayman, G., 2001. *Intergovernmental actions on illegal logging: options for intergovernmental action to help combat illegal logging and illegal trade in timber and forest products*. Chatham House [Royal Institute of International Affairs], UK.
- Bringezu, S., Schütz, H., Pengue, W., O'Brien, M., Garcia, F., Sims, R., Howarth, R., Kauppi, L., Swilling, M. & Herrick, J., 2014. Assessing Global Land Use: Balancing Consumption with Sustainable Supply. A Report of the Working Group on Land and Soils of the International Resource Panel. Bericht, UNEP, Nairobi.
- Brouwer, L.C., 1996. *Nutrient cycling in pristine and logged tropical rain forest: a study in Guyana*. Tropenbos Guyana Programme.
- Brüsemeister, T., 2008. *Qualitative Forschung. Ein Überblick*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Burschel, P. & Huss, J., 2003. *Grundriss des Waldbaues - ein Leitfaden für Studium und Praxis*. Ulmer, Stuttgart, 3 Auflage.

- Chen, H.K., 2006. *The Role of CITES in Combating Illegal Logging - Current and Potential*. TRAFFIC International, Cambridge.
- CIA, 2014. The World Factbook. Suriname.
<https://www.cia.gov/library/publications/resources/the-world-factbook/geos/ns.html>
(abgerufen am 06.03.2014).
- CITES, 2014. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. www.cites.org (abgerufen am 26.10.2014).
- Comvalius, L.B., 2010. *Surinamese timber species, characteristics and utilization*. CELOS, Paramaribo, 2. Auflage.
- Czichos, H., Skrotzki, B. & Simon, F.G., 2013. *Das Ingenieurwissen: Werkstoffe*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1. Auflage.
- Danwe, R., Bindzi, I. & Meva'a, L., 2012. Optimization of sawing in wood transformation primary industries. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 5(1):115–132.
- Deeke, A., 1995. Experteninterviews—ein methodologisches und forschungspraktisches Problem. *Experteninterviews in der Arbeitsmarktforschung. Diskussionsbeiträge zu methodischen Fragen und praktischen Erfahrungen, Nürnberg*, Seiten 7–22.
- DeFries, R.S., Rudel, T., Uriarte, M. & Hansen, M., 2010. Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century. *Nature Geoscience*, 3(3):178–181.
- Deppe, H. & Ernst, K., 1982. *Taschenbuch der Spanplattentechnik*. DRW-Verlag.
- DERA, 2011. Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen. Deutsche Rohstoffagentur. www.bgr.bund.de/Dera/rohstoffinformationen (abgerufen am 18.03.2015).
- Dickinson, F., 1981. Welche Faktoren begrenzen die Rohstoffausbeute bei der maschinellen Bearbeitung in Sägewerken? *Holz als Roh-und Werkstoff*, 39(4):131–133.
- DLG, 2007. Elektrischer Wirkungsgrad. Prüfbericht 5664f, Deutsche Landwirtschafts Gesellschaft. www.dlg-test.de/tests/5664F.pdf (abgerufen am 03.04.2015).
- Dykstra, D.P., 1992. Wood residues from timber harvesting and primary processing: a global assessment for tropical forests. Forestry papers, Food and Agriculture Organization (FAO), Rom.
- Dykstra, D.P., 2002. Reduced impact logging: concepts and issues. RAP Publication, Food and Agriculture Organization (FAO), Rom.
- Dykstra, D.P. & Heinrich, R., 1992. Sustaining tropical forests through environmentally sound harvesting practices. *Unasylva*, 43:9–15.

- EFI, 2016. VPA Countries. European Forest Institute.
<http://www.euflegt.efi.int/vpa-countries> (abgerufen am 15.02.2016).
- Enters, T., 1997. Technology scenarios in the Asia-Pacific forestry sector. Asia-Pacific Forestry Towards 2010. Outlook study working papers, Food and Agriculture Organization (FAO), Rom.
- Enters, T., 2001. Trash or treasure? Logging and mill residues in Asia and the Pacific. RAP PUBLICATION 2001/16, Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok.
- Erler, K., 2013. *Holz im Außenbereich - Anwendungen, Holzschutz, Schadensvermeidung*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- ETIFOR, 2014. Forest Management and Chain of Custody (CoC) Certification.
<http://www.etifor.com/en/> (abgerufen am 26.10.2014).
- FAO, 1998. Teak for the Future - Proceedings of the Second Regional Seminar on Teak. Bericht, Forestry Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Yangon, Myanmar.
- FAO, 2001. Criteria and Indicators of Sustainable Forest Management of all types of forests and implications for certification and trade. Cofa-2001/3, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rom.
- FAO, 2009. How to Feed the World in 2050. Bericht, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rom.
- FAO, 2010. Global Forest Resources Assessment 2010. Main report. FAO Forestry Paper 163, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rom.
- FAO, 2013. Statistical Yearbook 2013: World Food and Agriculture. Bericht, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rom.
- FAO, 2014a. Facts and figures Forest Cover. <http://www.fao.org/forestry/28808/en/> (abgerufen am 30.10.2014).
- FAO, 2014b. Food and Nutrition in Numbers 2014. Bericht, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rom.
- FAO, 2014c. Forests of the World. <http://www.fao.org/docrep/u8480e/U8480E0h.htm> (abgerufen am 09.09.2014).
- FAO & ITTO, 2011. The state of forests in the Amazon Basin, Congo Basin and Southeast Asia. Bericht, International Tropical Timber Organization (ITTO), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rom.

- FAOSTAT, 2015. Total world roundwood production.
<http://faostat.fao.org/site/626/DesktopDefault.aspx?PageID=626> (abgerufen am 25.02.2015).
- Faulstich, M. & Greiff, K.B., 2008. Klimaschutz durch Biomasse. *Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung*, 20(3):171–179.
- Fell, H.J., 2007. Anmerkungen zur weltweiten Verknappung fossiler und atomarer Rohstoffe. Jahrestagung FVS. www.fvee.de/fileadmin/publikationen/tmp/jt2007/th2007/24/fell.pdf (abgerufen am 23.12.2015).
- Fengel, D. & Wegener, G., 1983. *Wood - chemistry, ultrastructure, reactions*. Walter de Gruyter, Berlin.
- Flick, U., 2008. *Triangulation. Eine Einführung*, Band 2. Auflage. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Frey, W. & Lösch, R., 2010. Vegetationsgebiete der Erde. In: *Geobotanik*, Seiten 405–486. Springer Berlin Heidelberg.
- Fronius, K., 1978a. Gatter oder Blockbandsäge? In: *Produktivitätssteigerung in der Sägeindustrie - Holzversorgung, Schnittholzausbeute, Strukturveränderung, Technik*, Seiten 81–91. DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen.
- Fronius, K., 1978b. Sägewerkstechnik heute und morgen. In: *Produktivitätssteigerung in der Sägeindustrie - Holzversorgung, Schnittholzausbeute, Strukturveränderung, Technik*, Seiten 81–91. DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen.
- Fronius, K., 1982. *Arbeiten und Anlagen im Sägewerk. Der Rundholzplatz*. DRW-Verlag Weinbrenner, Leinfelden-Echterdingen.
- Fronius, K., 1989. *Arbeiten und Anlagen im Sägewerk. Spaner Kreissägen und Bandsägen*. DRW-Verlag Weinbrenner, Leinfelden-Echterdingen.
- Fronius, K., 1991. *Arbeiten und Anlagen im Sägewerk. Gatter, Nebenmaschinen, Schnitt- und Restholzbehandlung*. DRW-Verlag Weinbrenner, Leinfelden-Echterdingen.
- Fronius, K. & Kellner, R., 1978. Schnittfugenbreite-Ausbeute-Leistung-Erlös. In: *Produktivitätssteigerung in der Sägeindustrie - Holzversorgung, Schnittholzausbeute, Strukturveränderung, Technik*, Seiten 81–91. DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen.
- Frühwald, A., 1978. Die Abfallproblematik in der Holzindustrie unter besonderer Berücksichtigung der Sägeindustrie. In: *Produktivitätssteigerung in der Sägeindustrie - Holzversorgung, Schnittholzausbeute, Strukturveränderung, Technik*, Seiten 81–91. DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen.

- Frühwald, A., Heuvelop, J. & Thoroe, C., 2002. Stellenwert der Forst-und Holzwirtschaft in der Klimapolitik. *Forschungsreport*, 1(2002):35–39.
- Frühwald, A. & Solberg, B., 1995. Life-cycle Analysis: A Challenge for Forestry and Forest Industry. In: *Proceedings of the International Workshop*. European Forest Institute and the Federal Research Centre for Forestry and Forest Products, Hamburg.
- FSC, 2015. Public Certificate Search. Forest Stewardship Council.
<http://info.fsc.org/certificate.php> (abgerufen am 20.03.2015).
- Gaggermeier, A., Hiendlmeier, S. & Friedrich, S., 2014. Energieholz im aufwind. *LWF aktuell*, 103:18.
- Galli, A., Wiedmann, T., Ercin, E., Knoblauch, D., Ewing, B. & Giljum, S., 2012. Integrating ecological, carbon and water footprint into a “footprint family” of indicators: definition and role in tracking human pressure on the planet. *Ecological Indicators*, 16:100–112.
- García-Maraver, A., Popov, V. & Zamorano, M., 2011. A review of european standards for pellet quality. *Renewable Energy*, 36(12):3537–3540.
- Garz, D. & Kraimer, K., 1991. *Qualitativ-Empirische Sozialforschung. Konzepte, Methoden, Analysen*. Westdeutscher Verlag, Opladen.
- Gemerts, G.M., 2013. Small Scale Gold Mining in Suriname. In: *Annual General Meeting of the Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development*. Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development, Genf.
- Gentry, A.H., 1988a. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, Seiten 1–34.
- Gentry, A.H., 1988b. Tree species richness of upper Amazonian forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 85(1):156–159.
- Gerwing, J.J., Johns, J.S. & Vidal, E., 1996. Reducing Waste During Logging and Log Processing: Forest Conservation in Eastern Amazonia. *UNASYLVA-FAO*.
- Gfeller, B., 2000. Holztechnologie. Vorlesungsskript, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.
- Givnish, T.J., 1999. On the causes of gradients in tropical tree diversity. *Journal of Ecology*, 87(2):193–210.
- Global Footprint Network, 2015. Footprint der Welt - Passen wir noch auf den Planeten?
<http://www.footprintnetwork.org/de/index.php/GFN/page/worldfootprint/> (abgerufen am 17.03.2015).

- Gläser, J. & Laudel, G., 2010. *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Government of Suriname, 2009. Report of progress toward achieving sustainable forest management in Suriname. Submission to ITTO by the Foundation for Forest Management and Production Control, Ministry of Physical Planning, Land and Forestry Management. Bericht, SBB, Paramaribo.
- GPP, 2015. Global Petrol Prices. <http://de.globalpetrolprices.com/Suriname/diesel/prices/> (abgerufen am 03.04.2015).
- Graaf, N.d., 1986. *A silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Suriname*. Dissertation, Landbouwhogeschool, Wageningen.
- Gray, J.A., 1994. The economics of tropical forest management: Private depletion versus public sustained management. *The Malaysian Forester*, 57(3-4):171–177.
- Gray, J.A., 2002. *Forest Concession Policies and Revenue Systems: Country Experience and Policy Changes for Sustainable Tropical Forestry*. Nummer Bd. 23-522 in: Document technique de la Banque mondiale. World Bank.
- Gray, J.E., Labson, V.F., Weaver, J.N. & Krabbenhoft, D.P., 2002. Mercury and methylmercury contamination related to artisanal gold mining, Suriname. *Geophysical Research Letters*, 29(23):20–1.
- Gullison, R.E., Frumhoff, P.C., Canadell, J.G., Field, C.B., Nepstad, D.C., Hayhoe, K., Avissar, R., Curran, L.M., Friedlingstein, P., Jones, C.D. *et al.*, 2007. Tropical forests and climate policy. *Science New York than Washington*, 316(5827):985.
- Günter, S., Weber, M., Stimm, B., Mosandl, R. *et al.*, 2011. *Silviculture in the Tropics*. Springer, Berlin Heidelberg.
- Hack, C., 2014. *Volume estimation of standing trees and the influence of wood properties on the economic value exemplified by commercial tropical tree species in Suriname*. Masterarbeit, Universität Hamburg, Institut für Weltforstwirtschaft, Hamburg.
- Hahn, J., Schardt, M., Schulmeyer, F. & Mergler, F., 2014. Der Energieinhalt von Holz. *LWF Merkblatt*, 12.
- Hall, D. & House, J., 1994. Trees and biomass energy: carbon storage and/or fossil fuel substitution? *Biomass and Bioenergy*, 6(1):11–30.
- Häder, P., 1999. *Photosynthese*. Thieme, Stuttgart.
- Helfferrich, C., 2005. *Die Qualität qualitativer Daten. Manual für die Durchführung qualitativer Interviews*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.

- Hendrison, J., 1990. *Damage-controlled logging in managed tropical rain forest in Suriname*. Agricultural University Landbouwhogeschool, Wageningen.
- Ho, K.S. & Gan, K.S., 2002. Effects of processing variables on sawing forces. *Journal of Tropical Forest Products*, 8:72–82.
- Holtham, A., 2011. *Holz trocknen und lagern. Spezialtechniken für Holzwerker*. HolzWerken, Vincentz Network GmbH & Co. KG, Hannover.
- Houghton, R., 2005. Aboveground forest biomass and the global carbon balance. *Global Change Biology*, 11(6):945–958.
- Houghton, R.A., 2003. Revised estimates of the annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use and land management 1850–2000. *Tellus B*, 55(2):378–390.
- Huber, T., 2010. Mit Holz gegen den Klimawandel. *LWF aktuell*, 77:28–30.
- Hugues, T., Steiger, L. & Weber, J., 2002. *Holzbau - Details, Produkte, Beispiele*. Walter de Gruyter, Berlin.
- IBO, 2014. Ökologischer Baustoffkatalog. Bericht, Institut für Baubiologie, Wien.
- Ingram, V., Levang, P., Cronkleton, P., Degrande, A., Leakey, R. & van Damme, P., 2014. Forest and tree product value chains. *Forests, Trees and Livelihoods*, 23(1-2):1–5.
- IPCC, 2003. *Definitions and methodological options to inventory emissions from direct human-induced degradation of forests and devegetation of other vegetation types*. Institute for Global Environmental Strategies, Japan.
- Isles, R.C., 1978. Technologie und Know-how von Sägewerksanlagen im Tropenwald. In: *Produktivitätssteigerung in der Sägeindustrie - Holzversorgung, Schnittholzausbeute, Strukturveränderung, Technik*, Seiten 81–91. DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen.
- ITTO, 2005. Revised ITTO Criteria and Indicators for the Sustainable Management of Tropical Forests including Reporting Format. ITTO Policy Development Series 15, International Tropical Timber Organization, Yokohama.
- ITTO, 2011a. *Status of Tropical Forest Management 2011*. International Tropical Timber Organization, Yokohama.
- ITTO, 2011b. Value Adding and Kiln Drying of Commercial Timbers by Small Scale Community Saw. Pd 401/06 rev.2 (i), International Tropical Timber Organization, Yokohama.
- ITTO, 2012. Annual review and assessment of the world timber situation. Bericht, International Tropical Timber Organization, Yokohama.

- IUCN, 2016. Bonn Challenge. www.bonnchallenge.org (abgerufen am 4.11.2016).
- Johns, A.D., 1985. Selective logging and wildlife conservation in tropical rain-forest: Problems and recommendations. *Biological Conservation*, 31(4):355 – 375.
- Jonkers, W.B.J., 1987. *Vegetation structure, logging damage and silviculture in a tropical rain forest in Suriname*. Agricultural University, Wageningen.
- Kainulainen, O., 2007. *Efficiency of sawmill operations and the role of rubber smallholdings in the rubberwood supply in Thailand*. Masterarbeit, Department of Forest Resource Management, Wood Technology, University of Helsinki.
- Kaiser, B., 2005. Vom Push zum Pull – Der Perspektivewechsel in der Wertschöpfungskette von Forst- und Holzwirtschaft. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 156(8):269–273.
- Kaltschmitt, M., Hartmann, H. & Hofbauer, H., 2013. *Energie aus Biomasse - Grundlagen, Techniken und Verfahren*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- Kaltschmitt, M. & Wiese, A., 2013. *Erneuerbare Energien: Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte*. Springer-Verlag.
- Kambungu, R.K., Banana, A.Y., Zziwa, A., Agea, J.G. & Kaboggoza, J.R., 2005. Relative efficiency of sawmill types operating in uganda's softwood plantations. *Ugandas Journal of Agricultural Sciences*, 11:14–19.
- Kanten, R.v. & Matai, R., 2010. Chainsaw Milling: Supplier to local Markets. Paramaribo.
- Kaplinsky, R. & Morris, M., 2000. *A HANDBOOK FOR VALUE CHAIN RESEARCH*. IDRC, Canada.
- Köhl, M. & Frühwald, A., 2009. Permanent Wood Sequestration: No Solution to the Global Carbon Dioxide Problem. *ChemSusChem*, 2(7):609–613.
- Köhl, M., Frühwald, A., Kenter, B., Olschofsky, K., Köhler, R., Köthke, M., Rüter, S., Pretzsch, H., Rötzer, T., Makeschin, F. & Abiy, M., 2009. Potential und Dynamik der Kohlenstoffspeicherung in Wald und Holz: Beitrag des deutschen Forst- und Holzsektors zum Klimaschutz. *Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research*, 327:103–109.
- Köhl, M., Lasco, R., Cifuentes, M., Örjan Jonsson, Korhonen, K.T., Mundhenk, P., de Jesus Navar, J. & Stinson, G., 2015. Changes in forest production, biomass and carbon: Results from the 2015 UN FAO Global Forest Resource Assessment. *Forest Ecology and Management*, 352:21 – 34.
- Köhl, M., Magnussen, S. & Marchetti, M., 2006. *Sampling methods, Remote Sensing and GIS Multiresource Forest Inventory*. Springer -Verlag Berlin Heidelberg.

- Köhl, M. & Marchetti, M., 2014. Measurements and Assessments on Field Plots. In: M. Köhl & L. Pancel, Hrsg., *Tropical Forestry Handbook*, Seiten 1–51. Springer Berlin Heidelberg.
- Köhl, M., Stümer, W., Kenter, B. & Riedel, T., 2008. Effect of the estimation of forest management and decay of dead woody material on the reliability of carbon stock and carbon stock changes—A simulation study. *Forest ecology and management*, 256(3):229–236.
- Knauf, M., Köhl, M., Mues, V., Olschofsky, K. & Frühwald, A., 2015. Modeling the CO₂-effects of forest management and wood usage on a regional basis. *Carbon Balance Management*, 10:13.
- Kollmann, F., 2013. *Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe: Band 2: Holzschutz, Oberflächenbehandlung, Trocknung und Dämpfen, Veredelung, Holzwerkstoffe, spanabhebende und spanlose Holzbearbeitung, Holzverbindungen*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- Krackler, V., Keunecke, D. & Niemz, P., 2010. Verarbeitung und Verwendungsmöglichkeiten von Laubholz. Bericht, ETH - Institut für Baustoffe und Holzphysik, Zürich.
- Krackler, V. & Niemz, P., 2011. Schwierigkeiten und Chancen in der Laubholzverarbeitung; Teil 1: Bestandssituation, Eigenschaften und Verarbeitung von Laubholz am Beispiel der Schweiz. *Holztechnologie*, 52(2).
- Kramer, H. & Akça, A., 2008. *Leitfaden zur Waldmesslehre*, Band 5. Sauerländer´s Verlag, Frankfurt am Main.
- Krug, W., Nourney, M. & Schmidt, J., 2001. *Wirtschafts-und Sozialstatistik: Gewinnung von Daten*. Oldenbourg Verlag, München.
- Ladanai, S. & Vinterbäck, J., 2009. *Global Potential of Sustainable Biomass for Energy*. Nummer 013 in: Rapport Institutionen för energi och teknik, SLU. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Energy and Technology, Uppsala.
- Lamprecht, H., 1989. *Silviculture in the Tropics: tropical forest ecosystems and their tree species-possibilities and methods for their long-term utilization*. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Eschborn.
- Lanly, J.P., 2003. Deforestation and forest degradation factors. In: *Congress Proceedings B. XII World Forestry Congress*, Seiten 75–83.
- LAP, 2015. Projektion und Messtechnik für die Holzverarbeitung. LAP GmbH Laser Applikationen. www.lap-laser.com (abgerufen am 20.12.2015).

- Lasco, R., MacDicken, K., Pulhin, F.B., Guillermo, I., Sales, R.F. & Cruz, R., 2006. Carbon stocks assessment of a selectively logged dipterocarp forest and wood processing mill in the Philippines. *Journal of Tropical Forest Science*, 18(4):212.
- Lewis, D.W., 1985. Sawmill simulation and the best opening face system: A user's guide. General technical report fpl-48, US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory Madison, Wisconsin, U.S.
- Lichtenstein, G., 2002. *Mobile Sägewerke - Verfahrenstechnik und Verwendungsbereiche*. Diplomarbeit, Universität Hamburg.
- Ligento, 2016. Green Power. www.ligento.de. (abgerufen am 06.06.2016).
- Lin, W., Wang, J. & Thomas, E., 2011. Development of a 3D log sawing optimization system for small sawmills in central Appalachia, US. *Wood and Fiber Science*, 43(4):379–393.
- Loehnertz, S.P., Cooz, I.V. & Guerrero, J., 1996. Hardwood sawing technology in five tropical countries. *Forest products journal*, 46(2):51.
- Lohmann, U., 2012. *Holz-Handbuch*, Band 7. DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen.
- Lucas Mill, 2014. Transportable Sägewerke. <http://www.lucasmill.de/> (abgerufen am 02.06.2014).
- Lundahl, C.G. & Grönlund, A., 2010. Increased yield in sawmills by applying alternate rotation and lateral positioning. *Forest Products Journal*, 60(4):331–338.
- Lundahl, C.G., 2009. *Total quality management in sawmills*. Dissertation, Division of Wood Science and Technology, LTU Skellefteå, Luleå University of Technology, Luleå, Schweden.
- Luttrell, C., Obidzinski, K., Brockhaus, M., Muharrom, E., Petkova, E., Wardell, A. & Halperin, J., 2011. *Lessons for REDD+ from measures to control illegal logging in Indonesia*. CIFOR, Indonesia.
- Macpherson, A.J., Lentini, M.W., Carter, D.R. & Baitz, W.N., 2009. Eficiência de serrarias na Amazônia: uma análise por envoltória de dados; Sawmill efficiency in the Brazilian Amazon: a DEA analysis. *Scientia Forestalis*, 37(84):415–425.
- Maier, T., 2005. *Konservierung von Rundholz unter Sauerstoffabschluss*. Dissertation, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.
- Maisenbacher, H., 1978. Gewinne im Sägewerk? - Ihre Planung und ihre Einflußfaktoren. In: *Produktivitätssteigerung in der Sägeindustrie - Holzversorgung, Schnittholzausbeute, Strukturveränderung, Technik*, Kapitel Gewinne im Sägewerk? - Ihre Planung und ihre Einflußfaktoren, Seiten 81–91. DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen.

- Malone, S., 2007. Management of environmental funds for the financial sustainability of biodiversity conservation: How do we achieve effective management of protected areas and buffer zones in Suriname. In: *Paper presented at the RedLAC Workshop*. Lima.
- Maness, T. & Donald, S., 1994. The effect of log rotation on value recovery in chip and saw sawmills. *Wood and fiber science*, 26(4):546–555.
- Mantau, U., 2012. Holzrohstoffbilanz Deutschland, Entwicklungen und Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung 1987 bis 2015. Universität Hamburg.
- Marn, H.M. & Jonkers, W., 1981. Logging damage in tropical high forest. Working Paper 5, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Project FO:MAL/76/008.
- Marutzky, R., 2010a. Energiegewinnung aus Holz. In: U. Lohmann, Hg., *Holzlexikon*. DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen.
- Marutzky, R., 2010b. Holzpellets. In: U. Lohmann, Hg., *Holzlexikon*. DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen.
- Marutzky, R., 2010c. Sägenebenprodukte. In: U. Lohmann, Hg., *Holzlexikon*. DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen.
- Marutzky, R., 2004. Biomassen auf Basis von Holz als Brennstoffe in Österreich, Schweiz und Deutschland. Bericht, Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Braunschweig.
- Matai, R., 2012a. Surinamese Forest Sector 2011. Bericht, Ministerie van Ruimtelijke Ordening grond- en Bosbeheer. Foundation for Forest Management and Production Control - SBB, Paramaribo.
- Matai, R., 2012b. Zagerij industrie Suriname. Bericht, SBB, Paramaribo.
- Mayer, H., 2008. *Interview und schriftliche Befragung*. Oldenburg Wissenschaftsverlag GmbH, München.
- Mayer, P., 1956. Konstruktion und Wirkungsweise der Horizontalgatter. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 14(4):155–159.
- McKendry, P., 2002. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. *Bioresource technology*, 83(1):37–46.
- McLeish, M. & Susanty, F.H., 2001. Yield regulation options for Labanan. A financial and economic analysis of yield regulation options for logged over forest at PT Inhutani I, Labanan Concession. SYMFOR Technical Note Series, Yield Regulation Development Group, Berau Forest Management Project, Tanjung Redeb, Indonesien.

- Medjibe, V.P., Putz, F.E., Starkey, M.P., Ndouna, A.A. & Memiaghe, H.R., 2011. Impacts of selective logging on above-ground forest biomass in the Monts de Cristal in Gabon. *Forest Ecology and Management*, 262(9):1799–1806.
- Meuser, M. & Nagel, U., 1991. ExperInneninterviews - vielfach erprobt, wenig bedacht. Ein Beitrag zur qualitativen Methodendiskussion. In: *Qualitativ-Empirische Sozialforschung. Konzepte, Methoden, Analysen*. Detlef Garz, Klaus Kraimer. Westdeutscher Verlag 1991, Opladen.
- Mil, T.D., 2012. *Bioenergetische karakterisering van tropische houtsoorten*. Masterarbeit, Universiteit Gent, Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen, Gent.
- Militz, H. & Mai, C., 2012. Holzschutz. In: A. Wagenführ & F. Scholz, Hrsg., *Taschenbuch der Holztechnik*, Seiten 457–461. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, München.
- Mol, J.H., Ramlal, J.S., Lietar, C. & Verloo, M., 2001. Mercury contamination in freshwater, estuarine, and marine fishes in relation to small-scale gold mining in Suriname, South America. *Environmental Research*, 86(2):183–197.
- Morris, M., 2001. Creating Value? chain Cooperation. *IDS Bulletin*, 32(3):127–136.
- Mortimer, C.E., Müller, U. & Beck, J., 2014. *Chemie - Das Basiswissen der Chemie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 11. Auflage.
- Mossig, I., 2012. Stichproben, Stichprobenauswahlverfahren und Berechnung des minimal erforderlichen Stichprobenumfangs. Beiträge zur Wirtschaftsgeographie und Regionalentwicklung, Universität Bremen.
- NASA, 2016. Global Climate Change vital Signs of the Planet.
<http://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide> (abgerufen am 15.02.2016).
- Nasi, R., Putz, F.E., Pacheco, P., Wunder, S. & Anta, S., 2011. Sustainable forest management and carbon in tropical Latin America: The case for REDD+. *Forests*, 2(1):200–217.
- Nellemann, C., 2012. *Green Carbon, Black Trade: Illegal Logging, Tax Fraud and Laundering in the Worlds Tropical Forests*. United Nations Environment Programme, GRID, Arendal, Norwegen.
- Niemeier, L., 2013. *Optimierung der Holzverwendung in Surinam unter besonderer Betrachtung der Holzmerkmale*. Masterarbeit, Universität Hamburg, Institut für Weltforstwirtschaft, Hamburg.
- Niemz, P., 1993. *Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe*. DRW-Verlag Weinbrenner, Leinfelden-Echterdingen.

- Niemz, P., Bächle, F. & Sonderegger, W., 2000. *Holztechnologie I: Holzbe- und Verarbeitung*. ETH, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Holzwissenschaften, Zürich.
- Niemz, P., Ozyhar, T., Hering, S. & Sonderegger, W., 2015. Zur Orthotropie der physikalisch-mechanischen Eigenschaften von Rotbuchenholz. *Bautechnik*, 92(1):3–8.
- Nitsch, J., 2012. Die Kosten der Energiewende - vollständig und längerfristig betrachtet. Diskussionspapier der Abteilung Systemanalyse und Technikbewertung 01/2012, Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Stuttgart.
- Noack, D., 1971. Evaluation of properties of tropical timbers. *Inst Wood Sci J*, 5:17–23.
- Noack, D., 1995. *Better utilisation of tropical timber resources in order to improve sustainability and reduce negative ecological impacts*. Project PD 74/90(F,I). ITTO, Yokohama.
- Nurmohamed, R. & Naipal, S., 2011. Development of scenarios for future climate change in Suriname. *Revista Acta Nova*, 3(3).
- Nussbaumer, T., Good, J., Jenm, A. & Koch, P., 1995. *Projektieren automatischer Holzfeuerungen*. Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern.
- Olson, J.S., 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 44(2):322–331.
- Österreichisches Normungsinstitut, 1998. *Energiewirtschaftliche Nutzung von Holz und Rinde als Brennstoff Begriffsbestimmungen und Merkmale*. ÖNORM M7132. Selbstverlag, Wien.
- Owusu, F., Appiah, J., Damnyag, L. & Blay, D., 2011. Comparative analysis of recovery efficiencies of some milling techniques in Ghana. *Ghana J. Forestry*, 27:87–100.
- Pan, Y., Birdsey, R.A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P.E., Kurz, W.A., Phillips, O.L., Shvidenko, A., Lewis, S.L., Canadell, J.G. *et al.*, 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, 333(6045):988–993.
- Payer, M., 2015. Materialien zur Forstwissenschaft. <http://www.payer.de/cifor/cif000.htm> (abgerufen am 24.10.2015).
- Pearson, T.R., Brown, S. & Casarim, F.M., 2014. Carbon emissions from tropical forest degradation caused by logging. *Environmental Research Letters*, 9(3):034017.
- Peterson, G.D. & Heemskerk, M., 2001. Deforestation and forest regeneration following small-scale gold mining in the Amazon: the case of Suriname. *Environmental Conservation*, Seiten 117–126.

- Phillips, O., Hall, P., Gentry, A.H., Sawyer, S. & Vasquez, R., 1994. Dynamics and species richness of tropical rain forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91(7):2805–2809.
- Pistorius, T., 2008. Von Quellen und Senken. *Ökologisches Wirtschaften-Fachzeitschrift*, 23(1).
- Playfair, M., 2007. Law Compliance, and prevention and control of illegal activities in the Forest Sector in Suriname. Preliminary report, The World Bank, Washington, D.C.
- Porst, R., 2013. *Fragebogen - Ein Arbeitsbuch*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 4. Auflage.
- President of Suriname, 1992. Act of 18 September 1992, containing provisions regarding forest management. Forest exploitation and the primary wood-processing sector (Forest Management Act). Official Gazette of the Republic of Suriname. Paramaribo.
- Prima Klima, 2015. Prima Klima Weltweit.
<https://www.prima-klima-weltweit.de/co2/kompens-berechnen.php> (abgerufen am 09.03.2015).
- Proctor, J. *et al.*, 1989. *Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK.
- Pulkki, R., Schwab, O. & Bull, G., 2001. Reduced impact logging in tropical forests: literature synthesis, analysis and prototype statistical framework. *Forest Products Division Working Paper Series: Working Paper*, 8.
- Putz, F., Sist, P., Fredericksen, T. & Dykstra, D., 2008a. Reduced-impact logging: challenges and opportunities. *Forest ecology and management*, 256(7):1427–1433.
- Putz, F.E., Zuidema, P.A., Pinard, M.A., Boot, R.G., Sayer, J.A., Sheil, D., Sist, P., Vanclay, J.K. *et al.*, 2008b. Improved tropical forest management for carbon retention. *PLoS Biology*, 6(7):e166.
- Putz, F.E., Zuidema, P.A., Synnott, T., Peña-Claros, M., Pinard, M.A., Sheil, D., Vanclay, J.K., Sist, P., Gourlet-Fleury, S., Griscom, B., Palmer, J. & Zagt, R., 2012. Sustaining conservation values in selectively logged tropical forests: the attained and the attainable. *Conservation Letters*, 5(4):296–303.
- Quaschnig, V., 1999. *Regenerative Energiesysteme*. Carl Hanser Verlag München, Wien.
- Raab-Steiner, E. & Benesch, M., 2008. *Der Fragebogen. Von der Forschungs idee zur SPSS-Auswertung*. UTB Wien.

- Reiter, A., 2014. TiCalc, Kalkulation in der Praxis. <http://www.tilist.de/TiCalc.pdf> (abgerufen am 15.02.2014).
- Reiter, J.M.G., 2005. *Fichtenstarkholz (Picea abies (L.) Karst.) - Untersuchungen zur Rundholzqualität und deren Einfluss auf die Schnittholzqualität*. Dissertation, Lehrstuhl für Holzkunde und Holztechnik der Studienfakultät Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement der Technischen Universität München, München.
- Richter, C., 2004. *Einführung in die Biometrie. Grundbegriffe und Datenanalyse*, Band 2. Senat der Bundesforschungsanstalten im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft.
- Richter, C., 2014a. *Wood Characteristics: Description, Causes, Prevention, Impact on Use and Technological Adaptation*. Springer, Berlin Heidelberg.
- Richter, C., 2014b. Wood Characteristics Inherent in a Trees Natural Growth. In: M. Köhl & L. Pancel, Hrsg., *Tropical Forestry Handbook*, Seiten 1–47. Springer Berlin Heidelberg.
- Richter, M., 2014c. Classifications of Climates in the Tropics. In: M. Köhl & L. Pancel, Hrsg., *Tropical Forestry Handbook*, Seiten 1–7. Springer Berlin Heidelberg.
- Richter, P., 2007. Mobile Sägewerke - flexibel und leistungsstark. *Forst und Technik*, 19(9):19–23.
- Rütters, M., 2016. *Logging residues in tropical forest operations – High potential for increasing resource efficiency?* Masterarbeit, University of Hamburg, Section for World Forestry, Hamburg.
- Rühl, A., 2013. *Investieren in Edelhölzer: Die Königsklasse der Rohstoffe*. FinanzBuch Verlag, München.
- RVR, 2015. *Rahmenvereinbarung für den Rohholzhandel in Deutschland (RVR)*. Deutscher Forstwirtschaftsrat e.V., Deutscher Holzwirtschaftsrat e.V., 2 Auflage.
- Sachs, L., 2013. *Angewandte Statistik - Statistische Methoden und ihre Anwendungen*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- Sandler, J., 2001. *Holz richtig ausgeformt – höherer Erlös*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft and Niederösterreichische Landes-Landwirtschaftskammer, St. Pölten, 6 Auflage.
- Santilli, M., Moutinho, P., Schwartzman, S., Nepstad, D., Curran, L. & Nobre, C., 2005. Tropical deforestation and the Kyoto Protocol. *Climatic Change*, 71(3):267–276.

- Sayer, J.A., Vanclay, J.K. & Byron, N., 1997. Technologies for sustainable forest management: challenges for the 21st Century. *The Commonwealth Forestry Review*, Seiten 162–170.
- SBB, 2013. Bosbouwstatistieken: Productie, export en import van hout en houtproducten in 2012. Bericht, Stichting voor Bosbeheer en Bostoezicht, Paramaribo, Surinam.
- SBB, 2014a. Stichting voor Bosbeheer en Bostoezicht. <http://sbbsur.com/> (abgerufen am 26.10.2014).
- SBB, 2014b. Surinaamse Bosbouwsector 2013. Bericht, Stichting voor Bosbeheer en Bostoezicht, Paramaribo, Surinam.
- Schnell, R., Hill, P.B. & Esser, E., 2011. *Methoden der empirischen Sozialforschung*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München.
- Schönfeld, K.T., Matai, R., Schöder, J.M. & Köhl, M., 2013. Forstwirtschaft in Surinam. *AFZ-Der Wald*, 68(22):40–43.
- Schulte, A., Becker, M., Lückge, F., Lehner, L., Röder, H., Baums, M., Meyer, W. & Blumenreich, U., 2002. Struktur-und Marktanalyse der Forstwirtschaft und der Holz verbrauchenden Industrie in Nordrhein-Westfalen. *Clusterstudie Forst und Holz NRW*.
- Schultz, J., 2000. *Handbuch der Ökozonen*. Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- Selin, A., 2001. Form following curve sawing out-performs. *TimberLine online newspaper*. <http://www.timberlinemag.com/articledatabase/view.asp?articleID=558> (abgerufen am 22.12.2014).
- Sessions, J. et al., 2007. *Harvesting operations in the Tropics*. Springer Science & Business Media, Berlin Heidelberg, 1. Auflage.
- Shabani, N., Akhtari, S. & Sowlati, T., 2013. Value chain optimization of forest biomass for bioenergy production: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 23:299 – 311.
- Shmulsky, R. & Jones, P.D., 2011. *Forest Products and Wood Science*. John Wiley & Sons, New York.
- Silveira, S., 2005. *Bioenergy-realizing the potential*. Elsevier, Amsterdam.
- Sist, P., Mazzei, L., Blanc, L. & Rutishauser, E., 2014. Large trees as key elements of carbon storage and dynamics after selective logging in the Eastern Amazon. *Forest Ecology and Management*, 318:103–109.
- Sizer, N., Rice, R. et al., 1995. *Backs to the wall in Suriname: forest policy in a country in crisis*. World Resources Institute, Washington D.C.

- Skatter, S., Høibø, O.A. & Gjerdum, P., 1998. Simulated yield in a sawmill using different measurement technologies. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 56(4):267–274.
- Solberg, B., Brooks, D., Pajua, H., Peck, T.J. & Wardle, P.A., 1996. *Long-term trends and prospects in world supply and demand for wood and implications for sustainable forest management: a synthesis*, Band 6. European Forest Institute, Joensuu, Finnland.
- Steege, H. ter, 2000. *Plant diversity in Guyana: with recommendations for a national protected area strategy*. 18. Tropenbos Foundation, Wageningen.
- Steege, H. ter, Boot, R., Brouwer, L., Caesar, J., Ek, R., Hammond, D., Haripersaud, P., Hout, P., Jetten, V., Van Kekem, A. *et al.*, 1996. *Ecology and logging in a tropical rain forest in Guyana: with recommendations for forest management*. 14. Tropenbos Foundation, Wageningen.
- Steege, H. ter, Laumans, B., Laumans Bus, D., Zondervan, G., Bongers, F. *et al.*, 2003. *Long-term effect of timber harvesting in Mapane, north Suriname*. 22. Tropenbos Foundation, Wageningen.
- Steege, H. ter, Pitman, N.C.A., Sabatier, D., Baraloto, C., Salomão, R.P., Guevara, J.E., Phillips, O.L., Castilho, C.V., Magnusson, W.E., Molino, J.F., Monteagudo, A., Núñez Vargas, P., Montero, J.C., Feldpausch, T.R., Coronado, E.N.H., Killeen, T.J., Mostacedo, B., Vasquez, R., Assis, R.L., Terborgh, J., Wittmann, F., Andrade, A., Laurance, W.F., Laurance, S.G.W., Marimon, B.S., Marimon, B.H., Guimarães Vieira, I.C., Amaral, I.L., Brienen, R., Castellanos, H., Cárdenas López, D., Duivenvoorden, J.F., Mogollón, H.F., Matos, F.D.d.A., Dávila, N., García-Villacorta, R., Stevenson Diaz, P.R., Costa, F., Emilio, T., Levis, C., Schiatti, J., Souza, P., Alonso, A., Dallmeier, F., Montoya, A.J.D., Fernandez Piedade, M.T., Araujo-Murakami, A., Arroyo, L., Gribel, R., Fine, P.V.A., Peres, C.A., Toledo, M., Aymard C., G.A., Baker, T.R., Cerón, C., Engel, J., Henkel, T.W., Maas, P., Petronelli, P., Stropp, J., Zartman, C.E., Daly, D., Neill, D., Silveira, M., Paredes, M.R., Chave, J., Lima Filho, D.d.A., Jørgensen, P.M., Fuentes, A., Schöngart, J., Cornejo Valverde, F., Di Fiore, A., Jimenez, E.M., Peñuela Mora, M.C., Phillips, J.F., Rivas, G., van Andel, T.R., von Hildebrand, P., Hoffman, B., Zent, E.L., Malhi, Y., Prieto, A., Rudas, A., Ruschell, A.R., Silva, N., Vos, V., Zent, S., Oliveira, A.A., Schutz, A.C., Gonzales, T., Trindade Nascimento, M., Ramirez-Angulo, H., Sierra, R., Tirado, M., Umaña Medina, M.N., van der Heijden, G., Vela, C.I.A., Vilanova Torre, E., Vriesendorp, C., Wang, O., Young, K.R., Baidar, C., Balslev, H., Ferreira, C., Mesones, I., Torres-Lezama, A., Urrego Giraldo, L.E., Zagt, R., Alexiades, M.N., Hernandez, L., Huamantupa-Chuquimaco, I., Milliken, W., Palacios Cuenca, W., Pauletto, D., Valderrama Sandoval, E., Valenzuela Gamarra, L., Dexter, K.G., Feeley, K.,

- Lopez-Gonzalez, G. & Silman, M.R., 2013. Hyperdominance in the Amazonian Tree Flora. *Science*, 342(6156).
- Steege, H. ter, Sabatier, D., Castellanos, H., Van Andel, T., Duivenvoorden, J., Adalardo de Oliveira, A., Ek, R., Lilwah, R., Maas, P. & Mori, S., 2000. An analysis of the floristic composition and diversity of Amazonian forests including those of the Guiana Shield. *Journal of tropical ecology*, 16(06):801–828.
- Steele, P.H., 1984. Factors Determining Lumber Recovery in Sawmilling. FPL 39, United States Department for Agriculture Forest Service. Forests Products Laboratory, Madison Wi.
- Steffen, A., 1995. Final Report of the Mill Studies. ITTO-Project PD 74/90 (F,I), International Tropical Timber Organization (ITTO), Yokohama.
- Steinberg, 2013. Kranwaage Benutzerhandbuch.
<http://www.steinbergsystems.de/kranwaage-5000kg-sbs-kw-52k-2kg-led/> (abgerufen am 15.05.2013).
- Stern, A.R., Hallock, H. & Lewis, D.W., 1979. Improving sawing accuracy does help. *USDA Forest Service Research Paper*, FPL 320.
- Stern, N., 2007. The economics of climate change: The Stern review. Bericht, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Stocker, T., Qin, D., Plattner, G.K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P.M., 2014. *Climate change 2013: The physical science basis*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, und New York.
- Strübel, M., 2013. *Internationale Umweltpolitik - Entwicklungen — Defizite — Aufgaben*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- Sumter, M., 2012. Wood Processing Practices in Suriname, In the Highest Segment of the Sector. Bericht, Foundation for Sustainable Wood Processing in Suriname (FSWPS), Paramaribo, Surinam.
- TBI, 2004. Information issues in the Suriname Forest Sector. Issues paper, Tropenbos International, Paramaribo, Surinam.
- Tech, T., Bodden, P. & Albert, J., 2013. *Rationelle Energienutzung im holzbe- und verarbeitenden Gewerbe - Leitfaden für die betriebliche Praxis*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- Terborgh, J. *et al.*, 1992. *Diversity and the tropical rain forest*. Scientific American Library, 1 Auflage.

- Thurland, M., 1999. Environmental analysis of selective logging and extraction of forest residues. *Study on extraction and processing of forest residues and small dimension logs*, 1:214–96.
- Tiessen, H., Cuevas, E. & Chacon, P., 1994. The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. *Nature*, 371(6500):783–785.
- Tuomaala, J., 1978. Ökonomische Untersuchungen neuer Technologien bei der Herstellung von Schnittware. In: *Produktivitätssteigerung in der Sägeindustrie - Holzversorgung, Schnittholzausbeute, Strukturveränderung, Technik*, Seiten 81–91. DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen.
- Uhl, C., Barreto, P., Veríssimo, A., Vidal, E., Amaral, P., Barros, A.C., Souza Jr, C., Johns, J. & Gerwing, J., 1997. Natural resource management in the Brazilian Amazon. *Bioscience*, Seiten 160–168.
- UN, 2013. World Population Prospects The 2012 Revision. Bericht, United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- UN, 2013. World Population Prospects: The 2012 Revision, Highlights and Advance Tables. Working Paper No. ESA/P/WP. 228, United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, New York.
- UN, 2014. Climate Summit. Forests: Action Statements and Action Plans. <http://www.un.org/climatechange/summit/wp-content/uploads/sites/2/2014/07/New-York-Declaration-on-Forest—Action-Statement-and-Action-Plan.pdf> (abgerufen: 10.09.2016).
- UNECE, 2010. Forest product conversion factors for the UNECE region. Genf.
- UNECE & FAO, 2012. Forest Products Annual Market Review 2011-2012. Bericht, United Nations Economic Commission for Europe. United Nations Food and Agriculture Organization, Genf.
- UNECE & FAO, 2013. Forest Products Annual Market Review 2012-2013. Bericht, United Nations Economic Commission for Europe. United Nations Food and Agriculture Organization, Genf.
- UNEP, 2009. Vital Forest Graphics. Bericht, United Nations Environment Programme, Nairobi.
- UNEP, 2012. The Emissions Gap Report 2012. Bericht, United Nations Environment Programme, Nairobi.

- UNFCCC, 2013. Report of the Conference of the Parties on its Eighteenth Session, Held in Doha from 26 November to 8 December 2012. Bericht CP/2012/8/Add.1, United Nations Framework Convention on Climate Change.
- UNFCCC, 2014. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change.
- Usenius, A. & NEPVEU, G., 1996. Optimizing the activities in the wood conversion chain from forest to the end-users. In: *Proceedings of Second workshop in "Connection between Silviculture and wood quality through modelling approaches and simulation softwares"*, Seiten 214–219. INRA, Nancy.
- Vanclay, J.K., 1994. Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests. *School of Environmental Science and Management Papers*, Seite 537.
- Verissimo, A., Barreto, P., Tarifa, R. & Uhl, C., 1995. Extraction of a high-value natural resource in Amazonia: the case of mahogany. *Forest Ecology and Management*, 72(1):39 – 60.
- Verscheure, P., 1998. *Energiegehalt von Hackschnitzeln: Überblick und Anleitung zur Bestimmung*. FVA, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstbenutzung, Freiburg.
- Vlosky, R.P. & Aguirre, J.A., 2001. Increasing marketing opportunities of lesser known wood species and secondary wood products in tropical central america and mexico. *Louisiana Forest Products Development Center, Baton Rouge, US*.
- Vuorilehto, J., Tulokas, T. & Müller, T., 2004. Optimale Stammeindrehung verbessert Ausbeute. Messung der Genauigkeiten von verschiedenen Stammrotations- und Positionierungsmethoden. *Holz-Zentralblatt*, 130:1235–1236.
- Wackernagel, M. & Rees, W., 1998. *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New catalyst bioregional series. New Society Publishers, Gabriola Island.
- Wadsworth, F.H., 2000. Forest production for tropical America. Bericht, United States Department for Agriculture Forest Service. Forests Products Laboratory, Madison Wi.
- Wagenführ, A. & Scholz, F., 2012. *Taschenbuch der Holztechnik*. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, München.
- Walker, R. & Smith, T., 1993. Tropical deforestation and forest management under the system of concession logging: a decision-theoretical analysis. *Journal of Regional Science (EUA)*, 33(3):387–419.
- Warner, K. & Zakieldeen, S.A., 2012. Loss and damage due to climate change. In: *An overview of the UNFCCC negotiations*. European Capacity Building Initiative, Oxford, UK.

- Werger, M.J., 2011. *Sustainable management of tropical rainforests: the CELOS Management System*. Tropenbos International, Wageningen.
- White, A. & Martin, A., 2002. Who owns the world's forests. *Forest Trends, Washington, DC*.
- Whiteman, A., 1999. Economic Data and Information About the Forest Sector in Suriname. Project report gcp/sur/001/net, Food and Agriculture Organization, Rom.
- Whiteman, A., Brown, C. & Bull, G., 2009. *Forest product market developments: the outlook for forest product markets to 2010 and the implications for improving management of the global forest estate*. FAO, Forestry Policy and Planning Division, Rom.
- Whitmore, T.C., 1998. *An introduction to tropical rain forests*, Band 2. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Wilson, E.O., 1995. *The Diversity of Life*. Harvard University Press, Cambridge, UK.
- World Bank, 2014. Suriname - Country at a Glance.
<http://www.worldbank.org/en/country/suriname> (abgerufen am 19.10.2014).
- Zimmer, B. & Wegener, G., 1996. Stoff-und Energieflüsse vom Forst zum Sägewerk. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 54(4):217–223.

A. Rundholzkennzahlen

A. Rundholzkennzahlen

Tabelle A.1.: Rundholzkennzahlen nach Holzart in alphabetischer Reihenfolge

Holzart	Code	N		Stammfuß	Zopf	Länge	Volumen	Ovalität	Abholzigkeit
				[cm]	[cm]	[m]	[m ³]	[mm]	[mm/lfm]
<i>Abarema jupunba</i>	SPU	697	mean	54,8	42,8	10,6	2,20	25,5	11,4
			median	52,5	41,0	10,3	1,74	20,0	10,6
			min	23,0	17,5	3,7	0,30	0,0	0,5
			max	119,5	93,0	22,1	11,17	240,0	44,1
			s	13,9	11,2	2,8	1,48	31,6	6,2
			var	192,1	126,1	8,0	2,19	1001,5	39,0
<i>Alchorneopsis</i>	HNB	18	mean	64,9	52,7	10,1	2,87	50,6	12,4
			median	59,5	51,5	10,7	2,61	50,0	10,4
			min	50,0	30,0	3,7	0,80	0,0	0,4
			max	97,0	82,5	13,6	5,09	180,0	29,3
			s	13,5	11,1	2,6	1,28	50,9	8,2
			var	182,6	123,1	6,8	1,64	2593,8	67,6
<i>Alchorneopsis floribund</i>	WNB	3	mean	69,3	57,7	11,3	3,34	33,3	11,0
			median	56,5	46,5	12,4	3,01	30,0	12,1
			min	55,0	40,0	7,2	2,25	0,0	7,0
			max	96,5	86,5	14,3	4,75	70,0	13,9
			s	23,5	25,2	3,7	1,28	35,1	3,6
			var	554,1	634,1	13,5	1,64	1233,3	12,8
<i>Alchorneopsis floribunda</i>	HBB	100	mean	53,7	43,3	11,2	2,18	28,5	9,3
			median	52,3	41,5	11,2	1,91	20,0	9,1
			min	30,5	21,5	3,8	0,42	0,0	0,8
			max	98,0	75,0	17,3	7,90	130,0	29,4
			s	11,8	10,8	2,8	1,16	29,9	5,2
			var	138,4	115,8	7,7	1,36	893,7	27,0
<i>Alchorneopsis floribunda</i>	BAB	154	mean	49,3	38,1	12,7	2,04	12,6	8,7
			median	48,0	37,0	13,1	1,75	10,0	8,5
			min	31,5	24,0	5,0	0,66	0,0	0,7
			max	92,0	65,5	24,1	10,56	100,0	23,1
			s	9,8	7,4	3,2	1,29	16,3	4,3
			var	96,2	54,7	10,4	1,66	266,4	18,7
<i>Alchorneopsis spp.</i>	BNB	209	mean	63,9	51,5	12,4	3,39	33,9	10,1
			median	62,5	50,5	11,8	3,08	20,0	9,6
			min	39,0	26,0	3,0	0,53	0,0	0,8
			max	100,0	86,5	22,7	12,82	180,0	40,2
			s	12,2	11,4	3,5	1,64	33,1	5,7
			var	148,1	129,2	12,5	2,68	1097,9	32,0
<i>Alexa wachenheimii</i>	NKU	1.118	mean	60,8	46,2	10,6	2,59	24,4	14,0
			median	59,0	44,5	10,4	2,18	20,0	13,6
			min	30,0	20,0	3,0	0,30	0,0	0,4
			max	135,0	115,0	23,4	18,77	200,0	64,7
			s	14,7	12,4	3,0	1,60	28,2	6,9
			var	217,2	153,5	9,2	2,56	794,0	47,2
<i>Ampelocera edentula</i>	KKO	5	mean	75,3	55,2	16,8	6,24	32,0	11,6
			median	68,0	58,0	19,0	5,04	10,0	13,7
			min	59,0	43,5	10,2	2,21	0,0	1,0
			max	94,0	65,5	20,3	9,95	120,0	15,8
			s	15,7	10,4	4,2	3,23	49,7	6,0
			var	245,2	108,1	17,3	10,44	2470,0	36,6
<i>Anacardium giganteum</i>	BKS	371	mean	59,5	47,8	11,3	2,73	29,2	10,6
			median	58,5	47,0	10,4	2,33	20,0	10,0
			min	30,0	20,0	3,9	0,48	0,0	0,3
			max	104,0	85,0	22,6	10,53	200,0	37,1
			s	12,6	11,3	3,4	1,54	33,3	5,7
			var	159,3	128,4	11,7	2,36	1111,3	32,2

A. Rundholzkennzahlen

Holzart	Code	N		Stammfuß	Zopf	Länge	Volumen	Ovalität	Abholzigkeit
				[cm]	[cm]	[m]	[m ³]	[mm]	[mm/lfm]
<i>Anacagorea mutica</i>	JAR	398	mean	71,2	59,6	11,3	4,07	29,0	10,7
			median	68,8	57,5	10,8	3,37	20,0	9,7
			min	32,0	28,0	4,0	0,50	0,0	0,7
			max	175,0	144,5	21,7	18,11	620,0	50,8
			s	20,3	18,4	3,7	2,63	43,6	6,3
			var	413,5	338,2	13,5	6,94	1897,2	39,3
<i>Andira spp.</i>	KRK	1.151	mean	58,1	47,9	11,3	2,61	30,6	9,3
			median	57,0	46,5	11,0	2,36	20,0	8,7
			min	29,0	23,5	4,0	0,46	0,0	0,3
			max	124,5	113,0	25,4	10,11	280,0	41,6
			s	11,8	10,7	3,0	1,27	35,3	5,8
			var	139,2	115,3	9,3	1,61	1249,6	33,1
<i>Andira spp.</i>	ROK	13.478	mean	57,7	45,9	11,8	2,65	23,9	10,2
			median	55,5	44,0	11,6	2,30	20,0	9,4
			min	20,0	11,0	3,5	0,25	0,0	0,3
			max	141,0	123,5	26,5	15,76	460,0	95,6
			s	13,0	11,7	3,6	1,49	28,4	5,8
			var	168,3	137,7	13,3	2,22	806,7	33,7
<i>Antonia ovata</i>	LIK	102	mean	51,8	42,0	11,6	2,11	22,1	8,7
			median	50,0	40,0	11,3	1,93	10,0	9,1
			min	27,5	18,0	6,2	0,42	0,0	0,4
			max	81,5	69,0	18,5	7,13	100,0	24,4
			s	10,5	9,7	3,0	1,04	24,8	4,8
			var	109,7	93,6	9,2	1,09	616,5	23,3
<i>Aspidosperma marcgravianum</i>	WPA	623	mean	33,1	25,3	9,6	0,90	23,2	8,0
			median	30,0	22,5	10,7	0,48	20,0	6,7
			min	11,0	10,5	1,0	0,03	0,0	0,2
			max	93,0	73,0	24,0	8,19	200,0	36,7
			s	15,9	11,9	3,9	1,10	26,3	6,2
			var	252,9	141,6	15,4	1,21	693,3	38,8
<i>Aspidosperma sandwithianum</i>	KKP	4.083	mean	51,4	39,0	13,1	2,24	20,1	9,5
			median	50,0	38,0	12,5	1,98	10,0	9,3
			min	28,5	15,0	3,1	0,34	0,0	0,4
			max	105,0	98,5	30,0	9,13	340,0	42,9
			s	9,5	7,9	4,1	1,17	23,3	4,2
			var	90,7	62,8	17,2	1,36	541,3	17,3
<i>Bagassa guianensis</i>	KAW	9.186	mean	68,9	54,7	11,8	3,73	32,6	12,2
			median	67,0	52,5	11,0	3,31	20,0	11,8
			min	28,0	21,5	1,0	0,26	0,0	0,3
			max	154,5	147,0	27,5	18,31	470,0	175,0
			s	15,4	14,3	4,0	2,02	36,5	6,0
			var	238,6	203,3	15,7	4,09	1334,1	36,4
<i>Bocoa prouacensis</i>	YZH	14.661	mean	34,6	27,8	10,9	0,93	16,8	6,3
			median	33,5	26,5	10,6	0,75	10,0	5,9
			min	12,0	10,5	3,2	0,08	0,0	0,2
			max	82,5	70,0	28,0	7,59	220,0	40,0
			s	8,4	7,4	3,0	0,64	19,4	3,4
			var	70,0	54,7	8,8	0,41	377,9	11,4
<i>Brosimum acutifolium</i>	TAK	120	mean	59,8	48,8	12,5	3,02	42,2	8,8
			median	57,8	48,5	12,3	2,59	30,0	8,3
			min	37,0	28,0	6,0	1,05	0,0	0,3
			max	100,0	96,5	24,0	8,03	170,0	22,5
			s	12,8	11,9	3,8	1,57	42,2	4,3
			var	164,6	140,9	14,3	2,48	1776,8	18,5
<i>Brosimum parinarioides</i>	DOE	398	mean	64,1	50,9	12,3	3,38	34,6	10,7
			median	63,0	50,5	12,0	3,03	30,0	10,3
			min	31,5	24,0	2,3	0,43	0,0	0,4
			max	110,0	91,5	20,9	13,16	240,0	31,6
			s	13,5	11,5	3,5	1,76	35,9	5,1
			var	183,5	132,1	12,1	3,09	1291,9	26,3

A. Rundholzkennzahlen

Holzart	Code	N		Stammfuß [cm]	Zopf [cm]	Länge [m]	Volumen [m ³]	Ovalität [mm]	Abholzigkeit [mm/lfm]
<i>Brosimum rubescens</i>	SAT	645	mean	53,5	43,0	12,3	2,46	23,6	8,7
			median	52,0	41,0	11,8	2,03	10,0	8,5
			min	12,0	11,0	1,8	0,10	0,0	0,3
			max	96,5	81,0	24,0	9,85	200,0	27,6
			s	13,7	11,7	3,7	1,56	30,1	4,1
			var	186,4	136,4	13,6	2,43	903,8	16,8
<i>Byrsonima spp.</i>	LKA	10	mean	49,6	37,6	12,3	2,22	11,0	9,4
			median	49,5	40,0	12,4	1,85	5,0	8,8
			min	24,0	20,0	9,0	0,39	0,0	1,1
			max	80,0	49,0	16,0	4,39	50,0	24,4
			s	18,6	11,1	2,2	1,53	16,0	6,7
			var	344,9	123,0	4,8	2,35	254,4	44,4
<i>Calophyllum brasiliense</i>	KRR	183	mean	54,9	44,0	12,0	2,46	17,2	9,3
			median	54,0	42,5	12,0	2,17	10,0	8,9
			min	32,0	20,0	5,4	0,49	0,0	0,7
			max	100,0	84,0	23,8	10,70	120,0	34,4
			s	11,9	10,5	3,4	1,42	21,2	5,5
			var	141,9	109,3	11,5	2,01	448,8	29,8
<i>Calycolpus spp.</i>	BGV	15	mean	61,3	48,2	8,2	2,11	34,0	15,9
			median	61,0	49,0	8,4	1,91	20,0	14,0
			min	43,5	35,0	5,0	0,78	0,0	4,0
			max	81,0	69,0	11,0	4,89	170,0	30,5
			s	11,9	9,2	1,6	1,07	41,9	8,3
			var	141,7	85,3	2,4	1,15	1754,3	68,8
<i>Calycorectes bergii</i>	BGU	1	mean	33,5	26,0	11,3	0,80	20,0	6,6
			median	33,5	26,0	11,3	0,80	20,0	6,6
			min	33,5	26,0	11,3	0,80	20,0	6,6
			max	33,5	26,0	11,3	0,80	20,0	6,6
			s						
			var						
<i>Caraipa densiflora</i>	HLA	70	mean	72,4	58,3	11,3	4,00	35,7	12,9
			median	70,8	56,5	10,4	3,59	25,0	11,3
			min	41,5	29,5	4,3	0,62	0,0	2,5
			max	121,5	115,0	24,4	10,04	150,0	40,1
			s	19,7	17,8	3,7	2,25	35,5	7,1
			var	389,4	317,9	14,0	5,06	1259,6	51,0
<i>Caraipa richardiana</i>	LLA	34	mean	60,9	44,8	12,5	2,97	27,9	13,2
			median	59,5	41,0	12,1	2,62	20,0	12,6
			min	39,0	29,5	8,8	0,95	0,0	1,9
			max	99,5	77,0	17,7	8,31	100,0	30,8
			s	14,6	11,9	2,4	1,60	30,7	6,7
			var	213,1	140,7	5,6	2,58	944,1	44,4
<i>Carapa guianensis</i>	RKR	3.742	mean	49,5	40,3	11,2	1,90	25,8	8,3
			median	49,0	39,5	11,0	1,74	20,0	7,9
			min	23,0	15,0	2,5	0,27	0,0	0,3
			max	89,0	87,0	22,2	7,77	370,0	48,3
			s	9,7	9,1	3,0	0,98	28,6	4,7
			var	93,9	83,0	8,7	0,96	817,4	21,8
<i>Caryocar glabrum</i>	SAW	137	mean	85,5	69,9	9,1	4,48	57,5	18,6
			median	83,5	70,0	8,8	4,06	40,0	14,4
			min	40,0	29,0	3,8	0,66	0,0	0,8
			max	153,5	131,0	18,0	15,71	320,0	76,4
			s	24,8	21,9	3,2	2,70	62,9	12,4
			var	615,0	481,7	10,2	7,29	3957,0	153,2
<i>Cecropia sciadophylla</i>	MPA	6	mean	53,7	37,3	13,6	2,29	11,7	12,2
			median	51,8	37,8	13,0	2,32	5,0	10,5
			min	40,0	26,5	11,0	1,22	0,0	7,7
			max	68,0	47,0	17,0	3,01	50,0	20,5
			s	9,4	7,8	2,5	0,63	19,4	4,8
			var	88,4	60,5	6,1	0,40	376,7	23,4

A. Rundholzkennzahlen

Holzart	Code	N		Stammfuß [cm]	Zopf [cm]	Länge [m]	Volumen [m ³]	Ovalität [mm]	Abholzigkeit [mm/lfm]
<i>Cedrela odorata</i>	CED	860	mean	59,0	45,5	12,7	2,96	26,6	10,8
			median	56,5	43,5	12,4	2,51	20,0	10,4
			min	25,0	15,0	3,0	0,23	0,0	0,2
			max	140,0	135,5	24,6	17,59	230,0	41,2
			s	14,8	13,5	4,0	1,87	30,4	5,1
			var	218,4	181,9	15,8	3,50	926,5	26,2
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	DNC	1.449	mean	69,0	54,6	12,0	3,92	36,5	12,7
			median	65,0	51,0	11,6	3,14	20,0	11,1
			min	31,0	21,0	3,2	0,33	0,0	0,3
			max	156,0	133,0	26,9	33,68	390,0	145,3
			s	20,2	17,5	3,9	2,83	43,1	9,7
			var	406,7	305,1	14,9	8,02	1853,7	94,0
<i>Chaetocarpus schomburgkianus</i>	FOM	83	mean	42,8	34,2	11,5	1,52	17,1	7,7
			median	47,0	37,0	11,6	1,60	10,0	6,8
			min	15,0	11,5	5,3	0,15	0,0	0,4
			max	83,5	62,0	18,0	5,12	130,0	28,3
			s	13,4	12,9	2,5	0,99	24,7	5,1
			var	179,8	166,5	6,3	0,99	608,6	25,7
<i>Chaunochiton kappleri</i>	PKW	550	mean	64,5	50,5	11,2	3,17	29,5	12,8
			median	62,5	49,0	11,1	2,68	20,0	11,9
			min	28,0	20,0	3,0	0,41	0,0	0,4
			max	132,0	110,0	23,1	16,12	180,0	65,0
			s	16,2	13,5	3,3	1,93	32,8	7,3
			var	261,8	181,5	10,9	3,74	1077,4	53,7
<i>Chimarrhis turbinata</i>	SNU	79	mean	39,5	28,0	9,4	0,92	41,5	27,2
			median	39,0	26,0	11,6	0,81	40,0	11,9
			min	22,0	13,0	1,0	0,03	0,0	0,3
			max	82,5	70,0	21,9	5,05	230,0	240,0
			s	10,5	10,5	6,8	0,89	41,9	41,0
			var	110,2	110,5	46,0	0,79	1751,5	1679,2
<i>Cordia alliodora</i>	AWA	528	mean	65,9	55,4	12,3	3,68	37,2	8,8
			median	63,0	54,0	11,8	3,36	30,0	8,2
			min	30,0	23,5	5,0	0,78	0,0	0,3
			max	122,5	112,5	28,0	14,89	360,0	40,0
			s	14,6	14,4	3,9	1,92	39,5	5,5
			var	212,8	207,7	15,2	3,69	1557,8	29,9
<i>Couma guianensis</i>	MAP	2.032	mean	53,8	41,9	11,7	2,29	23,1	10,3
			median	52,0	40,0	11,5	1,97	20,0	10,0
			min	18,0	14,0	3,4	0,18	0,0	0,4
			max	117,0	92,0	25,0	12,91	280,0	56,8
			s	12,0	10,7	3,2	1,38	28,5	5,2
			var	142,9	114,8	10,5	1,91	809,8	26,9
<i>Couratari guianensis</i>	ING	11.088	mean	64,7	55,7	11,9	3,48	40,7	7,7
			median	63,0	54,0	11,0	3,08	30,0	7,1
			min	25,0	19,0	2,8	0,37	0,0	0,2
			max	130,5	126,0	28,9	20,96	440,0	73,8
			s	12,8	12,5	4,1	1,78	41,4	4,8
			var	164,8	156,4	16,5	3,16	1714,1	22,7
<i>Couroupita guianensis</i>	BKA	7	mean	63,9	49,2	9,5	2,91	21,4	15,5
			median	62,5	50,5	9,0	2,45	10,0	13,9
			min	32,5	20,0	6,5	0,51	0,0	9,1
			max	97,0	75,5	13,5	8,01	90,0	27,5
			s	20,5	16,5	2,8	2,52	32,4	6,1
			var	419,1	272,9	7,6	6,34	1047,6	36,8
<i>Dicorynia guianensis</i>	BAS	190.001	mean	54,9	45,0	12,4	2,53	23,1	8,1
			median	53,5	43,5	12,1	2,25	20,0	7,7
			min	17,0	12,5	2,2	0,16	0,0	0,2
			max	146,5	114,0	29,8	16,44	500,0	95,0
			s	10,5	9,7	3,6	1,29	25,6	4,2
			var	111,1	94,2	13,1	1,66	653,5	17,4
<i>Dimorphandra conjugata</i>	DAK	514	mean	52,5	38,1	11,7	2,06	39,7	12,9
			median	51,0	37,5	11,2	1,77	30,0	11,6
			min	20,0	17,5	4,5	0,31	0,0	0,5
			max	101,0	77,5	24,0	8,11	250,0	48,4
			s	12,9	10,7	2,9	1,15	35,7	8,3
			var	166,7	115,3	8,5	1,32	1274,0	69,6

A. Rundholzkennzahlen

Holzart	Code	N	Stammfuß		Zopf	Länge	Volumen	Ovalität	Abholzigkeit
			[cm]	[cm]					
<i>Diptotropis purpurea</i>	ZWK	10.079	mean	51,5	41,8	12,0	2,18	22,0	8,3
			median	50,0	40,5	11,5	1,91	20,0	7,8
			min	17,0	12,5	1,1	0,12	0,0	0,3
			max	123,5	94,0	27,8	10,99	230,0	59,1
			s	10,3	9,1	3,7	1,19	25,1	4,5
			var	105,6	83,3	13,8	1,41	627,9	20,6
<i>Dipteryx odorata</i>	TON	238	mean	59,4	47,9	11,0	2,66	24,8	11,6
			median	57,5	46,5	10,8	2,29	20,0	9,0
			min	31,0	22,0	3,0	0,57	0,0	0,6
			max	127,0	90,0	25,0	9,96	190,0	103,3
			s	14,9	12,8	3,6	1,54	32,2	10,6
			var	222,2	163,4	12,7	2,38	1035,2	112,5
<i>Discophora guianensis</i>	ASI	1	mean	38,0	35,5	11,2	1,19	30,0	2,2
			median	38,0	35,5	11,2	1,19	30,0	2,2
			min	38,0	35,5	11,2	1,19	30,0	2,2
			max	38,0	35,5	11,2	1,19	30,0	2,2
			s						
			var						
<i>Drypetes variabilis</i>	WTF	413	mean	49,0	40,2	11,9	1,95	22,2	7,5
			median	48,5	39,5	11,7	1,75	10,0	7,0
			min	31,0	23,5	3,6	0,58	0,0	0,4
			max	90,0	65,0	25,3	10,08	180,0	30,5
			s	8,6	7,3	3,4	1,00	28,1	4,1
			var	73,3	53,3	11,4	0,99	789,6	16,5
<i>Ecclinusa guianensis</i>	BAT	3	mean	56,0	39,8	13,0	2,59	10,0	12,7
			median	61,5	40,5	11,9	2,62	10,0	9,7
			min	43,5	35,0	9,1	1,11	0,0	9,3
			max	63,0	44,0	18,0	4,04	20,0	18,9
			s	10,9	4,5	4,6	1,46	10,0	5,4
			var	117,8	20,6	20,7	2,14	100,0	29,3
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	TPR	1.808	mean	61,0	47,1	11,1	2,79	28,2	12,6
			median	59,5	45,5	11,0	2,44	20,0	12,0
			min	27,0	20,0	2,8	0,38	0,0	0,4
			max	136,5	114,0	25,2	13,07	230,0	63,7
			s	13,9	12,1	3,0	1,62	30,6	6,7
			var	194,5	146,2	8,9	2,62	936,3	45,3
<i>Eperua falcata</i>	WAL	39.899	mean	59,4	46,3	10,1	2,32	31,0	14,0
			median	55,0	42,5	10,0	2,00	20,0	11,7
			min	15,5	10,5	2,3	0,08	0,0	0,3
			max	273,5	182,5	29,0	18,06	1350,0	265,4
			s	18,1	15,6	3,1	1,42	38,4	10,5
			var	329,3	242,3	9,7	2,01	1471,3	109,4
<i>Eriotheca crassa</i>	BKT	2.034	mean	60,6	48,8	11,8	2,93	36,2	10,2
			median	58,5	47,0	11,5	2,54	30,0	9,6
			min	28,0	17,0	3,0	0,26	0,0	0,4
			max	121,5	96,0	23,0	12,38	380,0	34,6
			s	13,1	12,3	3,3	1,57	38,7	4,8
			var	171,9	151,6	11,2	2,46	1501,1	23,3
<i>Erisma uncinatum</i>	FKW	179	mean	63,7	53,1	10,6	2,98	36,7	10,0
			median	62,0	51,5	10,0	2,66	20,0	9,3
			min	34,5	28,0	5,9	0,72	0,0	0,4
			max	108,0	92,0	19,9	9,11	250,0	30,9
			s	15,2	14,9	3,0	1,63	44,2	5,8
			var	230,1	221,7	8,7	2,67	1953,7	33,3
<i>Erisma uncinatum</i>	MWK	14.240	mean	71,8	59,3	11,7	4,20	33,3	10,8
			median	70,0	57,0	11,0	3,61	20,0	9,6
			min	24,5	20,0	3,0	0,35	0,0	0,3
			max	178,5	151,0	28,0	24,15	510,0	104,3
			s	18,2	16,5	3,9	2,51	39,3	7,3
			var	331,2	272,1	15,0	6,32	1542,7	52,6
<i>Eschweilera pedicellata</i>	BMB	60	mean	49,1	40,3	14,6	2,18	26,0	8,0
			median	54,8	43,5	15,0	1,89	10,0	6,8
			min	20,0	16,0	3,8	0,53	0,0	0,3
			max	91,5	74,0	27,0	9,03	200,0	64,5
			s	20,0	16,6	5,9	1,52	37,4	9,2
			var	398,1	276,5	35,1	2,31	1400,7	83,7

A. Rundholzkennzahlen

Holzart	Code	N		Stammfuß [cm]	Zopf [cm]	Länge [m]	Volumen [m ³]	Ovalität [mm]	Abholzigkeit [mm/lfm]
<i>Eschweilera spp.</i>	MNB	12.445	mean	34,0	23,5	13,7	1,00	13,3	7,8
			median	33,0	22,5	14,0	0,85	10,0	7,4
			min	15,0	10,5	3,8	0,12	0,0	0,3
			max	88,0	80,5	28,7	5,75	180,0	29,3
			s	7,7	6,4	3,2	0,59	17,1	3,6
			var	60,0	41,1	10,0	0,35	291,0	12,9
<i>Geissospermum sericeum</i>	BEB	7	mean	48,1	36,7	11,5	1,68	34,3	10,0
			median	45,5	35,5	11,7	1,59	30,0	10,7
			min	41,5	25,5	6,8	0,84	0,0	2,9
			max	60,0	47,5	19,1	2,69	90,0	18,7
			s	7,8	7,0	4,2	0,71	28,8	5,0
			var	60,3	48,4	17,3	0,51	828,6	24,9
<i>Goupia glabra</i>	KOP	76.990	mean	51,6	42,8	10,5	1,99	25,7	8,5
			median	50,0	41,0	10,3	1,70	20,0	7,9
			min	13,0	10,5	2,0	0,08	0,0	0,2
			max	131,5	118,0	29,7	17,26	600,0	165,0
			s	11,8	10,6	2,7	1,19	30,8	5,2
			var	138,3	113,1	7,5	1,41	947,9	26,6
<i>Hevea guianensis</i>	HEV	34	mean	52,1	40,6	11,5	2,03	32,6	9,9
			median	52,0	41,0	11,7	1,84	20,0	10,0
			min	40,0	29,0	6,5	0,66	0,0	1,9
			max	66,5	53,0	20,0	4,34	180,0	21,5
			s	6,6	6,4	3,2	0,83	42,0	3,9
			var	43,6	40,5	10,2	0,70	1765,5	15,5
<i>Humiria balsamifera</i>	BLB	3.268	mean	52,4	42,6	10,2	1,94	22,9	9,9
			median	50,3	40,5	10,0	1,67	10,0	9,1
			min	22,0	15,0	3,5	0,18	0,0	0,2
			max	111,0	100,0	30,0	9,76	230,0	55,0
			s	11,9	10,5	2,9	1,14	27,8	5,6
			var	141,2	109,9	8,6	1,29	772,4	31,7
<i>Hydrochorea corymbosa</i>	BTM	5.363	mean	73,5	59,9	11,2	4,16	33,3	12,4
			median	72,0	58,0	10,8	3,65	20,0	11,3
			min	29,0	12,0	2,5	0,47	0,0	0,3
			max	148,5	124,5	28,0	17,64	570,0	82,7
			s	18,0	16,3	3,5	2,33	38,3	7,5
			var	325,2	266,7	12,2	5,42	1464,1	55,5
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	AJO	190	mean	55,5	44,4	10,0	2,12	24,7	11,5
			median	52,5	42,5	9,5	1,74	20,0	11,5
			min	32,5	21,5	4,5	0,48	0,0	0,5
			max	106,5	90,0	21,2	6,45	160,0	38,0
			s	14,2	13,1	2,9	1,29	27,2	6,0
			var	202,8	172,2	8,3	1,67	741,5	35,7
<i>Hymenaea courbaril</i>	RLO	5.405	mean	67,3	54,6	12,2	3,77	27,7	10,6
			median	65,5	52,5	11,3	3,31	20,0	9,6
			min	30,0	20,0	3,0	0,43	0,0	0,3
			max	132,0	119,0	29,0	18,56	310,0	65,0
			s	14,7	13,7	4,2	2,09	30,9	6,0
			var	215,9	188,6	17,3	4,37	953,3	36,4
<i>Hymenolobium flavum</i>	MKB	13.640	mean	77,5	66,5	10,8	4,54	35,6	10,6
			median	74,5	63,0	10,3	3,95	20,0	9,5
			min	22,5	18,5	2,9	0,22	0,0	0,3
			max	203,0	185,5	25,0	44,37	900,0	101,0
			s	21,3	20,8	3,3	2,65	41,4	6,6
			var	454,4	433,2	10,8	7,03	1715,8	43,5
<i>Inga alba</i>	RPR	527	mean	53,9	43,1	10,9	2,16	26,7	10,1
			median	53,0	42,5	10,8	2,03	20,0	9,6
			min	27,5	15,0	3,3	0,21	0,0	0,5
			max	91,5	86,5	19,5	7,43	250,0	42,7
			s	11,0	9,8	2,9	1,11	31,5	5,8
			var	121,5	96,7	8,1	1,23	994,4	33,7

A. Rundholzkennzahlen

Holzart	Code	N		Stammfuß	Zopf	Länge	Volumen	Ovalität	Abholzigkeit
				[cm]	[cm]	[m]	[m ³]	[mm]	[mm/lfm]
<i>Jacaranda copaia</i>	GOE	852	mean	48,6	38,3	11,4	1,79	20,4	9,2
			median	47,0	37,0	11,2	1,57	10,0	8,7
			min	25,0	16,0	4,5	0,39	0,0	0,4
			max	103,5	100,0	21,4	10,72	130,0	28,0
			s	9,6	9,1	2,9	0,99	23,8	4,8
			var	92,9	83,2	8,6	0,99	566,5	22,8
<i>k.A.</i>	ZLP	17	mean	46,9	35,8	12,1	1,70	18,8	9,5
			median	49,0	37,5	12,6	1,77	10,0	10,1
			min	30,5	27,0	7,0	0,60	0,0	1,4
			max	59,0	45,5	17,4	2,60	70,0	19,8
			s	8,0	6,3	2,8	0,60	20,9	4,8
			var	63,9	40,0	7,8	0,36	436,0	23,0
<i>k.A.</i>	XXX	25	mean	58,4	46,4	11,4	2,62	27,2	11,4
			median	56,0	42,5	11,2	2,36	30,0	8,8
			min	39,0	28,5	5,5	0,78	0,0	1,7
			max	98,5	75,0	19,5	8,03	80,0	47,3
			s	15,7	13,7	3,3	1,59	23,9	9,3
			var	245,4	187,9	10,9	2,54	571,0	87,1
<i>k.A.</i>	YOR	772	mean	82,7	69,4	11,7	5,45	37,0	11,7
			median	79,0	66,0	11,1	4,89	20,0	10,7
			min	35,0	31,5	4,5	0,67	0,0	0,3
			max	160,5	150,0	30,0	28,12	450,0	60,7
			s	21,5	20,4	3,8	2,89	43,6	6,9
			var	462,2	415,7	14,5	8,37	1902,1	47,6
<i>Laetia procera</i>	PNK	1.312	mean	49,4	38,4	12,4	2,02	18,7	9,0
			median	48,5	37,5	12,0	1,79	10,0	8,4
			min	25,0	14,0	4,0	0,28	0,0	0,3
			max	110,0	84,0	24,5	10,83	180,0	44,4
			s	9,7	8,0	3,6	1,10	21,9	4,7
			var	94,7	64,6	13,3	1,22	477,5	22,1
<i>Lecythis poiteaui</i>	GTO	52	mean	58,2	44,9	13,0	2,86	31,9	10,3
			median	57,0	45,0	12,8	2,50	30,0	8,7
			min	41,5	28,5	8,0	1,22	0,0	0,6
			max	85,0	70,0	18,3	6,43	130,0	31,0
			s	9,8	8,5	3,0	1,25	27,7	5,7
			var	95,8	72,7	9,0	1,56	768,8	32,3
<i>Lecythis poiteaui</i>	TTO	2.087	mean	60,8	46,6	12,3	3,00	30,2	11,7
			median	59,0	44,5	12,0	2,63	20,0	10,9
			min	27,0	14,5	3,0	0,42	0,0	0,3
			max	131,0	103,5	23,2	15,60	360,0	72,9
			s	14,1	11,6	3,4	1,67	33,4	6,5
			var	199,3	134,1	11,4	2,80	1116,2	41,7
<i>Lecythis spp.</i>	OMB	634	mean	43,9	32,2	13,5	1,65	18,6	9,0
			median	41,5	31,0	13,2	1,40	10,0	8,3
			min	16,5	12,5	4,3	0,18	0,0	0,3
			max	103,5	85,0	23,7	7,39	170,0	51,1
			s	13,7	12,0	3,6	1,02	22,1	5,3
			var	186,7	143,7	13,2	1,03	489,9	28,2
<i>Lecythis zabucajo</i>	KWA	2.885	mean	66,0	54,1	11,1	3,38	37,3	11,4
			median	64,0	52,0	10,8	2,80	30,0	10,0
			min	29,0	20,0	2,7	0,30	0,0	0,4
			max	163,5	134,5	24,8	19,52	420,0	136,7
			s	15,8	14,1	3,8	2,21	39,6	8,2
			var	248,2	198,9	14,3	4,90	1565,9	67,0
<i>Licania</i>	FOE	1.642	mean	51,8	42,6	11,2	2,05	23,0	8,3
			median	51,0	42,0	11,0	1,87	10,0	7,7
			min	19,0	14,0	3,2	0,14	0,0	0,3
			max	95,0	75,0	23,5	7,16	250,0	41,7
			s	9,2	7,8	3,4	0,97	27,8	4,7
			var	84,5	61,4	11,6	0,94	773,7	22,0

A. Rundholzkennzahlen

Holzart	Code	N		Stammfuß [cm]	Zopf [cm]	Länge [m]	Volumen [m ³]	Ovalität [mm]	Abholzigkeit [mm/lfm]
<i>Licania apetala</i>	KWE	776	mean	50,6	41,1	11,2	1,95	23,6	8,6
			median	50,0	41,0	11,0	1,71	20,0	8,0
			min	28,0	18,0	4,7	0,26	0,0	0,5
			max	90,0	80,0	23,4	6,64	170,0	41,7
			s	9,6	8,0	3,2	0,99	25,6	4,5
			var	91,4	64,3	10,1	0,97	653,6	20,4
<i>Licania jimenezii</i>	RKW	67	mean	56,1	45,4	13,4	2,79	20,4	8,1
			median	55,5	45,0	13,0	2,63	20,0	7,9
			min	37,0	28,0	9,0	1,10	0,0	0,6
			max	97,5	78,5	20,5	8,74	90,0	28,2
			s	10,6	9,0	3,0	1,24	20,0	4,9
			var	111,7	80,3	9,3	1,54	398,3	23,9
<i>Licania laxiflora</i>	BKW	94	mean	58,5	47,5	12,1	2,89	20,0	9,2
			median	57,0	46,3	12,0	2,31	10,0	8,2
			min	34,5	22,5	5,4	0,64	0,0	0,6
			max	87,5	86,5	20,7	9,88	120,0	24,7
			s	13,3	13,0	3,6	1,79	23,7	4,9
			var	177,2	168,3	13,3	3,21	563,4	23,5
<i>Licania majuscula</i>	HKW	76	mean	51,5	40,5	14,3	2,53	27,1	7,8
			median	51,5	40,0	14,1	2,41	20,0	6,9
			min	20,0	13,5	6,4	0,27	0,0	2,3
			max	70,5	61,0	22,8	5,08	200,0	20,9
			s	9,7	8,9	4,1	1,14	33,2	3,5
			var	93,1	78,6	17,0	1,31	1103,5	12,2
<i>Licania micrantha</i>	ZWF	81	mean	40,0	32,1	11,7	1,56	13,3	6,9
			median	40,0	32,0	12,0	0,99	10,0	6,3
			min	18,5	12,0	5,0	0,17	0,0	0,4
			max	86,5	74,5	20,4	6,06	60,0	16,0
			s	18,6	17,1	2,9	1,51	16,3	3,4
			var	347,0	293,2	8,4	2,28	265,0	11,7
<i>Licania ovalifolia</i>	SAN	507	mean	52,7	43,4	10,8	2,03	20,0	8,8
			median	52,0	42,5	10,0	1,85	10,0	7,9
			min	34,0	21,5	3,6	0,60	0,0	0,4
			max	90,0	63,5	25,1	7,07	150,0	36,4
			s	9,1	6,7	3,0	0,91	22,5	5,0
			var	83,3	44,4	9,1	0,83	506,1	25,0
<i>Licania spp.</i>	ANR	106	mean	49,0	39,0	11,2	1,82	20,2	9,0
			median	49,3	38,8	11,0	1,68	10,0	8,0
			min	29,5	25,5	5,7	0,37	0,0	0,8
			max	73,0	58,5	18,1	5,29	110,0	38,9
			s	9,9	8,2	2,8	0,89	21,7	6,1
			var	97,7	67,9	7,6	0,78	470,4	37,5
<i>Licaria cannella</i>	KNH	474	mean	50,8	40,3	12,2	2,09	19,7	8,9
			median	50,0	39,0	12,0	1,82	10,0	8,4
			min	22,0	20,0	3,1	0,27	0,0	0,5
			max	153,0	104,0	21,9	8,19	170,0	90,7
			s	10,6	8,4	3,3	1,05	26,5	6,3
			var	112,1	71,3	10,7	1,10	700,3	39,2
<i>Licaria guianensis</i>	KNP	362	mean	50,0	41,3	11,2	1,92	22,8	7,9
			median	49,5	40,0	10,9	1,75	10,0	7,2
			min	28,0	24,0	3,8	0,30	0,0	0,4
			max	89,5	88,5	23,8	6,22	210,0	30,8
			s	9,8	8,7	3,5	0,93	28,9	4,7
			var	96,2	75,4	12,2	0,86	837,8	22,3
<i>Loxopterygium sagotii</i>	SLH	4.533	mean	49,7	38,7	11,2	1,84	18,3	10,0
			median	49,0	38,0	11,0	1,62	10,0	9,6
			min	20,0	15,0	1,5	0,15	0,0	0,3
			max	99,0	82,5	26,0	9,69	200,0	42,1
			s	9,2	7,9	3,3	0,99	21,9	4,8
			var	85,5	63,1	11,0	0,98	479,3	23,3

A. Rundholzkennzahlen

Holzart	Code	N		Stammfuß	Zopf	Länge	Volumen	Ovalität	Abholzigkeit
				[cm]	[cm]	[m]	[m ³]	[mm]	[mm/lfm]
<i>Lueheopsis rosea</i>	KTU	100	mean	58,3	47,1	12,2	2,97	35,6	9,1
			median	56,3	45,8	12,0	2,48	25,0	8,7
			min	30,0	20,0	6,3	0,51	0,0	0,4
			max	119,0	91,5	23,4	11,50	200,0	28,6
			s	16,2	13,1	3,3	2,03	41,2	5,6
			var	261,5	171,8	10,9	4,11	1699,6	31,1
<i>Macoubea guianensis</i>	SSM	41	mean	63,7	47,9	14,1	3,83	32,4	11,7
			median	60,0	45,5	14,3	3,16	20,0	11,0
			min	43,0	28,0	4,9	0,91	0,0	0,4
			max	119,5	90,0	20,5	11,54	160,0	43,4
			s	17,3	13,7	3,4	2,42	34,0	6,8
			var	299,2	187,2	11,4	5,87	1158,9	46,7
<i>Maniklara huberi</i>	BBT	490	mean	54,0	46,5	12,0	2,48	36,3	6,6
			median	53,5	46,3	11,8	2,30	30,0	5,6
			min	31,0	23,5	3,0	0,40	0,0	0,3
			max	93,5	91,0	24,4	8,56	190,0	74,4
			s	9,0	8,8	3,8	1,17	33,9	5,7
			var	80,8	76,9	14,5	1,38	1146,3	32,4
<i>Manilkara bidentata</i>	BOL	32.995	mean	61,2	50,4	10,8	2,76	33,9	10,2
			median	60,0	49,5	10,5	2,49	20,0	9,5
			min	17,5	12,0	3,0	0,30	0,0	0,3
			max	122,5	115,5	25,4	15,10	490,0	81,1
			s	11,5	10,9	3,2	1,34	34,9	5,9
			var	132,7	119,3	10,0	1,80	1215,8	34,7
<i>Martiodendrom parviflorum</i>	WPL	15.437	mean	55,1	48,0	12,0	2,57	26,7	6,1
			median	54,0	47,5	11,8	2,38	20,0	5,6
			min	17,5	12,5	2,8	0,21	0,0	0,3
			max	131,0	96,5	29,0	10,60	420,0	60,0
			s	9,2	9,0	3,4	1,14	27,9	3,9
			var	84,6	81,9	11,9	1,30	776,9	15,3
<i>Micropholis guianensis</i>	WRH	2.348	mean	53,7	45,0	11,0	2,35	27,4	8,1
			median	48,0	40,0	10,8	1,67	20,0	7,4
			min	20,5	19,0	2,7	0,20	0,0	0,3
			max	175,0	138,0	24,4	19,21	300,0	48,3
			s	18,8	16,9	3,0	2,09	37,5	5,0
			var	354,1	284,8	9,1	4,38	1409,3	25,5
<i>Micropholis guyanensis</i>	ZRH	1.318	mean	52,2	44,0	11,7	2,23	27,1	7,2
			median	51,0	43,0	11,5	2,00	20,0	6,7
			min	21,0	16,0	2,9	0,22	0,0	0,3
			max	89,0	75,0	23,0	8,13	260,0	41,4
			s	9,3	8,7	3,3	1,09	31,5	4,4
			var	86,4	74,9	11,0	1,18	990,4	19,0
<i>Minquartia guianensis</i>	ALO	38	mean	45,7	32,1	13,6	1,71	26,3	10,0
			median	43,3	33,3	11,5	1,37	20,0	10,1
			min	32,5	15,0	10,0	0,76	0,0	2,6
			max	72,5	56,5	20,0	3,95	110,0	21,7
			s	9,2	10,4	2,9	0,77	30,8	4,7
			var	84,5	108,4	8,4	0,60	948,2	22,2
<i>Mora excelsa</i>	MOR	1.572	mean	51,7	43,8	11,4	2,10	28,6	7,3
			median	50,0	43,0	11,5	1,94	20,0	6,5
			min	23,0	16,0	2,5	0,19	0,0	0,3
			max	120,0	102,0	23,0	10,31	210,0	66,1
			s	9,8	8,9	3,3	0,99	31,0	5,1
			var	95,5	78,3	10,8	0,99	958,3	25,6
<i>Mora Gonggrijpii</i>	MBK	1.492	mean	44,2	35,0	13,4	1,77	19,6	7,1
			median	43,5	35,0	13,8	1,57	10,0	6,6
			min	14,0	11,5	4,0	0,11	0,0	0,3
			max	92,0	83,0	23,0	6,87	200,0	34,1
			s	11,0	10,9	3,0	0,98	23,4	4,3
			var	121,9	117,9	8,9	0,97	546,6	18,5

A. Rundholzkennzahlen

Holzart	Code	N		Stammfuß	Zopf	Länge	Volumen	Ovalität	Abholzigkeit
				[cm]	[cm]	[m]	[m ³]	[mm]	[mm/lfm]
<i>Nectandra globosa</i>	KRP	62	mean	43,6	33,5	11,0	1,39	18,4	9,4
			median	43,0	32,0	10,8	1,25	20,0	8,5
			min	25,0	17,5	6,2	0,39	0,0	1,0
			max	66,5	51,5	23,0	3,50	70,0	22,2
			s	9,0	8,0	3,2	0,70	16,0	4,5
			var	81,8	63,5	10,3	0,50	256,4	20,1
<i>Ocotea floribunda</i>	ZWP	3.367	mean	46,9	38,1	11,5	1,73	20,4	7,8
			median	46,0	37,0	11,4	1,54	10,0	7,2
			min	23,0	15,0	3,6	0,17	0,0	0,3
			max	105,0	84,5	26,7	9,92	210,0	55,0
			s	9,4	8,3	2,8	0,91	25,4	4,7
			var	89,1	68,9	8,1	0,82	645,5	21,9
<i>Ocotea oblonga</i>	WNP	2.801	mean	54,8	45,3	11,8	2,48	28,1	8,2
			median	53,0	43,5	11,8	2,17	20,0	7,3
			min	16,5	14,5	2,9	0,15	0,0	0,3
			max	115,0	99,0	21,3	16,05	270,0	46,7
			s	12,8	11,5	2,9	1,44	32,7	5,2
			var	164,2	132,6	8,6	2,06	1066,3	26,7
<i>Ocotea petalanthera</i>	WTP	218	mean	47,5	39,0	11,6	1,79	22,7	7,6
			median	46,0	38,0	11,5	1,66	10,0	7,0
			min	27,0	25,0	3,0	0,42	0,0	0,3
			max	83,0	78,5	20,2	7,33	230,0	26,5
			s	9,9	8,2	3,0	0,91	30,0	4,7
			var	98,3	67,9	9,2	0,83	901,6	21,7
<i>Ocotea rubra</i>	WAN	42.502	mean	60,3	44,3	12,1	2,96	26,7	13,3
			median	56,5	40,0	11,7	2,26	20,0	12,9
			min	22,0	12,5	2,0	0,18	0,0	0,3
			max	170,5	140,5	28,2	24,77	700,0	86,7
			s	17,1	14,9	3,6	2,22	34,5	5,9
			var	291,9	221,5	12,8	4,91	1187,8	34,6
<i>Ocotea schomburgkiana</i>	HBP	2	mean	59,0	51,0	11,3	2,80	50,0	7,0
			median	59,0	51,0	11,3	2,80	50,0	7,0
			min	51,0	37,5	11,2	1,79	10,0	2,2
			max	67,0	64,5	11,4	3,80	90,0	11,8
			s	11,3	19,1	0,1	1,42	56,6	6,8
			var	128,0	364,5	0,0	2,02	3200,0	46,2
<i>Ormosia spp.</i>	KOK	1.409	mean	55,6	43,7	12,3	2,55	23,6	9,9
			median	54,0	42,0	11,9	2,23	10,0	9,4
			min	23,0	15,0	3,4	0,26	0,0	0,4
			max	109,5	104,0	24,9	10,40	300,0	44,4
			s	12,3	11,0	3,7	1,40	29,6	5,3
			var	152,2	120,2	13,7	1,97	873,7	28,4
<i>Pachira insignis</i>	BMW	4	mean	56,3	41,0	10,3	1,90	45,0	16,3
			median	55,0	40,0	10,8	1,80	40,0	15,3
			min	50,5	35,5	6,0	1,50	0,0	7,8
			max	64,5	48,5	13,4	2,49	100,0	26,7
			s	6,4	6,0	3,2	0,47	48,0	7,8
			var	40,8	35,5	10,0	0,23	2300,0	60,8
<i>Parinari campestris</i>	ROF	1.869	mean	54,9	45,0	11,9	2,43	30,7	8,4
			median	53,5	43,5	11,7	2,16	20,0	7,9
			min	22,0	13,5	3,6	0,28	0,0	0,3
			max	102,0	96,0	22,4	12,50	260,0	49,3
			s	10,8	10,1	3,3	1,22	32,1	4,5
			var	116,3	101,5	10,9	1,48	1028,7	19,8
<i>Parkia nitida</i>	AGR	959	mean	65,4	53,7	11,1	3,35	29,3	10,6
			median	62,0	50,5	11,0	2,72	20,0	9,6
			min	34,5	20,0	3,3	0,41	0,0	0,4
			max	138,0	125,5	23,0	20,03	340,0	61,4
			s	17,1	16,0	3,2	2,22	35,7	6,3
			var	293,2	255,8	10,5	4,91	1277,8	39,6

A. Rundholzkennzahlen

Holzart	Code	N		Stammfuß [cm]	Zopf [cm]	Länge [m]	Volumen [m ³]	Ovalität [mm]	Abholzigkeit [mm/lfm]
<i>Parkia pendula</i>	KWK	1.781	mean	67,6	55,1	11,0	3,47	33,8	11,6
			median	65,5	52,5	11,0	2,92	20,0	10,8
			min	31,5	15,0	3,5	0,58	0,0	0,3
			max	137,5	125,0	21,7	20,50	290,0	64,0
			s	17,9	16,4	2,9	2,21	38,8	6,7
			var	320,3	267,4	8,6	4,87	1504,5	45,3
<i>Peltogyne paniculata</i>	PRH	32.539	mean	57,6	48,3	12,6	2,89	30,2	7,5
			median	56,0	47,0	12,5	2,60	20,0	6,9
			min	15,0	12,0	3,0	0,12	0,0	0,2
			max	145,5	107,0	28,8	19,58	410,0	95,2
			s	11,0	10,4	3,8	1,42	32,3	4,3
			var	120,4	107,8	14,2	2,02	1046,0	18,7
<i>Pinus caribea</i>	PIN	3.247	mean	29,3	22,4	8,7	0,50	0,8	8,2
			median	25,0	19,0	8,0	0,37	0,0	7,5
			min	15,0	11,0	2,0	0,11	0,0	0,5
			max	86,0	72,0	17,2	3,53	120,0	90,6
			s	9,4	8,2	1,6	0,36	5,2	4,2
			var	87,8	67,6	2,6	0,13	26,8	17,4
<i>Platymiscium trinitatis</i>	KOE	725	mean	47,4	37,6	13,8	2,09	19,8	7,3
			median	45,5	36,5	12,7	1,80	10,0	6,6
			min	26,5	19,0	5,0	0,40	0,0	0,2
			max	134,5	111,0	29,1	11,20	200,0	48,6
			s	12,1	10,1	5,0	1,28	24,5	4,8
			var	146,8	102,7	25,3	1,64	599,8	23,4
<i>Pogonophora schomburgkiana</i>	GRU	53	mean	46,8	39,2	11,7	1,80	24,0	6,6
			median	47,0	40,0	10,6	1,49	10,0	5,8
			min	29,0	25,5	6,8	0,61	0,0	0,5
			max	66,0	56,0	22,2	6,18	150,0	17,6
			s	7,9	8,2	3,7	1,00	33,3	4,2
			var	63,0	66,8	13,6	1,01	1109,0	17,8
<i>Poraquieba guianensis</i>	JAK	40	mean	46,8	37,6	11,9	1,85	29,3	8,1
			median	46,0	36,5	11,5	1,75	20,0	7,5
			min	27,0	20,5	3,0	0,44	0,0	0,4
			max	101,5	81,0	20,4	6,95	210,0	19,5
			s	14,6	13,1	3,5	1,31	36,8	3,8
			var	212,8	171,7	12,2	1,71	1350,7	14,7
<i>Pouteria guianensis</i>	JSN	7	mean	40,6	29,1	10,0	1,02	17,1	11,9
			median	32,5	23,0	10,0	0,62	10,0	9,5
			min	29,5	20,0	6,5	0,50	0,0	6,0
			max	67,0	53,5	12,6	1,88	70,0	20,8
			s	13,9	12,0	1,8	0,58	24,3	5,4
			var	194,0	143,8	3,4	0,34	590,5	29,3
<i>Pouteria spp.</i>	KWS	280	mean	58,0	48,9	12,5	2,88	32,0	7,5
			median	56,5	48,0	12,4	2,75	20,0	6,7
			min	36,0	30,0	6,0	0,84	0,0	0,3
			max	85,0	75,0	19,4	8,48	230,0	31,0
			s	9,5	8,5	3,2	1,17	40,6	5,0
			var	90,5	72,0	10,1	1,38	1644,7	25,4
<i>Pouteria trigonosperma</i>	DBO	194	mean	53,6	45,1	12,0	2,41	32,3	7,4
			median	53,5	45,0	11,8	2,20	20,0	6,6
			min	29,0	21,5	2,9	0,37	0,0	0,3
			max	84,0	80,5	20,4	6,38	130,0	36,8
			s	10,0	9,9	3,5	1,22	29,0	5,1
			var	100,4	97,8	12,4	1,49	841,7	25,8
<i>Pradosia ptychandra</i>	KMB	21.992	mean	60,6	52,1	11,4	2,92	34,5	7,5
			median	58,5	50,5	11,0	2,65	30,0	7,0
			min	27,0	17,5	2,0	0,28	0,0	0,2
			max	125,0	121,0	28,8	17,58	470,0	73,3
			s	12,5	12,3	3,6	1,43	34,0	4,4
			var	155,5	150,4	13,3	2,05	1158,2	19,2

A. Rundholzkennzahlen

Holzart	Code	N		Stammfuß [cm]	Zopf [cm]	Länge [m]	Volumen [m ³]	Ovalität [mm]	Abholzigkeit [mm/lfm]
<i>Pradosia spp.</i>	HKM	152	mean	58,1	47,6	13,3	3,09	32,5	8,2
			median	57,5	46,3	12,0	2,77	20,0	7,4
			min	33,0	26,0	4,0	0,57	0,0	0,5
			max	101,5	82,5	23,7	9,90	170,0	28,0
			s	12,7	11,1	4,1	1,64	32,4	5,0
<i>Pseudopiptadenia suaveolens</i>	PMS	5.575	mean	61,4	51,4	11,6	3,06	31,9	8,9
			median	60,0	50,0	11,4	2,75	20,0	8,1
			min	25,0	10,5	2,8	0,28	0,0	0,3
			max	120,0	110,5	26,2	12,44	450,0	89,5
			s	12,5	11,7	3,4	1,57	35,6	5,9
<i>Qualea dinizii</i>	GKW	7.151	mean	60,6	50,3	12,4	3,21	29,1	8,5
			median	59,0	48,5	12,1	2,79	20,0	7,5
			min	26,0	14,0	3,0	0,37	0,0	0,3
			max	135,0	105,5	26,0	17,87	560,0	66,7
			s	14,3	13,4	3,6	1,86	36,0	5,8
<i>Qualea rosea</i>	BGR	107.169	mean	60,8	47,3	12,8	3,13	23,1	10,7
			median	59,0	45,0	12,4	2,74	20,0	10,2
			min	19,5	13,0	2,9	0,16	0,0	0,2
			max	170,0	160,0	30,0	24,83	440,0	105,1
			s	13,3	11,9	4,2	1,76	27,8	5,2
<i>Quelea coerulea</i>	LLG	8.013	mean	57,4	45,4	11,9	2,64	25,9	10,2
			median	56,0	44,0	11,9	2,33	20,0	9,5
			min	27,0	18,5	3,9	0,34	0,0	0,3
			max	120,0	109,0	24,2	12,00	260,0	70,8
			s	12,6	11,3	3,1	1,43	31,3	5,8
<i>Rheedia spp.</i>	PAK	6.924	mean	60,9	47,8	12,1	2,99	24,9	11,0
			median	59,0	45,5	11,5	2,60	20,0	10,3
			min	21,0	13,0	3,0	0,33	0,0	0,3
			max	141,0	114,0	28,2	20,93	470,0	84,3
			s	14,2	13,0	3,9	1,73	30,8	5,9
<i>Ruizterania albiflora</i>	HGR	42.836	mean	59,8	48,2	12,5	3,06	25,1	9,5
			median	58,0	46,0	12,1	2,64	20,0	8,8
			min	20,0	13,0	2,5	0,17	0,0	0,2
			max	142,0	117,0	30,0	21,55	570,0	78,5
			s	13,7	12,2	3,8	1,76	29,5	5,2
<i>Sacoglottis cydonioides</i>	BFU	763	mean	51,3	42,5	12,0	2,20	23,4	7,4
			median	50,0	41,5	11,8	1,98	20,0	6,8
			min	25,5	18,0	3,0	0,41	0,0	0,3
			max	96,5	76,5	22,7	8,00	200,0	29,1
			s	10,7	9,5	3,0	1,13	27,2	4,6
<i>Sapium glandulosum</i>	MER	5.959	mean	50,3	41,7	9,5	1,67	20,1	9,3
			median	48,5	40,0	9,2	1,43	10,0	8,6
			min	15,5	12,5	2,3	0,10	0,0	0,4
			max	120,0	110,0	22,7	11,05	280,0	46,0
			s	10,7	9,2	2,4	0,97	24,9	5,3
<i>Schefflera morototonia</i>	MRT	258	mean	50,0	38,3	10,8	1,77	22,3	11,0
			median	49,5	37,0	10,3	1,54	20,0	10,7
			min	20,0	14,5	4,9	0,24	0,0	0,6
			max	88,0	75,0	21,1	5,33	260,0	30,9
			s	9,3	7,8	3,0	0,87	28,5	5,3
			var	87,1	61,1	8,8	0,76	814,0	28,6

A. Rundholzkennzahlen

Holzart	Code	N		Stammfuß	Zopf	Länge	Volumen	Ovalität	Abholzigkeit
				[cm]	[cm]	[m]	[m ³]	[mm]	[mm/lfm]
<i>Schwartzia guianensis</i>	PYZ	5	mean	50,3	42,7	14,3	2,41	30,0	6,2
			median	50,5	42,5	14,8	2,75	20,0	4,7
			min	40,0	38,0	8,0	1,52	20,0	0,7
			max	56,0	50,0	20,0	3,14	50,0	15,6
			s	6,3	4,8	4,4	0,70	14,1	5,6
			var	40,2	22,7	19,2	0,49	200,0	31,9
<i>Sclerolobium albiflorum</i>	RDJ	175	mean	54,3	44,3	11,4	2,32	25,0	9,2
			median	52,0	43,5	11,2	2,13	20,0	8,4
			min	33,0	21,0	4,8	0,58	0,0	0,8
			max	82,5	75,0	23,7	6,66	200,0	30,1
			s	10,6	10,0	3,4	1,17	33,9	5,2
			var	112,5	99,2	11,5	1,38	1147,0	27,5
<i>Sclerolobium melinonii</i>	DJA	295	mean	53,4	44,2	12,2	2,40	26,6	7,7
			median	52,5	44,0	12,3	2,20	20,0	7,1
			min	31,5	22,5	4,8	0,36	0,0	0,5
			max	89,5	89,0	24,0	9,55	300,0	37,3
			s	9,5	8,0	3,9	1,24	35,7	4,5
			var	90,1	63,8	15,0	1,53	1274,1	19,9
<i>Sclerolobium micropetalum</i>	ZDJ	52	mean	49,8	42,5	9,1	1,61	22,3	8,5
			median	50,0	40,8	8,5	1,39	20,0	7,2
			min	30,5	20,5	3,5	0,41	0,0	0,8
			max	84,0	60,0	19,0	3,77	100,0	28,6
			s	9,4	7,9	3,9	0,90	25,7	6,5
			var	88,6	61,8	15,4	0,82	661,2	42,3
<i>Simarouba amara</i>	SMB	20.656	mean	56,0	40,4	12,0	2,43	20,8	13,2
			median	53,5	39,5	12,0	1,98	10,0	12,7
			min	16,5	12,5	3,0	0,19	0,0	0,3
			max	120,0	98,0	28,8	17,34	360,0	63,2
			s	11,8	10,4	3,5	1,51	25,5	5,9
			var	140,4	107,6	12,5	2,28	652,1	35,3
<i>Sloanea spp.</i>	RAF	1	mean	51,5	29,5	11,3	1,56	10,0	19,5
			median	51,5	29,5	11,3	1,56	10,0	19,5
			min	51,5	29,5	11,3	1,56	10,0	19,5
			max	51,5	29,5	11,3	1,56	10,0	19,5
			s						
			var						
<i>Sterculia pruriens</i>	OKH	2.482	mean	55,5	43,2	12,8	2,63	24,4	9,8
			median	54,5	42,0	12,6	2,34	20,0	9,3
			min	30,0	18,0	3,2	0,32	0,0	0,4
			max	103,0	85,0	26,1	10,98	230,0	42,2
			s	10,2	8,5	3,7	1,36	27,9	4,7
			var	104,0	73,1	13,3	1,84	780,4	22,0
<i>Swartzia benthamiana</i>	BBB	1.319	mean	44,9	35,4	10,6	1,51	20,4	9,1
			median	42,5	33,0	10,4	1,17	10,0	8,7
			min	19,0	12,0	2,8	0,22	0,0	0,3
			max	107,0	94,0	21,8	7,99	220,0	43,1
			s	12,5	11,0	2,7	1,09	27,2	4,5
			var	156,3	120,7	7,2	1,18	742,0	20,4
<i>Swartzia panacoco</i>	GAN	82	mean	47,5	38,2	11,0	1,73	22,2	8,8
			median	47,3	38,5	10,9	1,55	10,0	8,0
			min	25,0	19,0	2,7	0,39	0,0	0,6
			max	66,5	62,0	18,5	4,05	190,0	27,8
			s	10,7	10,0	3,5	1,02	33,1	5,6
			var	115,5	99,8	12,3	1,03	1093,9	31,0
<i>Symphonia globulifera</i>	MAT	2.509	mean	50,2	37,1	11,6	1,87	19,0	11,3
			median	49,0	35,5	11,5	1,62	10,0	10,8
			min	26,0	18,5	3,3	0,37	0,0	0,4
			max	100,0	76,0	23,1	9,48	250,0	42,9
			s	9,9	8,1	3,3	0,99	24,0	5,3
			var	98,4	65,6	10,6	0,98	576,7	28,1

A. Rundholzkennzahlen

Holzart	Code	N		Stammfuß [cm]	Zopf [cm]	Länge [m]	Volumen [m ³]	Ovalität [mm]	Abholzigkeit [mm/lfm]
<i>Tabebuia capitata</i>	MKG	12.042	mean	71,8	59,1	11,8	4,18	41,6	11,6
			median	70,0	56,3	11,0	3,63	20,0	9,8
			min	24,0	17,0	0,9	0,28	0,0	0,2
			max	252,5	238,5	30,0	30,32	840,0	218,2
			s	19,3	18,7	4,6	2,57	54,3	9,6
			var	372,0	347,9	20,9	6,61	2948,2	92,7
<i>Tabebuia serratifolia</i>	GRH	11.772	mean	56,3	43,9	12,4	2,63	26,3	10,3
			median	55,0	42,5	12,0	2,29	20,0	9,5
			min	16,0	11,0	2,6	0,17	0,0	0,2
			max	122,0	108,0	30,0	13,41	550,0	82,0
			s	12,1	11,0	4,1	1,50	32,4	6,0
			var	147,2	120,0	16,6	2,25	1049,6	36,6
<i>Talisia cf. pedicellaris</i>	ZPL	94	mean	57,2	48,9	10,0	2,29	45,4	8,9
			median	56,3	49,0	10,7	2,07	40,0	8,5
			min	38,5	21,0	3,2	0,68	0,0	0,4
			max	88,0	75,5	16,5	6,23	240,0	25,0
			s	10,9	9,8	3,1	1,13	40,9	5,1
			var	119,8	96,6	9,6	1,28	1670,2	25,6
<i>Talisia spp.</i>	MKR	4	mean	48,3	36,9	10,2	1,52	27,5	11,2
			median	48,0	35,3	10,3	1,27	25,0	11,1
			min	39,0	32,5	8,4	1,09	10,0	5,2
			max	58,0	44,5	11,7	2,46	50,0	17,5
			s	7,9	5,4	1,4	0,64	17,1	5,0
			var	62,9	29,6	1,9	0,40	291,7	25,2
<i>Tapura guianensis</i>	PAR	150	mean	32,6	24,4	11,5	0,87	15,0	7,4
			median	30,5	21,5	11,0	0,61	10,0	6,8
			min	14,5	11,0	3,5	0,13	0,0	0,4
			max	95,0	76,5	24,0	6,95	150,0	24,0
			s	11,8	9,2	3,2	0,90	19,2	4,6
			var	138,4	84,4	10,2	0,81	368,8	20,8
<i>Tapura spp.</i>	PKT	3	mean	46,8	40,2	8,1	1,25	3,3	7,6
			median	50,0	38,0	7,7	1,42	0,0	5,4
			min	39,0	35,5	6,5	0,71	0,0	3,9
			max	51,5	47,0	10,0	1,61	10,0	13,5
			s	6,8	6,0	1,8	0,47	5,8	5,2
			var	46,6	36,6	3,2	0,23	33,3	26,7
<i>Terminalia dichotoma</i>	BAM	1.087	mean	55,9	45,3	11,4	2,44	32,3	9,4
			median	54,0	44,0	11,3	2,15	20,0	8,5
			min	26,5	14,5	3,0	0,36	0,0	0,4
			max	150,5	122,0	21,0	14,89	300,0	44,1
			s	12,3	11,1	3,3	1,37	35,7	5,9
			var	151,7	123,0	10,6	1,87	1271,6	34,7
<i>Terminalia guyanensis</i>	DJI	14.945	mean	69,0	58,0	11,7	3,85	38,9	9,7
			median	67,0	56,0	10,8	3,39	30,0	8,8
			min	21,0	15,0	2,4	0,16	0,0	0,2
			max	152,5	145,0	30,0	21,64	570,0	81,1
			s	15,8	15,2	4,2	2,10	42,6	6,3
			var	249,1	231,3	17,5	4,39	1811,1	40,3
<i>Tetrachastris hostmannii</i>	TMS	105	mean	51,5	43,8	12,1	2,28	32,2	6,3
			median	51,5	42,5	12,0	2,02	30,0	5,8
			min	31,0	25,0	5,4	0,75	0,0	0,3
			max	99,5	66,5	21,4	11,81	120,0	19,1
			s	9,9	7,7	3,0	1,36	29,3	4,3
			var	98,1	59,9	9,3	1,84	857,7	18,5
<i>Tetragastris altissima</i>	RSL	1.941	mean	48,9	41,6	10,6	1,79	30,3	7,0
			median	48,5	41,0	10,4	1,68	20,0	6,1
			min	26,5	19,0	4,2	0,31	0,0	0,3
			max	121,0	80,0	23,2	12,23	310,0	35,8
			s	9,1	8,3	2,5	0,84	33,6	4,9
			var	82,0	69,3	6,1	0,71	1128,3	24,3

A. Rundholzkennzahlen

Holzart	Code	N		Stammfuß [cm]	Zopf [cm]	Länge [m]	Volumen [m ³]	Ovalität [mm]	Abholzigkeit [mm/lfm]
<i>Tetragastris spp.</i>	SAL	3.218	mean	48,4	40,9	10,6	1,75	30,8	7,2
			median	48,0	40,0	10,5	1,61	20,0	6,3
			min	26,0	17,0	3,0	0,26	0,0	0,3
			max	84,0	77,0	23,0	7,66	390,0	48,4
			s	8,5	7,9	2,5	0,80	34,1	5,0
			var	71,6	62,6	6,4	0,65	1161,5	25,2
<i>Trattinickia burserifolia</i>	AJT	3367	mean	62,1	50,1	11,1	3,04	24,9	11,0
			median	59,0	46,5	10,8	2,47	10,0	10,1
			min	24,0	19,0	2,8	0,38	0,0	0,2
			max	143,0	141,5	27,0	20,20	330,0	91,7
			s	16,7	14,9	3,6	2,13	33,1	6,1
			var	279,9	220,6	12,9	4,52	1097,9	36,7
<i>Trattinickia spp.</i>	TIM	1.404	mean	60,1	48,1	11,7	2,94	23,7	10,4
			median	56,5	44,5	11,5	2,38	10,0	9,7
			min	22,5	18,5	3,0	0,25	0,0	0,5
			max	147,5	130,5	26,0	15,90	250,0	48,0
			s	17,1	15,2	3,4	1,98	31,0	5,9
			var	291,5	232,4	11,2	3,93	958,0	34,4
<i>Vatairea guianensis</i>	GKB	14.517	mean	70,6	59,5	10,3	3,59	28,9	11,2
			median	67,0	55,5	10,0	3,05	20,0	9,8
			min	23,0	17,5	2,2	0,35	0,0	0,3
			max	182,0	159,5	30,0	34,52	620,0	162,5
			s	20,5	19,6	3,3	2,21	37,3	7,9
			var	422,1	384,9	11,1	4,90	1388,9	62,1
<i>Vataireopsis speciosa</i>	JOK	8.107	mean	67,1	53,4	12,8	3,82	25,1	10,9
			median	65,5	51,5	11,8	3,44	20,0	10,5
			min	30,0	19,5	0,8	0,32	0,0	0,3
			max	140,5	120,0	29,7	17,13	530,0	193,8
			s	13,6	13,1	4,3	1,95	27,8	5,9
			var	185,7	172,0	18,6	3,81	775,3	35,0
<i>Virola michelli</i>	HBA	1.831	mean	51,9	40,3	13,3	2,40	21,7	8,8
			median	50,0	39,0	13,3	2,05	10,0	8,5
			min	26,0	18,5	3,1	0,18	0,0	0,3
			max	105,0	82,0	25,2	14,71	220,0	43,2
			s	9,7	8,1	3,8	1,32	26,2	4,1
			var	94,2	64,9	14,4	1,75	687,7	17,0
<i>Virola surinamensis</i>	LBA	8.244	mean	51,0	39,6	11,0	1,94	21,4	10,9
			median	49,0	38,0	10,8	1,62	10,0	10,4
			min	25,0	19,0	2,0	0,15	0,0	0,2
			max	103,0	88,5	27,0	12,19	250,0	103,8
			s	10,6	9,7	4,0	1,28	25,4	5,5
			var	113,3	93,4	16,3	1,65	643,8	30,5
<i>Vochysia densiflora</i>	AKW	843	mean	51,3	38,8	12,5	2,12	16,0	10,1
			median	50,0	38,0	12,4	1,90	10,0	9,7
			min	32,0	23,0	4,3	0,55	0,0	0,3
			max	95,0	76,0	21,9	7,36	100,0	34,7
			s	10,4	8,1	3,1	1,03	19,3	5,0
			var	108,7	65,6	9,6	1,06	372,6	25,1
<i>Vochysia guianensis</i>	WWK	12.465	mean	56,6	42,8	12,1	2,57	19,2	11,7
			median	55,0	40,0	11,9	2,16	10,0	11,0
			min	24,0	15,0	3,0	0,27	0,0	0,3
			max	172,5	140,0	28,1	16,28	280,0	107,5
			s	13,9	11,6	3,5	1,61	24,9	6,3
			var	193,9	135,3	12,2	2,60	618,8	39,2
<i>Vochysia tetraphylla</i>	WKW	443	mean	59,9	45,2	10,3	2,57	24,9	15,0
			median	56,5	40,5	10,0	1,92	10,0	13,6
			min	26,0	17,0	3,0	0,21	0,0	0,7
			max	122,5	116,5	20,9	13,43	250,0	90,3
			s	17,9	16,4	3,5	2,06	32,5	9,3
			var	320,5	270,1	11,9	4,25	1056,3	87,4

A. Rundholzkennzahlen

Holzart	Code	N		Stammfuß [cm]	Zopf [cm]	Länge [m]	Volumen [m ³]	Ovalität [mm]	Abholzigkeit [mm/lfm]
<i>Tetragastris spp.</i>	SAL	3.218	mean	48,4	40,9	10,6	1,75	30,8	7,2
			median	48,0	40,0	10,5	1,61	20,0	6,3
			min	26,0	17,0	3,0	0,26	0,0	0,3
			max	84,0	77,0	23,0	7,66	390,0	48,4
			s	8,5	7,9	2,5	0,80	34,1	5,0
			var	71,6	62,6	6,4	0,65	1161,5	25,2
<i>Trattinickia burserifolia</i>	AJT	3.367	mean	62,1	50,1	11,1	3,04	24,9	11,0
			median	59,0	46,5	10,8	2,47	10,0	10,1
			min	24,0	19,0	2,8	0,38	0,0	0,2
			max	143,0	141,5	27,0	20,20	330,0	91,7
			s	16,7	14,9	3,6	2,13	33,1	6,1
			var	279,9	220,6	12,9	4,52	1097,9	36,7
<i>Trattinickia spp.</i>	TIM	1.404	mean	60,1	48,1	11,7	2,94	23,7	10,4
			median	56,5	44,5	11,5	2,38	10,0	9,7
			min	22,5	18,5	3,0	0,25	0,0	0,5
			max	147,5	130,5	26,0	15,90	250,0	48,0
			s	17,1	15,2	3,4	1,98	31,0	5,9
			var	291,5	232,4	11,2	3,93	958,0	34,4
<i>Vatairea guianensis</i>	GKB	14.517	mean	70,6	59,5	10,3	3,59	28,9	11,2
			median	67,0	55,5	10,0	3,05	20,0	9,8
			min	23,0	17,5	2,2	0,35	0,0	0,3
			max	182,0	159,5	30,0	34,52	620,0	162,5
			s	20,5	19,6	3,3	2,21	37,3	7,9
			var	422,1	384,9	11,1	4,90	1388,9	62,1
<i>Vataireopsis speciosa</i>	JOK	8.107	mean	67,1	53,4	12,8	3,82	25,1	10,9
			median	65,5	51,5	11,8	3,44	20,0	10,5
			min	30,0	19,5	0,8	0,32	0,0	0,3
			max	140,5	120,0	29,7	17,13	530,0	193,8
			s	13,6	13,1	4,3	1,95	27,8	5,9
			var	185,7	172,0	18,6	3,81	775,3	35,0
<i>Virola michelli</i>	HBA	1.831	mean	51,9	40,3	13,3	2,40	21,7	8,8
			median	50,0	39,0	13,3	2,05	10,0	8,5
			min	26,0	18,5	3,1	0,18	0,0	0,3
			max	105,0	82,0	25,2	14,71	220,0	43,2
			s	9,7	8,1	3,8	1,32	26,2	4,1
			var	94,2	64,9	14,4	1,75	687,7	17,0
<i>Virola surinamensis</i>	LBA	8.244	mean	51,0	39,6	11,0	1,94	21,4	10,9
			median	49,0	38,0	10,8	1,62	10,0	10,4
			min	25,0	19,0	2,0	0,15	0,0	0,2
			max	103,0	88,5	27,0	12,19	250,0	103,8
			s	10,6	9,7	4,0	1,28	25,4	5,5
			var	113,3	93,4	16,3	1,65	643,8	30,5
<i>Vochysia densiflora</i>	AKW	843	mean	51,3	38,8	12,5	2,12	16,0	10,1
			median	50,0	38,0	12,4	1,90	10,0	9,7
			min	32,0	23,0	4,3	0,55	0,0	0,3
			max	95,0	76,0	21,9	7,36	100,0	34,7
			s	10,4	8,1	3,1	1,03	19,3	5,0
			var	108,7	65,6	9,6	1,06	372,6	25,1
<i>Vochysia guianensis</i>	WWK	12.465	mean	56,6	42,8	12,1	2,57	19,2	11,7
			median	55,0	40,0	11,9	2,16	10,0	11,0
			min	24,0	15,0	3,0	0,27	0,0	0,3
			max	172,5	140,0	28,1	16,28	280,0	107,5
			s	13,9	11,6	3,5	1,61	24,9	6,3
			var	193,9	135,3	12,2	2,60	618,8	39,2
<i>Vochysia tetraphylla</i>	WKW	443	mean	59,9	45,2	10,3	2,57	24,9	15,0
			median	56,5	40,5	10,0	1,92	10,0	13,6
			min	26,0	17,0	3,0	0,21	0,0	0,7
			max	122,5	116,5	20,9	13,43	250,0	90,3
			s	17,9	16,4	3,5	2,06	32,5	9,3
			var	320,5	270,1	11,9	4,25	1056,3	87,4

A. Rundholzkennzahlen

Holzart	Code	N		Stammfuß [cm]	Zopf [cm]	Länge [m]	Volumen [m ³]	Ovalität [mm]	Abholzigkeit [mm/lfm]
<i>Vochysia tomentosa</i>	WNK	25.471	mean	62,3	49,9	11,4	3,06	24,0	11,2
			median	59,0	46,0	11,1	2,50	10,0	10,1
			min	17,0	13,5	3,0	0,20	0,0	0,2
			max	183,0	134,0	29,3	20,17	750,0	120,0
			s	17,8	16,5	3,4	2,04	32,6	6,9
			var	317,3	273,7	11,3	4,16	1061,5	47,3
<i>Vouacapoua americana</i>	BRH	109.477	mean	30,5	24,4	10,8	0,72	14,0	5,7
			median	29,0	23,0	11,0	0,57	10,0	5,0
			min	11,5	10,5	2,0	0,04	0,0	0,2
			max	258,0	85,0	29,3	21,28	470,0	296,3
			s	8,3	7,0	2,6	0,51	18,8	3,8
			var	69,7	48,4	6,8	0,26	354,9	14,6
<i>Zanthoxylum flavum</i>	PRI	8	mean	48,3	39,7	10,4	1,63	13,8	8,4
			median	47,5	40,0	10,3	1,88	10,0	8,8
			min	39,5	27,5	5,0	0,66	0,0	5,0
			max	58,0	50,5	17,8	2,60	70,0	11,7
			s	5,8	6,9	4,6	0,78	23,3	2,2
			var	34,1	47,5	21,6	0,60	541,1	5,0
<i>Zygia racemosa</i>	GBT	1.234	mean	44,0	34,7	11,0	1,46	24,9	8,8
			median	40,0	31,0	10,8	1,13	20,0	7,9
			min	20,5	15,0	2,3	0,12	0,0	0,4
			max	129,5	92,5	22,5	12,59	260,0	66,4
			s	14,1	12,6	3,2	1,08	32,6	5,9
			var	198,1	157,9	10,3	1,17	1061,5	35,3

B. Fotos der 10 wichtigsten Holzarten (Thünen-Institut 2016)



Abbildung B.1.: *Dicorynia guianensis*



Abbildung B.2.: *Eperua falcata*



Abbildung B.3.: *Goupia glabra*



Abbildung B.4.: *Manilkara bidentata*



Abbildung B.5.: *Ocotea rubra*



Abbildung B.6.: *Peltogyne paniculata*



Abbildung B.7.: *Qualea rosea*



Abbildung B.8.: *Ruizterania albiflora*



Abbildung B.9.: *Vochysia tomentosa*



Abbildung B.10.: *Vouacapoua americana*

C. Fragebogen Sägewerk

C. Fragebogen Sägewerk

Sawmill Sector Suriname, March/April 2012

Date: _____ No. _____

1. RAW MATERIAL

1.1 **Total volume** of roundwood in 2011: _____ m³ which arrived at the logyard.

1.2 How much roundwood in total did you **process** in 2011? _____ m³

1.3 If concessionaire: How much came from your **own concession** in 2011? _____ m³

1.4 How much roundwood did you **sell** in 2011? Domestic: _____ m³
-> Export: _____ m³

1.5 What are the main treespecies you **process** in your sawmill?

1.6 How much does a m³ **cost** if you buy it without delivery costs?

1. _____ Price m³ _____ SRD
2. _____ Price m³ _____ SRD
3. _____ Price m³ _____ SRD
4. _____ Price m³ _____ SRD
5. _____ Price m³ _____ SRD
6. _____ Price m³ _____ SRD
7. _____ Price m³ _____ SRD
8. _____ Price m³ _____ SRD
9. _____ Price m³ _____ SRD
10. _____ Price m³ _____ SRD
11. _____ Price m³ _____ SRD
12. _____ Price m³ _____ SRD
13. _____ Price m³ _____ SRD
14. _____ Price m³ _____ SRD
15. _____ Price m³ _____ SRD

1.7 Did the **financial crisis** have any impact on your processed roundwood volume? No Yes -> _____ % higher / lower than from 2007-2011.

1.8 **Where** do you obtain your roundwood from?

	own concession	other concessions	community forest	traders	other sawmills
composition 5	%	%	%	%	%

1.9 **How** do you obtain your roundwood?

	Specific order	Cutting in other concession	Cutting in own concession	Lying on landing	Truck load on logyard
composition 5	%	%	%	%	%

1.10 Who **assorts** the wood order? seller purchaser (sawmill)

1.11 Do you have any supply **shortfalls**? No Yes -> reasons:

1.12 Why are **primarily tree species** from above (list) used?

wood properties product acceptance others _____

1.13 What is missing to be able to **commercialize** the lesser known species?

C. Fragebogen Sägewerk

Sawmill Sector Suriname, March/April 2012

Date: _____ No. _____

1.14 Who do you think could help to **improve** commercialization?

1.15 What are the **species** you would like to bring to the market? And why?

1. _____ why _____
2. _____ why _____
3. _____ why _____
4. _____ why _____
5. _____ why _____
6. _____ why _____
7. _____ why _____
8. _____ why _____
9. _____ why _____
10. _____ why _____

2. TRANSPORT

2.1 How does the **delivery** take place? _____ % truck _____ % ship _____ % both

Distance of	50 km	50 -100 km	101-150 km	151-200 km	> 200km
proportion	%	%	%	%	%

2.2 What are the **delivery costs** per m³? _____ SRD

2.3 How **long** is the time period between the felling and the arrival at the sawmill?

_____ weeks

3. STORAGE

3.1 Do you have a **logyard**? No Yes ->

3.2 How do you **organize** the logyard? dimension tree species quality usage no system

3.3 What quantities of roundwood do you **maximally** store, what's your **minimum** stock?

Storage list	Minimum	Maximum
Roundwood on the logyard	m ³	m ³

3.4 For how long is the roundwood **stored** in the logyard before being sawn? _____ weeks

3.5 Do you use the **Kapregister** lists from SBB? Yes No -> why not:

3.6 Do you have an **inventory list** of the logs kept on the yard? No Yes ->

who is in charge of it? _____

3.7 How much is the share of roundwood that does **not qualify** for processing? _____ m³ consisting of:

	insects	fungi	breakage	form	stem rot	Dimension
Composition	%	%	%	%	%	%

Sawmill Sector Suriname, March/April 2012

Date: _____ No. _____

4. SAWING / MILLING

DRAFT of production plant on extra sheet!

4.1 Characteristics of sawing technology:

Line	Defects	Raam-, Band-, MobilCircularsaw* MobilBandsaw*	Age of sawmill	Daily capacity*	total output per year	Average number of shifts per day	Average yield	Qualitiy A/B/C
1		R O B O MC O MB O		m ³	m ³		%	A _____ % B _____ % C _____ %
2		R O B O MC O MB O		m ³	m ³		%	A _____ % B _____ % C _____ %
3		R O B O MC O MB O		m ³	m ³		%	A _____ % B _____ % C _____ %
4		R O B O MC O MB O		m ³	m ³		%	A _____ % B _____ % C _____ %

4.2 * fix installed on a permanent location

Input sizes of logs	Maximum	Minimum
Diameter		cm/inch
Legth		cm/inch

4.3 What quantities of sawn lumber did your sawmill produce in 2011?

	Total	A-Quality	B-Quality	C-Quality
amount	m ³	m ³	m ³	m ³

4.4 What are the main assortments you saw? What is your average price?

1. _____ Price m³ _____ SRD
2. _____ Price m³ _____ SRD
3. _____ Price m³ _____ SRD
4. _____ Price m³ _____ SRD
5. _____ Price m³ _____ SRD
6. _____ Price m³ _____ SRD
7. _____ Price m³ _____ SRD
8. _____ Price m³ _____ SRD
9. _____ Price m³ _____ SRD
10. _____ Price m³ _____ SRD

4.5 How much percent of sawing are: standard measures _____% special dimensions _____%

Consisting of:

Main assortments	Roughly sawn	Roughly sawn+ air dried	Roughly sawn+ kiln dried	planed
Consumption	m ³	m ³	m ³	m ³

4.6 Are there any strategies to improve the yield? O No O Yes ->

4.7 Do you use an automatization system to optimize the sawing? O No O Yes → which

C. Fragebogen Sägewerk

Sawmill Sector Suriname, March/April 2012

Date: _____ No. _____

4.8 How much is the average overdimensioning (due to drying, backlash of saw, planing) for the different assortments?

Main assortments	Roughly sawn	Roughly sawn+ air dried	Roughly sawn+ kiln dried	planed
overdimension	mm	mm	mm	mm

4.9 The quality sorting of the sawn lumber takes place: visually automated
 4.10 The sorting of sawn lumber takes place: manually partly-mechanic automated (_____)
 4.11 Who is in charge of quality checks?

4.12 Is a test report used? No Yes -> consisting of:

4.13 How much was the energy consumption of the sawmill in 2011? _____ kWh -> per m³ _____ kWh

4.14 In 2011 did you saw more or less wood than in the average of the years 2007-2010? _____ % more / less

Reasons: _____

4.15 Do you **organize** your sawing based on a plan? No Yes ->
 4.16 do you **plan** your sawing on a daily, weekly, monthly base?
 4.17 Do you carry out contract sawing for third parties? No Yes -> in 2011 _____ m³
 4.18 -> What is the price for a m³ _____ SRD
 4.19 What quantities of sawn lumber do you **store** in the sawmill?

Storage list	Minimum	Maximum
roughly sawn products	m ³	m ³
roughly sawn + air dried	m ³	m ³
roughly sawn + kiln dried	m ³	m ³
planed	m ³	m ³

4.20 Do you have your own **houtmarkt**? No Yes

4.21 How is the share of **production** for each month? equal or ->

January	February	March	April	May	June
%	%	%	%	%	%
July	August	September	October	November	December
%	%	%	%	%	%

5. SHARPENING:

5.1 Do you have your own sharpening facilities? No Yes
 5.2 Who is in charge of the sharpening? _____
 5.3 What is the average usage of a sawblade _____
 5.4 How much does a sawblade cost? _____ SRD
 5.5 Is the sharpener specially trained? No Yes -> _____

6. DRYING:

no Drying

6.1 What quantities of sawn lumber were dried in your sawmill in 2011? Total _____ m³

	quantity	chamber volume	dried in 2011
kiln		m ³	m ³
vacuum chamber		m ³	m ³
air dry facilities		m ³	m ³

6.2 Air dry facilities: solid ground permanent roof individually protected _____

6.3 For how long do you air-dry? _____

C. Fragebogen Sägewerk

Sawmill Sector Suriname, March/April 2012

Date: _____ No. _____

6.4 Kiln: O How much was the energy consumption for drying in 2011? _____ kWh -> per m³ _____ kWh

6.5 Do you carry out contract drying in your kilns? O No O Yes -> in 2011 _____ m³

6.6 Do you have sawn lumber dried in other sawmills? O No O yes -> in 2011 _____ m³

6.7 Did the total amount of dried lumber decline within the last five years? O yes O no O +/- unchanged

6.8 The stacking of sawn lumber takes place: O manually O mechanically

6.9 Do you have a license according to ISPM 15 (IPPC-Standard)? O No O Yes ->

O HT (30min <56°C core temperature) or O MB (Methyl Bromid)

7. PLANING:

O No Planing

7.1

Line	Defect, reconstruction	one-, two-, four side plane, moulder, fingerjoint	Age	Daily capacity *	Total processing activities in 2011	Average number of shifts per day	Average output (due to visual defects caused by planing)	Manpower
1		E O Z O V O P O F O		m ³	m ³		%	
2		E O Z O V O P O F O		m ³	m ³		%	
3		E O Z O V O P O F O		m ³	m ³		%	

7.2 Amount of planing

	2011	2010	2009	2008	2007
Planing quantity	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³

7.3 How is the wood that is to be planed provided? O manually O automatically

7.4 Is there a possibility of length cutting at the planing line? O No O Yes

7.5 The stacking of the planed wood is carried out: O manually O mechanically

7.6 How much was the energy consumption of the planing machine in 2011? _____ kWh-> per m³ _____ kWh

8. Further processing:

O No further processing

8.1 How much is the material input? _____ m³

8.2 What products are manufactured in your plant after the sawn lumber is finished?

pallets _____ amount flooring boards _____ m³ solid parquet _____ m³

furniture _____ amount doors / windows _____ amount others _____

9. BYPRODUCTS:

9.1 Total amount of sawing byproducts in 2011: _____ m³ (slabs, cross-cuts, sawdust and wood shavings, others)

9.2 Do you use sawing byproducts in your plant? No O Yes O -> O energy production ____% O further usage of material ____% O others: _____ %

9.3 Selling byproducts to:

	slabs	cross cuts	sawdust and wood shavings	others
Wood material industry	%	%	%	%
Fuel wood	%	%	%	%
Energy production	%	%	%	%
Charcoal	%	%	%	%

5

C. Fragebogen Sägewerk

Sawmill Sector Suriname, March/April 2012

Date: _____ No. _____

Chicken Farms	%	%	%	%
Others	%	%	%	%

9.4 Do you further process sawing byproducts in your plant? No Yes, namely _____% of the amount to _____.

9.5 If you do not further process sawing byproducts: How are they disposed of?

10. SALE:

10.1 Where do you sell your products and to what share?

	local	export
roundwood	%	%
roughly sawn lumber	%	%
roughly sawn and air dried	%	%
roughly sawn and kiln dried	%	%
planed	%	%
further processed	%	%

10.2 Export: What are the most important buyer countries (max.5)?

1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ 5. _____

10.3 How do you get in contact with exporters?

10.4 Is there an organization that organizes the export activities? No Yes ->

11. COMPANY CHARACTERISTICS

11.1 Personnel: How many employees are there in the sawmill plant? (full-time jobs, no trainees/ apprentices)

Non-technical personal _____

Technical personal _____

Training:

11.2 Do you carry out trainings for your employees?

regularly irregularly no need for training

11.3 What institutions carry out trainings?

11.4 Do you think there is any need for your employees for further training? no yes, in the following areas:

11.5 How many workers did you train in your plant in the last 10 years? _____

11.6 Do you have any difficulties in finding personnel? no yes -> reasons:

11.7 How much was your revenue?

	2011	2010	2009	2008	2007
Revenue	€	€	€	€	€

C. Fragebogen Sägewerk

Sawmill Sector Suriname, March/April 2012

Date: _____ No. _____

What shares on your total expenditure did the following areas have in your sawmill:

11.8 In the sawmill including drying and planing:

- roundwood (bought DDU) _____% (DDU – Delivery Duty unpaid – Franco exclusief rechten)
- roundwood production _____%
- transport _____%
- other material costs _____%
- personnel _____%
- energy public grid generator _____%
- depreciation _____%
- interest rates _____%
- research / development / consulting _____%
- others _____%

Further processing No Yes ->

11.9 If there is further processing in your sawmill how are the shares of the costs?

- 1. raw wood (DDU) _____%
- 2. other material costs _____%
- 3. personnel _____%
- 4. energy public grid generator _____%
- 5. depreciation _____%
- 6. interest rates _____%
- 7. research / development / consulting _____%
- 8. others _____%

12. INVESTMENTS

12.1 Do you plan investments in the next 3 years? _____SRD

12.2 How much is the investment rate in your plant in relation to the revenue on average between 2007-2011?
_____%

12.3 What were the investments in the last 3 years?

12.4 How high were the investments in the last 3 years?

13. Market prognosis

13.1 Your prognosis on future developments of the individual products according to buyer region (IN GENERAL, not in relation to your business).

	local	export
roundwood	<input type="checkbox"/> ↑	<input type="checkbox"/> ↑
	<input type="checkbox"/> ↔	<input type="checkbox"/> ↔
	<input type="checkbox"/> ↓	<input type="checkbox"/> ↓
roughly sawn lumber	<input type="checkbox"/> ↑	<input type="checkbox"/> ↑
	<input type="checkbox"/> ↔	<input type="checkbox"/> ↔
	<input type="checkbox"/> ↓	<input type="checkbox"/> ↓
roughly sawn and air dried	<input type="checkbox"/> ↑	<input type="checkbox"/> ↑
	<input type="checkbox"/> ↔	<input type="checkbox"/> ↔
	<input type="checkbox"/> ↓	<input type="checkbox"/> ↓
roughly sawn and kiln dried	<input type="checkbox"/> ↑	<input type="checkbox"/> ↑
	<input type="checkbox"/> ↔	<input type="checkbox"/> ↔
	<input type="checkbox"/> ↓	<input type="checkbox"/> ↓
planed	<input type="checkbox"/> ↑	<input type="checkbox"/> ↑
	<input type="checkbox"/> ↔	<input type="checkbox"/> ↔
	<input type="checkbox"/> ↓	<input type="checkbox"/> ↓
further processed	<input type="checkbox"/> ↑	<input type="checkbox"/> ↑
	<input type="checkbox"/> ↔	<input type="checkbox"/> ↔
	<input type="checkbox"/> ↓	<input type="checkbox"/> ↓

C. Fragebogen Sägewerk

Sawmill Sector Suriname, March/April 2012

Date: _____ No. _____

14. CERTIFICATION

- 14.1 Is your plant certificated? No Yes -> According to _____ (certificate)
14.2 Do you saw certified wood? No Yes -> _____ m³/year
14.3 Are you planning to get certified? No Yes -> According to _____ (certificate)
14.4 Do you think that the FLEGT agreement of the EU or the „Lacey Act“ of the USA have any impacts on your business? No Yes -> restrictions opportunities, please explain ->
-
-

15. COOPERATIONS and competitors

- 15.1 Do you have any cooperations with other sawmills? No Yes -> _____ in the area of:
 sale upgrading further processing commercialization product development _____
-
-

- 15.2 In what areas could you think of having a cooperation with other sawmills in the future?
 sale upgrading further processing commercialization product development _____
-
-

- 15.3 Are there any cooperations at the moment or do you plan any cooperations in the future in the value chain of wood with:

concessionaires	<input type="radio"/> there is	<input type="radio"/> conceivable in the future
trade	<input type="radio"/> there is	<input type="radio"/> conceivable in the future
local wood markets	<input type="radio"/> there is	<input type="radio"/> conceivable in the future
furniture industry	<input type="radio"/> there is	<input type="radio"/> conceivable in the future
construction industrie	<input type="radio"/> there is	<input type="radio"/> conceivable in the future
craftmanship	<input type="radio"/> there is	<input type="radio"/> conceivable in the future
others: _____	<input type="radio"/> there is	<input type="radio"/> conceivable in the future

- 15.4 Where - do you consider - are your main competitors?
 regionally < 50km nationally, Suriname Guyanas Caribbean internationally outside Caribbean
15.5 What are the strong points of your business?
-
-

- 15.6 What are the weak points of your business?
-
-

16. INTERNET

- 16.1 Do you use the internet for your business in the following areas?
 advertising own homepage Online purchase Online sale exchange of data information
16.2 In what areas do you want to use the internet more frequently in the future?
 advertising own homepage Online purchase Online sale exchange of data information

17. WOOD SECTOR SURINAME

- 17.1 What do you consider are the major difficulties in the wood sector in Suriname at the moment?

17.2 What do you consider are the strong points and opportunities of the sawmill industry of Suriname?

17.3 What are the major challenges for the wood processing industry in Suriname for the upcoming years?

D. Fragebogen Holzhandelsbetrieb

D. Fragebogen Holzhandelsbetrieb

Contact

Date: _____ No. _____

Name: _____
 Address: _____
 Contact: _____

1. General information

- a. How many m³ can you store in your HM: _____ m³ or _____ lfm
- b. How many people work in your HM: _____
- c. Do you have own truck for transportation: No Yes

2. Products

2.1 What are the main treespecies you sell in your wood market? (max. 10)

1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ 5. _____
 6. _____ 7. _____ 8. _____ 9. _____ 10. _____

2.2 How high is the share of each specie?

Treespecie	Share of total
1.	%
2.	%
3.	%
4.	%
5.	%
6.	%
7.	%
8.	%
9.	%
10.	%

Sum: _____%

2.3 What are the dimensions and prices for each specie?

1. Specie: _____ used for: _____

Dimension										
Price										

Dimension										
Price										

2. Specie: _____ used for: _____

Dimension										
Price										

Dimension										
Price										

D. Fragebogen Holzhandelsbetrieb

3. Specie: _____ used for: _____

Dimension										
Price										

Dimension										
Price										

4. Specie: _____ used for: _____

Dimension										
Price										

Dimension										
Price										

5. Specie: _____ used for: _____

Dimension										
Price										

Dimension										
Price										

6. Specie: _____ used for: _____

Dimension										
Price										

Dimension										
Price										

7. Specie: _____ used for: _____

Dimension										
Price										

Dimension										
Price										

8. Specie: _____ used for: _____

Dimension										
Price										

Dimension										
Price										

D. Fragebogen Holzhandelsbetrieb

9. Specie: _____ used for: _____

Dimension										
Price										

Dimension										
Price										

10. Specie: _____ used for: _____

Dimension										
Price										

Dimension										
Price										

2.4 What are the 5 main dimensions for each specie?

Treespecie	Dimension 1	Dimension 2	Dimension 3	Dimension 4	Dimension 5
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					
9.					
10.					

3. Buying

3.1 **Where** do you obtain your sawnwood from?

	own sawmill	other sawmills	traders	other woodmarkets	others _____ (Lucas Mill/RW)
composition	%	%	%	%	%

3.2 **How** do you obtain your sawnwood?

	specific order	collecting yourself	truck load on your site
composition	%	%	%

3.3 What kind of sawing technique do you prefer?

- a) Bandsaw c) lucasmill
 b) Gangsaw d) woodmizer

D. Fragebogen Holzhandelsbetrieb

4. Selling

4.1 How much sawnwood did you sell in 2011? _____ m³

4.2 Who are your clients? And what share do they have?

	Construction	Traders	Furniture	Private	Other
Composition	%	%	%	%	%

4.3 How much of the sawnwood you can't sell because the quality is too low? _____ m³

4.4 What are you doing with the waste?

5. Upgrading / value adding

5.1 Do you further process the sawn wood? No Yes ->

6. Cooperations

6.1 Are there any cooperations at the moment or do you plan any cooperations in the future in the value chain of wood?

concessionaires	<input type="radio"/> there is	<input type="radio"/> conceivable in the future
trade	<input type="radio"/> there is	<input type="radio"/> conceivable in the future
local wood markets	<input type="radio"/> there is	<input type="radio"/> conceivable in the future
furniture industry	<input type="radio"/> there is	<input type="radio"/> conceivable in the future
construction industrie	<input type="radio"/> there is	<input type="radio"/> conceivable in the future
craftmanship	<input type="radio"/> there is	<input type="radio"/> conceivable in the future
others: _____	<input type="radio"/> there is	<input type="radio"/> conceivable in the future

7. Your business

7.1 Do you have a book keeping? No Yes -> resources financial

7.2 How much tax do you pay? _____

7.3 What are the strong points of your business?

7.4 What are the weak points of your business?

8. Wood Sector Suriname

8.1 What do you consider are the major difficulties in the wood sector in Suriname at the moment?

8.2 What do you consider are the strong points and opportunities of the sawmill industry of Suriname?

8.3 What are the major challenges for the wood processing industry in Suriname for the upcoming years?

E. Gegenüberstellung von Ausbeute und Stammmerkmalen

E. Gegenüberstellung von Ausbeute und Stammmerkmalen

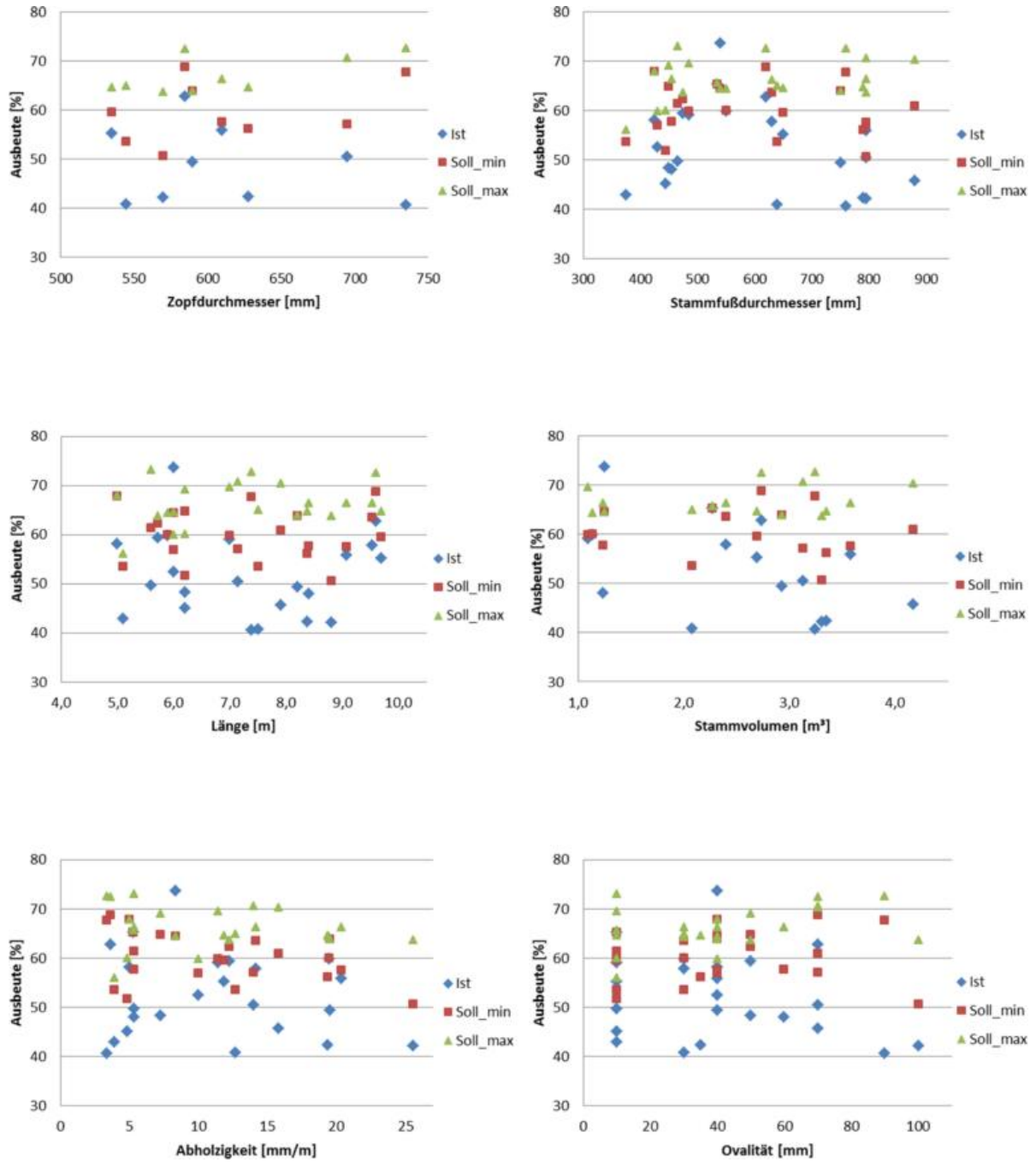
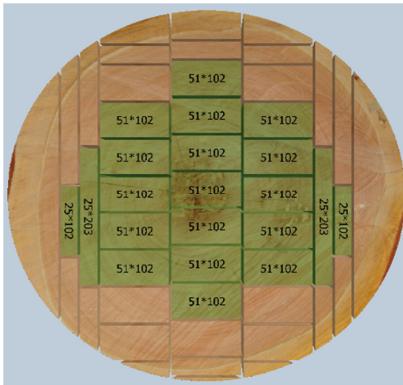


Abbildung E.1.: Gegenüberstellung von Schnittholzausbeute und Stammmerkmalen

F. Schnittbilder

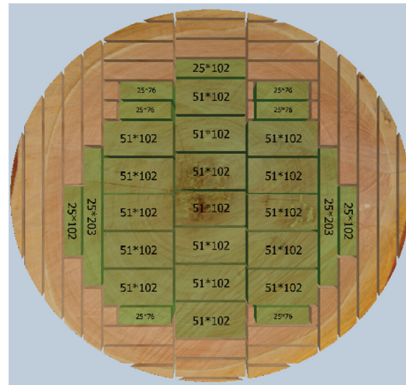
Großbetrieb, Stamm 1 – 4

Schnittbild *Sollmin*

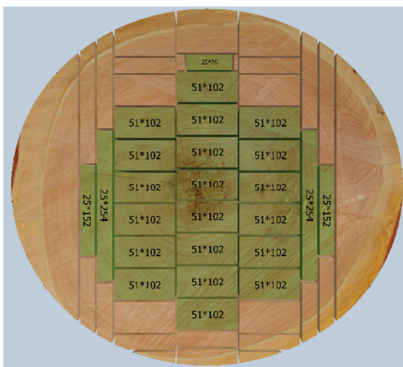


Stamm 1

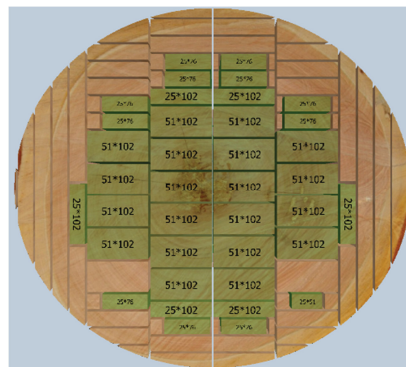
Schnittbild *Sollmax*



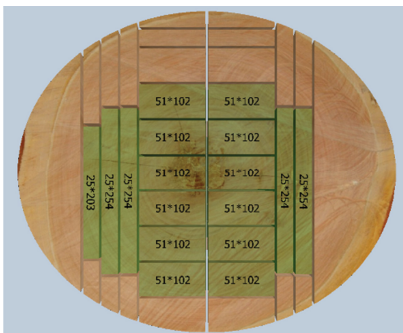
Stamm 1



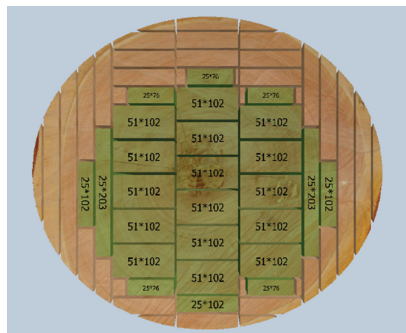
Stamm 2



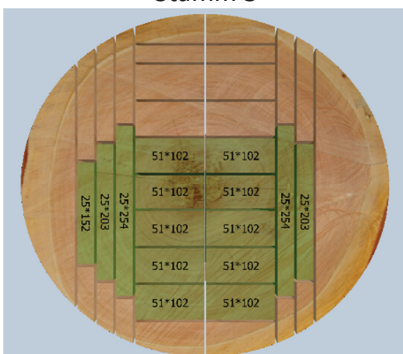
Stamm 2



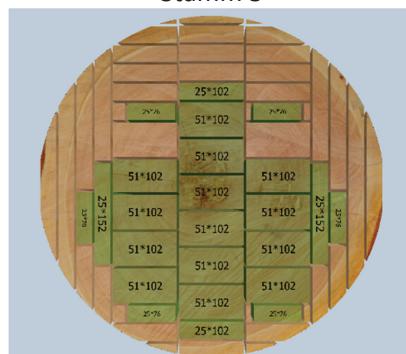
Stamm 3



Stamm 3



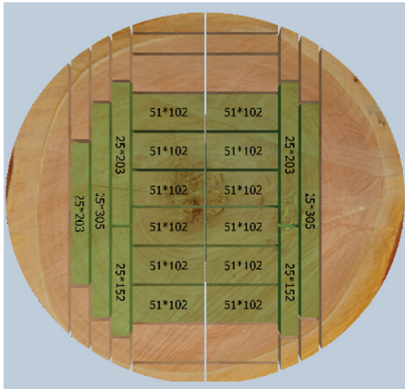
Stamm 4



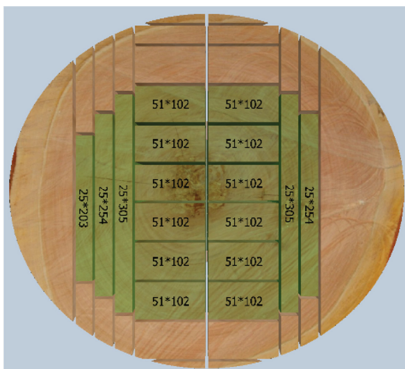
Stamm 4

Großbetrieb, Stamm 5 – 8

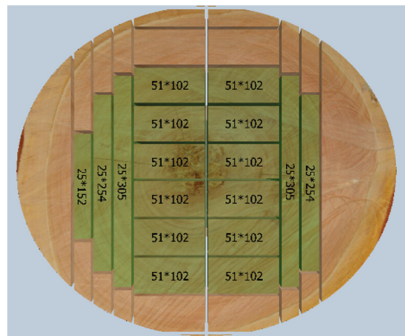
Schnittbild *Sollmin*



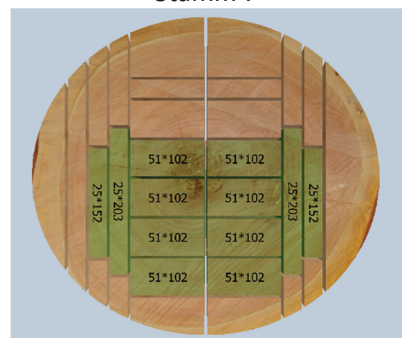
Stamm 5



Stamm 6

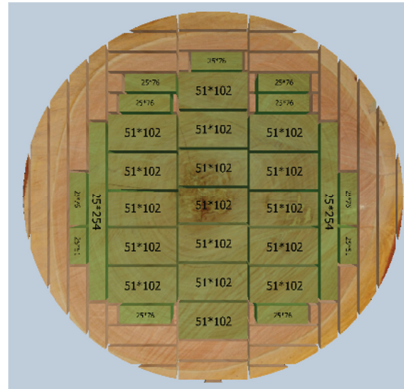


Stamm 7

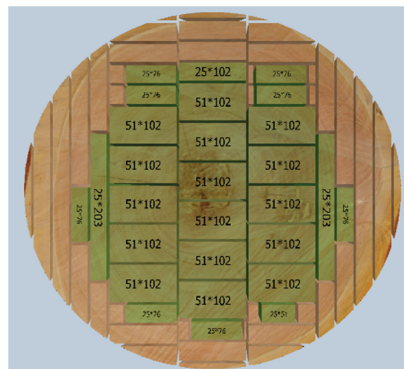


Stamm 8

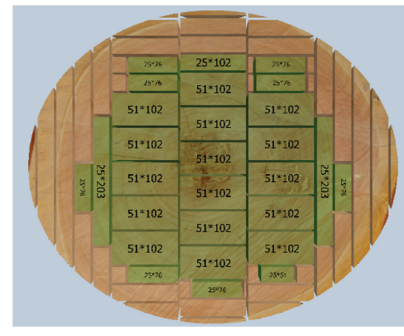
Schnittbild *Sollmax*



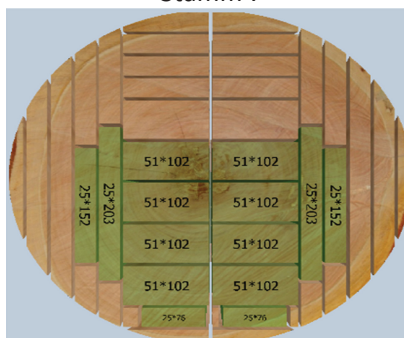
Stamm 5



Stamm 6



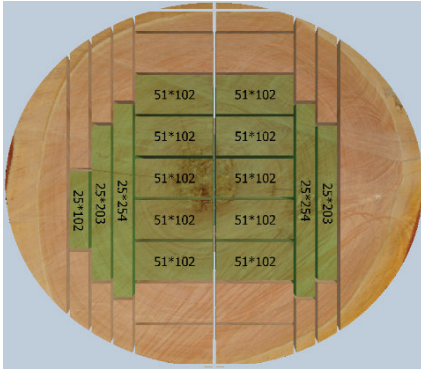
Stamm 7



Stamm 8

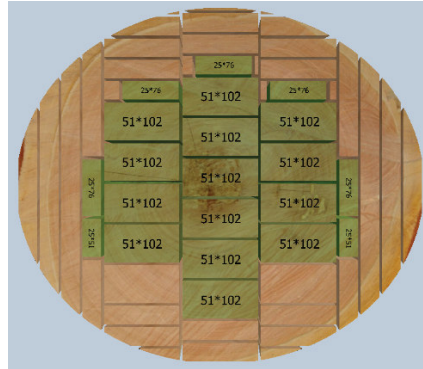
Großbetrieb, Stamm 9

Schnittbild Sollmin



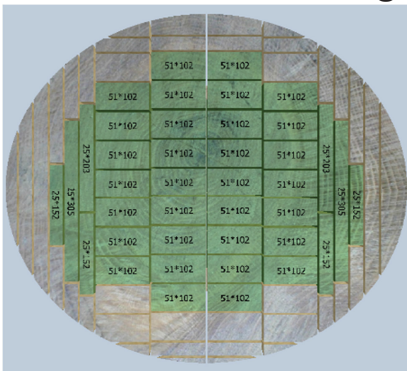
Stamm 9

Schnittbild Sollmax

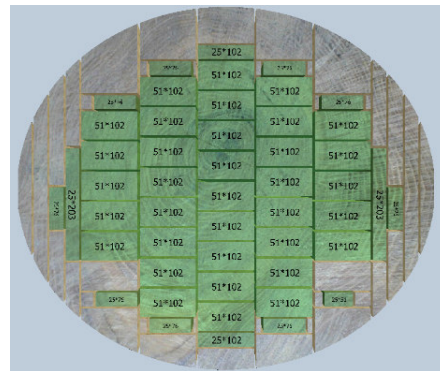


Stamm 9

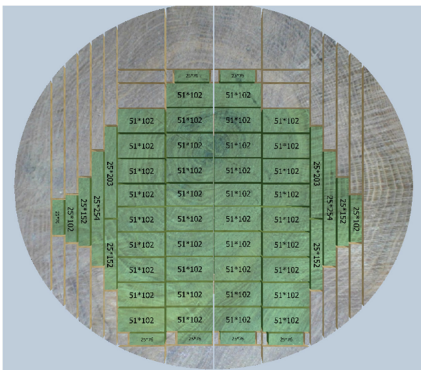
Mittelgroßer Betrieb, Stamm 1 - 2



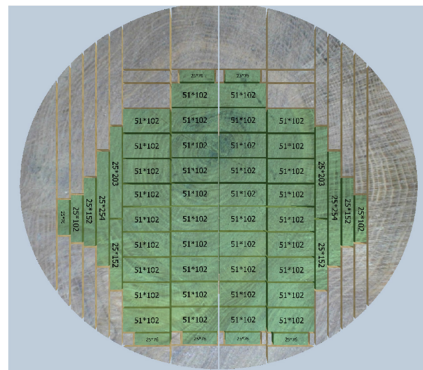
Stamm 1



Stamm 1



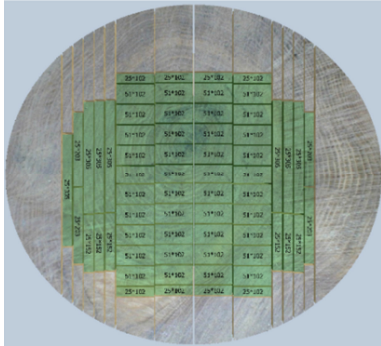
Stamm 2



Stamm 2

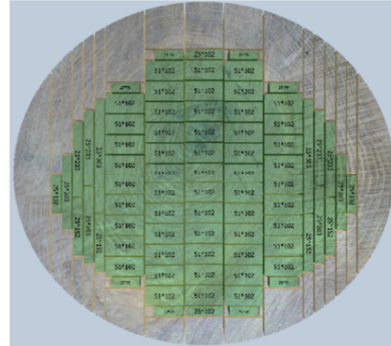
Mittelgroßer Betrieb, Stamm 3 - 4

Schnittbild *Sollmin*

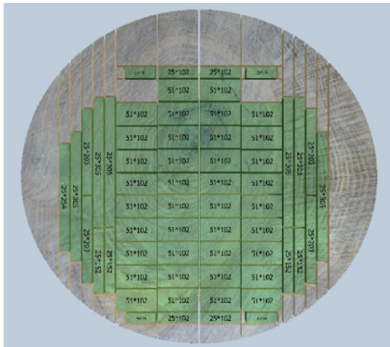


Stamm 3

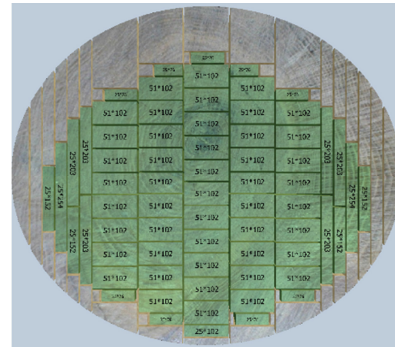
Schnittbild *Sollmax*



Stamm 3

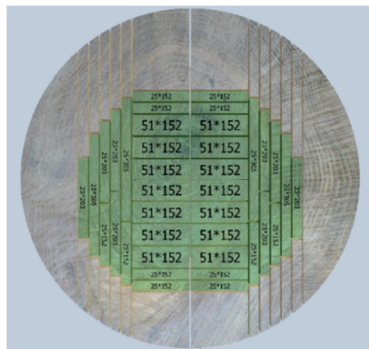


Stamm 4



Stamm 4

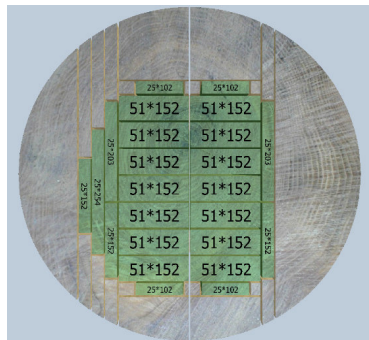
Kleinbetrieb, Stamm 1 - 2



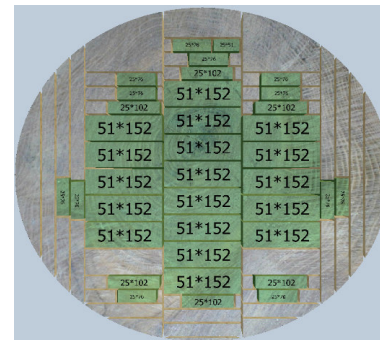
Stamm 1



Stamm 1



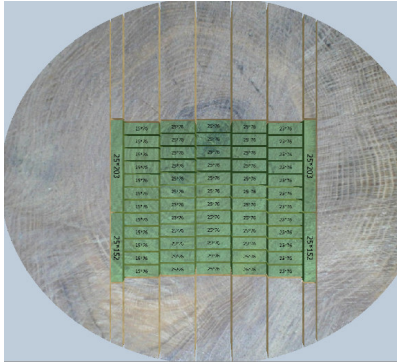
Stamm 2



Stamm 2

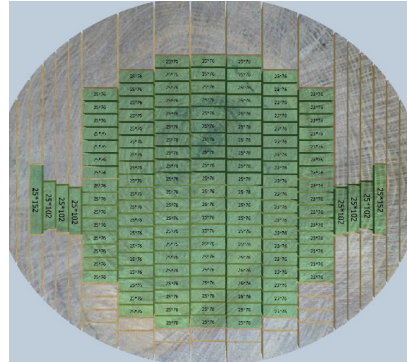
Kleinbetrieb, Stamm 3 – 6

Schnittbild Soll_{min}

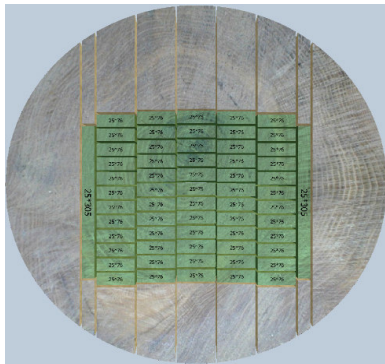


Stamm 3

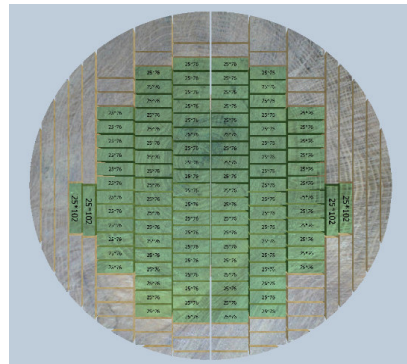
Schnittbild Soll_{max}



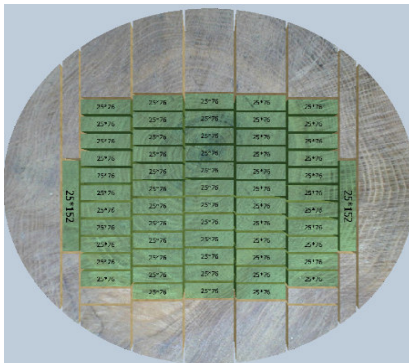
Stamm 3



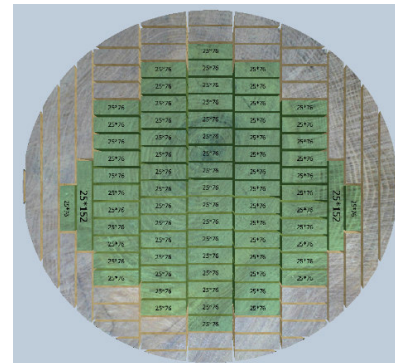
Stamm 4



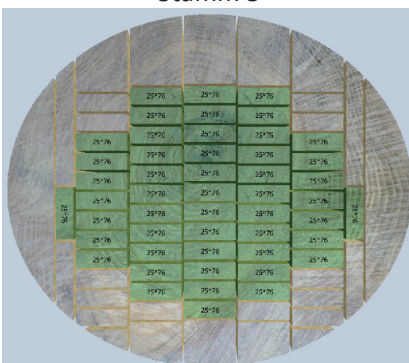
Stamm 4



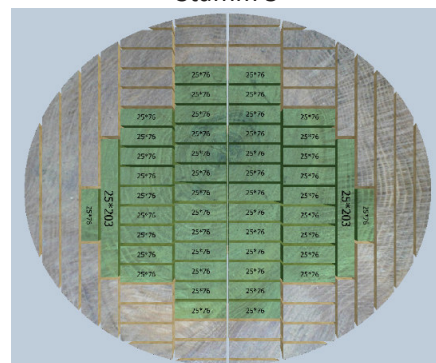
Stamm 5



Stamm 5



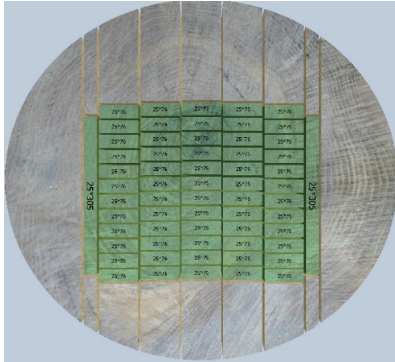
Stamm 6



Stamm 6

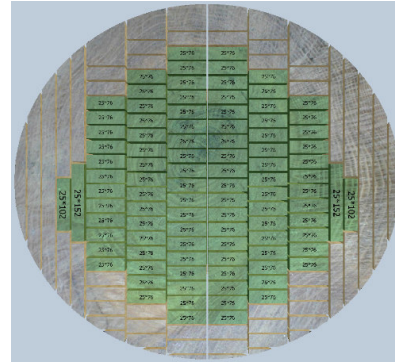
Kleinbetrieb, Stamm 7 – 10

Schnittbild *Sollmin*

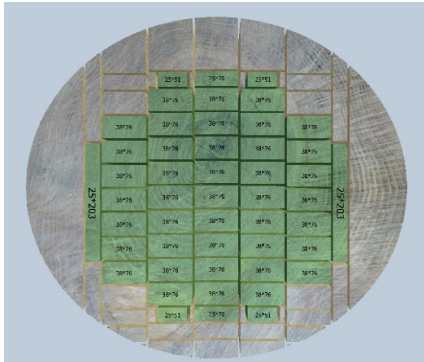


Stamm 7

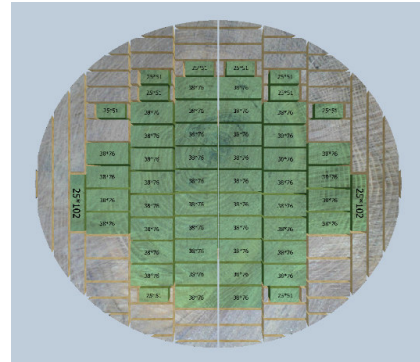
Schnittbild *Sollmax*



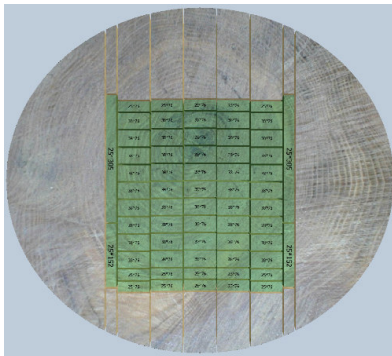
Stamm 7



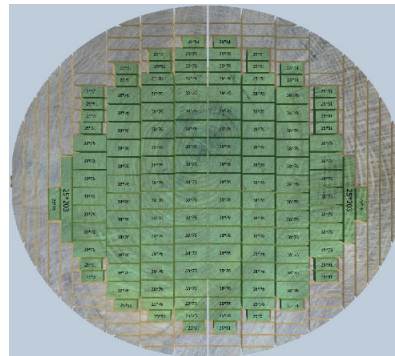
Stamm 8



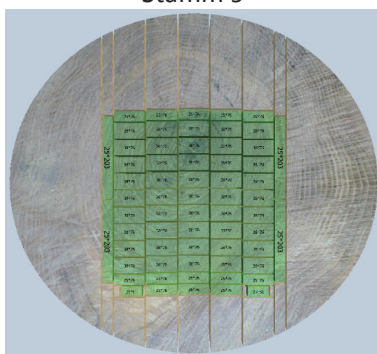
Stamm 8



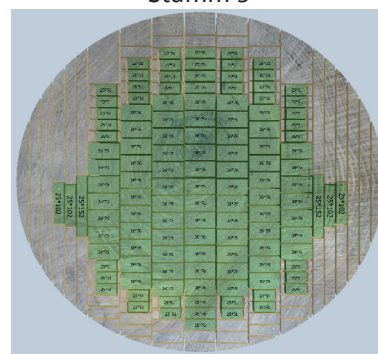
Stamm 9



Stamm 9



Stamm 10



Stamm 10

G. Eidesstattliche Versicherung

Eidesstattliche Versicherung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Hamburg, den