



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Theobroma cacao und andere *Theobroma*-Arten:
Neues zu Anbau und Nutzung

Verfasserin

Claudia Zechner

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2012

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 474

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Ernährungswissenschaften

Betreuerin / Betreuer:

Prof. Mag. Dr. Susanne Till

“Was immer auch geschieht:
Nie dürft ihr so tief sinken,
von dem Kakao, durch den man Euch zieht,
auch noch zu trinken.“ (Erich Kästner)

Danksagung

Als Erstes möchte ich mich bei meiner Betreuerin Prof. Dr. Susanne Till bedanken, die mich trotz der weiten Entfernung immer mit viel Geduld und Genauigkeit unterstützt hat.

Mein besonderer Dank gilt meiner Mutter, die mir mein gesamtes Studium finanziert hat und mir in jeder Lebenslage zur Seite steht. Meinen zwei Omas und meinem Opa möchte ich für ihren starken familiären Rückhalt und ihre Unterstützung danken. Auch meine Schwester Julia ist stets ein Sonnenschein in meinem Leben, danke.

Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei meinem Mann Michael, der während meines ganzen Studiums an meiner Seite war und mir immer Kraft gegeben hat. Er bringt mich dazu ein besserer Mensch zu sein und hilft mir jede Herausforderung – sei sie noch so groß - zu meistern.

Als Letztes möchte ich meinem Kater Weasley danken, der meine Sicht auf die Welt verändert hat.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Fragestellung	1
2. Geschichte	4
2.1. Maya und Azteken	4
2.2. Kakao und Europa	5
3. Taxonomische und botanische Grundlagen	8
3.1. Systematische Stellung und Gliederung der Gattung <i>Theobroma</i>	8
3.2. Botanik der Kakaofrucht	10
3.2.1. Allgemeines	10
3.2.2. Die Kakaofrucht	11
4. <i>Theobroma cacao</i> (Kakao)	11
4.1. Ökologie und Verbreitung	11
4.2. Biologie	12
4.2.1. Wuchsform von <i>Theobroma cacao</i> und vegetative Vermehrung	12
4.2.2. Blüten und Fruchtbildung	13
4.2.3. Bestäubung und Fruchtertrag	14
4.2.4. Besonderheiten der Kakaofrucht	17
4.3. Varietäten von <i>Theobroma cacao</i>	21
4.3.1. Criollo	21
4.3.2. Forastero	22
4.3.3. Trinitario	23
5. <i>Theobroma grandiflorum</i> (Cupuaçu)	24
5.1. Ökologie und Verbreitung	24
5.2. Biologie	25
5.2.1. Wuchsform von <i>Theobroma grandiflorum</i> und vegetative Merkmale	25
5.2.2. Blüten und Fruchtbildung	25
5.2.3. Besonderheiten der Frucht	26
6. <i>Theobroma bicolor</i> (Pataste)	28
6.1. Ökologie und Verbreitung	28
6.2. Biologie	28

6.2.1. Wuchsform von <i>Theobroma bicolor</i> und vegetative Merkmale	28
6.2.2. Blüten und Fruchtbildung	29
6.2.3. Besonderheiten der Frucht.....	29
7. <i>Theobroma speciosum</i> (Cacauhy)	31
7.1. Ökologie und Verbreitung	31
7.2. Biologie	31
7.2.1. Wuchsform von <i>Theobroma speciosum</i> und Merkmale.....	31
7.2.2. Blüten- und Fruchtbildung.....	31
7.2.3. Besonderheiten der Frucht.....	31
8. Ökologische Grundlagen des Kakaoanbaus	32
8.1. Der tropische Regenwald.....	32
8.1.1. Aufbau und Struktur des tropischen Regenwaldes.....	32
8.2. Tropische Landwirtschaft und ihre Auswirkung auf das Ökosystem Regenwald.....	33
8.3. Kakaoanbau und Biodiversität	34
8.4. Kakaoanbau - unterschiedliche Systeme.....	35
8.4.1. „Rustic cacao“- Systeme (siehe Abbildung 7, p. 39).....	36
8.4.2. „Planted shade systems“ (siehe Abbildung 7, p. 39).....	37
8.4.3. Kakaomonokulturen („No Shade“ Bewirtschaftung).....	37
8.5. Schattenbäume und Kakaopflanzung	40
8.5.1. Schattenbäume - ökologischer und ökonomischer Nutzen.....	40
8.5.1.1. Schattenkulturen und Krankheiten	40
8.5.1.2. Schattenkulturen und Nährstoffaufnahme	41
8.5.1.3. Wirtschaftlicher Wert von Schattenkulturen	42
8.5.2. Natürliche und künstlich gepflanzte Schattenbäume und Produktivität der Kakaobäume	43
9. Krankheiten von <i>Theobroma cacao</i> und Einfluss auf die Qualität von Rohkakao	44
9.1. Pilzerkrankungen	44
9.1.1. „Witches Broom“ (Hexenbesenkrankheit)	44
9.1.2. „Frosty Pod“	45

9.1.3. „Black Pod Disease“ (Braun-, Kakao- oder Schwarzfäule)	45
9.2. Viruserkrankungen	46
9.2.1. „Swollen Shoot Virus“	46
9.3. Prävention und Gegenmaßnahmen	47
10. Kultur der weltwirtschaftlich wichtigsten <i>Theobroma</i> -Arten, Ernte und Verarbeitung	48
10.1. <i>Theobroma cacao</i>	48
10.1.1. Züchtung	48
10.1.2. Anbau und Kultivierung	49
10.1.3. Ernte	50
10.1.4. Fermentation	52
10.1.4.1. Allgemeines	52
10.1.4.2. Ablauf der Fermentation	52
10.1.4.3. Beispiele für Fermentationsmethoden	55
10.1.4.4. Reaktionen während des Fermentationsprozesses	57
10.1.4.5. Fermentation und Rolle der Mikroorganismen für die Aromenbildung	59
10.1.4.6. Fermentation und Pulpa	60
10.1.5. Trocknung	61
10.1.6. Transport	62
10.1.7. Rösten	63
10.2. <i>Theobroma grandiflorum</i>	64
10.2.1. Anbau und Kultivierung	64
10.2.2. Ernte	65
10.2.3. Fermentation und Trocknung	66
11. Herstellung der Schokolade	66
11.1. Mischen	66
11.2. Conchieren	67
11.3. Temperieren	69
12. Qualität von Rohkakao und Schokolade	69
12.1. Qualität von Rohkakao	69

12.2. Qualität von Schokolade	72
13. Zusammensetzung und ernährungsphysiologische Bedeutung von Rohkakao und Kakaoprodukten	73
13.1. Fett.....	73
13.2. Kohlenhydrate	73
13.3. Protein.....	74
13.4. Mineralstoffe.....	74
13.5. Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe	76
13.5.1.phenolische Verbindungen.....	77
13.5.1.1. Allgemeines.....	77
13.5.2.Flavonoide.....	77
13.5.2.1. Polyphenole in Kakao.....	80
13.5.2.2. Polyphenolgehalt in Kakao	81
13.5.2.3. Einflussfaktoren auf den Polyphenolgehalt	82
13.5.2.4. Aufnahme und Bioverfügbarkeit von Polyphenolen in Kakao und Kakaoprodukten	82
13.5.3.Methylxanthine	84
13.5.4.Polyphenolgehalt der Schokolade.....	85
13.6. Gesundheitliche Aspekte des Schokoladen- und Kakaokonsums	85
13.7. Neue Schokoladenprodukte.....	86
13.7.1.Schokoladenprodukte mit hohem Polyphenolgehalt.....	86
13.7.2.Schokoladenprodukte mit weniger Zucker	88
14. Die Fette verschiedener <i>Theobroma</i> -Arten und ihre Bedeutung für die Lebensmittelindustrie	88
14.1. <i>Theobroma cacao</i>	88
14.2. <i>Theobroma grandiflorum</i>	90
14.3. <i>Theobroma bicolor</i>	90
15. Kakaobutteraustauschstoffe	91
15.1. Kakaobutteräquivalente (CEBs).....	91
15.1.1.Allgemeines.....	91
15.1.2.Herstellung der CEBs.....	92

15.1.3.CEBs und Lagerfähigkeit bei höheren Temperaturen.....	92
15.2. Kakaobutterersatzfette (CBRs)	93
16. Die Nebenprodukte der wichtigsten <i>Theobroma</i> -Arten und ihre Nutzung ..	94
16.1. <i>Theobroma cacao</i>	94
16.1.1.Die Kakaopulpa.....	94
16.1.1.1. Produkte aus frisch gewonnener Pulpa.....	96
16.1.1.2. Produkte aus der fermentierten Pulpa.....	98
16.1.2.Das Perikarp	99
16.1.3.Die Testa.....	100
16.2. <i>Theobroma grandiflorum</i> (Cupuaçu).....	101
16.2.1.Allgemeines.....	101
16.2.2.Cupuaçupulpa	101
16.2.3.Das Perikarp und Cupuaçu-Mehl (CPF)	102
17. <i>Theobroma cacao</i> und <i>Theobroma grandiflorum</i> : Bedeutung für die Weltwirtschaft.....	103
17.1. weltwirtschaftliche Situation von <i>Theobroma cacao</i>	103
17.2. wirtschaftliche Situation von <i>Theobroma grandiflorum</i>	105
18. Schlussbetrachtung	107
19. Zusammenfassung	112
20. Abstract	113
21. Literatur	114
Anhang (Interview mit Alexander Retana Mena)	130
Lebenslauf.....	139

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: weltweiter Pro-Kopfverbrauch ausgewählter Länder im Jahr 2009/2010 [modifiziert nach CHOCOSUISSE, 2010]	7
Abbildung 2: a: Längsschnitt durch eine Kakaofrucht [nach LIEBEREI und REISDORFF, 2007]; b: Längsschnitt durch eine Kakaofrucht (gezeichnet); c: Querschnitt durch einen Kakaofrucht; Peri = Perikarp, Sa = Samen [nach HAHN und MICHAELSEN, 1996].	17
Abbildung 3: Längsschnitt durch den reifen Samen [nach LIEBEREI und REISDORFF, 2007]	18
Abbildung 4: a: geschlossene Blüten am Hauptstamm; b-d: Kakaofrüchte der Varietät Criollo in verschiedenen Entwicklungsstadien. (Finca Köbö, Costa Rica; Bilder Privataarchiv Zechner)	20
Abbildung 5: Verschiedene Kakaovarietäten (Criollo, Nacional, Forastero, Trinitarion) [modifiziert nach LIEBEREI und ROHSIUS, 2010]	24
Abbildung 6: Vergleich der Früchte von <i>Th. cacao</i> , <i>Th. grandiflorum</i> und <i>Th. bicolor</i> [modifiziert nach FAO, 1986]	30
Abbildung 7: 3 verschiedene Anbausysteme im Kakaoanbau [modifiziert nach RICE und GREENBERG, 2000]	39
Abbildung 8: Fermentationsboxen der biologischen Finca Köbö in Costa Rica. (Bild: Privataarchiv Zechner)	56
Abbildung 9: Haufenfermentation: Fermentationsmasse ist bedeckt mit Bananenblätter. [AFOAKWA, 2010]	56
Abbildung 10: Vergleich einer 5 Tage lang fermentierten Kakaobohne (braun) zu einer unfermentierten, frisch aus der Frucht entnommenen Kakaobohne (violett) (Bild: Privataarchiv Zechner)	56
Abbildung 11: Trocknungsbänke der biologischen Finca Köbö in Costa Rica	62
Abbildung 12: bereits fermentierte und getrocknete Kakaobohnen (Finca Köbö, Costa Rica, 2010; Bilder: Privataarchiv Zechner)	62
Abbildung 13: Technologie der Kakaoverarbeitung [EBERMANN und ELMADFA, 2011]	68

Abbildung 14: Kakaobohnen in verschiedenen Fermentationsstadien beziehungsweise Defekten (typische Schnitt-Test Beispiele) [modifiziert nach LIEBEREI und ROHSIUS, 2010]	70
Abbildung 15: Struktur von (-)-Epicatechin [STOLL, 2010]	78
Abbildung 16: Struktur häufig vorkommender Procyanidinen in Kakao [KIM et al., 2011].	79
Abbildung 17: Struktur von (+)-Catechin [STOLL, 2010]	81
Abbildung 18: Struktur von Koffein (1,3,7-Trimethyl-2,6-dioxopurin), Theobromin (3,7-Dimethyl-2,6-dioxopurin) und Theophyllin (1,3-Dimethyl- 2,6-dioxopurin) [nach EBERMANN und ELMADFA, 2011]	84
Abbildung 19: Anteil der Produzentenländer von Rohkakao an der globale Kakaoproduktion in Millionen Tonnen von den Jahren 2005/06 bis 2010/11 [LMC International, 2011]	104

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Faktoren, welche die Fermentation und somit die Qualität der Kakaobohnen beeinflussen können [nach PRABHAKARAN NAIR, 2010; ROHSIUS, 2007; STOLL, 2010].....	53
Tabelle 2: Einfluss der Fermentation auf den (-)-Epicatechin- und (+)-Catechingehalt von Kakaobohnen indonesischer Herkunft (g/kg) [MISNAWI et al., 2002]	59
Tabelle 3: Mineralstoffgehalt von natürlichem Kakaopulver (mg/100g) [BORCHERS et al., 2000]	76
Tabelle 4: Klassifizierung und Bezeichnung von Flavonoiden in Kakao [BORCHERS et al., 2000]	80
Tabelle 5: Mögliche neue Produkte aus Nebenprodukten in der Schokoladenindustrie [WOOD und LASS, 2001; FIGUEIRA et al., 1993; ADOMAKO, 2006; RETANA MENA, pers. comm., 2010; BELITZ et. al, 2007; DONGOWSKI et al., 1991; REDGWELL et al., 2002; OLUWALANA et al., 2006]	95
Tabelle 6: Nährstoffgehalt und pH-Wert des Kakaogetränks aus Kakaopulpa [ANVOH et al., 2009].	97

1. Einleitung und Fragestellung

Kakao ist eines der bedeutendsten landwirtschaftlichen Exportgüter der Welt [DONALD, 2004] und damit ein wichtiger biologischer Rohstoff [ROHSIUS, 2007]. In kurzer Zeit entwickelten sich Produkte aus Kakao vom Luxusgut zum erfolgreichen Konsumgut der Normalbevölkerung (siehe Kapitel 2.2, p. 5). Einst nur wenigen Bevölkerungsschichten zugänglich, sind Kakao und Schokolade aus unserem heutigen Leben nicht mehr wegzudenken [MENNINGER, 2004]. Vor allem Premiumprodukte mit hohem Kakaoanteil erfreuen sich immer größerer Beliebtheit und nehmen stark am Markt zu [AFOAKWA, 2010]. Grund hierfür sind neueste Daten wissenschaftlicher Studien, die sich verstärkt mit dem ernährungsphysiologischen Nutzen von Kakao beschäftigen und diesen auch belegen [KEEN et al., 2005].

Neben den einzelnen Produktionsschritten entscheidet die Rohkakaoqualität darüber, ob ein Schokoladenprodukt hochwertig ist oder nicht. Dazu zählen: Anbaumethoden, Aufbereitung nach der Ernte und Transport [ROHSIUS, 2007]. Um der steigenden Nachfrage nach Schokolade von hoher ernährungsphysiologischer Qualität gepaart mit großem Genusswert gerecht zu werden, muss eine konstante Qualität des Rohkakaos gewährleistet sein.

Auf der einen Seite steigt die Nachfrage nach Schokolade - zusätzlich verschärft durch den wachsenden Wohlstand der Schwellenländer - immer weiter an. Auf der anderen Seite kann diese durch etablierte Produktionsmethoden kaum mehr befriedigt werden. Weitere Probleme der Schokoladenindustrie sind vor allem Preiserhöhungen und Engpässe, verursacht durch Ernteaufälle wegen Klimaveränderung und Schädlingsbefall [HIMMELREICH, 2010]. Diese Probleme können nur durch neue Anbau- und Züchtungsmethoden von Kakao gelöst werden. Vor allem multinationale Konzerne haben sich diesem Themengebiet gewidmet: 2010 entschlüsselte Mars Incorporated in Zusammenarbeit mit dem amerikanischen Landwirtschaftsministerium und dem Technologiekonzern IBM das Kakao-

Genom. Durch die Entschlüsselung, welche öffentlich zugänglich ist, soll die Züchtung widerstandsfähigerer Pflanzen erleichtert werden [KNOP, 2010].

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit *Theobroma cacao*, der Qualität von Rohkakao und speziell damit, wie diese durch gezielte Wahl von Genotypen, Anbaumethode und Bearbeitungsschritten nach der Ernte beeinflusst sowie verbessert werden kann. Auch das ernährungsphysiologische Potential von Früchten und Samen anderer *Theobroma*-Arten wird näher behandelt und ihre weltwirtschaftliche Bedeutung diskutiert.

Theobroma grandiflorum beispielsweise liefert eine der wichtigsten natürlich vorkommenden Früchte der Amazonasregion und hat großes ökonomisches Potential [SALGADO et al., 2011; DUARTE, 2010]. Die Schokoladenindustrie zeigte in den letzten Jahren am Fett von *Th. grandiflorum* (Cupuaçufett) großes Interesse. Es könnte wegen seines geringeren Schmelzpunktes zum Beispiel bei Schokoladen mit weichen Füllungen zum Einsatz kommen (siehe Kapitel 14.2, p. 90) [LANNES et al., 2003]. Auch Kakaobutteraustauschfette haben durch die hohen Preissteigerungen der Kakaobutter über die Jahre eine gewisse wirtschaftliche Bedeutung erlangt [KRIST et al., 2008; AFOAKWA, 2010].

Weiteres beschäftigt sich diese Arbeit mit der ernährungsphysiologischen und wirtschaftlichen Bedeutung von industriellen Nebenprodukten in der Schokoladenindustrie. Oft sind diese Abfallprodukte reich an bioaktiven Substanzen und könnten aufgrund ihrer funktionellen Eigenschaften zur Anreicherung von Lebensmittel verwendet werden [SALGADO et al., 2011].

Theobroma cacao beeinflusst als Agrarprodukt die globale Biodiversität und lokale Ökosystemprozesse [BISSELEUA et al., 2009; RICE und GREENBERG, 2000]. Umgekehrt werden aber auch landwirtschaftlich genutzte Flächen von den umliegenden Ökosystemen beeinflusst. Die Höhe des Ertrages der Kakaoplantagen ist wesentlich von den Leistungen des dort vorkommenden Regenwaldes abhängig. Als Beispiel für eine Serviceleistung ist hier die Bestäubung der Blüten zu nennen [BOS et al., 2006]. Daher ist es sinnvoll die

einzelnen Anbaumethoden und ihre Interaktion mit dem bereits bestehenden Ökosystem näher zu betrachten (Kapitel 8.3, p. 34). Diese Wechselwirkungen zwischen Kakaopflanzung und umliegendem Ökosystem, sind ebenfalls Gegenstand dieser Arbeit.

2. Geschichte

2.1. Maya und Azteken

Kakao hat eine über 3000 Jahre alte Geschichte und wurde bereits von den Olmeken, den Maya und den Azteken kultiviert. In diesen mittelamerikanischen Hochkulturen wurden Zubereitungen aus Kakaobohnen als flüssige Köstlichkeit genossen und als Heilmittel verwendet. Sie dienten unter anderem auch als Zahlungsmittel und hatten daher große Bedeutung [BUSCH, 2005].

Den indigenen Stämmen einfacherer Kulturstufe war Kakao ebenfalls bekannt. Sie sammelten die Kakaofrucht als Obst und verwerteten ausschließlich das Fruchtfleisch wildwachsender Kakaobäume. Dieses konsumierten sie frisch während sie den Samen wenig bis keine Beachtung schenkten [MENNINGER, 2004]. Im Gegensatz zu den indigenen Völkern wurde der Kakaobaum von den Maya und Azteken kultiviert. Sie bauten ihn in großem Stil an, züchteten etliche Varietäten und pflanzten bereits andere Bäume zur Beschattung - eine noch heute gängige Methode [DURRY und SCHIFFER, 2012; MENNINGER, 2004]. Ein Getränk aus Kakaobohnen war nur der Königsfamilie und hoch stehenden Bevölkerungsschichten vorbehalten und galt daher als elitär [BUSCH, 2005; DURRY und SCHIFFER, 2012]. Die Normalbevölkerung kam ebenfalls in den Besitz der Kakaobohnen. Sie verwendeten diese aber ausschließlich als Zahlungsmittel und konsumierten sie nicht als Getränk [MENNINGER, 2004].

Der Anbau von Kakao war für die mittelamerikanischen Hochkulturen ein bedeutender Wirtschaftszweig. Das Wachstum des Kakaobaumes ist jedoch stark an klimatische Bedingungen gebunden (siehe Kapitel 4.1, p. 11) [DURRY und SCHIFFER, 2012] und so waren Kakaoplantagen und Herrschaftszentren der Maya und Azteken meist mehrere hundert Kilometer voneinander entfernt. Um die Kakaobohnen für die langen Transportwege haltbar zu machen wurden sie - so wie heute - nach der Ernte getrocknet. Dies ermöglichte auch eine Vorratshaltung. Ob eine Fermentation der Kakaobohnen zur Verminderung des bitteren Geschmacks durchgeführt wurde ist nicht bekannt, jedoch vorstellbar [MENNINGER, 2004; BUSCH, 2005].

Die Zubereitung des Kakaogetränkes war eine aufwendige Angelegenheit. Zuerst wurden die Bohnen über dem Feuer geröstet und danach zerquetscht. Aus diesem Brei, welcher frisch genossen oder getrocknet weiterverarbeitet werden konnte, wurde die sogenannte Trinkschokolade gemacht. Sie basierte damals auf Wasser und nicht auf Milch wie heute. Der Brei wurde mit Wasser aufgefüllt und mit verschiedenen Zutaten, wie Gewürzpaprika (*Capsicum annuum*), Chili (*Capsicum frutescens* L.) oder Maismehl (*Zea mays*) vermischt [MENNINGER, 2004]. Die Zutaten und Zubereitungsarten waren sehr vielfältig und man kannte eine Reihe von Rezepturen. Kakaobohnen wurden als Grütze, Brei oder Getränk konsumiert. Auch als Gewürz fanden sie Anwendung. Hierfür wurden die getrockneten Kakaobohnen zu einem Pulver zerrieben [DURRY und SCHIFFER, 2012]. Die Trinkschokolade wurde auf Feiern, Banketten oder an Festtagen getrunken und konnte heiß, lauwarm oder kalt sein [MENNINGER, 2004; DURRY und SCHIFFER, 2012].

Auch Krieger kamen in den Genuss von Kakao. Der hohe Fett- und Energiegehalt der Kakaobohne war schon den mittelamerikanischen Hochkulturen bekannt. Daher bekamen aztekische Krieger als Marschverpflegung neben Maismehl, Bohnen und Tortillas, auch speziell verarbeitete Kakaobohnen in Form von Oblaten oder Kugeln mit auf den Weg [MENNINGER, 2004; DURRY und SCHIFFER, 2012].

Als Heilmittel fanden der Kakao und die Kakaobutter ebenfalls ihre Anwendung. So wurde Kakao bei Verdauungsstörungen eingesetzt und die leicht desinfizierende Kakaobutter als Wundsalbe oder Körperlotion verwendet [MENNINGER, 2004; DURRY und SCHIFFER, 2012].

2.2. Kakao und Europa

Columbus dokumentierte als erster Europäer die Kakaobohne. 1502 berichtete er von einer mandelähnlichen Ware auf einem Handelsboot der Maya. Aber erst durch die Eroberung des Aztekenreichs 1521 wurde die Kakaobohne von den Spaniern als Zahlungsmittel und Getränk entdeckt. Zwar ist nicht bekannt, durch wen die Kakaobohne nach Europa gelangte, vermutlich brachte sie aber Hernan Cortés 1529 als Kriegsbeute mit [MENNINGER, 2004; DURRY und

SCHIFFER, 2012].

In dieser Zeit wurden auch erste Kakaoplantagen in Mexiko gegründet. Diese ließen die Kolonialherren von indianischen Arbeitern unter unmenschlichen Bedingungen bewirtschaften [MENNINGER, 2004; BUSCH, 2005; HÜTZ-ADAMS, 2009]. Am spanischen Hof waren die Reaktionen auf das „göttliche Getränk“ zuerst eher zurückhaltend und skeptisch. In Europa waren heiße Getränke zu dieser Zeit absolut unüblich und auch die Gewürze der neuen Welt, wie Chili (*Capsicum frutescens* L.) oder Vanille (*Vanilla planifolia*) waren vollkommen unbekannt. Auch die Farbe - braun bis blutrot - und die Konsistenz des Getränks wirkten auf den spanischen Adel abstoßend. Erst durch das Zugeben von Rohrzucker und Gewürzen aus der alten Welt, wie Zimt (*Cinnamomum cassia*) und Anis (*Pimpinella anisum* L.) erlangte der „Göttertrank“ schnell Beliebtheit am spanischen Königshof [DURRY und SCHIFFER, 2012].

Ein Vierteljahrhundert später eroberte die Trinkschokolade auch die restlichen Europäischen Höfe, wurde dort zum Statussymbol für Reichtum und "Modegetränk des Adels" [MENNINGER, 2004; BUSCH, 2005; HÜTZ-ADAMS, 2009]. Das Monopol des Kakaoverkaufes lag in dieser Zeit bei den Spaniern. Sie hatten großes Interesse daran, die Plantagen und somit auch die Produktion auszuweiten. Der hohe Preis der Kakaobohnen verhinderte damals eine steigende Nachfrage. Wie einst bei den Hochkulturen war das mittlerweile süße Schokoladengetränk nur der obersten europäischen Gesellschaftsschicht vorbehalten [FRANKE und PFEIFFER, 1964].

Ab 1750 wurden Kakaobohnen und Kakaoerzeugnisse in Apotheken verkauft [STURM und MEIXNER, 2010]. Seit 1875 gibt es die Schokolade in Tafelform - ein in der Schweiz entwickeltes Produkt. Bis zum ersten Weltkrieg blieb die Schokolade eine Nascherei für besondere Anlässe, die sich nur der Mittelstand leisten konnte. So kostete die Tafel Schokolade noch immer so viel wie 20 Semmeln. [SCHMIDT-KALLERT, 1995].

Damals kam die Verwendung von Schokolade als energiereiche Ersatzmahlzeit

bei Expeditionen auf. Im 2. Weltkrieg nutzten dies auch die Piloten der Luftwaffe. Nach dem 2. Weltkrieg nahm die industrielle Produktion von Schokolade und Kakaoprodukten kontinuierlich zu. Während der Konsum von Schokolade in Deutschland in den 1970er Jahren noch 5,2 Kilogramm pro Kopf/Jahr betrug, stieg dieser 1992 bereits auf 6,6 Kilogramm an [SCHMIDT-KALLERT, 1995].

Heutzutage beträgt der durchschnittliche Schokoladenkonsum in Deutschland 11,3 Kilogramm pro Kopf/Jahr, gefolgt von England, den Niederlanden und Dänemark. Den höchsten Pro-Kopfverbrauch haben die Schweizer mit einem Konsum von 12 Kilogramm Schokolade pro Jahr (siehe Abbildung 1) [CHOCOSUISSE, 2010].

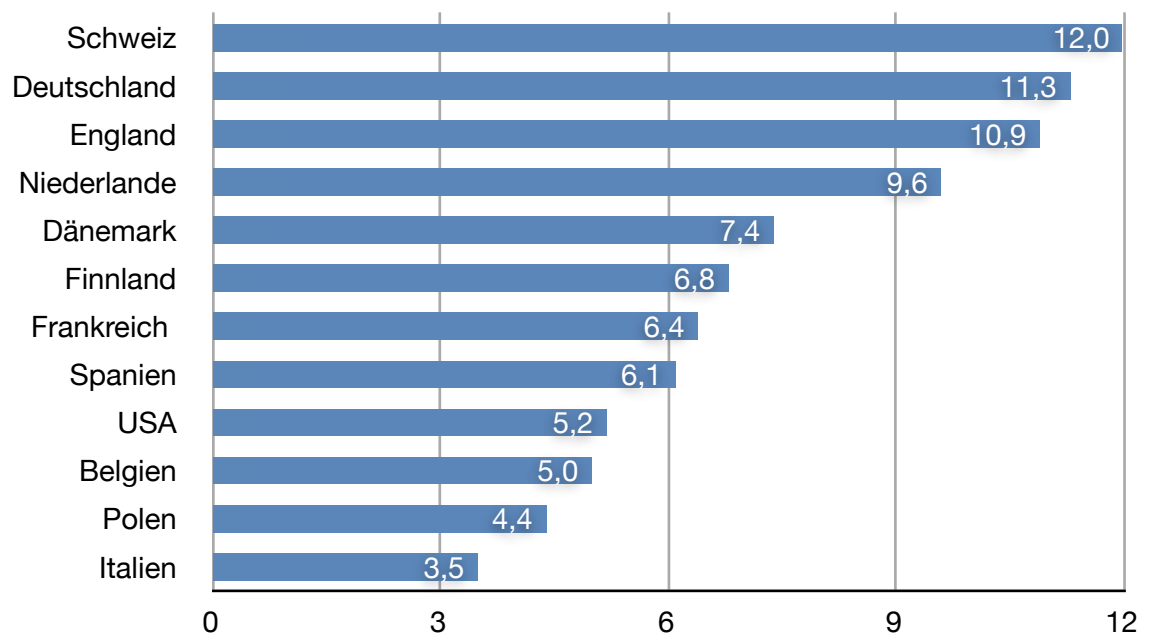


Abbildung 1: weltweiter Pro-Kopfverbrauch ausgewählter Länder im Jahr 2009/2010 [modifiziert nach CHOCOSUISSE, 2010]

3. Taxonomische und botanische Grundlagen

3.1. Systematische Stellung und Gliederung der Gattung

Theobroma

Der Kakaobaum *Theobroma cacao* L. gehört zur Familie der Malvaceae [SANTOS et al., 2012]. Die Gattung *Theobroma* umfasst 22 Arten, die von CUATRECASAS (1964) in 6 Sektionen unterteilt werden [CUATRECASAS, 1964]:

1. Andropetalum (*Th. mammosum* Cuatr. & León)
2. Glossopetalum (*Th. angustifolium* Mocino & Sessé, *Th. canumanese* Pires & Fróes, *Th. chocoense* Cuatr., *Th. cirmolinae* Cuatr., *Th. grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum., *Th. hylaeum* Cuatr., *Th. nemorale* Cuatr., *Th. obovatum* Klotzsch ex Bernoulli, *Th. simiarum* Donn. Smith., *Th. sinuosum* Pavón ex Hubber, *Th. stipulatum* Cuatr., *Th. subicanum* Mart.)
3. Oreanthes (*Th. bernouillii* Pittier, *Th. glaucum* Karrst., *Th. speciosum* Willd., *Th. sylvestre* Mart., *Th. velutinum* Benoist)
4. Rhytidocarpus (*Th. bicolor* Humb. & Bonpl.)
5. Telmatocarpus (*Th. gileri* Cuatr., *Th. microcarpum* Mart.)
6. Theobroma (*Th. cacao* L.) [CUATRECASAS, 1964]

Die Sektion Glossopetalum gilt als älteste der Gattung *Theobroma*, während die Sektionen Rhytidocarpus, Oreanthes und Theobroma als abgeleitete Sektionen betrachtet werden [SOUSA und FIGUEIRA, 2005]. Abgesehen von der Sektion Andropetalum sind alle anderen in den südamerikanischen Tropen beheimatet [LIEBEREI, 2006; SANTOS et al., 2012] und kommen in Brasilien vor [SILVA et al., 2004; SANTOS et al., 2012]. Die Sektion Andropetalum, welche nur die Art *Theobroma mammosum* umfasst, hat ihren Ursprung hingegen in Zentralamerika [SANTOS et al., 2012].

Für die Herstellung schokoladeähnlicher Produkte verwenden indigene Völker des Amazonasregenswaldes, neben der Art *Th. cacao*, 5 weitere Arten

[LIEBEREI, 2006] wie etwa *Th. grandiflorum* [LANNES, 2003] und *Th. bicolor* [SOTELO und ALVAREZ, 1991]. Aus den Samen beider Arten kann eine schokoladenartige Masse hergestellt werden. Diese ist jedoch nur regional von wirtschaftlicher Bedeutung. Nur *Th. cacao* wird bislang weltweit genutzt [LIEBEREI, 2006].

Zur intraspezifischen Differenzierung der Art *Theobroma* werden im Rahmen dieser Arbeit die unten stehenden Begriffe wie folgt verwendet:

Gruppe: Hier handelt es sich um einen Sammelbegriff für Kakaotypen (Sammelbegriff für Kakaopopulationen) wie z.B. „Forastero“ (p. 22) [ELWERS, 2008].

Population: Individuen der gleichen Art, die in einem abgegrenzten Areal eine potentielle Fortpflanzungsgemeinschaft darstellen [SMITH und SMITH, 2009].

Unterart (Subspezies): durch geografische Isolation können sich über genetisch differenzierte Populationen Unterarten ausbilden. Diese unterscheiden sich durch charakteristische Merkmale, sind aber noch mit Individuen anderer Unterarten kreuzbar [NENTWIG et al., 2004].

Varietät: Individuen einer Population, die ähnliche physiologische und phänotypische Eigenschaften aufweisen [ELWERS, 2008].

Sorte: kultivierte Varietät [ELWERS, 2008]

Genotyp: ist die Gesamtheit der Gene eines Individuums. Er bestimmt die Entwicklung und bewirkt die morphologischen und physiologischen Eigenschaften eines Individuums. Ein bestimmter Genotyp kann unter unterschiedlichen Umweltbedingungen verschiedene Phänotypen (siehe unten) ausbilden [SMITH und SMITH, 2009].

Phänotyp: ist das individuelle, sichtbare Erscheinungsbild des Genotypen [NENTWIG et al., 2004].

3.2. Botanik der Kakaofrucht

3.2.1. Allgemeines

Als Frucht wird die Blüte im Zustand der Samenreife bezeichnet. Beteiligt an der Fruchtbildung können außer dem Fruchtknoten noch sein: Blütenhüllblätter, Staubblätter und Griffel. Die vielfältige Gestaltung der Früchte ist auf die unterschiedliche Entwicklung der Karpelle (Fruchtblätter) zurückzuführen. Aus der Wand des Fruchtknotens geht das Perikarp (Fruchtwand) hervor, welches in Exokarp (äußere Abschlussgewebe), Mesokarp (Gewebeschicht zwischen Exokarp und Endokarp) und Endokarp (inneres Abschlussgewebe) unterteilt wird. Bei Schließfrüchten kann das Perikarp seine Schichten unterschiedlich entwickeln [LIEBEREI und REISDORFF, 2007].

Die Einteilung der Früchte erfolgt über die Anzahl der vorhandenen Fruchtblätter, Differenzierung des Perikarps, Art der Freigabe der Samen und Stellung in der Blüte. Je nach Ausbreitungsart unterscheidet man zwischen Einzelfrüchten, Sammelfrüchten und Fruchtverbänden. Einzelfrüchte können aus einem einzigen Karpell oder aus mehreren mitsammen verwachsenen Karpellen (synkarp) einer Blüte hervorgehen. Sie sind Öffnungsfrüchte (Same wird bei Reife freigegeben) oder Schließfrüchte. Bei den Schließfrüchten ist das Perikarp noch nach der Trennung von der Mutterpflanze vorhanden. Damit die Samen frei gelegt werden, muss es zuerst verzehrt werden oder verrotten. Die Samen sind nach der Befruchtung durch geschlechtliche Fortpflanzung entstandene Ausbreitungseinheiten der höheren Pflanzen. Sie bestehen aus einem Embryo, der Testa (Samenschale) und dem Endosperm (Nährgewebe) (Abbildung 3, p. 18). Der Embryo besteht aus einer Radicula (Keimwurzel) und den Kotyledonen (Keimblätter). Reservestoffe (Kohlenhydrate, Eiweiß und Fett) können entweder im Endosperm oder in den Kotyledonen gespeichert werden. Ist letzteres der Fall, so spricht man von Speicherkotyledonen [LIEBEREI und REISDORFF, 2007].

3.2.2. Die Kakaofrucht

Bei der Kakaofrucht handelt es sich botanisch um eine Beere (siehe Abbildung 2). Beeren sind Schließfrüchte und bewahren bis zur Reife den fleischigen Zustand des Perikarps. Dabei schwellen Meso- und Endokarp stark an und werden saftig - wie es auch bei der Kakaofrucht der Fall ist (p. 17). Bei unterständigen Beeren kann das Blütenbodengewebe (Receptaculum), welches den Fruchtknoten umhüllt, zusammen mit dem Exokarp eine dicke, äußere Schale bilden [LIEBEREI und REISDORFF, 2007]. Die meisten Kakao-Arten besitzen Trockenbeeren. Das bedeutet: äußere Perikarpteile trocknen ein und werden hart. Als Besonderheit besitzt *Th. grandiflorum* Panzerbeeren. Darunter versteht man Beeren mit sehr hartem Exokarp, fleischigem Meso- und Endokarp [DÖRKEN, 2012]. Beeren sind meist vielsamig. So enthält etwa die Kakaofrucht 30 – 50 Samen [LIEBEREI und REISDORFF, 2007].

4. *Theobroma cacao* (Kakao)

4.1. Ökologie und Verbreitung

Th. cacao ist ein tropisches Gewächs [LIEBEREI und REISDORFF, 2007] und gedeiht daher nur in Gebieten mit Temperaturen von 15 - 32°C [PRABHAKARAN NAIR, 2010], wobei die durchschnittliche Temperatur des kältesten Monats nicht weniger als 20°C betragen darf [LIEBEREI und REISDORFF, 2007]. Auf keinen Fall dürfen die Temperaturen unter 10°C fallen, da sonst Frostschäden auftreten. Diese Temperatureinschränkungen begrenzen auch das geografische Verbreitungsgebiet des Kakaobaumes. Am besten gedeiht er 8 Grad nördlich und südlich des Äquators [PRABHAKARAN NAIR, 2010].

Th. cacao benötigt einen Niederschlag von 1500 - 2000 mm, welcher möglichst über das ganze Jahr verteilt sein sollte [LIEBEREI und REISDORFF, 2007]. Die Trockenzeit, die weniger als 100 mm Niederschlag aufweist [WOOD und LASS, 2001], darf nicht länger als 3 Monate andauern [RENA MENTA, pers. comm. 2010]. Die Seehöhe auf der *Th. cacao* wachsen kann wird maßgeblich von den

oben beschriebenen Temperaturlimits beeinflusst. Meistens liegen Kakaoplantagen unter 300 m Seehöhe. Ausnahmen stellt Kakaoanbau in Kamerun (600 m) und Uganda (bis 1200 m) dar [WOOD und LASS, 2001].

4.2. Biologie

4.2.1. Wuchsform von *Theobroma cacao* und vegetative Vermehrung

Der Kakaobaum ist ein 8 - 10 m hoher schattenliebender Baum von etagenförmigem Habitus. Der Hauptstamm kann einen Durchmesser von 24 - 30 cm erreichen [FRANKE und PFEIFFER, 1964]. Er hat eine nach unten wachsende 150 - 200 cm lange Pfahlwurzel, deren primäre Aufgabe die Verankerung im Boden ist [PRABHAKARAN NAIR, 2010]. An ihrem Hals entspringen seitlich wachsende Nährwurzeln, die eine Länge von 5 - 6 m erreichen können [REHM und ESPIG, 1996]. Diese wachsen konzentriert in den oberen 15 - 20 cm des Bodens. Aufgraben des Bodens in unmittelbarer Nähe des Kakaobaumes führt daher zu empfindlicher Beschädigung des Wurzelsystems [PRABHAKARAN NAIR, 2010].

In den ersten 14-18 Monaten wird der orthotrope Hauptstamm, auch "Chupon" genannt, 1,2 bis 1,5 m hoch. Danach wird das Wachstum eingestellt und der Vegetationspunkt teilt sich in 3 - 5 Meristeme aus denen plagiotrope Seitenzweige (sogenannte „Fan branches“) hervorgehen. Dieser fächerförmige Vergabelungspunkt wird „Jorquette“ genannt und bildet mit den Seitenzweigen eine Etage. Unterhalb der Jorquette treibt innerhalb kurzer Zeit wieder eine ruhende Knospe am Hauptstamm aus, die das apikale Wachstum fortsetzt. So kommt es im Laufe der Jahre zu einer charakteristischen Etagenbildung und zur beachtlichen Höhe des Kakaobaumes [REHM und ESPIG, 1996; PRABHAKARAN NAIR, 2010]. Dieser Dimorphismus muss bei der Stecklingsvermehrung beachtet werden [BRÜCHER, 1977]. Bevorzugt werden hier plagiotrope Seitentriebe, welche später buschige Wuchsformen bilden (siehe Kapitel 10.1.1, p. 47) [STOLL, 2010; FRANKE und PFEIFFER, 1964].

Um die Arbeitsschritte während der Ernte zu erleichtern, wird der Kakaobaum auf einer Höhe von maximal 4 m gehalten. Dies erreicht man durch Beschneiden der orthotropen Sprosse. Dadurch wird die Bildung mehrerer Verzweigungsetagen verhindert und es entsteht lediglich eine [LIEBEREI und REISDORFF, 2007].

Blätter

Die immergrünen, breit ovalen Blätter des Kakaobaumes sind bis zu 30 cm lang [LIEBEREI und REISDORFF, 2007] und haben wie fast alle Pflanzen des tropischen Regenwaldes eine Träufelspitze. Sie sorgt dafür, dass Regenwasser, welches möglicherweise mit Infektionskeimen kontaminiert ist, schnell abfließen kann [GRABHERR, 1997; NETWIG et al., 2004]. Die Blätter von *Th. cacao* weisen so wie die Äste dimorphes Wachstum auf [LIEBEREI und REISDORFF, 2007]. Die Blattstellung der Triebe des Chupon-Typs ist spiralgig mit 3/8-Stellung, während die Blätter vom Fan-Typ zweizeilig in der Horizontalebene angeordnet sind [FRANKE und PFEIFFER, 1964]. Außerdem haben die Blätter des Hauptstammes einen längeren Blattstiel mit einem stärker ausgeprägten Pulvinus (verdickter, basaler Bereich von Blattstielen) [PRABHAKARAN NAIR, 2010; NULTSCH, 2001].

4.2.2. Blüten und Fruchtbildung

Die Blüten entwickeln sich aus mindestens 3 - 4 Jahre alten Blattachseln am Stamm (Cauliflorie) oder seltener an stärkeren Seitenästen (Ramiflorie) [LIEBEREI und REISDORFF, 2007; ROHSIUS, 2007]. Eine Cuchion (Blattachsel) kann ungefähr 50 Blüten tragen [PRABHAKARAN NAIR, 2010]. Sie bestehen aus fünf Kelchblättern, die weiß bis rosa gefärbt sein können und fünf weiß bis gelblichen Kronblättern, welche die Form einer Kapuze haben. Die zehn Staubblätter sind an der Basis zu einer Röhre verwachsen, wobei fünf steril (Staminodien) und fünf der Staubblätter fertil (Stamina) sind. Die Staminodien ragen aus der Blüte heraus, während die Stamina unter den Blütenblättern versteckt sind um eine Selbstbestäubung zu verhindern. Die Kakaoblüte besitzt einen oberständigen Fruchtknoten aus fünf (synkarpen) Karpellen mit zwei

Reihen von Samenanlagen Es können bis zu 60 Samen gebildet werden [STOLL, 2010, LIEBEREI und RESIDORFF, 2007].

Je nach Varietät und Alter des Kakaobaumes werden das ganze Jahr über 34000 - 116000 Blüten gebildet [FRANKE und PFEIFFER, 1964]. Trotz des ganz jährigen Blütenbesatzes kommt es nicht zu einer gleichmäßig übers Jahr verteilten Ernte, sondern diese konzentriert sich auf 1-2 Perioden. Dies kommt daher, dass starker Fruchtansatz Blüten- und weitere Fruchtbildung hemmt [REHM und ESPIG, 1996].

Man geht davon aus, dass Blüten und Früchte um die Assimilate konkurrieren und sich daher gegenseitig in ihrer Bildung hemmen. Das kontinuierliche Entfernen der Früchte ist daher notwendig und garantiert eine steigenden Produktion von Blüten und neuen Früchten [VALLE et al., 1990]. Am späten Nachmittag beginnen sich die Blüten zu öffnen, um am nächsten Morgen vollkommen entfaltet zu sein. In den Morgenstunden zwischen 6 und 10 Uhr wurde die höchste Befruchtungsrate verzeichnet [STOLL, 2010; FRANKE und PFEIFFER, 1964].

4.2.3. Bestäubung und Fruchtertrag

Kulturpflanzen wie der Kakao (*Th. cacao*) oder die Avocado (*Persea americana* L.) besitzen Früchte, die von der Pflanze mit relativ hohen energetischem Aufwand produziert werden müssen. Obwohl nur ein vergleichsweise geringer Prozentsatz der Blüten zu Früchten heranreift, gelangen auch von diesen nicht alle zur Vollreife – selbst wenn die Bestäubung erfolgreich war [VENTURIERI, 2011]. Dies bestätigte sich auch in der Studie von GROENEVELD et al. (2010). Hier steigerte zwar eine Erhöhung der Bestäubungsintensität auf 40 % den Ertrag enorm, doch mit einer Steigerung auf 70 - 100% konnte nur eine sehr geringe Ertragszunahme erzielt werden [GROENEVELD et al., 2010].

Die Bestäubung bei *Th. cacao* erfolgt hauptsächlich über kleine Mücken der Gattung *Forcipomyia* und *Lasioshelea*. Sie gehören zur Familie der Ceratopogonidae (Bartmücken) [REHM und ESPIG, 1996]. Aber auch stachelose Bienen und andere kleine Insekten können als Bestäuber fungieren

[ROHSIUS, 2007].

Im Regelfall werden ca. 5 % der Blüten natürlich bestäubt [FRANKE und PFEIFFER, 1964]. Laut VALLE et al. (1990) gibt es zwischen handbestäubten und natürlich bestäubten Blüten keinen wesentlichen Unterschied in der Fruchtbildung [VALLE et al., 1990]. Eine Studie von GROENEVELD et al. (2010) kam jedoch zu dem Ergebnis, dass der Ertrag eines Kakaobaumes mehr von der Anzahl der bestäubten Blüten abhängt als von seiner allgemeinen Nährstoff- und Wasserversorgung. Hier konnte eine Verdoppelung der Ernte bei einer Erhöhung der Bestäubungsintensität der Blüten von 10 % auf 40 % festgestellt werden [GROENEVELD et al., 2010]. Bei VALLE et al. (1990) ergab die Bestäubung per Hand und eine damit verbundene erhöhte Bestäubungsintensität auch eine signifikant höhere Zahl an „Cherelles“ (kleine, unreife Früchte). Doch die Zahl der letztlich reifen Früchte war bei beiden Methoden (hand- und natürlich bestäubt) schlussendlich wieder annähernd gleich. Verantwortlich hierfür war das vorzeitige Welken der unreifen Früchte nach der Bestäubung [VALLE et al., 1990]. Auch die Studie von BOS et al. (2007) ergab, dass 72% der bestäubten Blüten keine Fruchtreife erreichen. Grund dafür ist ein natürlicher Regulationsmechanismus der Pflanze, der verhindert, dass alle Früchte reifen. Dieses Phänomen wird „Cherelle Wilt“ genannt (siehe unten). Dadurch sterben etwa die Hälfte der Früchte ab und das bereits in den ersten Wochen ihrer Entwicklung [BOS et al., 2007].

Die „Cherelle Wilt“ oder „Kakaowelke“ ist ein Mechanismus, der es dem Baum ermöglicht seine Produktion an Früchten zu regulieren. Wie bereits erwähnt findet die Kakaowelke bereits sehr früh, nämlich in der ersten Hälfte der Fruchtentwicklung statt - am häufigsten am 50. und 70. Tag nach der Befruchtung. Dabei verwelkt die unreife Frucht, fällt aber nicht ab - so wie bei den meisten Bäumen üblich - sondern bleibt verfault am Baum hängen. Sie stellt zuerst ihr Wachstum ein, verfärbt sich nach einer Woche gelb und bleibt schließlich schwarz und verkümmert am Baum hängen [WOOD und LASS, 2001]. Nach einiger Zeit vertrocknen sie und wird oft von einem Pilz befallen. Die Kakaowelke tritt meistens bei allen Kakaobäumen einer Pflanzung auf,

weshalb man ursprünglich eine Krankheit als Ursache dafür vermutete. Der Grund hierfür ist allerdings - wie bereits erwähnt - ausschließlich die Regulation der Fruchtmenge. Vor allem in Westafrika oder in Asien tritt dieses Problem immer häufiger auf, da sich die Böden durch jahrelange, intensive landwirtschaftliche Nutzung nicht ausreichend erholen können [DURRY und SCHIFFER, 2012].

Erhöhte Düngung und Verbesserung des Nährstoffstatus des Bodens könnten diesem Mechanismus entgegenwirken und die Anzahl der reifen Früchte steigern [VENTURIERI, 2011; DURRY und SCHIFFER, 2012]. So konnte beispielsweise in Ghana durch eine intensivere Düngung von Kakaopflanzen ein mehr als die Hälfte höherer Ertrag erzielt werden [FAO, 2005]. Zu einem anderen Ergebnis kam die Studie von GROENEVELT et al. (2010), welche zeigte, dass der Einsatz von Düngemittel keine signifikante Steigerung auf die Anzahl der Früchte hatte. Die Autoren gehen davon aus, dass die uneinheitlichen Ergebnisse früherer Studien auf verschiedene Bodenbeschaffenheit und Klimaunterschiede zurückzuführen sind. Es ist daher anzunehmen, dass mehrere Faktoren für hohe Ertragszahlen im Kakaoanbau ausschlaggebend sind. Auch die Varietät des Kakaos ist von Bedeutung, wenn es darum geht, die Erntemenge durch erhöhte Bestäubungsrate zu verbessern. [GROENEVELD et al., 2010].

In Anbetracht der weltweiten Stagnation der Kakaoproduktion sollte der Einfluss der Bestäubung auf die Ertragssteigerung mehr berücksichtigt werden. Bislang konzentriert sich die Forschung nämlich eher auf die Züchtung ertragsreicher und resistenter Sorten sowie auf den höheren Einsatz von Dünger. Der Zusammenhang zwischen verbesserter Bestäubungsrate und einer reicheren Kakaoernte war bislang kaum Gegenstand der Forschung. So könnte bereits eine gezielte Förderung von Mückenpopulationen in den Plantagen die Bestäubung und damit den Ertrag wesentlich verbessern [GROENEVELD et al., 2010].

4.2.4. Besonderheiten der Kakaofrucht

Früchte aller Reifestadien befinden sich während des ganzen Jahres am Stamm (Cauliflorie, p. 13). Es sind 15 – 30 cm lange Trockenbeeren (p. 11) mit einem Durchmesser von ungefähr 5 – 10 cm. Je nach Varietät und Reife haben sie eine rundlich bis ovale Form und eine grüne, gelbe, rotbraune oder purpurne Farbe [LIEBEREI und REISDORFF, 2007; FRANKE und PFEIFFER, 1964; ROHSIUS, 2007].

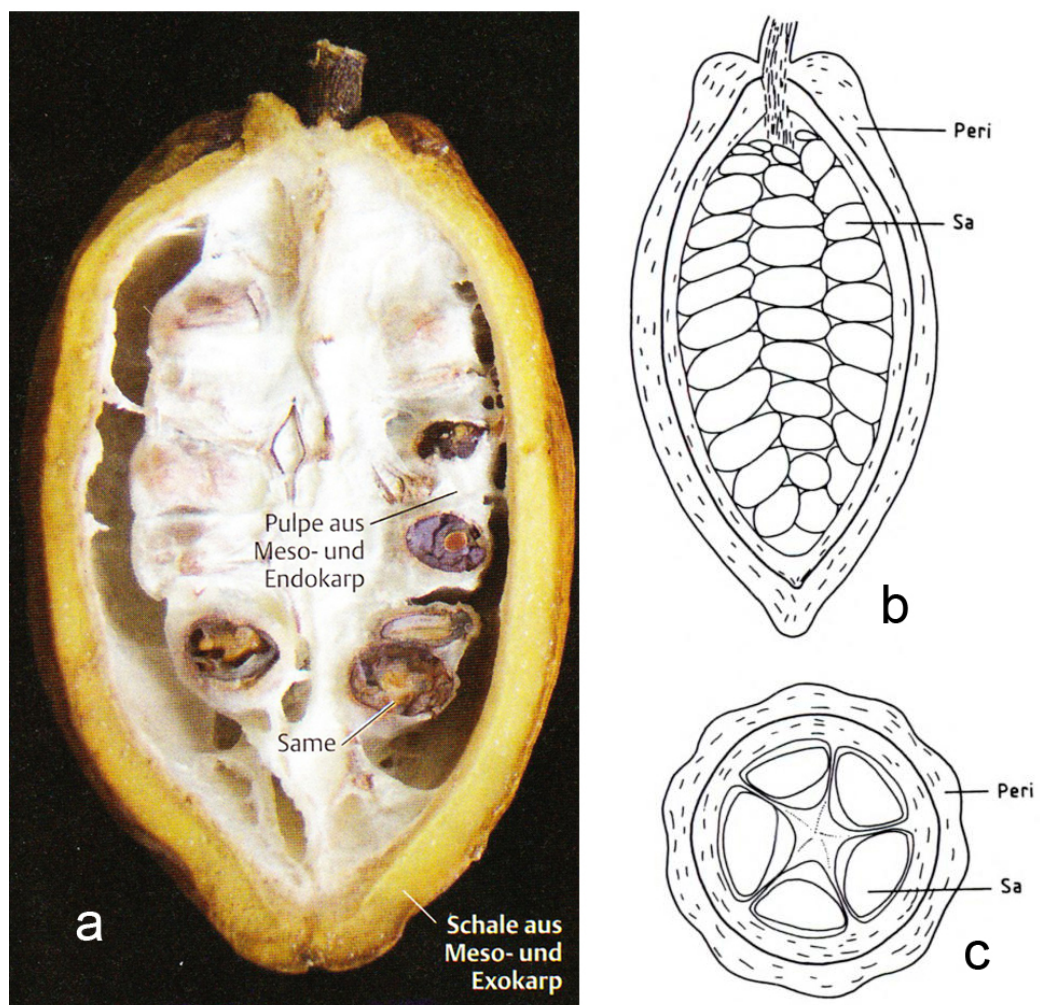


Abbildung 2: a: Längsschnitt durch eine Kakaofrucht [nach LIEBEREI und REISDORFF, 2007]; b: Längsschnitt durch eine Kakaofrucht (gezeichnet); c: Querschnitt durch eine Kakaofrucht; Peri = Perikarp, Sa = Samen [nach HAHN und MICHAELSEN, 1996].

Die Fruchtschale wird aus dem Exokarp und äußeren Mesokarp gebildet und ist fasrig-fest im Gegensatz zum weißlich, saftigen Fruchtfleisch oder Pulpa, das aus dem inneren Mesokarp und dem Endokarp gebildet wird. Die unreifen Früchte sind im Inneren fünffächrig. Die Scheidewände werden während der Reife aufgelöst und verschleimen vollständig [LIEBEREI und REISDORFF, 2007; FRANKE und PFEIFFER, 1964; PRABHAKARAN NAIR, 2010].

Die Pulpa enthält einen Keimungsinhibitor, der verhindert, dass die Samen innerhalb der Frucht keimen. Bei Beschädigung oder Öffnen der Frucht ist dieser nicht mehr aktiv und die Samen beginnen ohne Keimruhe zu keimen. Ungeöffnete Früchte können jedoch ohne Verlust der Keimfähigkeit der Samen 3 – 4 Wochen gelagert werden. Der Zuckergehalt der Pulpa wird maßgeblich vom Genotyp und den klimatischen Bedingungen während der Reifezeit bzw. der Anbauregion beeinflusst [ROHIUS, 2007]. Auch die Aromen und Farben der Pulpa unterscheiden sich je Varietäten und geografischer Herkunft der Kakaofrüchte [BARTLEY, 2005].

Eine Kakaofrucht enthält 30 – 50 Samen, welche 1,5 – 2,5 cm groß und oval sind [LIEBEREI und REISDORFF, 2007; AFOAKWA et al. 2008]. Samenzahl und Form hängen wesentlich vom Genotyp ab [ROHSIUS, 2007]. Die Samen bestehen aus stark gefalteten, lilafarbenen Kotyledonen, einer Radicula und der Testa (siehe Abbildung 3). Sie sind in das Fruchtfleisch eingebettet. Die ledrige Testa ist mit dem Endokarp fest verwachsen [LIEBEREI und REISDORFF, 2007; AFOAKWA et al. 2008].

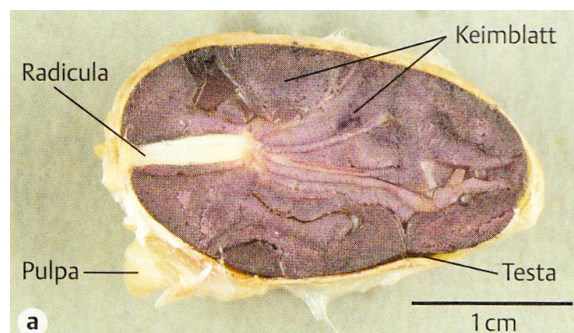


Abbildung 3: Längsschnitt durch den reifen Samen [nach LIEBEREI und REISDORFF, 2007]

Die Kotyledonen der Embryonen enthalten 2 Arten von Zellen: Erstens Idioblasten und zweitens speichernde Mesophyllzellen. Die Idioblasten besitzen eine einzige Zentralvakuole, welche mit Polyphenolen und Alkaloiden, wie Koffein, Theobromin und Theophyllin gefüllt ist. Sie machen 14 – 20% des Trockengewichtes aus, liegen diffus oder in Reihen angeordnet im Gewebe und geben den frischen Kotyledonen ihre Farbe [AFOAKWA et al. 2008]. Abhängig vom Anthocyangehalt variiert die Farbe zwischen weiß und einem tiefen Violett. Es ist nicht bekannt ob die Zahl der Idioblasten bei den einzelnen Genotypen variabel ist. Diese könnte aber ein Grund für den unterschiedlichen Geschmack (adstringierend, bitter) der Genotypen sein [ROHSIUS, 2007]. Beim zweiten Zelltyp handelt es sich um Mesophyllzellen mit mehreren Speichervakuolen die Lipide und Proteine enthalten [AFOAKWA et al. 2008].



Abbildung 4: a: geschlossene Blüten am Hauptstamm; b-d: Kakaofrüchte der Varietät Criollo in verschiedenen Entwicklungsstadien. (Finca Köbö, Costa Rica; Bilder Privatarchiv Zechner)

4.3. Varietäten von *Theobroma cacao*

Aufgrund morphologischer und anatomischer Merkmale gliedert CUATRECASAS (1964) *Th. cacao* in die beiden Unterarten *Th. cacao ssp. cacao* (Criollo) und *Th. cacao ssp. sphaerocarpum* (Forastero) [CUATRECASAS, 1964]. Doch neue molekularbiologische und genetische Erkenntnisse zeigen, dass man hier nicht von Unterarten sondern lediglich von Sorten, Varietäten beziehungsweise isolierten Populationen (p. 9) sprechen kann [LIEBEREI, 2006]. Die zwei Großgruppen Criollo und Forastero unterscheiden sich teils stark voneinander, was durch Umwelteinflüsse während der Entstehung der Populationen bedingt ist. Auch Mutation spielen hierbei eine Rolle [STOLL, 2010; ROHSIUS, 2007]. In diesem Zusammenhang ist auch die Domestikation durch den Menschen in unterschiedlichen Regionen der Welt zu nennen [LIEBEREI, 2006]. Die Kultivierung des Criollo-Kakaos in präkolumbischen Zeiten könnte Einfluss auf bestimmte Eigenschaften, wie beispielsweise den hohen Koffeingehalt gehabt haben [STOLL, 2010; ROHSIUS, 2007]. Dennoch werden alle Kakaogenotypen zu einer Art gezählt, da sie miteinander kreuzbar sind und fertile Nachkommen zeugen [LIEBEREI, 2006]

4.3.1. Criollo

Der Criollo-Kakao war die erste Varietät, die von den Mayas aus der Wildform gezüchtet wurde. Er zeichnet sich unter anderem durch einen sehr hohen Koffeingehalt von 2% aus [LIEBEREI und REISDORF, 2007]. Heute kennt man vom Criollo zwei Gruppen: den mittel- und den südamerikanischen. Die Herkunft ist weitgehend unbekannt, man nimmt aber an, dass sich sein Ursprungsgebiet in den Regenwäldern des oberen Amazonas befindet [LIEBEREI und REISDORF, 2007; FRANKE und PFEIFFER, 1964].

Charakteristisch für den Criollo-Kakao sind seine rot bis gelb gefärbten Früchte, die am Stielende niemals eingeschnürt sind. Die raue, höckerige Schale ist dünner als bei den Forastero-Varietäten (p. 22) und weist zehn Längsfurchen auf. Die Samen sind groß und abgerundet. Die Kotyledonen sind weiß bis hellviolett und besitzen einen sehr geringen Gehalt an Bitterstoffen. Nach der

verhältnismäßig kurzen Fermentation verfärben sie sich hellbraun [FRANKE und PFEIFFER, 1964; WOOD und LASS, 2001].

Criollo-Varietäten produzieren generell weniger Erträge und sind schwerer zu pflegen als andere Kakaosorten, da sie nicht so krankheitsresistent sind [DURRY und SCHIFFER, 2012; MOTAMAYOR]. Außerdem sind sie wenig anpassungsfähig und anfällig gegenüber Stress. Nichts desto trotz werden sie gerne angebaut, da sie Kakao von höchsten Qualität und einzigartigem Aroma liefern [PRABHAKARAN NAIR, 2010].

Reiner, ursprünglicher Criollo-Kakao, der bereits in präkolumbianischen Kultursorten entstand, ist heute leider sehr selten, weil er oft mit den wesentlich robusteren Trinitario- oder Forastero-Sorten gekreuzt wurde. Auch der systematische Ersatz der empfindlichen Criollos durch die ertragreicheren Trinitarios (p. 23) in Lateinamerika (Mexiko und Venezuela) drängten den Criollo-Kakao langsam zurück. Criollo-Kakao dominierte bis ins 18. Jahrhundert den Weltmarkt. Heute spielt er allerdings im globalen Kakaohandel eine eher untergeordnete Rolle, ist aber für die Herstellung von edlen und sortenreinen Schokoladenprodukten unerlässlich [DURRY und SCHIFFER, 2012; MOTAMAYOR, 2000; ICCO, 2012].

4.3.2. Forastero

Der Forastero-Kakao ist wesentlich variabler als der Criollo-Kakao. Die unter diesem Begriff zusammengefassten Kakaopopulationen umfassen kultivierte, halbwilde und wilde Populationen, wobei die „Amelonados“ die am meisten gepflanzte Sorte darstellt. Sie werden großflächig in Brasilien und Westafrika angebaut. Ursprünglich stammt der Forastero-Kakao aus der Amazonasregion. Je nachdem ob das geographische Ursprungsgebiet die untere oder die obere Amazonasregion ist, trennt man die Forasteros in „Lower Amazon Forastero“ (LAF) und „Upper Amazon Forastero“ (UAF) [ICCO, 2012; FRANKE und PFEIFFER, 1964; ELWERS, 2008].

Die runden Forastero-Früchte sind weniger gefurcht als die des Criollo-Kakao. Sie weisen sogar in manchen Fällen eine glatte Oberfläche auf. Die

Fruchtschale ist hart und holzig und hat reif eine grüne bis gelbliche Färbung. Die Samen sind klein und abgeflacht und besitzen dunkelrote bis tiefviolette Kotyledonen, welche bei der Fermentation braun werden [FRANKE und PFEIFFER, 1964; STOLL, 2010].

Zu den Forasteros wird auch der in Ecuador beheimatete Nacional-Kakao gezählt. Seine großen, grünen Früchte haben eine relativ dicke und raue Oberfläche. Er entstand vermutlich aus einer kleinen Gruppe der Upper Amazon Forasteros und wird wegen seiner charakteristischen blumigen und fruchtigen Note, welche höchstwahrscheinlich auf hohen Linaloolgehalten beruht, zu den „fine“-Kakaos („Arriba beans“) gezählt [AFOAKWA, 2010; STOLL, 2010; ELWERS, 2008; ROHSIUS, 2007].

Forastero-Varietäten sind besonders ertragreich und resistent gegenüber Krankheiten. Sie werden daher wesentlich häufiger als Criollo-Kakao angebaut und liefern ca. 85% der weltweiten Kakaoproduktion. Bei der Mehrheit der angebauten Kakaobäume handelt es sich um den westafrikanischen Amelonado, der bis heute die Plantagen in Westafrika dominiert [REHM und ESPIG, 1996; ELWERS, 2008].

4.3.3. Trinitario

Trinitario-Varietäten sind natürliche Hybriden zwischen Criollos und Forasteros, werden aber dem Forastero-Kakao zugeordnet [FRANKE und PFEIFFER, 1964]. Sie verbinden die hohe Flavour-Qualität der Criollos mit der Produktivität und Widerstandsfähigkeit der Forasteros. Nicht alle Trinitario-Varietäten werden zu den Edelkakaos gezählt. Der rotgetönte Trinitario-Kakao wird zum Beispiel nicht dazu geordnet. Der Name „Trinitario“ leitet sich von der karibischen Insel Trinidad ab, wo die Kakaosorte seit dem 18. Jahrhundert gezüchtet und angebaut wird. Weltweit macht er etwa 10 - 15% der Kakaoernte aus [FRANKE und PFEIFFER, 1964; STOLL, 2010; ELWERS, 2008].

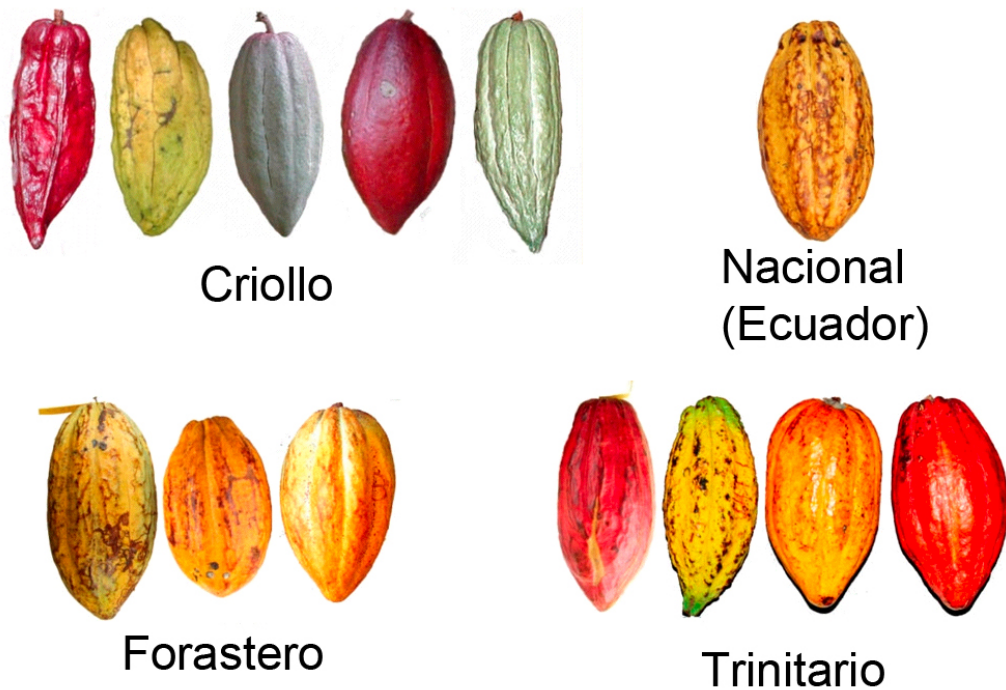


Abbildung 5: Verschiedene Kakaovarietäten (Criollo, Nacional, Forastero, Trinitario) [modifiziert nach LIEBEREI und ROHSIUS, 2010]

5. *Theobroma grandiflorum* (Cupuaçu)

5.1. Ökologie und Verbreitung

Der Cupuaçubaum benötigt eine Durchschnittstemperatur von 25 °C - 28 °C. Für optimales Wachstum ist eine Luftfeuchtigkeit von 77 – 88 % und ein Jahresniederschlag zwischen 1900 – 3000 mm essentiell [LANNES, 2003]. *Th. grandiflorum* kommt auf Terra-Firme-Standorten (nicht periodisch überschwemmte Regenwälder) und Überschwemmungsgebieten vor [EMMERICH, 2002]. Die natürliche Verbreitung des Baumes ist begrenzt auf die Hoch- und Tiefredenwälder der Südseite des Amazonas und auf die süd bis südöstlichen Teile von Pará und Maranhao in Brasilien [LANNES, 2003]. Der Cupuaçubaum kommt heute noch in vielen Hausgärten im westlichen Peru und Kolumbien vor. Hier wurde er von Siedlern nicht indianischer Abstammung angepflanzt [VENTURIERI, 2011]. Er stellt geringere Ansprüche an den Boden

als *Th. cacao* und wächst gut auf sauren Oxisolen (stark verwitterte Tropenböden) ohne Kalkung [EMMERICH, 2002].

5.2. Biologie

5.2.1. Wuchsform von *Theobroma grandiflorum* und vegetative Merkmale

Th. grandiflorum ist ein 15 - 30 m hoher Baum, der in Kultur durch das Schneiden des orthotropen Stamms nach der 1. beziehungsweise 2. Jorquette, auf maximal 8 m gehalten wird [QUIJANO und PINO, 2007; JANICK und PAULL, 2008]. So wie *Th. cacao* weist auch *Th. grandiflorum* ein dimorphes Wachstum der Zweige auf. Der Hauptstamm wächst orthotrop auf eine Höhe von 1 – 1,5 m heran und stellt danach sein Wachstum ein. Wie bei *Th. cacao* werden plagiotrope Seitenzweige gebildet und unter der Jorquette das apikale Wachstum fortgesetzt [JANICK und PAULL, 2008]. Ähnlich wie bei den Nährwurzeln von *Theobroma cacao* (p. 12) ist auch das Wurzelsystem von *Th. grandiflorum* sehr oberflächennah ausgebildet [EMMERICH, 2002].

Blätter

Die einfach gebauten Blätter können 25 – 35 cm lang und 5 – 15 cm breit werden und haben einen kurzen Blattstiel. Die Unterseite ist fein behaart und bei jungen Blättern rötlich gefärbt. Während der Reife verfärbt sich die Unterseite in ein dunkles Grün [JANICK und PAULL, 2008].

5.2.2. Blüten und Fruchtbildung

Morphologisch unterscheidet sich *Th. grandiflorum* von allen anderen *Theobroma*-Arten durch die fehlende Cauliflorie. Die Blüten und Früchte wachsen nur an den Seitenästen des Baumes (Ramniflorie) [BRÜCHER, 1989]. Die Blüten bestehen aus 5 dicken, fleischigen, dreieckigen Sepalen (Kelchblätter) und 5 Petalen (Kronblätter). Diese besitzen eine weißlich bis gelbliche Petalenhaube, welche die Stamina (Staubblätter) bedeckt und eine dunkelrot bis pupurfarbene Petalenlamina [JANICK und PAULL, 2008]. Das Andrözeum (Gesamtheit aller Staubblätter) wird aus 5 purpurnen Staminodien

und 5 Stamen gebildet. Das oberständige Gynözeum (Gesamtheit aller Karpelle einer Blüte) besteht aus 5 Fruchtblättern, welche verwachsen sind [GIACOMETTI, 1994]. Die Blütezeit ist während der Trockenzeit von Juli bis Dezember. Da die Blüten von vielen verschiedenen Insekten, wie Käfer, Bienen oder Ameisen besucht werden, ist eine Differenzierung in Blütenbesucher und Bestäuber schwierig. Am ehesten kommen stachellose Bienen, wie etwa die Arten *Plebeia minima*, *Trigonisca sp.* und *Ptilotrigona lurida* als Bestäuber in Frage. Es existieren aber auch Studien über Käferbestäubung (Chrysomelidae) und solche, die von keinem speziellen Bestäuber ausgehen [JANICK und PAULL, 2008]. Zur Fruchtbildung kommt es nur bei 2% der bestäubten Blüten - was selbst für die Gattung *Theobroma* sehr gering ist. Nicht alle befruchteten Blüten kommen zur Fruchtreife, viele Früchte sterben während der Entwicklung ab (siehe „Cherelle Wilt“ p. 15). Scheinbar spielt aber bei *Th. grandiflorum* auch das Wetter eine wichtige Rolle für den Ertrag der Früchte. Bei schwerem Regen können die möglichen Bestäuber - eher kleinere Insekten - nicht fliegen und somit sinkt die Befruchtungsrate. Eine künstliche Bestäubung z.B. per Hand würde die Zahl der Früchte wahrscheinlich erhöhen, findet aber im Cupuaçu-Anbau so gut wie keine Anwendung [JANICK und PAULL, 2008; VENTURIERI, 2011].

5.2.3. Besonderheiten der Frucht

Die Früchte von *Th. grandiflorum* bilden sich zwischen August und April, wobei es in der Regenzeit (Jänner bis März) zur Hauptproduktion kommt. In Kultur fruchten die Bäume unter günstigen Bedingungen mit kleinen Pausen das ganze Jahr über [JANICK und PAULL, 2008]. Die Früchte können länglich-oval oder ellipsoid bis rundlich sein und haben einen sehr starken Geruch [LIEBEREI und REISDORFF, 2007]. Sie hängen an einem langen Stiel und wiegen ca. 200 - 4000 g. Mit einer Länge von 12 – 25 cm und einen Durchmesser von 10 – 12 cm sind die größten Früchte der Gattung *Theobroma* [VENTURIERI, 2011; BRÜCHER, 1989]. Wegen ihrer 1 – 3 cm dicken, harten Fruchtschale werden sie als Panzerbeeren (p. 11) bezeichnet. Sie ist verholzt und schließt mit einer braunen, pulverigen Korkschicht ab. Die Pulpa bzw. das

Fruchtfleisch wird aus dem Endokarp und Teilen des Mesokarps gebildet und ist - wie bei *Th. cacao* – weiß und fest mit der Testa der Samen verwachsen. Die Pulpa macht bei *Th. grandiflorum* ca. 45,5% der Frucht aus. Eine Frucht beinhaltet 25 – 50 ovale, abgeflachte Samen, welche sich an fünf Plazentationsreihen befinden [LIEBEREI und REISDORFF, 2007; YANG et al., 2003; LANNES, 2003; ROGEZ et al. 2004]. Die Samen enthalten im Gegensatz zu *Th. cacao* kein Koffein, Theobromin sowie Theophyllin und machen etwa 16 - 17% des Trockengewichts der Frucht aus. Sie bestehen zu 60% aus Fett, welches für den Menschen zu 91% verdaulich ist [LANNES, 2003; GENOVESE und LANNES, 2009, VENTURIERI, 2011]. Dieses Fett - die Cupuaçubutter - wird bereits in zahlreichen Produkten in der Kosmetikindustrie eingesetzt. Für 13,5 kg reine Cupuaçubutter werden etwa 100 Kilogramm frische Cupuaçubohnen benötigt [ARAÚJO et al., 2011].

Die Pulpa von *Th. grandiflorum* hat einen einzigartigen tropischen Geschmack. Sie wird hauptsächlich in Brasilien aber auch in anderen lateinamerikanischen Ländern für Säfte, Eiscreme, Marmelade oder für Füllungen von Süßigkeiten verwendet [ROGEZ et al. 2004]. Bei der Herstellung von Saft muss dieser vor der Fermentation der Pulpa gewonnen und danach gefroren oder pasteurisiert werden [VENTURIERI, 2011].

Die Trockenmasse der Pulpa beträgt - wie bei den meisten tropischen Früchten - ca. 12,1 %. Sie weist jedoch einen höheren Protein- (8,8 % der Trockenmasse) bzw. Fettgehalt (12,7 % der Trockenmasse) auf als die meisten Früchte der Tropen. Die Hauptfettsäuren der Cupuaçupulpa sind: Palmitinsäure (55 %) und Ölsäure (18,8 %). Beide zusammen machen mehr als 70% der Gesamtfettsäuren aus. Aber auch der Gehalt an α -Linolensäure (17,9 %), einer ω -3-Fettsäure, ist bemerkenswert hoch. Da ω -3-Fettsäuren von Natur aus eher wenig in Obst oder Gemüse vorkommen, ist dieser Aspekt ernährungsphysiologisch höchst interessant. Neben Protein und Fett enthält die Pulpa von *Th. grandiflorum* aber auch Kohlenhydrate, wie etwa verschiedene Zucker. Vergleicht man den Zuckergehalt mit anderen Früchten der Tropen so ist der Anteil an löslichen Zucker mit ca. 50% der Trockenmasse eher gering.

Trotzdem eignen sich die Pulpa hervorragend für die Herstellung von Gelees, Säften und Joghurts [ROGEZ et al. 2004]. Auch der Pektingehalt (0,39 – 0,85%) und der niedrige pH-Wert der Pulpa von 3,4 wirken sich günstig auf die Herstellung solcher Produkte aus [JANICK und PAULL, 2008].

Der Hauptanteil an Zuckern besteht aus Saccharose mit 34,2% während Glucose (6,9%) und Fructose (8,8%) etwa gleich vertreten sind. Der Gesamtballaststoffgehalt macht 14,3% der Trockenmasse aus [ROGEZ et al. 2004] und der Vitamin C-Gehalt liegt bei 33 – 55 mg/100g Pulpa [JANICK und PAULL, 2008].

6. *Theobroma bicolor* (Pataste)

6.1. Ökologie und Verbreitung

Theobroma bicolor ist in Südamerika unter verschiedenen Namen bekannt wie etwa „Pataste“, „Weißer Kakao“ (Ecuador) und „Bacao“ (Kolumbien) [BRÜCHER, 1989; SOTELO und ALVAREZ, 1991]. Die Verbreitung der Pflanze reicht von Ecuador bis Mexico [SOTELO und ALVAREZ, 1991]. Ihre Herkunft ist weitgehend unbekannt. Manche Autoren gehen davon aus, dass sie in Zentralamerika einheimisch ist. Wahrscheinlicher sind jedoch die Amazonasregionen in Kolumbien, Ecuador und Peru. *Th. bicolor* ist wie *Th. cacao* eine präkolumbianische Nutzpflanze und wurde für Nahrungszwecke verwendet [SOUZA und VENTURIERI, 2010; FAO, 1986].

Th. bicolor benötigt eine Durchschnittstemperatur von 25°C -28°C und kommt in Höhen über 1000 Meter nicht mehr vor [FAO, 1986].

6.2. Biologie

6.2.1. Wuchsform von *Theobroma bicolor* und vegetative

Merkmale

Der immergrüne Baum erreicht im Unterwuchs des tropischen Regenwaldes eine Größe von 25 - 30 m. Anders als *Th. cacao* kommt er auch an offenen sowie sonnigen Plätzen vor, wo er nur eine Größe von 3 - 8 m erreicht [FAO, 1986]. In Kultur wird er auf einer Größe von 5 - 8 m gehalten, um die Pflege zu

erleichtern [CUATRECASAS, 1964].

Th. bicolor ist vom Äußeren her einzigartig in der Gattung *Theobroma* und sehr leicht an seinem Erscheinungsbild zu erkennen. Der Baum hat eine kleine lockere Krone, die von ein paar horizontalen, dichotomen Seitenästen am nackten Stamm gebildet wird [CUATRECASAS, 1964; FAO, 1986; SOUZA und VENTURIERI, 2010].

Blätter

Die Blätter sind zwischen 15 – 35 cm lang und auf der Unterseite weißlich bis silbrig schimmernd. Auch Blüten und Früchte sind sehr charakteristisch und unverkennbar [CUATRECASAS, 1964].

6.2.2. Blüten und Fruchtbildung

Die kleinen Blüten von *Th. bicolor* sind blass rot gefärbt und entwickeln sich wie bei *Th. cacao* aus den Blattachseln am Stamm (Cauliflorie, p.13) [CUATRECASAS, 1964]. Die Blütezeit beginnt im Mai, die Ernte erfolgt während der Monate Juni bis August [ARRIAGA, 2007]. Bei genügend Wasserzufuhr werden das ganze Jahr über Früchte gebildet. Die Fruchtproduktion beginnt ca. nach dem fünften Jahr. Ein Baum liefert im Schnitt pro Ernte ca. 15 – 40 Früchte [ARRIAGA, 2007; TORRES et al., 2002; FAO 1986].

6.2.3. Besonderheiten der Frucht

Die Früchte von *Th. bicolor* sind voluminös und von ellipsoider Form. Sie erreichen eine Größe von 15 - 35 cm und einen Durchmesser von 15 cm. Sie haben eine verholzte und stark gerippte Schale [CUATRECASAS, 1964]. Während der Fruchtreife welken die umgebenden Blätter und fallen ab. Die reife Frucht wiegt zwischen 0,5 - 3 kg und ist gelblich bis braun [ARRIAGA, 2007; TORRES et al., 2002; FAO 1986]. Jede Frucht beinhaltet ungefähr 40 Samen, die von der cremefarbenen bis gelben Pulpa umgeben sind. Sie sind 1,6 - 3 cm lang, 1,4 - 2,5 cm breit und können bis zu einem 1 cm dick sein. Anders als bei *Th. cacao* fällt die reife Frucht ab. Die Fruchtschale von *Th. bicolor* ist

bedeutend massiver und widerstandsfähiger als die von *Th. cacao* oder *Th. grandiflorum* und bricht beim Aufprall auf den Boden nicht. Bei der Ernte werden die Früchte daher aufgesammelt und nicht, wie es bei *Th. cacao* vom Baum geschnitten [FAO, 1986].

Die essbare Pulpa ist faserig und hat einen fruchtigen, süßen Geschmack. Sie kann roh gegessen oder für Getränke und Eiscreme verwendet werden [SOTELO und ALVAREZ, 1991; TORRES et al., 2002]. Auch die Samen sind essbar und werden vor dem Verzehr entweder geröstet oder gekocht [TORRES et al., 2002; FAO, 1986]. Aus den Samen kann man überdies eine schokoladenartige Masse herstellen, welche jedoch qualitativ wesentlich minderwertiger ist als die von *Th. cacao* [FAO, 1986]. Um eine deutlich bittere Schokolade herzustellen, mischt man die Samen außerdem häufig mit Kakaobohnen [SOTELO und ALVAREZ, 1991].

Ökonomisch betrachtet hat *Th. bicolor* nur eine regionale Bedeutung [FAO, 1986].

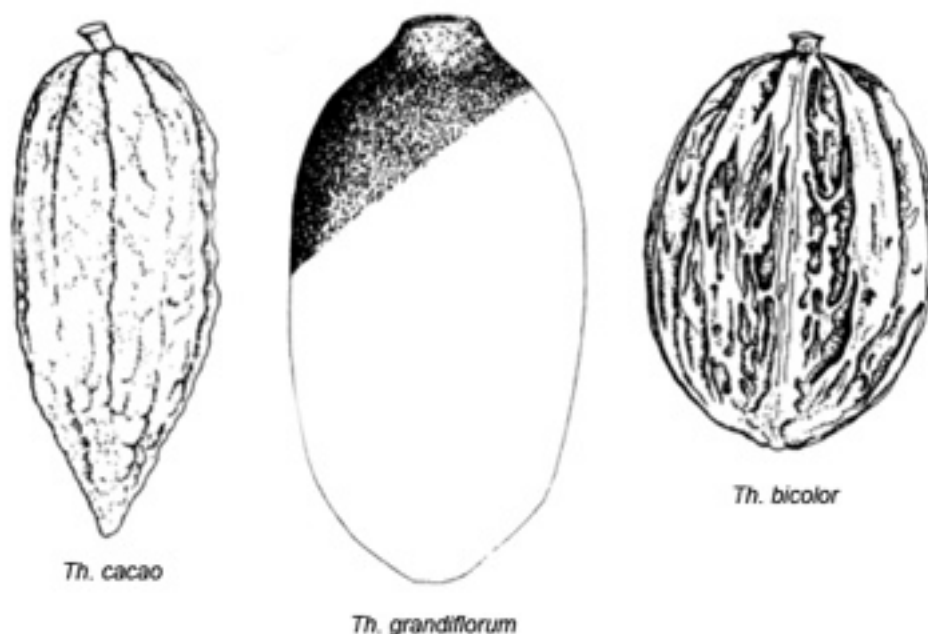


Abbildung 6: Vergleich der Früchte von *Th. cacao*, *Th. grandiflorum* und *Th. bicolor* [modifiziert nach FAO, 1986]

7. *Theobroma speciosum* (Cacauhy)

7.1. Ökologie und Verbreitung

Theobroma speciosum ist die *Theobroma*-Art mit der weitesten Verbreitung. Sie reicht vom gesamten Amazonasgebiet bis in den Süden Zentralamerikas [SOUZA und VENTURIERI, 2010].

7.2. Biologie

7.2.1. Wuchsform von *Theobroma speciosum* und Merkmale

Th. speciosum ist ein Baum mit geradem Stamm und einer schmalen Krone, der eine Höhe von 15 m erreichen kann. Seine zweizeiligen Blätter sind ledrig und haben eine länglich bis ellipsoide Form. Ihre Größe beträgt 20 - 40 cm in der Länge und 7 - 18 cm in der Breite [SOUZA und VENTURIERI, 2010].

7.2.2. Blüten- und Fruchtbildung

Die dunkelroten Blüten wachsen in dichten Polstern am Stamm (Cauliflorie, p. 13) und haben einen stark zitronenartigen Geruch. Die Sepalen, Petalen und Staminodien sind dunkelrot gefärbt. Die jeweils 5 Staminodien und Stamen stehen abwechselnd zueinander. Laut SOUZA und VENTURIERI (2010) wurden 20% der Blüten erfolgreich bestäubt, was für die Gattung *Theobroma* sehr viel ist [SOUZA und VENTURIERI, 2010].

7.2.3. Besonderheiten der Frucht

Die gefurchten Früchte von *Th. speciosum* sind oval bis leicht fünfeckig. Ihre Schale ist leicht samtig und die reife Frucht hat eine gelbe Farbe. Sie enthält ca. 20 Samen, die von einer weißen Pulpa umgeben sind, welche frisch konsumiert werden kann. Auch die Schokoladenherstellung aus den Samen von *Th. speciosum* wird von den Einheimischen in Südamerika praktiziert [SOUZA und VENTURIERI, 2010].

8. Ökologische Grundlagen des Kakaoanbaus

8.1. Der tropische Regenwald

Tropische Regenwälder zeichnen sich durch ein humides Tageszeitenklima, Jahresniederschläge von 2000 - 3000 mm und ein jährliches Temperaturmittel von 25 bis 27 °C aus. Die durchschnittlichen Temperaturschwankungen von 6 bis 12 °C am Tag überschreiten die Jahresschwankungen des Monatsmittels meist erheblich. Es gibt keine Temperaturextreme und weder die Niederschlags- noch die Temperaturverhältnisse limitieren die mögliche Vegetationszeit von 12 Monaten im Jahr. Diese unbegrenzte Vegetationsperiode erlaubt auch extremen Schattenpflanzen, wie *Th. cacao* das Wachstum im Unterholz [GRABHERR, 1997]. Für den tropischen Regenwald sind weiteres eine hohe Phytomasse und Jahresproduktion kennzeichnend. Es gibt keine tiefen Humusschichten, da der hohe Streuanteil, der über das Jahr verteilt anfällt, schneller als in einem Jahr zersetzt wird. Vorherrschende Böden sind aluminium- und eisenreiche Lateritböden [NETWIG et al., 2004].

Die Zentren der tropischen Regenwälder liegen im Amazonasbecken, im Kongobecken und auf dem indomalaiischen Archipel [GRABHERR, 1997]. Regenwälder sind hochkomplexe Systeme und der artenreichste Lebensraum weltweit. Etwa 70% aller landlebenden Pflanzen- und Tierarten der Erde leben hier [GRABHERR, 1997; NETWIG et al., 2004].

8.1.1. Aufbau und Struktur des tropischen Regenwaldes

Der typische Tropenwaldbaum erreicht eine Höhe von 30m, besitzt eine schirmförmige Krone und Brettwurzeln. Diese Bäume bilden die sogenannte Grundsicht des Regenwaldes, aus der einige Emergenten (einzelne Baumriesen) bis zu 20 m herausragen können [GRABHERR, 1997]. Aber auch Klein- und Kleinstbäume kommen im Regenwald sehr häufig vor und der Unterwuchs ist durch hohe krautartige Monokotyledonen und Farne gekennzeichnet [NETWIG et al., 2004]. Weitere besonders auffällige Lebensformen im tropischen Regenwald sind Lianen und Epiphyten

[GRABHERR, 1997; NETWIG et al., 2004].

8.2. Tropische Landwirtschaft und ihre Auswirkung auf das Ökosystem Regenwald

Die Fläche der weltweiten Primärwälder wird jährlich um rund 16,1 Millionen Hektar verringert. Hauptgründe für die Zerstörung der tropischen, gemäßigten oder borealen Wälder sind Infrastrukturprojekte, Raubbau an den Holzbeständen und die großteils rücksichtslose Umwandlung in landwirtschaftliche Nutzfläche [BMU, 2008]. Die Gründe und Ausmaße der Totalrodungen tropischer Regenwälder sind von Land zu Land unterschiedlich. Während im Amazonasregenwald die Gewinnung von Weideland im Vordergrund steht, werden die tropischen Regenwälder Südostasiens wegen der Anlage von Großplantagen gerodet [GRABHERR, 1997].

Dramatisch zugenommen haben vor allem Rodungen im brasilianischen Amazonas-Regenwald. Laut Nationalem Institut für Raumforschung in Brasilien betrug die von Jänner bis März 2012 gerodete Fläche bereits dreimal so viel wie im Vorjahr [APA, 2012]. Diese Rodungen haben nicht nur lokale Auswirkungen, wie Bodenerosion und Artenschwund, sondern auch globale. Die Einwirkung des Menschen auf Ökosysteme und die damit verbundene Landnutzungsänderung stehen in enger Wechselwirkung mit anderen Umweltveränderungen [GRABHERR, 1997]. Beispielsweise sind Wälder wichtige Kohlenstoffspeicher und tragen somit zur Stabilisierung des Weltklimas bei. Vor allem tropische Wälder spielen als Kohlenstoffspeicher eine wesentliche Rolle, da ungefähr 50 Prozent der Phytomasse der Regenwälder reinen Kohlenstoff darstellen [GRABHERR, 1997]. Weltweit speichern sie ca. 380 Milliarden Tonnen Kohlenstoff. Dieses riesige Kohlenstoffdepot wird durch Verbrennung und Rodung als Kohlendioxid freigesetzt und in die Atmosphäre verlagert [NETWIG et al., 2004; GRABHERR, 1997].

8.3. Kakaoanbau und Biodiversität

Die Intensivierung der tropischen Landwirtschaft kann die weltweite Biodiversität und die damit verbundenen Leistungen der Regenwälder bedrohen. Cash Crops (Nutzpflanzen, welche ausschließlich für den Export bestimmt sind), die in tropischen, landwirtschaftlichen Systemen angebaut werden, sind jedoch stark von den Serviceleistungen des Ökosystems abhängig. Bei der Bestäubung von Kakao spielen beispielsweise eine Vielzahl von Insekten eine wichtige Rolle. Es wird vermutet, dass auch Ameisen bei der Regulation von Insektenplagen bedeutend sind und somit als Nützlinge im Kakaoanbau gelten [BOS et al., 2006].

Bei Monokulturen werden oft Pestizide zur Aufrechterhaltung der Produktion eingesetzt oder weitere Flächen durch die Rodung von Wäldern und anderen ökologisch wertvollen Habitaten geschaffen, was wiederum die Biodiversität senkt. Das Thema Intensivierung der Landwirtschaft und Verlust an Biodiversität wird wissenschaftlich höchst divergent diskutiert. Die Mehrheit der Wissenschaftler sieht einen deutlichen Zusammenhang zwischen tropischer Intensivlandwirtschaft und Abnahme der Biodiversität. Dennoch betrachten einige die landwirtschaftliche Intensivierung auch als positiv: da auf weniger Fläche mehr produziert werden kann, muss weniger natürliches Habitat zerstört werden [BISSELEUA et al., 2009].

Auch der Kakaoanbau beeinflusst die globale Biodiversität und die Ökosystemprozesse. Bei einer Kakaobewirtschaftung kommt es im Anbaugebiet zu einer Veränderung von Artenzusammensetzung, Biomasse, Nährstoffzyklen und Vegetationsstruktur [BISSELEUA et al., 2009; RICE und GREENBERG, 2000].

Wegen der immer weiter ansteigenden Nachfrage nach Schokolade und Schokoladenprodukten hat sich die Kakaoproduktion in den letzten 25 Jahren verdoppelt. Die größte Ausweitung der Plantagen ging auf Kosten der Primärwälder in Westafrika, Borneo und Sulawesi. Obwohl sich die Anbaufläche um 25 Millionen Hektar vergrößert hat, spielt der Kakaoanbau - verglichen mit anderen Nutzpflanzen - bei der Zerstörung der Regenwälder eine eher

untergeordnete Rolle [RICE und GREENBERG, 2000].

Neben der Nachfrage am Weltmarkt können auch starke Preisschwankungen am Kakaosektor indirekt Auswirkungen auf den Verlust an Biodiversität haben. Vor allem afrikanische Länder trafen die enormen Senkungen des Weltmarktpreises in den späten 1980er-Jahren. Dies brachte tiefgreifende ökonomische und ökologische Probleme mit sich. Die afrikanischen Kleinbauern wichen vermehrt auf die Produktion anderer Nahrungsmittel und Cash Crops aus, um den finanziellen Verlust wieder auszugleichen. Dabei kam es etwa in Kamerun zu einem enormen Anstieg von Waldrodungen [BISSELEUA et al., 2009].

Viele traditionelle, tropische Landwirtschaftssysteme haben bewiesen, dass sie produktiv, gleichzeitig aber auch ökologisch verträglich und nachhaltig sind. Sie dienen somit dem Schutz der einheimischen Pflanzenarten [SIEBERT, 2002]. Um die Zerstörung der tropischen Regenwäldern aufzuhalten ist eine Kultivierung von Nutzpflanzen erstrebenswert, die in das Ökosystem Regenwald passen und gleichzeitig weltwirtschaftlich bedeutend sind [RICE und GREENBERG, 2000; WOOD und LASS, 2001]. *Th. cacao* ist eine solche Nutzpflanze und könnte daher wesentlich zur Erhaltung der Regenwälder beitragen. So können Kakaobäume, die in ausgedünnten Primärwald oder alten Sekundärwald gepflanzt werden, deren ökologische Vorteile erhalten und dem Kakaobauer gleichzeitig den Lebensunterhalt sichern [RICE und GREENBERG, 2000; WOOD und LASS, 2001].

8.4. Kakaoanbau - unterschiedliche Systeme

Unter natürlichen Bedingungen wächst der Kakaobaum in der unteren bis mittleren Baumkronenschicht des tropischen Regenwaldes [LIEBEREI und REISDORFF, 2007]. Als Schattenbaum benötigt er vor allem als Setzling unbedingt Schatten. Dies deshalb, weil er, an sonnigen Tagen einer viel zu hohen Strahlungsbelastung ausgesetzt wäre. Schatten hat auf den Kakaobaum einen sehr komplexen Effekt. Durch ihn werden Lichtintensität, Temperatur und Luftbewegung reduziert [WOOD und LASS, 2001]. Für gewöhnlich wird die Tatsache, dass der Kakaobaum eine Schattenpflanze ist beim Anbau

berücksichtigt und der Kakaobaum im Halbschatten eigens gepflanzter Bäume kultiviert [LIEBEREI und REISDORFF, 2007]. Hauptsächlich drei Methoden (siehe Abbildung 7, p. 49) sind für den Kakaoanbau wichtig. Wie im Folgenden erläutert wird, sind ihre Auswirkungen auf das natürliche Ökosystem höchst unterschiedlich [RICE und GREENBERG, 2000]:

8.4.1. „Rustic cacao“- Systeme (siehe Abbildung 7, p. 39)

Hier wird der Kakao im natürlichem Regenwald gepflanzt nachdem man diesen von anderen konkurrierenden Unterwuchsarten gesäubert und Schneisen geschlagen hat. Auch naturnahe Flächen nach einem Kahlschlag, sogenannte Sekundärwälder können für den Kakaoanbau genützt werden. Diese Art von Bewirtschaftung erfordert keinen Einsatz von Dünge- oder Pflanzenschutzmitteln. Sie wird vor allem in feuchten Regionen in Westafrika und Lateinamerika angewendet [RICE und GREENBERG, 2000; DONALD, 2004].

Trotz ihrer großen Artenvielfalt sind „Rustic cacao“-Systeme nicht mit natürlich vorkommenden Regenwäldern zu vergleichen. Sie bilden ein stark modifiziertes Ökosystem, dessen Unterwuchs und Kronendach dramatisch verändert bzw. umgeformt sind. Meist interagieren diese Kakaofarmen nicht mit dem umliegenden Waldgebieten und es kommt zu Isolierung. Dieser Umstand verursacht einen weitgehenden Verlust an ursprünglich vorkommenden Arten und vergrößert dadurch den Lebensraum für Generalisten des tropischen Regenwaldes. Spezialisten fehlen hier meist ganz [RICE und GREENBERG, 2000]. Ein Beispiel für ein solches „Rustic-Cacao“-System ist das Bewirtschaftungssystem „Cabruca“ in Bahia, Brasilien. Dort werden die meisten Lianen entfernt und Bäume sowie Unterholz um bis zu 10% ihrer Dichte verringert. Diese Vorgangsweise reduziert die biologische Diversität, verglichen mit dem ursprünglichen Primärwald gewaltig. Vor allem Anbaumethoden bei denen spezielle Mikrohabitate verändert werden - wie etwa das Entfernen von Epiphyten - wirken sich kritisch auf die Gesamtdiversität aus [RICE und GREENBERG, 2000].

8.4.2. „Planted shade systems“ (siehe Abbildung 7, p. 39)

„Planted shade systems“ sind Anbausysteme mit künstlich angepflanzten Schattenbäumen. Diese variieren meist stark voneinander und reichen von traditionell bewirtschafteten Permakulturen mit einzelnen Schattenbaumarten aus dem natürlichen Regenwald bis zu Anbaumethoden mit einer einzigen Art. Für letztere verwendet man hauptsächlich schnellwachsende Hölzer. In den meisten Mischkulturen kommt jedoch eine Vielzahl von Arten vor - in manchen Plantagen wurden mehr als 40 gezählt. Trotz dieser Artenvielfalt dominiert jedoch eine oder wenige Schattenbaum-Arten. Sie bilden das sogenannte „Rückgrat“. Diese „Rückgrat“-Arten sind meist schnellwachsende, stickstofffixierende Fabaceae, wie *Erythrina* spp., *Gliricidia sepium*, *Cassia* spp. und *Inga* spp. [RICE und GREENBERG, 2000].

8.4.3. Kakaomonokulturen („No Shade“ Bewirtschaftung)

Kakaomonokulturen mit intensiven Anbau sind im Kakaoanbau eher eine Seltenheit. Der hohe Pflegebedarf der Bäume und die oben genannten Vorteile (Kapitel 8.4.1. und 8.4.2.) der kleinflächigen Schattenbewirtschaftung haben dazu geführt, dass kleinbäuerliche Betriebe den Kakaomarkt dominieren [HÜTZ-ADAMS, 2010]. Die großen Kakaoplantagen, welche als Monokulturen bewirtschaftet werden, befinden sich vor allem in Malaysia und Indonesien. Aber auch in Südamerika, Brasilien und Ecuador werden große Plantagen bewirtschaftet [DAND, 1997; ROHSIUS, 2007].

Das Phänomen, dass gewisse Genotypen von *Th. cacao* in Abwesenheit von Schatten einen höheren Ertrag liefern, wurde bereits in den 1970er Jahren entdeckt [DONALD, 2004]. Große, komplett in der Sonne liegende Plantagen weisen eine hohe Pflanzendichte auf und erwirtschaften einen Ertrag von maximal 3000 Kilogramm pro Hektar. Diese Mengen können allerdings nur mit speziell für diesen Höchstertrag gezüchteten Kakaogenotypen erwirtschaftet werden. Außerdem ist ein enormer Einsatz an Pestiziden, Insektiziden und Düngemittel erforderlich, welcher teuer ist und sich daher oft nur für sehr große Plantagen rechnet [DAND, 1997; ROHSIUS, 2007].

Trotz der oben genannten Nachteile der Monokulturen kam es insbesondere in Westafrika zu einer starken Vergrößerung der Monokulturflächen und dies leider auf Kosten des Primärwaldes [DONALD, 2004]. Neben der Elfenbeinküste und Ghana setzen auch indonesische Kleinbauern seit einiger Zeit auf Plantagen ohne Schattenbewirtschaftung. Das traditionelle Kakao-Agroforstsystem innerhalb der Primärwälder verschwand in den letzten Jahren in West Afrika fast komplett [RUF, 2011].

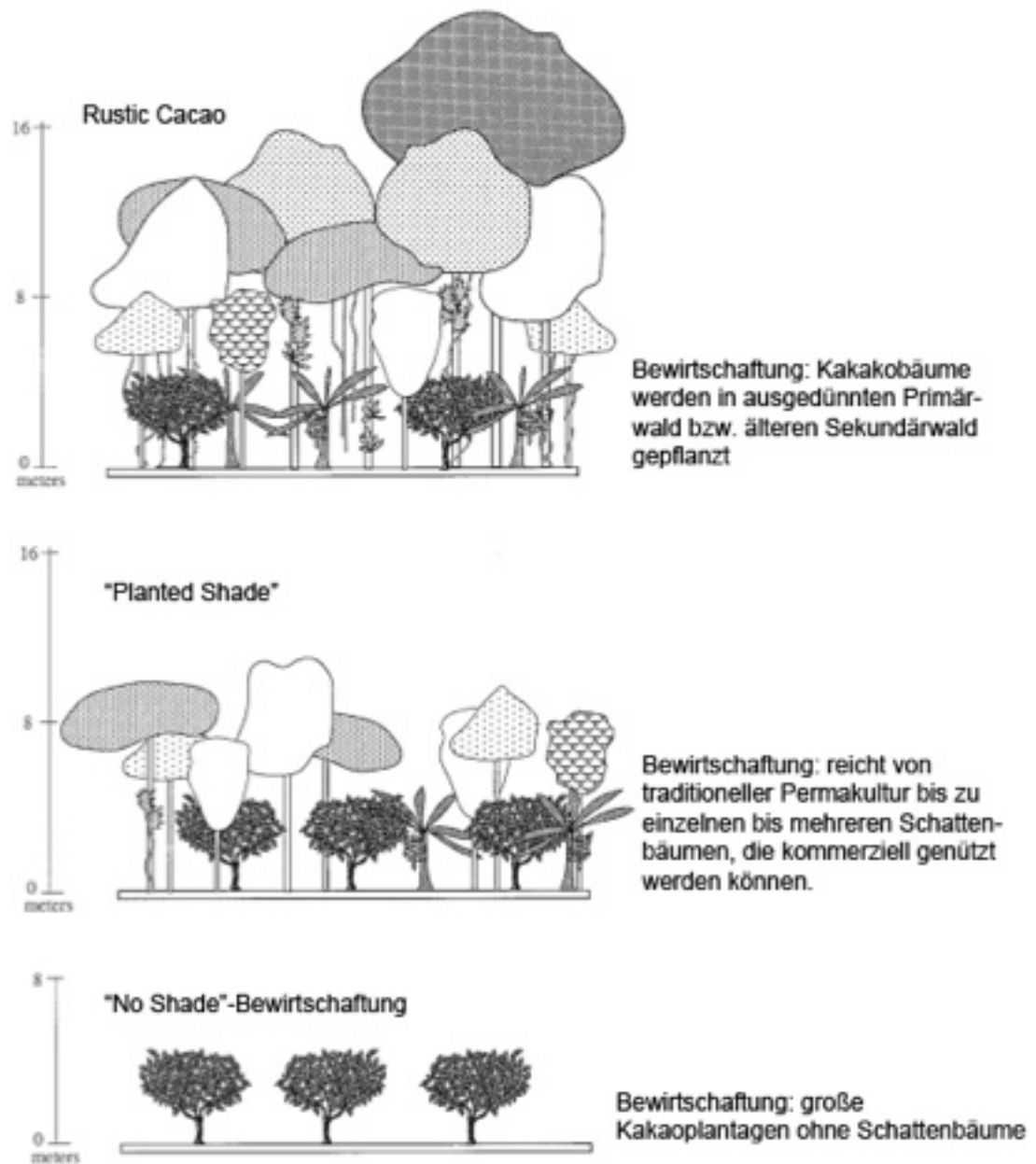


Abbildung 7: 3 verschiedene Anbausysteme im Kakaoanbau [modifiziert nach RICE und GREENBERG, 2000]

8.5. Schattenbäume und Kakaoplantage

Schattenbäume verändern vorwiegend die Lichtintensität und das sowohl qualitativ als auch quantitativ. Außerdem beeinflussen sie Lufttemperatur, Feuchtigkeit und Windbewegung innerhalb einer Kakaoplantage. Sie haben einen direkten Einfluss auf die Photosyntheseleistung, das Wachstum und somit auf die Ertragsleistung der Kakaobäume [SOMARRIBA und BEER, 2011; DE ALMEIDA und VALLE, 2007].

8.5.1. Schattenbäume - ökologischer und ökonomischer Nutzen

Schattenbäume können das Vorkommen von Krankheiten und anderen Faktoren, welche den Ertrag der Kakaobäume reduzieren entweder begünstigen oder verhindern. Neben ihrer Hauptfunktion Schatten zu spenden, produzieren sie eine beachtliche Menge an organischer Masse, optimieren die Nährstoffwiederverwertung aus dem Boden und tragen auch wesentlich zur Fruchtbarkeit des Bodens bei [SOMARRIBA und BEER, 2011]. Sie ermöglichen die Produktion verschiedener Folgegüter wie Holz, Nahrungsmittel oder medizinische Produkte. Darüber hinaus besitzen sie erheblichen kulturellen und ästhetischen Wert und tragen weiters zum Schutz von Artenvielfalt, Boden und Wasser bei [SOMARRIBA und BEER, 2011; RICE und GREENBERG, 2000].

8.5.1.1. Schattenkulturen und Krankheiten

Der Anspruch auf Schatten für ein optimales Wachstum verändert sich mit zunehmendem Alter des Kakaobaumes [WOOD und LASS, 2001]. Haben die Kakaobäume eine bestimmte Höhe erreicht, so kann das Fällen der Schattenbäume, die Ernte kurzzeitig erhöhen [TSCHARNTKE, 2011]. Daher kommt es häufig vor, dass junge Kakaoplantagen, die zusammen mit anderen Bäumen als Mischkulturen angebaut werden, nach einigen Jahren zu unbeschatteten Monokulturen werden [TSCHARNTKE, 2011]. Nährstoffreiche Böden und Pestizide ermöglichen sogar einen drei Mal so hohen Ernteertrag pro Hektar in unbeschatteten Kakaoplantagen als in beschatteten [DONALD, 2004]. Die Reduktion von Schatten wirkt sich allerdings in Form von Stress ungünstig auf den Kakaobaum aus und er wird dadurch anfälliger für

Krankheiten. Wenn die Kakaobäume ein Alter von 25 - 30 Jahren erreicht haben, wirkt sich die Sonne wieder negativ auf die Ernte aus und ein erhöhter Einsatz von Insektiziden wird erforderlich. In diesem Stadium werden alte Plantagen meist von den Bauern aufgegeben und neue Flächen gerodet [TSCHARNTKE, 2011].

Beschattete Kakaobäume leiden weniger unter Insektenplagen und Herbivorie als Kakaobäume, die in Monokulturen unter der Sonne wachsen. Dafür sind die Bedingungen für *Phytophthora sp.* der Erreger der „black pod disease“ (Schwarzfäule) (siehe Kapitel 9.1.3., p. 45) durch die vermehrte Feuchtigkeit günstiger [TSCHARNTKE, 2011]. Um diesen Erreger einzudämmen werden häufig Schattenbäume gefällt und somit die Plantage „geöffnet“. Durch das Schneiden einzelner Äste kann die Zirkulation des Windes optimiert und dadurch ein trockeneres Klima geschaffen werden [RETANA MENA, pers. comm. 2010]. Das Anpflanzen unterschiedlicher Bäume innerhalb einer Plantage kann ebenfalls das Auftreten der Schwarzfäule verringern. Diese tritt bei Anpflanzungen einer einzigen Art häufiger auf als bei Plantagen mit vielen unterschiedlichen Arten. Gründe hierfür könnten eine höhere Dichte und Diversität mikrobieller Antagonisten sein. Neben der erhöhten Zahl an mikrobiellen Antagonisten sind auch vermehrt Blattendophyten vorhanden. Diese sind die Hauptantagonisten von Kakaopathogenen und wirken sich daher positiv auf die Gesundheit der Plantage aus [TSCHARNTKE, 2011].

8.5.1.2. Schattenkulturen und Nährstoffaufnahme

Da die Wurzeln des Kakaobaumes nicht weiter als 2 m in den Boden reichen [PRABHAKARAN NAIR, 2010] sind Nährstoffe, die sich unterhalb dieser Bodentiefe befinden, nicht mehr für den Kakaobaum zugänglich [TSCHARNTKE, 2011]. Die Wurzeln einiger Schattenbäume können eine Tiefe weit über 2 m in den Boden reichen und haben so das Potential diese Nährstoffe zu verwerten. Werden nun die Schattenbäume reduziert, kommt es auch zur Reduktion der Verfügbarkeit von Nährstoffen und Wasser, was wiederum die Anfälligkeit für Krankheiten erhöhen kann [TSCHARNTKE, 2011]. In Ghana konnte beispielsweise eine bessere Nährstoffaufnahme und ein damit

verbundener Biomasseanstieg des Kakaos bei Schattenkultur verzeichnet werden [ISAAC et al. 2007]. Die Pflanzungen von Fabaceae als Schattenbäume, wie etwa *Gliricidia sp.* oder *Erythrina sp.* erhöhen außerdem den Stickstoffeintrag enorm [TSCHARNTKE, 2011].

SOMARRIBA und BEER (2011) unterscheiden zwei Arten von Schattenbäumen: dienstleistende und produktive Schattenbäume [SOMARRIBA und BEER, 2011]. Erstere sind Fabaceae, die nur um den Bedürfnissen des Kakaobaumes zu entsprechen, in regelmäßigen Abständen gepflanzt und geschnitten werden. Zweitere sind Bäume, die gleich wie der Kakaobaum landwirtschaftliche Produkte produzieren. Hier wären zum Beispiel Obstbäume oder holzliefernde Baumarten zu nennen [SOMARRIBA und BEER, 2011].

8.5.1.3. Wirtschaftlicher Wert von Schattenkulturen

In Schattenkulturen können Obstbäume wie etwa *Mangifera indica* (Mango) oder *Persea americana* (Avocado) angebaut werden, aber auch andere lokale Arten sowie Gemüse- und Gewürzpflanzen. Letztere sind gemeinsam mit anderen Bodendeckern günstig für den Boden und wirken einer Bodenerosion entgegen. Dieses Mischkultursystem bietet den Bauern eine zusätzliche Nahrungs- und Einkommensquelle, die sehr vielfältig ist [TSCHARNTKE, 2011], da Feuerholz, Baumaterial und pharmazeutische Produkte produziert werden können [DONALD, 2004]. Der Wert der Plantage nimmt sogar zu, da die angepflanzten Schattenbäumen wertvolles Holz liefern [SOMARRIBA und BEER, 2011]. In Sulawesi (Indonesien) werden durchschnittlich 7 Prozent des Einkommens durch Schattenbäume erwirtschaftet, bei artenreichen Schattenplantagen könnten es sogar 60 Prozent sein [TSCHARNTKE, 2011].

Auf diese Weise tragen Schattenkulturen dazu bei, das finanzielle Risiko der Kakaobauern bei Ernteaussfällen oder weltweiten Preissenkungen zu minimieren. Sie können als Sicherheit für schlechte wirtschaftliche Zeiten gesehen werden, wie das Beispiel des starken Kakaopreissturzes in den 1980er und frühen 1990er Jahren gezeigt hat [SOMARRIBA und BEER, 2011;

TSCHARNTKE, 2011].

8.5.2. Natürliche und künstlich gepflanzte Schattenbäume und Produktivität der Kakaobäume

Die Zusammensetzung der Arten, welche als Schattenbäume in einer Kakaopflanzung gepflanzt werden, wirkt sich unterschiedlich auf die Produktivität des Systems aus.

Bei Kakaobäumen unter natürlichem Schatten (siehe Kapitel 8.4.1., p. 36) kommt es häufiger zu Verlusten in frühen Entwicklungsstadien der Früchte als bei künstlicher Beschattung. Da in diesen Systemen wenig bis gar nicht gedüngt wird, könnten Gründe hierfür die Limitierung von Stickstoff sein. Der durch Schwarzfäule (siehe Kapitel 9.1.3., p. 45) verursachte Ernteverlust war in den natürlich beschatteten Kakaopflanzungen ebenfalls wesentlich geringer. Generell ist zu sagen, dass der Verlust an Kakaofrüchten durch unterschiedliche Pathogene bei künstlich beschatteten Anbausystemen wesentlich höher ist als bei natürlichen [BOS et al., 2007].

Eine vielversprechende Anbaumethode für *Th. cacao* wäre daher eine Pflanzung mit natürlichem Schatten und zusätzlich angepflanzten Fabaceae, die eine optimale Stickstoffversorgung gewährleisten. Dieses Anbausystem erhält die Biodiversität des umliegenden Ökosystems und verbessert außerdem die Qualität und den Ernteertrag der Kakaopflanzung [BOS et al., 2007].

9. Krankheiten von *Theobroma cacao* und Einfluss auf die Qualität von Rohkakao

Kakaopflanzungen sind generell sehr anfällig für Pilz- und Virenerkrankungen aber auch für andere Schädlinge wie etwa Insekten. Dies gilt speziell für die Edelkakaosorte Criollo. Man nimmt an, dass 30 – 40% der globalen Ernte pro Jahr durch Krankheiten oder Schädlingsbefall vernichtet werden [ICCO, 2012]. Nach Angaben von IBM (International Business Machines Corporation) und Mars GmbH beläuft sich die Summe der jährlichen Ernteschäden auf 700 bis 800 Millionen Dollar [KNOP, 2010]. Will man Pflanzenkrankheiten vermeiden, so muss man die Pflanzungen das ganze Jahr über pflegen und gezielte Maßnahmen bei bereits befallenen Bäumen setzen. Auch die Kultur krankheitsresistenter Sorten hat sich bewährt. In Asien werden aber auf Großplantagen leider allzu oft Fungizide und Pestizide eingesetzt [DURRY und SCHIFFER, 2012; FRANKE, 1964].

9.1. Pilzerkrankungen

Die wichtigsten Pilzerkrankungen („Witches Broom“, „Frosty Pod“) werden von zwei nah verwandten Basidiomyceten *Moniliophthora perniciosa* (Kapitel 9.1.1.) und *Moniliophthora roreri* (Kapitel 9.1.2.) ausgelöst [WOOD und LASS, 2001; MILZ, 2006; ICCO, 2012]. Die „Black Pod Disease“ (p. 45) hingegen wird durch einen Oomycet der Gattung *Phytophthora* (Kapitel 9.1.3.) verursacht [DURRY und SCHIFFER, 2012]. Kapitel 9.1 liefert einen kurzen Überblick über diese drei Pilzerkrankungen und ihre Bekämpfung.

9.1.1. „Witches Broom“ (Hexenbesenkrankheit)

Diese aggressive Pilzerkrankung kommt in Mittel- und Südamerika vor. Sie wird durch den Basidiomyceten *Moniliophthora perniciosa* (= *Crinipellis perniciosa*) verursacht [WOOD und LASS, 2001; MILZ, 2006]. Der Pilz befällt die Blüten, Früchte und Zweige des Kakaobaumes und verursacht eine Hypertrophie der neugebildeten Zweige, welche der Krankheit ihren Namen gibt [DURRY und SCHIFFER, 2012; FRANKE, 1964].

Um eine Ausbreitung der Krankheit zu verhindern, müssen die Hexenbesen ausgeschnitten, die befallenen Äste samt Früchten entfernt und alles mitsammen verbrannt werden. In sehr stark betroffenen Gebieten sollten diese Maßnahmen alle 4 Monate durchgeführt werden. Bei einer fehlenden Bekämpfung kann es zu einem kompletten Ausfall der Ernte kommen [DURRY und SCHIFFER, 2012; FRANKE, 1964]. Ein Beispiel für die verheerenden wirtschaftlichen Folgen dieser Pilzerkrankung ist die Region Bahia in Brasilien. Hier wurde nach dem erstmaligen Auftreten der Krankheit ein Verlust von fast 70% der Kakaoernte innerhalb von 10 aufeinanderfolgenden Jahren verzeichnet [ICCO, 2012].

9.1.2. „Frosty Pod“

Diese Krankheit wird durch den Basidiomyceten *Moniliophthora roreri* ausgelöst [ICCO, 2012]. Da die älteren Kakaofrüchte gegen „Frosty Pod“ immun werden, befällt der Pilz nur die jungen Früchte. Ist eine Frucht infiziert, dauert es ein bis drei Monate bis sich erste Symptome zeigen [ICCO, 2012]. Sie schwillt zunächst an, verliert ihre Farbe und wird an der Außenseite faltig. Nach zwölf Tagen entwickeln sich die Sporen des Pilzes an der Fruchtoberfläche [DURRY und SCHIFFER] und können dann durch Wasser und Wind ausgebreitet werden [FRANKE, 1964, ICCO, 2012].

9.1.3. „Black Pod Disease“ (Braun-, Kakao- oder Schwarzfäule)

Die auf allen Kontinenten vorkommende Schwarzfäule wird durch einen Oomyceten der Gattung *Phytophthora* verursacht [DURRY und SCHIFFER, 2012]. Im Wesentlichen sind die 3 Arten *P. palmivora*, *P. megakarya* und *P. capsici* für die Erkrankung verantwortlich. *P. palmivora* ist die am weitesten verbreitete Art. Sie verursacht 20 – 30% des Verlustes der globalen Ernte und 10% des jährlichen Kakaobaumsterbens [ICCO, 2012].

Die Früchte können in jeder Wachstumsperiode erkranken [ICCO, 2012] und bekommen fünf Tage nach der Infektion kleine, braune und schwarze Stellen, die sich über die gesamte Frucht ausbreiten [DURRY und SCHIFFER, 2012;

FRANKE, 1964]. Nach etwa zwei Tagen entsteht an ihrer Oberfläche ein weißes, sporenproduzierendes Myzel [DURRY und SCHIFFER, 2012; FRANKE, 1964]. Zur Bekämpfung müssen täglich alle befallenen Früchte entfernt werden, da Vermehrung und Ausbreitung der Sporen schon nach zwei Tagen stattfinden [DURRY und SCHIFFER, 2012; FRANKE, 1964; ICCO, 2012].

Werden die kranken Früchte bei fortgeschrittenem Befall zu spät geerntet so gibt es Hinweise darauf, dass die freien Zucker der Pulpa durch den Pilz metabolisiert werden, was zur Minderung der Qualität der Kakaobohnen führt [AFOAKWA, 2010].

9.2. Viruserkrankungen

9.2.1. „Swollen Shoot Virus“

Die bekannteste Viruserkrankung des Kakaobaumes ist der „Swollen Shoot Virus“. Der Erreger dieser Erkrankung ist ein Virus der Familie der *Caulimoviridae*, welches durch Schmierläuse übertragen wird [DURRY und SCHIFFER, 2012]. Erste Symptome sind rötliche Linien, die entlang der Blattadern der jungen Blätter auftreten [FRANKE, 1964], Schwellungen der Zweige und Blattstiele folgen [DURRY und SCHIFFER, 2012]. Das Virus bewirkt im ersten Jahr einen Ernteverlust von 25%, im folgenden Jahr einen totalen Ernteausfall und führt schließlich zum Absterben des Baumes [HOMBORG, 2012]. Das einzige Mittel gegen diese Krankheit ist die Vernichtung der befallenen Bäume und das Pflanzen resistenter Kakaosetzlinge [DURRY und SCHIFFER, 2012].

Diese Viruserkrankung kommt nur in Westafrika vor. Dort verursacht sie enorme wirtschaftliche Schäden. Allein in den Jahren 1939 bis 1945 kam es zu einem Absterben von 5 Millionen Kakaobäumen pro Jahr [DURRY und SCHIFFER, 2012]. Kakaofrüchte von befallenen Bäumen weisen keine qualitative Minderung auf, allerdings fehlen bislang einschlägige Untersuchungen weitgehend [AFOAKWA, 2010].

9.3. Prävention und Gegenmaßnahmen

Zur Eindämmung der verschiedenen Kakaokrankheiten sind folgende Maßnahmen wichtig: regelmäßiger Baumschnitt, ausgewogene Beschattung der Pflanzungen, ausreichende und günstige Zufuhr von Licht und Luft.

Außerdem sind die Wahl des Standortes sowie sachgemäße Bodenbearbeitung und die Düngung wesentliche Faktoren dafür, die Bedingungen für Schädlinge so unattraktiv wie möglich zu gestalten [FRANKE, 1964].

Weitere Präventionsmaßnahmen, die auch im biologischen Anbau praktiziert werden, sind: das Öffnen der Plantagen, das Fällen von bereits befallenen oder besonders anfälligen Bäumen sowie das Auslichten der Kulturen durch Entfernen allzu vieler Äste. Die letzte Maßnahme dient dazu, dass mehr Sonne eindringen und der Wind besser zirkulieren kann. Damit wird die Luft in den Kulturen trockener und die Lebensbedingungen für den Pilz verschlechtert. Der Ernteertrag wird dadurch kurzfristig verringert, die Gefahren einer Pilzerkrankung und eines kompletten Ernteausfalls sind jedoch bedeutend minimiert [RENA MENTA, pers. comm. 2010].

Letztlich können auch Fungizide, die auf Kupfer basieren, eingesetzt werden. Sie sind in der Lage das Auftreten von Pilzkrankheiten zu minimieren bzw. einzudämmen. Da die Fungizide aber meist sehr teuer und die Kleinbauern wegen des schlechten Kakaopreises eher arm sind, kommen sie für diese kaum in Frage [ICCO, 2012].

10. Kultur der weltwirtschaftlich wichtigsten *Theobroma*-Arten, Ernte und Verarbeitung

10.1. *Theobroma cacao*

10.1.1. Züchtung

Ziel der Zucht von Kakao ist es, ertragreiche Sorten zu kultivieren, die resistent gegenüber Krankheiten und angepasst an die lokalen Klimabedingungen sind. Eine größere ökologische Streubreite des Kakaoanbaus könnte zum Beispiel durch zukünftige Züchtungsarbeiten mit *Th. simiarum* und *Th. cirmolinae* erzielt werden. Diese zwei Arten kommen an den östlichen Kordillerenausläufern vor. Sie haben sich natürlich an die kühlen, dort vorherrschenden Nachttemperaturen um die 12°C angepasst [BRÜCHER, 1989]. Die Gewinnung von einheitlichem Pflanzenmaterial ist für die Züchtung von *Th. cacao* sehr wichtig. Sie kann auf generativen Weg durch Samen oder auf vegetativen Weg durch Veredelung und Stecklingsvermehrung stattfinden [RETANA MENA, pers. comm. 2010].

Bei der generativen Vermehrung werden Samen eines Baumes ausgewählt, der die gewünschten Charakteristika aufweist. Diese klassische Methode ist die kostengünstigste aber auch die zeitaufwendigste Variante. Hierbei wird besonders auf Ertragsleistung und Wuchsform des Baumes, aber auch auf Geschmack und Qualität der daraus produzierten Schokolade geachtet [RETANA MENA, pers. comm. 2010]. Auch die Resistenz gegenüber Krankheiten oder Befall von Insekten spielt hier eine Rolle, da gezielt Bäume mit diesen Eigenschaften ausgewählt und vervielfältigt werden können [STOLL, 2010; FRANKE und PFEIFFER, 1964; DURRY und SCHIFFER, 2012]. Die Samen werden in schwarzen Plastiksäcken mit Erde gepflanzt und vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt. Nach 2-3 Wochen sind sie gekeimt und tragen die ersten Blätter [DURRY und SCHIFFER, 2012].

Bei der vegetativen Vermehrung durch Stecklinge werden frische, aber voll entwickelte Triebe der Mutterbäume verwendet. Es muss auf die Wuchsform

(orthotrop oder plagiotrop) geachtet werden. Aus orthotropen Trieben entstehen einstämmige Bäume, aus plagiotropen Trieben hingegen mehrstämmige Büsche. Die Buschform ist ertragreicher und auch bei den Erntearbeiten günstiger, da sich die Pflanze in geringer Höhe verzweigt und mehr Früchte tragen kann. Veredelungen ist bei jungen und auch bei alten Bäumen möglich. Meistens erfolgt sie nach einem Jahr, wenn der Stamm einen Durchmesser von 1 – 3 cm aufweist. Dann wird ein Teil der Mutterpflanze auf eine andere Wurzel aufgepfropft und somit das genetische Ausgangsmaterial der Mutterpflanze vervielfältigt. Diese traditionelle Form des Klonens wird jüngst gemeinsam mit der Vermehrung durch Stecklingen verstärkt angewendet. Grund dafür ist der Umstand, dass diese Methoden weniger zeitaufwendig sind und außerdem eine gleichbleibende Qualität sowie Ernte gewährleisten [STOLL, 2010; FRANKE und PFEIFFER, 1964; DURRY und SCHIFFER, 2012].

10.1.2. Anbau und Kultivierung

Bevor der Kakaobaum überhaupt Blüten beziehungsweise Früchte trägt, wird er bereits ununterbrochen gepflegt. Er muss regelmäßig geschnitten werden damit eine kompakte Baumform entsteht und sich die Früchte an Stamm und Hauptzweigen konzentriert entwickeln. Laut A. RETANA MENA (pers. comm., 2010), Bauer in Costa Rica, ist die optimale Höhe für einen Kakaobaum 3 m. Auf seiner biologische bewirtschafteten Finca werden die Bäume einmal im Jahr geschnitten [RETANA MENA, pers. comm. 2010]. Auch der Boden muss regelmäßig gelichtet werden um den Baum sauber zu halten. Freie Flächen können mit Bodenbedeckern bepflanzt oder für Zwischenkulturen genutzt werden. Nach Schließen der Baumkronen der Kakaobäume muss für eine Mulchschicht gesorgt werden [REHM und ESPIG, 1996]. Um Ernteauffälle zu vermeiden müssen die Bäume außerdem auf mögliche Krankheiten kontrolliert werden. All diese Tätigkeiten sind ganzjährig notwendig und spiegeln sich im Ernteertrag wieder. Wird der Baum vernachlässigt, wirkt sich das unmittelbar auf Ertrag und Qualität der Ernte aus. [RETANA MENA, pers. comm. 2010; DURRY und SCHIFFER, 2012].

Wie bereits im Kapitel 8.4 (p. 35) besprochen kann der Kakao entweder in

Monokultur, unter Schattenbäumen oder als Mischkultursystem angebaut werden [ROHSIUS, 2007]. Neben den großen Plantagebewirtschaftungen existieren kleine Fincas mit geringem Input und auch vergleichsweise geringer Ernte. Sie werden mit einem reduzierten Einsatz an Agrochemikalien bewirtschaftet und sind oft in Primärwäldern eingegliedert [RICE und GREENBERG, 2000]. Die großen Plantagen weisen im Gegensatz dazu keine Schattenbewirtschaftung auf. Sie erwirtschaften Höchstserträge mit einer Dichte von 10000 Kakaobäumen pro Hektar [DURRY und SCHIFFER, 2012; ROHSIUS, 2007]. Innerhalb dieser zwei Extreme kommen jedoch eine Vielzahl verschiedener Anbausysteme und -methoden vor [RICE und GREENBERG, 2000].

Die Mehrheit - nämlich 90% - der weltweiten Kakaoproduktion stammt aus 5 - 6 Millionen kleinbäuerlichen Betrieben, welche vor allem in Afrika lokalisiert sind [ICCO, 2012; DONALD, 2004]. Die typische Größe der von den Fincas bepflanzte Fläche liegt zwischen einem halben bis zehn Hektar. In kleinbäuerlichen Betrieben ist meist ein Mischkultursystem mit anderen Nutzpflanzen vorherrschend, die entweder für den eigenen Bedarf oder auch zum Verkauf angebaut werden [ROHSIUS, 2007; DURRY und SCHIFFER, 2012; DONALD, 2004].

10.1.3. Ernte

Da die reifen Früchte von *Theobroma cacao* nicht vom Stamm abfallen, ist der richtige Zeitpunkt der Ernte sehr wichtig. Unreife oder überreife Früchte wirken sich negativ auf die Qualität der Kakaobohnen aus [LIEBEREI, 2006].

Kakaofrüchte sind, abhängig von den klimatischen Bedingungen, ca. 5 - 6 Monate nach der Bestäubung reif. Es hat sich gezeigt, dass eine signifikant negative Korrelation zwischen der Anzahl der Tage von der Bestäubung bis zur Ernte und der durchschnittlichen Temperatur in dieser Zeit besteht [PRABHAKARAN NAIR, 2010].

Auf großen Plantagen mit hohem Ertrag wird alle 7 Tage geerntet und anschließend fermentiert. Kleinere Plantagen - vor allem in der

Dominikanischen Republik und an der Elfenbeinküste - haben einen längeren Erntezeitraum von 14 - 21 Tagen und ernten daher seltener [ROHSIUS, 2007]. Da ausreichend Früchte für den Fermentationsansatz nötig sind - die Fermentationsboxen müssen mindestens bis zur Hälfte gefüllt sein [RETANA MENA, pers. comm. 2010] - werden oft Früchte unterschiedlichen Reifegrads geerntet [ROHSIUS, 2007; STOLL, 2010]. In einer Fermentationsbox auf der Finca Köbö in Costa Rica haben ungefähr 600 - 700 Früchte Platz [RETANA MENA, pers. comm. 2010].

Früchte unterschiedlichen Reifegrads haben eine unterschiedliche Zusammensetzung von Pulpa und Samen. So enthält die Pulpa unreifer Früchte weniger Zucker während überreife Früchte zu wenig Wasser haben. Dadurch trocknen die Samen aus und beginnen in der Frucht zu keimen [ROHSIUS, 2007; STOLL, 2010]. In beiden Fällen verläuft die Fermentation nicht optimal [STOLL, 2010].

Der Erntezeitpunkt ist am besten an der Farbveränderung der Früchte zu erkennen. Grüne unreife Früchte werden mit der Reife gelb. Früchte, die unreif rötlich bis rot sind werden hingegen gelb bis orange. Die Änderung der Farbe beginnt zuerst in den Furchen der Frucht und breitet sich dann über die gesamte Oberfläche aus [PRABHAKARAN NAIR, 2010].

Die Haupterntezeit in Costa Rica ist während der Regenzeit von Juli bis September. Auf der Finca Köbö wird alle 5 Tage ca. ein Hektar geerntet. Die reifen Früchte werden mit einer Machete vorsichtig vom Baum geschlagen und dann einen Tag liegen gelassen um den Zuckergehalt der Pulpa zu erhöhen. Anschließend werden sie geöffnet und die Fermentationsboxen gefüllt [RETANA MENA, pers. comm. 2010].

In Westafrika wird zwei Mal im Jahr geerntet: die Haupternte findet in der Regenzeit von September bis Jänner statt, die Nebenernte von Mai bis Juli. In der Haupterntezeit wird ca. 85% der gesamten Jahresernte produziert. Die Pulpa ist in dieser Zeit fruchtiger und saftiger. Auch die Kakaobohnen sind größer und haben ein höheres Gewicht, als die der Nebenernte. Während in der

Haupterntezeit 80 - 100 Bohnen 100 g wiegen, werden dafür in der Nebenerntezeit 110 - 120 Bohnen benötigt [ADOMAKO, 2006].

Der Ernteertrag der verschiedenen Anbausysteme ist sehr unterschiedlich. Während große Kakaoplantagen etwa 2000 - 3000 kg Kakaobohnen pro Hektar erzielen, produzieren Subsistenzwirtschaften mit alten Pflanzungen nur 200 - 500 kg pro Hektar [DAND, 1997; ROHSIUS, 2007; HÜTZ-ADAMS, 2010]. Die besten Erträge werden zwischen dem 5. und 12. Jahr der Plantage erzielt und sind abhängig von Genotyp, Anbaumethode, Bodenbeschaffenheit und Schnittmanagement. Kakaoplantagen können bis zu 50 Jahre lang bewirtschaftet werden [ROHSIUS, 2007].

10.1.4. Fermentation

10.1.4.1. Allgemeines

Die Fermentation der Kakaobohnen ist notwendig um die leicht verderblichen Samen lager- und transportfähig zu machen [EBERMANN und ELMADFA, 2011; ROHSIUS, 2007]. Außerdem ist sie wesentlich für Geschmacksentwicklung und Aroma der Kakaobohnen. Studien haben gezeigt, dass unfermentierte Kakaobohnen nicht nur extrem adstringierend und bitter schmecken sondern auch kein typisches Kakaoaroma ausbilden [MISNAWI et al., 2002]. Grund dafür sind verminderte Gehalte an Proteolyseprodukten und reduzierenden Zucker [STOLL, 2010].

Bevor man das wusste, setzte man die Fermentation lediglich zur Trennung von Pulpa und Samen ein [LOPEZ et al., 1985]. Heute ist ihre Bedeutung bekannt: bei der Fermentation entwickeln sich Qualitätsmerkmale wie Farbe, Schokoladenaroma und Geschmack [EBERMANN und ELMADFA, 2011; ROHSIUS, 2007].

10.1.4.2. Ablauf der Fermentation

Bei der Fermentation werden zwei Phasen unterschieden: die anaerobe Gärungsphase und die darauffolgende aerobe Oxidationsphase [ROHSIUS, 2007]. Die Fermentation kann je nach Kakaovarietät, Methode und

Klimabedingungen sehr unterschiedlich ablaufen (siehe Tabelle 1) [FRANKE und PFEIFFER, 1964; ROHSIUS, 2007; STOLL, 2010].

Tabelle 1: Faktoren, welche die Fermentation und somit die Qualität der Kakaobohnen beeinflussen können [nach PRABHAKARAN NAIR, 2010; ROHSIUS, 2007; STOLL, 2010]

Faktoren, welche die Fermentation beeinflussen können.	
Reifegrad der Früchte	Ernteintervalle sollten innerhalb 1 - 2 Wochen stattfinden. Nur gesunde, reife Früchte sollten geerntet werden, da Früchte unterschiedlichen Reifegrads eine unterschiedliche Zusammensetzung von Pulpa und Samen aufweisen [PRABHAKARAN NAIR, 2010].
Krankheiten	Viele Krankheiten führen zu kompletten Verlust der Samen. Auch wenn die Samen einer erkrankten Frucht nicht zerstört sind, sollten diese nicht verwendet werden [PRABHAKARAN NAIR, 2010].
Genotyp	Die Varietät Criollo fermentiert wesentlich schneller (2 - 3 Tage) als die Varietät Forastero (5 - 7 Tage). Eine Mischung der Samen dieser beiden Variationen sollte daher vermieden werden [PRABHAKARAN NAIR, 2010].
Quantität der Kakaobohnen	Die Wärme, welche bei der Fermentation entsteht wird durch Isolierung der Boxen (Bananenblätter) aufrechterhalten [PRABHAKARAN NAIR, 2010]. Eine kleine Fermentationsmasse muss wesentlich besser

	gegen Wärmeverlust geschützt werden [STOLL, 2010]. Daher sollte eine Mindestmenge von 50 kg Fermentationsmasse eingehalten werden [PRABHAKARAN NAIR, 2010], als Richtwert gilt 90 kg [STOLL, 2010].
Fermentationsdauer	Die Dauer der Fermentation ist von Kakaovarietät, Klima, Volumen der Fermentationsmasse und Fermentationsmethode abhängig. Die Fermentationsdauer kann zwischen 1,5 - 10 Tage betragen [PRABHAKARAN NAIR, 2010].
Umwälzen der Fermentationsmasse	Regelmäßiges Umwälzen der Fermentationsmasse ermöglicht eine gleichmäßige Fermentation. Wird die Masse alle 24 Stunden gut vermischt läuft die Fermentation schneller ab. Auch häufigere Umwälzungen (alle 6 - 12 Stunden) ergaben eine höhere Zahl an gut fermentierten Bohnen als andere Methoden [PRABHAKARAN NAIR, 2010].
saisonale Effekte	In den Regenzeiten steigt die Temperatur langsamer als in den Trockenperioden, was sich ungünstiger auf die Fermentation auswirken kann [PRABHAKARAN NAIR, 2010].

10.1.4.3. Beispiele für Fermentationsmethoden

10.1.4.3.1. Haufenfermentation

Die verschiedenen Fermentationsmethoden unterscheiden sich von Land zu Land [STOLL, 2010]. Von diesen ist die Haufenfermentation am ursprünglichsten (siehe Abbildung 9, p. 56). Sie wurde vermutlich sehr früh von mittelamerikanischen Hochkulturen, wie den Olmeken, Mayas und Azteken angewandt [ROHSIUS, 2007]. Heute dominiert sie vor allem in den westafrikanischen Ländern [PRABHAKARAN NAIR, 2010].

Bei dieser Methode werden Bananenblätter am Boden ausgebreitet, die Samen aus den frisch geöffneten Früchten samt Pulpa (50 - 500 kg) darauf gehäuft und ebenfalls mit Bananenblättern bedeckt [ROHSIUS, 2007; PRABHAKARAN NAIR, 2010]. Am dritten und fünften Tag der Fermentation werden die Haufen geöffnet und umgewälzt um eine gleichmäßige Fermentation zu gewährleisten [PRABHAKARAN NAIR, 2010].

10.1.4.3.2. Kastenfermentation

Bei der sogenannten Kastenfermentation, welche in lateinamerikanischen Ländern und Indonesien verbreitet ist [STOLL, 2010], werden meist sehr große Holzkästen verwendet (siehe Abbildung 8, p. 56) [ROHSIUS, 2007]. Sie messen 1,2 m x 0,95 m x 0,75 m und fassen eine Tonne [PRABHAKARAN NAIR, 2010]. Die gefüllten Boxen werden entweder mit Bananenblättern, Jutesäcken oder einem Holzdeckel zugedeckt, damit die entstandene Wärme nicht entweichen kann [ROHSIUS, 2007]. Die Boxen weisen am Boden und den Seitenwänden kleine Löcher auf um ein Abfließen der fermentierten Pulpa zu gewährleisten. Diese Methode eignet sich vor allem für große Fermentationsmengen und wird deshalb auch auf großen Kakaoplantagen eingesetzt [PRABHAKARAN NAIR, 2010].

10.1.4.3.3. Korbfermentation

Eine weitere - jedoch eher seltene - Fermentationsmethode ist die Korbmethode. Hier werden Körbe verwendet, die mit Bananenblättern

ausgekleidet sind [STOLL, 2010].



Abbildung 8: Fermentationsboxen der biologischen Finca Köbö in Costa Rica.
(Bild: Privatarhiv Zechner)



Abbildung 9: Haufenfermentation: Fermentationsmasse ist bedeckt mit Bananenblätter. [AFOAKWA, 2010]

Abbildung 10: Vergleich einer 5 Tage lang fermentierten Kakaobohne (braun) zu einer unfermentierten, frisch aus der Frucht entnommenen Kakaobohne (violett) (Bild: Privatarhiv Zechner)

10.1.4.4. Reaktionen während des Fermentationsprozesses

In der ersten Phase der Fermentation - welche anaerob verläuft - vermehren sich bestimmte Hefearten, die den größten Teil des Zuckers der Pulpa in Ethanol und Kohlendioxid umwandeln. 16 Hefearten wurden während der Fermentation identifiziert [WOOD und LASS, 2001]. In dieser Zeit durchlaufen die Samen eine keimungsähnliche Phase. Es kommt zu spezifischen Veränderungen der Inhaltstoffe, wie z.B. zu Proteolyse der Reserveproteine sowie zu einem Anstieg des γ -Aminobuttersäuregehaltes [ROHSIUS, 2007; STOLL, 2010]. Durch den Abbau der Zitronensäure der Pulpa steigt die Temperatur gleichzeitig mit dem pH-Wert an, was zu einem optimalen Milieu für Milchsäure- und Essigsäurebakterien führt [STOLL, 2010].

Die zweite Phase verläuft aerob und hat ein vermehrtes Wachstum von aeroben, sporenförmigen Bakterien zur Folge. Durch den Abbau der Pulpa bilden sich Zwischenräume, die das Eindringen von Sauerstoff in die Fermentationsmasse ermöglichen [SCHWAN und WHEALS, 2004; STOLL, 2010]. Dieser wird von den Essigsäurebakterien für die Oxidation des zuvor von den Hefen produzierten Ethanols zu Essigsäure benötigt. Durch diese Reaktion kommt es zu einem Temperaturanstieg von knapp 45°C und zur Ansäuerung des Samengewebes (pH-Wert 4,0 – 4,5) [STOLL, 2010; ELWERS, 2008]. Durch kontinuierliches Umrühren der Fermentationsmasse können Temperaturen von 55°C erreicht werden [ROHSIUS, 2007]. In dieser Phase, meistens am zweiten Fermentationstag, quellen die Samen durch Flüssigkeitsaufnahme auf und werden durch die Essigsäure und die hohe Temperatur abgetötet [ROHSIUS, 2007; STOLL, 2010; ELWERS, 2008]. Hierbei treten zelluläre Veränderungen auf. Dazu zählen die Zerstörung der Biomembranen und die damit verbundene Aufhebung der Kompartimentierung des Gewebes. Durch die Zellmembranzerstörung kommt es zur Fusion der Oleosomen und dadurch zu einer ausgeprägten lipophilen Phase. Auch die Idioblasten werden aufgelöst und in der Folge treten die phenolischen Verbindungen aus [ROHSIUS, 2007; STOLL, 2010]. Dies und die hohe Beteiligung der Polyphenole an biochemischen Reaktionen führt zu hohen

Verlusten dieser Substanzen [ELWERS, 2008].

Auch Anthocyane, welche die violette Farbe der Kotyledonen bilden, treten aus [STOLL, 2010] und hydrolisieren durch pflanzeigene Glycosidasen zu Anthocyanidinen [ELWERS, 2008], welche wiederum mit Catechinen zu hochmolekularen Tanninen polymerisieren [WOLLGAST und AKLAM, 2000]. Im späteren Verlauf der Fermentation bilden diese gemeinsam mit Speicherproteinen braune, wasserunlösliche Pigmente [ELWERS, 2008]. Nach 4 Tagen sind 93% der Anthocyane nicht mehr vorhanden und die violette Farbe der Kotyledonen geht verloren [WOLLGAST und AKLAM, 2000; ELWERS, 2008]. Durch die starke Veränderung der Anthocyane während der Fermentation dient ihr Gehalt als Index für den Fermentationsgrad [WOLLGAST und AKLAM, 2000].

Durch die Aktivität der sameneigenen Proteasen (Aspartylendoprotease, Carboxypeptidase) kommt es zu einem vermehrten Proteinabbau während der Fermentation. Die Aspartylendoprotease spalten die sameneigenen Speicherproteine in Oligopeptide mit hydrophoben Enden. Carboxypeptidasen bauen diese weiter zu Aminosäuren ab [STOLL, 2010]. Die freien Aminosäuren dienen als Vorläufer für Aromastoffe und werden während der Röstung zu Aldehyden und Aminen abgebaut [BELITZ et al., 2007].

Am Ende der Fermentation kommt es zur Oxidation und Kondensation von phenolischen Verbindungen [STOLL, 2010; BELITZ et al., 2007]. Bei diesen chemischen Vorgängen reagieren Phenoloxidaionsprodukte mit Peptiden und Aminosäuren. Die dabei gebildeten braunen Phlobaphenen sind wasserunlöslich und geben der fermentierten Kakaobohne ihre charakteristische braune Farbe (siehe Abbildung 10) [BELITZ et al., 2007]. Diese Prozesse führen zu einer Abnahme des ursprünglich adstringierenden und herben Geschmacks der Kakaobohne [STOLL, 2010; BELITZ et al., 2007].

Tabelle 2: Einfluss der Fermentation auf den (-)-Epicatechin- und (+)-Catechingehalt von Kakaobohnen indonesischer Herkunft (g/kg) [MISNAWI et al., 2002]

Fermentationsgrad der Kakaobohnen	(-)-Epicatechin g/kg	(+)-Catechin g/kg	Gesamt-polyphenolgehalt g/kg
unfermentiert	40,2	7,7	134,6
2 Tage fermentiert	40,1	6,9	119,7
vollständig fermentiert (5 Tage)	17,2	0,9	53,2

Das Fermentationsende ist an der Farbe der Kakaobohnen, dem Geruch der Pulpa und an der Hitzeentwicklung zu erkennen [PRABHAKARAN NAIR, 2010]. Zur Feststellung des Fermentationsstadiums werden die Kakaobohnen in Längsrichtung aufgeschnitten (siehe Schnitttest, p. 69). Ist die Fermentation erfolgreich abgelaufen, weisen die Samen eine braune Farbe und signifikante Struktur auf [STOLL, 2010]. Um eine optimale Aromaqualität des Kakaos zu gewährleisten sollten mindestens 50 % der Bohnen die oben genannten Merkmale aufweisen [PRABHAKARAN NAIR, 2010; STOLL, 2010]. Ein hoher Anteil an wenig fermentierten bis unfermentierten Kakaobohnen führen zu einer Verminderung der späteren Aromaqualität des Rohkakaos [STOLL, 2010].

10.1.4.5. Fermentation und Rolle der Mikroorganismen für die Aromenbildung

Der Großteil der 400 Kakaoaromastoffe wird durch biochemische oder enzymatische Reaktionen in den Kotyledonen gebildet. Die eigentliche Funktion der Bakterien bei dieser Aromenbildung ist die Produktion von Essigsäure und Alkohol. Diese können durch die Testa eindringen und starten so die chemischen Reaktionen. Die Startersubstanzen aktivieren also lediglich die hydrolytischen Enzyme innerhalb der Samen. Aus heutiger wissenschaftlicher Sicht gibt es keine Hinweise darauf, dass mikrobielle Enzyme an der Bildung des typischen Kakaoaromas beteiligt sind [SCHWAN und WHEALS, 2004;

STOLL, 2010].

10.1.4.6. Fermentation und Pulpa

Die Kakaopulpa ist ein hervorragendes Medium für das Wachstum von Mikroorganismen [PRABHAKARAN NAIR, 2010]. Sie besteht zu 82 - 87% aus Wasser, 10 - 15% Zucker, 2 - 3% Pentosanen, 1 - 3% Zitronensäure und 1 - 1,5% Pektin. Außerdem sind Proteine, Aminosäuren, Vitamine (Vitamin C) und Mineralstoffe enthalten [SCHWAN und WHEALS, 2004]. Der Gehalt an Glucose, Saccharose und Fructose ist je nach Alter der Frucht unterschiedlich. Die Glucose-, Fructosekonzentration und die Gesamtzuckerkonzentration steigen sechs Tage nach der Ernte etwas an und sind somit höher als bei frisch geernteten Früchten [SCHWAN und WHEALS, 2004; STOLL, 2010]. Man lässt die Kakaofrüchte daher meistens einen Tag nach der Ernte liegen bevor man sie für die Fermentation öffnet [RETANA MENA, pers. comm. 2010].

Die Pulpa der ungeöffneten Frucht ist steril und enthält keine Mikroorganismen. Erst durch das Öffnen der Frucht kommt es zur Kontamination. Die Mikroorganismen, welche nach dem Öffnen der Frucht die darauffolgende Fermentation auslösen, stammen hauptsächlich von den Händen der Arbeiter, den von ihnen benutzten Messern oder den Transportkörben. Bei der Kastenfermentation kann auch die verbliebene, bereits getrocknete Pulpa in den Fermentationskästen Keime enthalten. Diese können erneut bei der Fermentation mitwirken. Bei der Kastenfermentation verursacht der frühe Befall von Fruchtfliegen eine zusätzliche Kontamination mit Hefen und Milchsäurebakterien [SCHWAN und WHEALS, 2004; STOLL, 2010].

Für eine erfolgreiche Fermentation ist nicht die gesamte Pulpa notwendig. Ein hoher Pulpaanteil bedingt einen höheren Zuckergehalt, was eine erhöhte Essigsäureproduktion und einen verminderten Gasaustausch zur Folge hat [STOLL, 2010]. Eine Reduktion der Pulpa ergibt daher ein weniger saures Endprodukt. Dies ist besonders für den vergleichsweise sauren brasilianischen und malaysischen Kakao wichtig [SCHWAN und WHEALS, 2004; STOLL, 2010].

10.1.5. Trocknung

Die Trocknung der Kakaobohnen erfolgt meist durch die Sonne auf sogenannten Trocknungsbänken [SCHWAN und WHEALS, 2004]. Dabei wird der Wassergehalt der Kakaobohnen auf 5 - 7% reduziert [WOLLGAST und ANKLAM, 2000], was in der Regel 1 bis 4 Wochen dauern kann [SCHWAN und WHEALS, 2004]. Ordnungsgemäßer Transporte und Lagerung verlangen einen Wassergehalt von weniger als 8% [WOLLGAST und ANKLAM, 2000].

Künstliche Trockengeräte werden in Gebieten mit starkem Regen und hoher Luftfeuchtigkeit eingesetzt [WOLLGAST und ANKLAM, 2000], wobei wichtig ist, dass die Trocknungstemperatur von 60°C nicht überschritten wird [SCHWAN und WHEALS, 2004].

Für die Geschmacksentwicklung der Schokolade wird die Sontrocknung bevorzugt [AFOAKWA, 2010]. Durch Trocknen in Öfen oder über dem Feuer können die Samen mit Rauch kontaminiert werden. Dies kann zur Bildung sogenannter „off-flavours“ führen [ROHSIUS, 2007]. Auch das langsame Trocknen (mindestens 48 Stunden) ist wichtig, da in dieser Zeit überschüssige Säuren verdampfen und Oxidationen stattfinden können. Nach dem Trocknen können die Bohnen bis zu einem Jahr gelagert werden [SCHWAN und WHEALS, 2004]. Indikatoren für eine erfolgreiche Trocknung und damit eine gute Qualität der Bohnen sind: geringe Bitterkeit und Adstringenz, die braune Farbe der Bohnen und das Fehlen unerwünschter „off-flavours“ (rauchige Note, hoher Säuregehalt) [AFOAKWA, 2010].



Abbildung 11: Trocknungsbänke der biologischen Finca Köbö in Costa Rica
Abbildung 12: bereits fermentierte und getrocknete Kakaobohnen (Finca Köbö, Costa Rica, 2010; Bilder: Privatarhiv Zechner)

10.1.6. Transport

Obwohl die Weiterverarbeitung von Rohkakao in den Erzeugerländern meist von den dortigen Regierungen gefördert wird, findet diese größtenteils in den Industriestaaten statt. 2010 lag der europäische Anteil an der globalen Weiterverarbeitung von Rohkakao bei 42% [HÜTZ-ADAMS, 2010]. Für den Transport nach Europa muss der Rohkakao weite Strecken, meistens über den Seeweg zurücklegen. Seit Beginn der 1990er Jahre wird Rohkakao lose in Containern verladen [ROHSIUS, 2007].

10.1.7. Rösten

Nach einigen Reinigungsschritten und dem Aussortieren fehlerhafter Kakaobohnen folgt das zweistufige Rösten [EBERMANN und ELMADFA, 2011; BELITZ et al., 2007]. Das Ausmaß des Röstungsprozesses wird maßgeblich durch Reifegrad, Wassergehalt, Kakaovarietät und Größe der Bohnen bestimmt. Ebenfalls von Bedeutung für die Qualität sind spezielle Vorbehandlungen (Fermentation, Trocknung) im Erzeugerland [BELITZ et al., 2007]. Beim Rösten steht die Ausbildung des vollen Kakaoaromas im Vordergrund [AFOAKWA, 2010].

Je nach Sorte und Produkt variiert die Dauer der Röstung zwischen 5 – 120 Minuten bei einer Temperatur von 120°C – 150°C [SCHWAN und WHEALS, 2004]. Die Wärmeübertragung auf die Kakaobohnen erfolgt entweder über beheizte Flächen oder Heißluft [BELITZ et al., 2007]. Auch ein Vorrösten oder „Schock“-Rösten ist von Vorteil, um die Samenschale später leichter von den Bohnen lösen zu können. Die aufgebrochene Samenschale wird mittels Luft (Windfege) von den Kotyledonen („cocoa nibs“ oder Kakaonibs) entfernt [SCHWAN und WHEALS, 2004].

Beim Röstvorgang kommt es zu einer Reihe an chemischen und physikalischen Veränderungen der Kakaobohnen:

- Reduktion des Wassergehaltes der Kakaobohnen auf 2% [AFOAKWA, 2010].
- Oxidation der Gerbstoffe und Reduktion unerwünschter flüchtiger Aromastoffe wie etwa Aldehyde, Ketone, Alkohole und Ester, welche zur Bitterkeit und Adstringenz beitragen [BELITZ et al., 2007; AFOAKWA, 2010].
- Reduktion von Mikroorganismen [AFOAKWA, 2010] sowie Abtötung von schädlicher Insektenseier und -larven [BELITZ et al., 2007].
- Verstärkung des Aromas der Kakaobohnen durch thermische und enzymatische Vorgänge. Die Kakaobohnen werden außerdem brüchiger,

spröde und ihre Farbe wird dunkler [STOLL, 2010].

- Ausbildung des kakaotypischen Aromas durch Maillardreaktionen von Proteolyseprodukten der Fermentation mit reduzierenden Zucker [STOLL, 2010].

Nach dem Abkühlungsprozess gelangen die Kakaobohnen in Brech- und Reinigungsanlagen, wo die Samenschalen entfernt werden. Beim Brechen ist vor allem wichtig, dass Kakaonibs (p. 63) in großen Bruchstücken mit geringem Feingutanteil anfallen [BELITZ et al., 2007]. Die Verluste an Polyphenolen beim Rösten liegen zwischen 10 - 40 % [EBERMANN und ELMADFA, 2011].

Zur Weiterverarbeitung werden die Kakaonibs entweder vermahlen oder gepresst. Bei der Pressung gewinnt man die Kakaobutter und den Presskuchen [EBERMANN und ELMADFA, 2011]. Wird der stark fetthaltige Kakaokernbruch (40 - 65% Fett) vermahlen, so entsteht ein zähflüssiger Brei (cocoa liquor) [STOLL, 2010]. Dieser kann für recht unterschiedliche Produkte, vor allem aber zur Herstellung von Schokolade (p. 66 ff.), verwendet werden [EBERMANN und ELMADFA, 2011; STOLL, 2010].

10.2. *Theobroma grandiflorum*

10.2.1. Anbau und Kultivierung

Der Anbau von *Th. grandiflorum* erfolgt über die Samen. Eine vegetative Vermehrung ist zwar möglich, jedoch nicht üblich. Vor dem Säen werden die Samen mit Scheren oder einem Depulper von der Pulpa befreit. Dies ist notwendig, um eine optimale Keimung (über 90%) zu ermöglichen. Überdies sind die Samen sehr empfindlich gegen Kälte und verlieren nach 6 Stunden bei etwa 5°C ihre Keimfähigkeit. Die Keimtemperatur beträgt 25 - 30°C. Nach ca. 15 – 20 Tagen - bevor die Keimblätter austreiben - werden die Setzlinge in schwarze Plastiksäcke aus Polyethylen übertragen. Danach zieht man sie in Baumschulen in 40 cm Abständen voneinander bei 50 prozentigen Schatten. Nach ungefähr 8 – 12 Monaten können sie in 6 m Abständen aufs Feld gepflanzt werden. Die Pflanzen haben dann bereits 8 ausgewachsene Blätter

und eine Höhe von 30 cm erreicht. Da *Th. grandiflorum* während der gesamten Jugendphase Schatten benötigt, pflanzt man wie beim Kakao häufig andere Nutzpflanzen zwischen die jungen Bäume. Dazu eignen sich verschiedene Kulturarten wie *Musa* spp. (Banane), *Carica papaya* (Papaya) oder auch *Euterpe oleracea* (Açaí) und *Bactris gasipae* (Pfirsichpalme). Ab einem gewissen Alter der Plantage ist nur mehr ein 25 prozentiger Schatten notwendig. Hierfür werden langlebige Bäume in 25 – 30 m Abständen gepflanzt [ARAÚJO et al., 2011; JANICK und PAULL, 2008; VENTURIERI, 2011].

10.2.2. Ernte

Die Ernteerträge für *Th. grandiflorum* sind bedingt durch das heterogene Pflanzenmaterial unterschiedlich hoch und variieren zwischen 11,7 kg Frucht/Pflanze/Jahr in Pará und 26 kg Frucht/Pflanze/Jahr im brasilianischen Amazonasgebiet. Die oben genannte Erntemenge bezieht sich auf Bäume mit einem Alter von 9 - 10 Jahren [LANNES, 2003; GENOVESE und LANNES, 2009]. Im Schnitt trägt ein Baum 20 – 40 Stück Früchte pro Jahr. In Monokulturen sind das pro Hektar ca. 2800 kg Fruchtfleisch, das jährlich produziert werden kann [ARAÚJO et al., 2011; LANNES, 2003; GENOVESE und LANNES, 2009].

Die Ernte ist im Vergleich zu anderen Obstbäumen sehr gering und variiert zwischen den einzelnen Bäumen enorm. Die Ursachen hierfür sind weitgehend noch ungeklärt. Man geht aber davon aus, dass es sich um eine unzureichende Bestäubung, einen Mangel an Nährstoffen oder beides handelt. Die reifen Früchte fallen meistens in der Nacht ab und werden am nächsten Tag in der Früh geerntet [VENTURIERI, 2011]. Bei der industriellen Verarbeitung von Cupuaçufrüchten entfallen ca. 40% auf die Pulpa, 40% auf das Perikarp und 20% auf die Samen [LANNES, 2003].

10.2.3. Fermentation und Trocknung

Die Fermentation der Cupuaçusamen verläuft prinzipiell gleich wie bei *Th. cacao*. Während der Fermentation steigt der pH-Wert in den Kotyledonen zunächst von 5,2 auf 6,8 an und es kommt in der Folge, wie bei *Th. cacao* zu einer Verfärbung der Kotyledonen von Beige zu einem dunkel rötlichen Karamell. Der Fettgehalt der Samen bleibt mit 63,5% (Trockengewicht) unverändert [GENOVESE und LANNES, 2009]. Das Aroma von *Th. grandiflorum* ist etwas fruchtiger als das von *Th. cacao* [SCHWAN und WHEALS, 2004]. Es unterscheidet sich sonst aber nur geringfügig vom typischen Kakaoaroma [GENOVESE und LANNES, 2009].

Für eine Weiterverarbeitung zur Schokolade, werden die Samen von *Th. grandiflorum* wie die von *Th. cacao* getrocknet und anschließend geröstet (siehe p. 61).

11. Herstellung der Schokolade

Eine ausführliche Darstellung der verschiedenen Prozesse der Schokoladenherstellung und ihre Auswirkungen auf Aroma, Qualität und das Mundgefühl der Schokolade sowie die Verbraucherakzeptanz würden den Rahmen dieser Arbeit sprengen. In diesem Kapitel soll daher nur ein kurzer Überblick über die Schokoladenherstellung gegeben werden.

11.1. Mischen

Das Ausgangsmaterial für die Schokolade ist die Kakaomasse (cocoa liquor, p. 64). Sie enthält einen hohen Anteil an Fett und einen ca. 2,2 prozentigen Schalenanteil. Je nach Schokoladensorte werden der Kakaomasse unterschiedliche Zutaten (Zucker, Kakaobutter, Vanille sowie Milchpulver) zugesetzt [EBERMANN und ELMADFA, 2011]. Anschließend wird das Ganze etwa 12 - 15 Minuten bei 40 - 50 °C vermischt [AFOAKWA, 2010].

11.2. Conchieren

Als nächster Schritt wird die Schokolade conchiert. Dieser Arbeitsschritt ist neben dem Rösten der wichtigste Prozess in der Schokoladenherstellung. Er ist wesentlich für die Ausbildung von Viskosität, finaler Textur und Geschmack der Schokolade verantwortlich [AFOAKWA, 2010; DURRY und SCHIFFER, 2012]. In einem frühen Stadium des Conchieren kommt es zur Geschmacksbildung der Schokolade [BALTES, 2011]. Außerdem werden Wassergehalt und Gehalt an unerwünschten, flüchtigen Komponenten (zum Beispiel Essigsäure) reduziert [EBERMANN und ELMADFA, 2011; AFOAKWA, 2010]. Die Schokoladenmasse wird dazu in Reibmaschinen, den sogenannten Conchen, bei Temperaturen um 60 - 85 °C verrührt [EBERMANN und ELMADFA, 2011]. Dabei wird die flüssige Phase mit der festen Phase zu einer homogenen Masse vereinigt [BALTES, 2011]. Die Conchierzeit unterscheidet sich bei den verschiedenen Schokoladenherstellern enorm und kann bis zu 72 Stunden betragen [DURRY und SCHIFFER, 2012].

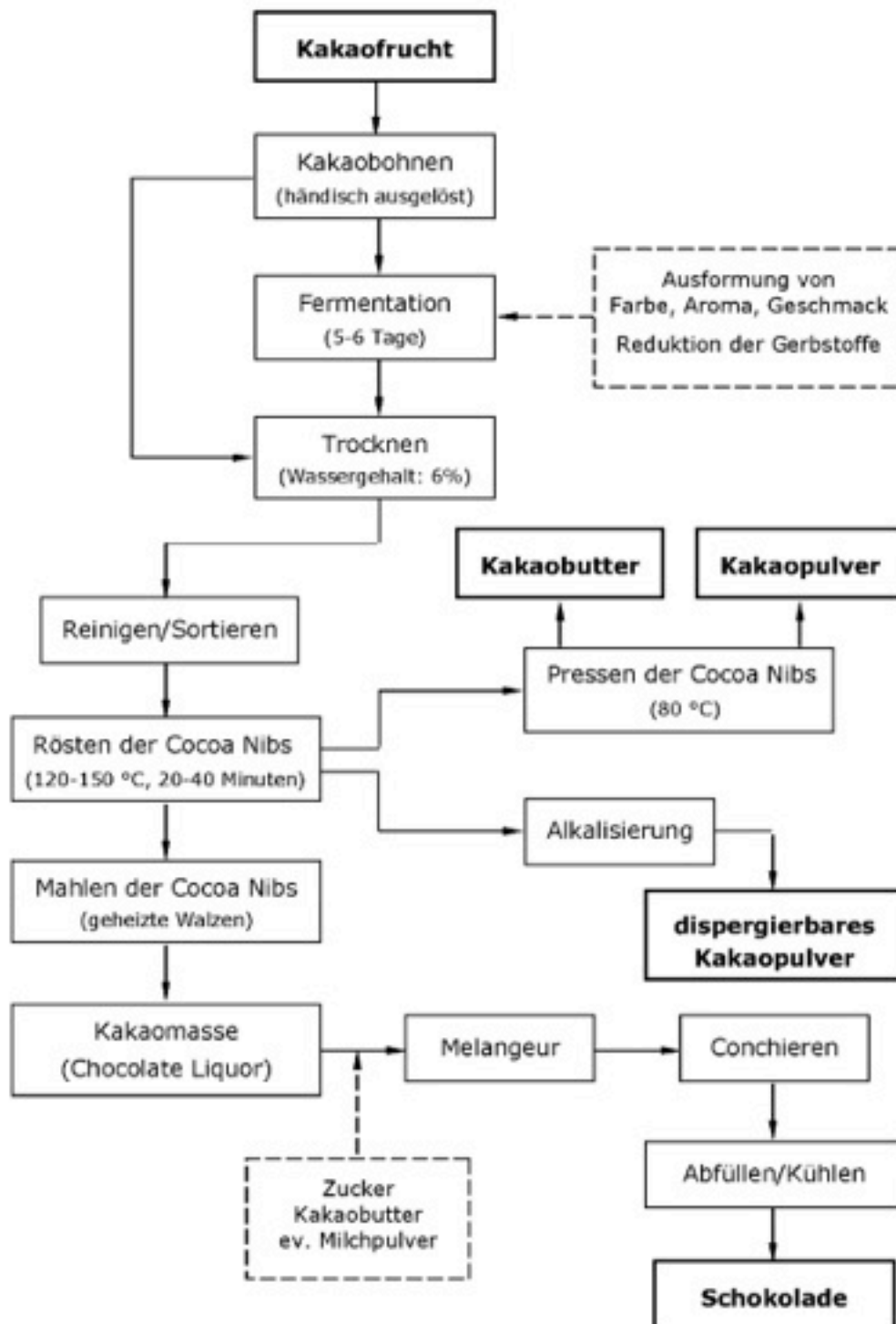


Abbildung 13: Technologie der Kakaoverarbeitung [EBERMANN und ELMADFA, 2011]

11.3. Temperieren

Ein komplizierter Abkühlungsprozess beendet die Schokoladenherstellung. Er sorgt für eine gute Kristallisation, welche für Schokoladenstruktur und Oberflächenglanz unerlässlich sind [EBERMANN und ELMADFA, 2011; BELITZ et al., 2007]. Unter ständigem Rühren wird die 50°C heiße Schokoladenmasse innerhalb weniger Minuten auf 18°C heruntergekühlt, um dann wieder auf ca. 30°C erwärmt zu werden [BELITZ et al., 2007]. Dieser Vorgang ist notwendig, um möglichst viele β -Kristallkeime (siehe Kapitel 14.1, p. 88) in der Schokoladenmasse zu bilden, welche maßgeblich für die gewünschten physikalischen Eigenschaften der Schokolade verantwortlich sind [EBERMANN und ELMADFA, 2011; KATTENBERG, 2001]. Wurde die Schokoladenmasse nicht ausreichend oder schlecht temperiert, kommt es zu Viskositätsschwankungen und zu damit verbundenen Qualitätsminderungen des Endprodukts [KATTENBERG, 2001].

12. Qualität von Rohkakao und Schokolade

12.1. Qualität von Rohkakao

Am Weltmarkt wird grundsätzlich zwischen „Fine“ und „Bulk“ Kakao unterschieden. „Fine“ Kakao, der nur 5% der Weltproduktion ausmacht wird aus den Varietäten Criollo, Trinitario und Nacional (p. 23) gewonnen. Er stammt hauptsächlich aus lateinamerikanischen und asiatischen Ländern. Der Hauptanteil des produzierten Kakaos, der sogenannte Konsumkakao („Bulk“-Kakao) wird aus den Varietäten Forastero oder Amelonados (p. 22) hergestellt. Er wird vorwiegend in den afrikanischen Ländern produziert [STOLL, 2010].

Zur Beurteilung der Qualität des Rohkakaos können verschiedene Parameter herangezogen werden. Dazu zählen: die Reinheit sowie Zusammensetzung der Ware, die Fettcharakteristika und das Aromapotential. Diese Qualitätsprüfungen können an unterschiedlichen Stationen der Produktions- bzw. Handelskette stattfinden. Die einfachste Form dieser Überprüfungen ist der „Schnitt-Test“, mit welchem man das Stadium der Fermentation feststellt. Hierfür werden die Kakaosamen der Länge nach durchgeschnitten und anhand der Färbung

(schiefrig, violett, hellbrechend oder braun) den verschiedenen Fermentationsstadien zugeordnet. Unfermentierte Samen haben eine schiefrige bis violette Farbe und schmecken bitter und adstringierend. Die Farbe kann neben dem Fermentationsgrad auch einen Hinweis auf die Herkunft geben [STOLL, 2010; ROHSIUS, 2007].

Weitere Indikatoren für eine Minderung der Qualität und eine negativen Beeinflussung des Aromas sind Schimmelbefall, ein großer Anteil an unfermentierten Samen sowie ein zu hoher Säuregehalt [STOLL, 2010; ROHSIUS, 2007].



Abbildung 14: Kakaobohnen in verschiedenen Fermentationsstadien beziehungsweise Defekten (typische Schnitt-Test Beispiele) [modifiziert nach LIEBEREI und ROHSIUS, 2010]

Je nach Weiterverarbeitung des Rohkakaos werden weitere Analysen durchgeführt. Geprüft werden unter anderem Fettgehalt, Fetthärte, Gehalt an freien Fettsäuren und Schmelzpunkt der Kakaobutter. Der Fettgehalt, welcher vorwiegend vom Genotyp abhängt, kann zwischen 50% und 60% ausmachen. Fetthärte und Schmelzpunkt werden besonders von den klimatischen Faktoren während der letzten Fruchtreife beeinflusst. Der Gehalt an freien Fettsäuren liegt gewöhnlich bei weniger als 1% und ist damit sehr gering. Laut EU-

Verordnung darf dieser in der Kakaobutter maximal 1,75% betragen. Ein sehr hoher Gehalt (bis zu 20%) in der Kakaobutter kann durch Schimmelbefall oder Fermentation von infizierten Kakaosamen verursacht werden [STOLL, 2010; ROHSIUS, 2007].

Eine der wesentlichsten Faktoren für gute Kakaoqualität ist die Reinheit der Ware. Die Hauptursachen für Verunreinigungen sind: Mikroorganismen, Insekten, Schwermetalle, mineralische Öle und Pestizide [STOLL, 2010].

Rohkakao wird nach international gültigem Standard (ICS, International Cocoa Standard) in zwei Qualitätsstufen eingeteilt:

Grad I: Der erlaubte Anteil an der Gesamtmasse darf höchstens enthalten

- 3% schimmelige Bohnen
- 3% schieferfarbene Bohnen
- 3% durch Insektenfraß beschädigte, flache oder gekeimte Samen.

Grad II: Der erlaubte Anteil an der Gesamtmasse darf höchstens enthalten

- 4% schimmelige Bohnen
- 8% schieferfarbene Bohnen
- 6% durch Insektenfraß beschädigte, flache oder gekeimte Samen

[WOOD und LASS, 1989].

Die %-Werte werden durch Auszählung von 100 Kakaobohnen ermittelt. Sollte eine Kakaobohne mehreren Kategorien zuzuordnen sein, so wird sie in die Kategorie gereiht, zu welcher der Hauptteil der beanstandeten Kakaobohnen gehört. Rohkakao, der dem Grad I und Grad II nicht entspricht wird als sub-Standard bezeichnet. Er wird auch als solcher gekennzeichnet und gelangt nur über Sondergenehmigungen und spezieller Verträgen in den Handel [WOOD und LASS, 1989].

Weitere Parameter für die Qualitätsbeurteilung sind: die Größe der Samen, der Anteil an flachen oder verklebten („doppelten“) Samen und ihr Wassergehalt. Die Größe der Samen ist ein guter Indikator für die Homogenität des

Rohkakaos. Diese variiert stärker bei Mischung mit minderwertiger Ware als wenn dies nicht der Fall ist. Außerdem erleichtert die einheitliche Größe der Kakaobohnen die maschinelle Verarbeitung. Die Bestimmung des Wassergehaltes wird routinemäßig durchgeführt. Er darf nicht zu hoch sein, weil sich sonst die Lagerfähigkeit verschlechtert [STOLL, 2010; ROHSIUS, 2007].

Je nach Land werden noch weitere Standards zur Qualitätsbestimmung von Rohkakao herangezogen. Dazu ist zu sagen, dass die Anforderungen an das Produkt Rohkakao von Hersteller zu Hersteller stark variieren und die Beurteilungskriterien meist sehr unterschiedlich sind. Die Überprüfung der Aromaqualität erfolgt bei den Schokoladenherstellern meistens bei den halbfertigen oder fertigen Produkten. Grund dafür ist die vollständige Aromaentwicklung während der Röstung (siehe Kapitel 10.1.7, p. 63) [STOLL, 2010; ROHSIUS, 2007].

12.2. Qualität von Schokolade

Schokolade wird oftmals als ein sehr fett- und kalorienreiches Lebensmittel mit einem geringen Gehalt an essentiellen Nährstoffen angesehen. Diese Sichtweise hat sich in den letzten Jahren zunehmend geändert: Seither fokussiert man zunehmend den hohen Polyphenolgehalt des Kakaos und dessen gesundheitliche Wirkung [LECUMBERRI, 2007]. In den späten 1990er Jahren entdeckte auch die Süßwarenindustrie den Begriff „Functional Food“ für ihre Produktpalette [ELWERS, 2008].

Ein wesentlicher Faktor für die Herstellung einer qualitativ und geschmacklich hochwertigen Schokolade ist ein konstant gutes Aroma des Ausgangsproduktes. Dieses wird, wie beschrieben, durch Kakaogenotyp, Herkunft, Aufarbeitung, aber auch durch die Anbaumethode beeinflusst. Ebenfalls wichtig für die Qualität der Schokolade ist die Kakaobutter, welche für die Härte, den Geschmack und das Mundgefühl der Schokolade verantwortlich ist (siehe Kapitel 14.1, p. 88) [KATTENBERG, 2001].

13. Zusammensetzung und ernährungsphysiologische Bedeutung von Rohkakao und Kakaoprodukten

Wie bereits erwähnt besteht die Kakaobohne zum größten Teil aus Fett. Weitere Inhaltstoffe sind Kohlenhydrate, Proteine, Mineralstoffe und sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe [EBERMANN und ELMADFA, 2011]. Diese können zwischen den einzelnen Kakaogenotypen enorm variieren. Aber auch exogene Faktoren (Standortbedingungen, Behandlungsmethoden etc.) spielen hier eine große Rolle [ELWERS, 2002]. Kapitel 13 soll einen Überblick über die wichtigsten Inhaltsstoffe des Rohkakao und dessen Produkte geben.

13.1. Fett

Die Kakaobutter ist mit einem Anteil von 50 - 57% der Trockenmasse der wichtigste Bestandteil der Kakaobohne [STEINBERG et al., 2003; BELITZ et al., 2007]. Sie besteht zu 57-64% aus gesättigten und zu 36-43% aus ungesättigten Fettsäuren. Die genaue Fettsäurezusammensetzung und Glycerinstruktur der Kakaobutter wird im Kapitel 14.1. (p. 88) ausführlich erläutert.

13.2. Kohlenhydrate

Die Kohlenhydrate rangieren mengenmäßig hinter dem Fettgehalt der fermentierten Kakaobohnen und sind damit von allen Bestandteilen die zweitwichtigsten. Der Kohlenhydratanteil kann ca. 35 – 44 % der Trockenmasse betragen. Hauptbestandteil sind die Ballaststoffe: sie können je nach Anbaugebiet und Sorte 26-40% der Trockenmasse ausmachen [BORCHERS et al. 2000]. Neben dem 6 prozentigen Stärkegehalt kommen auch andere Polysaccharide wie Pektin und Cellulose vor [EBERMANN und ELMADFA, 2011].

Saccharose (ca. 0,08 – 1,5%) spielt vor allem bei der Bildung des Kakaoaromas eine wesentliche Rolle. Während der Fermentation wird sie hydrolysiert und es entstehen reduzierende Zucker. Diese tragen als Aromavorstufen während des Röstens wesentlich zur Bildung des typischen Aroma des Kakao bei [BELITZ

et al., 2007].

13.3. Protein

Die Kakaoproteine machen ca. 15 – 22% des Trockengewichts der fermentierten Kakaobohne aus [BORCHERS et al. 2000]. Sie weisen einen hohen Anteil an hydrophoben Aminosäuren (Leucin, Isoleucin, Valin) auf. 60% des Gesamtstickstoffes der Kakaobohne ist in Proteinen enthalten [BELITZ et al., 2007; EBERMANN und ELMADFA, 2011]. Der Gehalt an freien Aminosäuren korreliert stark mit der Acidität (pH-Wert, Gehalt an Milch- und Essigsäuren) der Samen. Ein geringer pH-Wert und das Vorkommen von freien Aminosäuren ist daher als wichtiger Indikator für eine unzureichende Fermentation anzusehen [LIEBEREI und ROHSIUS, 2010]. Freie Aminosäuren (5-25mg/g) sind neben den vorkommende Peptiden maßgeblich für Aroma- und Geschmacksbildung verantwortlich [JALIL und ISMAIL, 2008; LIEBEREI und ROHSIUS, 2010].

13.4. Mineralstoffe

Kakaobohnen sind reich an Mineralstoffen. Eine Übersicht der wichtigsten Mineralstoffe in Kakaopulver wird in Tabelle 3 (p. 76) dargestellt. Der Mineralstoffgehalt kann allerdings sehr stark variieren. Er hängt von der Menge an Mineralstoffen im Boden des Anbaugebietes ab [BORCHERS et al. 2000].

Calcium

Der Tagesbedarf an Calcium eines Erwachsenen liegt bei 1000mg. Es wird für die Mineralisation von Zähne und Knochen, als Second messenger (intrazellulärer Botenstoff) und Auslöser für Muskelkontraktionen benötigt [ELMADFA, 2009]. Da Kakaoprodukte oft mit Milch zubereitet werden, können diese trotz geringen Calciumgehaltes (169 mg/100g Kakaopulver) als gute Ca-Quelle gewertet werden [BORCHERS et al. 2000].

Natrium

Der geringe Gehalt (ca. 9 mg / 100g) in Kakaopulver ist als günstig anzusehen [BORCHERS et al. 2000], da der tägliche Natriumbedarf (550 mg) von der

Bevölkerung meistens überschritten wird [HAHN et al. 2005]. Die Hauptquelle für Natrium in der menschlichen Ernährung ist Kochsalz (NaCl). Im Körper ist es unter anderem wichtig für die Aufrechterhaltung des Membranpotentials und für die Osmoregulation der Zellen [HAHN et al. 2005].

Kalium

Kakaopulver ist eine gute Quelle für Kalium (2058 mg/100g) [BORCHERS et al. 2000]. Dieser Mineralstoff wirkt im menschlichen Organismus als Antagonist von Natrium und ist für die Aufrechterhaltung des intrazellulären osmotischen Drucks verantwortlich. Außerdem ist es als Aktivator von Enzymen im Zellstoffwechsel von zentraler Bedeutung. Der Tagesbedarf eines Erwachsenen beträgt 2000 mg [HAHN et al. 2005].

Zink

Zink spielt als Aktivator vieler Enzyme und Bestandteil von Hormonrezeptoren und Transkriptionsfaktoren eine wichtige Rolle im menschlichen Körper [ELMADFA, 2009]. Der Gehalt an Zink ist mit ca. 8 mg/100g Kakaopulver relativ hoch [BORCHERS et al. 2000]. Der tägliche Bedarf dieses Spurenelements liegt bei 7mg für Frauen und 10mg für Männer [ELMADFA, 2009].

Magnesium

In Kakao und Kakaoprodukten ist wesentlich mehr Magnesium (594 mg/100g Kakaopulver) enthalten als in schwarzem Tee und rotem Wein [JALIL und ISMAIL, 2008]. Magnesium ist ein wichtiger Aktivator von Enzymen im Energiestoffwechsel [ELMADFA, 2009] und spielt eine Rolle bei der Regulation des Blutdrucks [JALIL und ISMAIL, 2008]. Sein Tagesbedarf liegt bei Männern bei 350mg und Frauen bei 300mg [ELMADFA, 2009].

Kupfer

Kakao ist eine gute Quelle für Kupfer - 44g Kakaopulver decken bereits den täglichen Tagesbedarf um 189% [JALIL und ISMAIL, 2008]. Kupfer wird zum Beispiel für die Bildung der Kupfer-Zink-Superoxid-Dismutase benötigt. Diese

beeinflusst die Pathogenese vieler Krankheiten im Zusammenhang mit oxidativem Stress [SCHUSTER, 2008].

Tabelle 3: Mineralstoffgehalt von natürlichem Kakaopulver (mg/100g) [BORCHERS et al., 2000]

Mineralstoff	Gehalt in mg/100g Kakaopulver
Calcium	169,45
Kupfer	4,61
Eisen	13,86
Magnesium	593,64
Mangan	4,73
Phosphor	795,27
Kalium	2058,20
Natrium	8,99
Zink	7,93

13.5. Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe

Als sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe werden Substanzen bezeichnet, die nicht für den „primären“ Stoffwechsel der Zellen notwendig sind [LIEBEREI und REISDORF, 2007]. Unfermentierte Kakaobohnen weisen je nach Herkunft und Varietät einen sehr hohen Polyphenolgehalt auf. Er liegt bei ca. 12-18% des Trockengewichts [BORCHERS et al., 2000]. Neben Polyphenolen enthalten Kakaobohnen auch die Methylxanthine Theobromin (3,7-Dimethyl-2,6-dioxopurin), Koffein (1,3,7-Trimethyl-2,6-dioxopurin) und Theophyllin (1,3-Dimethyl-2,6-dioxopurin) (siehe Kapitel 13.5.3, p. 84) [JALIL und ISMAIL, 2008; EBERMANN und ELMADFA, 2011].

13.5.1. phenolische Verbindungen

13.5.1.1. Allgemeines

Mit mehr als 8000 bekannten Verbindungen stellen die Phenole eine der heterogensten und größten Gruppen der sekundären Pflanzeninhaltsstoffe dar [WOLLGAST, 2004]. Im Rahmen der Functional-Food- beziehungsweise Functional-Ingredients-Debatte erhalten sie zur Zeit besondere Aufmerksamkeit [LIEBEREI, 2001]. Phenole bestehen aus einem aromatischen Kohlenstoffring mit mindestens einer daran gebundenen Hydroxylgruppe [EBERMANN und ELMADFA, 2011]. Als Sekundärmetabolit spielen sie im Wachstum der Pflanze zum Beispiel als Schutz vor Herbivorie, Ultraviolettstrahlung und Krankheitsbefall eine wichtige Rolle. Für den Menschen ist ihre antioxidative Eigenschaft die wichtigste. Sie wirken präventiv gegenüber oxidativem Stress, welcher für eine Reihe von Krankheiten wie beispielsweise Krebs verantwortlich ist [SCHINELLA et al., 2010; EBERMANN und ELMADFA, 2011; MANACH et al., 2004].

Polyphenole können – basierend auf ihrer Grundstruktur – in zehn verschiedene Gruppen eingeteilt werden. Wegen ihrer enormen Vielfalt nehmen speziell die Flavonoide eine Sonderstellung ein. Ihre Grundstruktur bildet das 2-Phenyl-chroman: eine C₁₅-Struktur bestehend aus 2 aromatischen Ringen, die über eine C₃-Brücke verbunden sind [WOLLGAST, 2004; STOLL, 2010; EBERMANN und ELMADFA, 2007; GENOVESE und LANNES, 2009].

13.5.2. Flavonoide

Flavonoide werden in verschiedene Subklassen unterteilt (Flavanone, Flavone, Flavanonole, Flavonole, Flavandiole, Flavanole, Anthocyanidine) [DING et. al., 2006; HÄNSEL und STICHER, 2007]. Als Inhaltsstoffe im Kakao spielen vor allem Flavanole (p. 78), Flavonole (Tabelle 4, p. 80) und Anthocyanidine (p. 81) eine besonders wichtige Rolle (siehe Tabelle 4) [BORCHERS et al., 2000].

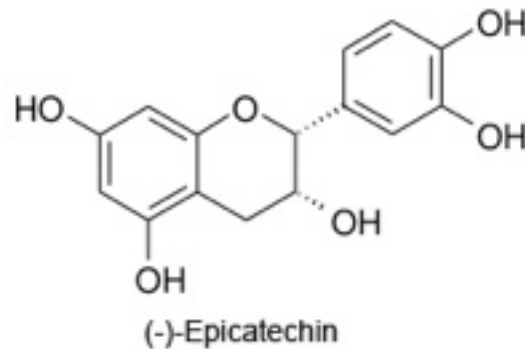


Abbildung 15: Struktur von (-)-Epicatechin [STOLL, 2010]

Flavan-3-ole (Catechine)

Das wichtigste Strukturelement der Flavan-3-ole (auch Catechine genannt) ist die *o*-Dihydroxystruktur im Ring B (siehe Abbildung 15) [HÄNSEL und STICHER, 2007]. Flavan-3-ole stehen mit der Prävention kardiovaskulärer Erkrankungen im Zusammenhang: Sie wirken durch Steigerung der Gefäßfunktionen und Aktivierung der Thrombozyten kardioprotektiv - dies bestätigten zahlreiche Interventionsstudien [KEEN et al., 2005]. Im Organismus bilden die Flavan-3-ol-Monomere (+)-Catechin und (-)-Epicatechin nach Absorption überwiegend Konjugate mit Glucuronsäure und Sulfat [SCHMANDKE, 2003].

Eine Studie von ARTS et al. (2001) ermittelte eine durchschnittliche tägliche Catechinaufnahme von 50mg. Probanden waren 6200 Niederländern im Alter von 1 - 97 Jahren. Kinder und Jugendliche bis 18 Jahren nahmen 20% der täglichen Aufnahme an Catechinen über Schokolade auf. Sie kann daher als eine bedeutende Quelle in dieser Altersgruppe gesehen werden. Bei Erwachsenen war Schokolade als Catechinquelle mit einem 6 prozentigen Anteil weit unbedeutender [ARTS et al., 2001].

Proanthocyanidine

Proanthocyanidine sind farblose Vorstufen der Anthocyanidine [BELITZ et al., 2007]. Sie bestehen aus mindestens 2 Flavan-3-ol- Bausteinen und weisen

meist ein Verknüpfungsmuster an den Positionen 4 und 8 auf [ELWERS, 2008]. Kommen als Flavaneinheiten nur die Monomere Epicatechin (siehe Abbildung 15) und Catechin (siehe Abbildung 17) vor, spricht man von Procyanidinen [HÄNSEL und STICHER, 2007]. Sie verfügen wegen ihrer antioxidativen Eigenschaften und ihrer Fähigkeit mit Proteinen und somit auch Enzymen zu reagieren über biologische Eigenschaften, die für die Prävention von kardiovaskulären Erkrankungen und Krebs wichtig sein könnten [SCHMANDKE, 2003].

Die reichsten Quelle für Procyanidine sind, neben rotem Wein, Cranberries und Tee (schwarzer und grüner), Kakao sowie Schokolade (siehe Kapitel 13.5.4, p.85) [SCHMANDKE, 2003]. Der Procyanidingehalt in Lebensmitteln ist abhängig von den Bearbeitungsschritten nach der Ernte und der darauffolgenden Lebensmittelverarbeitung. Die tägliche Aufnahme an Procyanidinen variiert mit der Ernährung und kann von einigen zehn bis hundert Milligramm pro Tag betragen [RIOS et. al., 2002; SCHMANDKE, 2003].

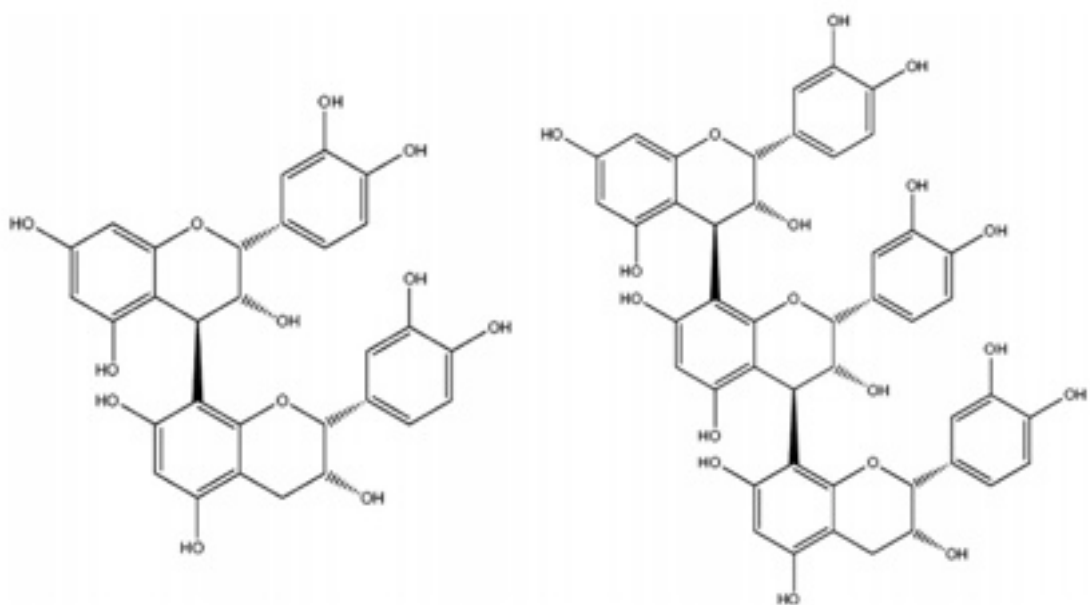


Abbildung 16: Struktur häufig vorkommender Procyanidinen in Kakao [KIM et al., 2011].

13.5.2.1. Polyphenole in Kakao

Das antioxidative Potential der im Kakao enthaltenen phenolischen Verbindungen ist vor allem auf ihre o-Diphenol-Struktur (p. 78) zurückzuführen [ELWERS et al., 2009]. Diese bioaktiven Verbindungen sind bekannt für ihre antioxidativen und antikanzerogenen Eigenschaften. Sie leisten neben der Fermentation, Trocknung und Röstung einen wesentlichen Beitrag zur Qualität des Rohkakaos [GENOVESE und LANNES, 2009]. Einen Überblick über die im Kakao enthaltenen Flavonoide soll Tabelle 4 gegeben.

Tabelle 4: Klassifizierung und Bezeichnung von Flavonoiden in Kakao [BORCHERS et al., 2000]

Klasse	Bezeichnung
Flavanole	(-)-Epicatechin
	(+)-Catechin
	(-)-Epicatechin-3-O-gallate
	(-)-Epigallocatechin
Flavonole	Quercetin
	Quercetin-3-Arabinoside
	Quercetin-3-Glucoside
Anthocyane	3- α -Arabinosidyl Cyanidin
	3- β -D-Galactosidyl Cyanidin
Procyanidine	Procyanidin B1 (Epicatechin-(4 β $\rightarrow$ 8)-Catechin)
	Procyanidin B2 (Epicatechin-(4 β $\rightarrow$ 8)-Epicatechin)
	Procyanidin B2 3-O-Gallate (Epicatechin-3-O-Gallate-(4 β $\rightarrow$ 8)-Epicatechin)
	Procyanidin B2 3,3'-di-O-Gallate (Epicatechin-3-O-Gallate-(4 β $\rightarrow$ 8)-Epicatechin-3-O-Gallate)
	Procyanidin B3 (Catechin-(4 α $\rightarrow$ 8)-Catechin)

	Procyanidin B4 (Catechin-(4 α $\rightarrow$ 8)-Epicatechin)
	Procyanidin B4 3'-O-Gallate (Catechin-(4 α $\rightarrow$ 8)-Epicatechin-3-O-Gallate)
	Procyanidin C1 (Epicatechin-(4 β $\rightarrow$ 8)-Epicatechin-(4 β $\rightarrow$ 8)-Epicatechin)

13.5.2.2. Polyphenolgehalt in Kakao

In den letzten Jahren wurden vermehrt wissenschaftliche Studien publiziert, die sich mit dem gesundheitlichen Nutzen von Schokolade auseinandersetzen. Besondere Beachtung fanden dabei die Flavan-3-ol-Monomere (-)-Epicatechin (Abbildung 15, p. 78) und (+)-Catechin (Abbildung 17). Sie machen ca. 37% der im Kakao enthaltenen Polyphenole aus. Ihre Oligomere, die sogenannten Procyanidine (p. 78) sind zu ca. 58% enthalten [DING et. al., 2006]. Anthocyane sind für die Farbe der unfermentierten Kakaobohne verantwortlich und kommen eher in geringer Menge vor (ca. 4%) [BITSCH, 2001; WOLLGAST und ANKLAM, 2000].

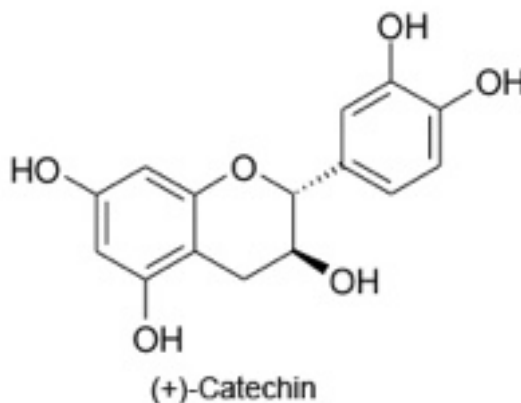


Abbildung 17: Struktur von (+)-Catechin [STOLL, 2010]

13.5.2.3. Einflussfaktoren auf den Polyphenolgehalt

Der Anteil und die Qualität der phenolischen Verbindungen im Kakao wird durch genetische Faktoren und spezifische agroökonomische Eigenschaften des jeweiligen Anbaugebietes beeinflusst. Das zeigte eine Studie des Institutes für Angewandte Botanik der Universität Hamburg [ELWERS, 2002].

Ein Beispiel für den Einfluss genetischer Faktoren ist die Varietät „Catongo“. Sie zeichnet sich durch das Fehlen von Anthocyanen in den Samen aus. Aber auch exogenen Faktoren (Standort, Klima, etc.) wirken sich auf die Zusammensetzung und den Gesamtgehalt an phenolischen Verbindungen aus. Stark beeinflusst werden vor allem Epicatechin und Procatechusäure, welche einen Indikator für Stress darzustellen scheint. Auch der unterschiedliche Reifegrad der Frucht spielt eine wichtige Rolle. 100 Tage nach der Bestäubung steigt der Polyphenolgehalt stark an und fällt danach allmählich wieder ab [ELWERS, 2002].

13.5.2.4. Aufnahme und Bioverfügbarkeit von Polyphenolen in Kakao und Kakaoprodukten

Studien haben gezeigt, dass die Bioverfügbarkeit der Polyphenole in Kakaobohnen im Wesentlichen auf ihre molekulare Größe zurückzuführen ist. Demnach werden „kleineren“ Polyphenolen effizientere Wirkungen zugeschrieben. Diese Verbindungen haben ein geringeres molekulares Gewicht und können daher besser in den Kreislauf gelangen. Sie wurden in höheren Konzentrationen im Blut gefunden und können Zielorgane im Körper schneller und besser erreichen [SCHINELLA et al., 2010].

Oligo- und polymeren Procyanidine sind nur in geringen Mengen als Dimere im Blut nachweisbar. Dies deutet auf eine fehlende Resorption im Magen-Darm-Trakt hin. Fraglich ist, ob sie im Gastrointestinal Trakt in ihre Monomere aufgespalten werden können. In jedem Fall wird ihnen eine geringere ernährungsphysiologische Relevanz als den Monomeren (-)-Epicatechin und (+)-Catechin zugeschrieben [HOLT et al., 2002]. Für die Procyanidindimere Epicatechin-(4 → 8)-Epicatechin und Epicatechin-(4 → 6)-Epicatechin konnte

eine schwache Absorption nachgewiesen werden. Beide Dimere werden zum Großteil in das Monomer (-)-Epicatechin gespalten und absorbiert [SCHMANDKE, 2003].

Laut HOLT et al. (2002) lassen sich 30 Minuten nach dem Konsum eines Kakaoextraktes (-)-Epicatechin und (+)-Catechin im Blutplasma menschlicher Probanden nachweisen. Dabei wurden 0,375 g Kakaopulver pro Körpergewicht aufgelöst in 300 ml Wasser konsumiert. Zwei Stunden danach konnte eine Höchstkonzentration an (-)-Epicatechin und (+)-Catechin von durchschnittlich 5,92 µmol/l im Blut nachgewiesen werden. Das verabreichte Kakaopulver der Marke Mars enthielt pro Gramm: 12,2 mg Flavan-3-ol-Monomere, 9,7 mg Flavan-3-ol-Dimere und 28,2 mg Procyanidine [HOLT et al., 2002].

Auch REIN et al. (2000) ermittelte zwei Stunden nach Aufnahme einer procyanidinreichen Schokolade eine gesteigerte Epicatechinkonzentration im Blut. Bei dieser Studie konsumierten die Probanden 80 g Schokolade, welche 557 mg Procyanidine - davon 137 mg Epicatechine - enthielt. Zwei Stunden nach Einnahme stieg der Wert im Blutplasma auf 260 nmol/l, das Zehnfache verglichen mit dem Nüchternwert (22 nmol/l) an. Die Kontrollgruppe zeigte keine signifikante Veränderung zum Nüchternwert [REIN et al., 2000].

Neben einer erhöhten Epicatechinkonzentration stellte REIN et al. (2000) auch eine Erhöhung der Kapazität des Blutplasmas nach Einnahme von procyanidinreichen Schokoladeprodukten fest. Zwei Stunden nach dem Konsum der Schokolade war die Kapazität des Plasmas um 36% erhöht. Es zeigte sich auch eine Abnahme der Oxidationsprodukten im Blutplasma [REIN et al., 2000].

13.5.3. Methylxanthine

Mengenmäßig überwiegt das Theobromin mit einem Anteil von 1 - 3,5%. Es gibt dem Kakao seine anregende Wirkung - wenn diese auch nicht so ausgeprägt ist wie die des koffeinhaltigen Kaffees. In der frischen Kakaobohne ist Theobromin nach derzeitigem Wissensstand schwach an Tannin gebunden. Diese Verbindung wird jedoch während der Fermentation gelöst und somit das Theobromin freigesetzt [BELITZ et al., 2007]. Theophyllin (0,3 - 0,5%), welches eine starke vasodilatatorische Aktivität aufweist, ist wie Koffein (0,05-1,3%), nur in geringen Mengen vorhanden [EBERMANN und ELMADFA, 2011]. Methylxanthine sind im Vergleich zu anderen sekundären Pflanzeninhaltsstoffen nicht so empfindlich gegenüber der Behandlung nach der Ernte. Nach 144 Stunden Fermentation sind immer noch 20% des Gesamtgehalts vorhanden [LIEBEREI und ROHSIUS, 2010].

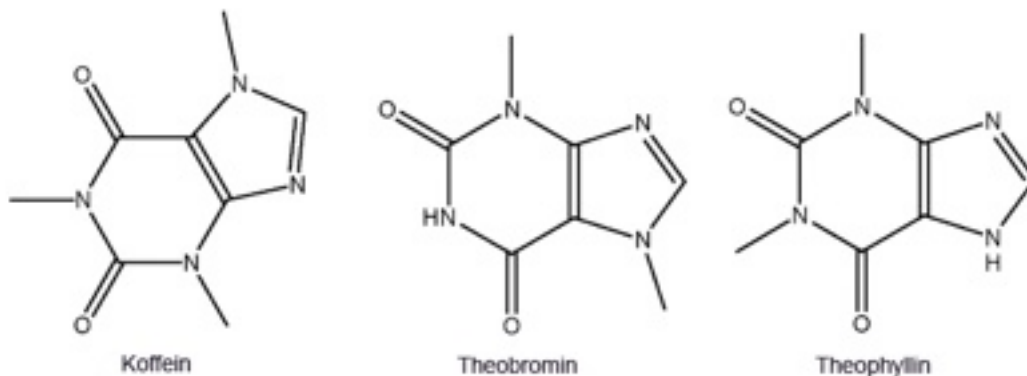


Abbildung 18: Struktur von Koffein (1,3,7-Trimethyl-2,6-dioxopurin), Theobromin (3,7-Dimethyl-2,6-dioxopurin) und Theophyllin (1,3-Dimethyl-2,6-dioxopurin) [nach EBERMANN und ELMADFA, 2011]

13.5.4. Polyphenolgehalt der Schokolade

Der Flavonoidgehalt unterscheidet sich in den verschiedenen Kakaoprodukten enorm. In manchen Fällen wird sogar der Gehalt von grünem Tee oder Rotwein übertroffen [DING et. al., 2006]: Eine Tafel dunkle Schokolade (100 g) enthält 170 mg antioxidativ wirkende Flavonoide, Procyanidine und Flavanole - die gleiche Menge an Rotwein hat hingegen nur 22 mg [KEEN et al., 2005]. Kakao und kakaohaltige Produkte leisten daher einen wesentlichen Beitrag zur Aufnahme von Flavonoiden (18-20%) in den westlichen Industrieländern [DING et. al., 2006].

13.6. Gesundheitliche Aspekte des Schokoladen- und Kakaokonsums

Die Kakao-Polyphenole sind hervorragende Antioxidantien und einige wichtige und gut untersuchte gesundheitsrelevante Wirkungen dieser Substanzen sind:

- die positive Wirkung auf das Herz-Kreislaufsystem
- Prävention von Atherosklerose und LDL-Oxidation
- Prävention von Krebs und anderen auf oxidativen Stress beruhenden Krankheiten [ELWERS, 2008; KEEN et al., 2005; BORCHERS et al., 2000]

Eine aktuelle Studie des Center for Human Psychopharmacology der Swinburne Universität geht von einer Verbesserung der Hirnleistung durch den regelmäßigen Konsum von Schokolade mit hohem Flavanol-Gehalt aus. In einer randomisierten, kontrollierten Doppelblindstudie konsumierten 63 Personen 30 Tage lang täglich ein Schokoladengetränk. Die Testpersonen, im Alter zwischen 40 - 60 Jahren wurden in 3 Gruppen aufgeteilt: Die erste Gruppe konsumierte täglich in etwa 500mg Kakaoflavanole, die zweite Gruppe 250mg und die dritte Gruppe - die Kontrollgruppe - praktisch keine Flavanole. Mittels einer speziellen Methode (SSVEP = „Steady State Visually-Evoked Potential“) wurde die Hirnaktivität der Probanden gemessen. Um die Hirnleistung während einer Aufgabe vor und nach der Studie messen zu können, wurden Computertomographie-Scans der Testpersonen durchgeführt.

Das Ergebnis der Studie zeigte, dass alle Probanden die Gedächtnisaufgaben gleich gut lösten. Die Probanden, die eine höhere Dosis an Flavanolon konsumierten, taten dies jedoch mit geringerer Anstrengung. Dadurch kam es auch zu einer weniger starken Beanspruchung des Gehirns. Die Reaktionsdauer war bei allen Versuchspersonen gleich [CAMFIELD et al., 2012].

13.7. Neue Schokoladenprodukte

Der Markt für Schokolade bestand bis vor einigen Jahren noch zu 90% aus Milkschokoladenprodukten. Neuerdings zeigt sich ein Trend zu Edelschokoladen mit einem hohen Kakaoanteil. Diese Marktentwicklung spiegelt auch den gesellschaftlichen Wandel in Europa wider: Verbraucher achten mehr auf die Herkunft der Produkte und erwarten eine gute Qualität der selben [URBANEK, 2011]. Diese neue Marktnische wurde bereits von multinationalen Unternehmen aufgegriffen: Zahlreiche Schokoladen mit einem hohem Kakaoanteil werden angeboten. Auch zuckerreduzierte und zuckerfreie Produkte sollen zukünftig den europäischen Markt erobern [HEINEMANN, 2011].

13.7.1. Schokoladenprodukte mit hohem Polyphenolgehalt

Ein Beispiel für einen Schokoladenriegel mit einem überdurchschnittlich hohen Polyphenolgehalt ist ein Produkt der Snacklinie CocoaVia™ von Mars Corporation. Dieses wurde bereits in den USA vermarktet. Um die Verluste an Polyphenolen bei der Verarbeitung möglichst gering zu halten wurde ein spezielles Produktionsverfahren entwickelt. Dieser Schokoladenriegel weist bei einem Energiegehalt von 80 kcal einen Gehalt von 100 mg Flavonoide pro Portion (23 g) auf. Dieser Wert übersteigt den Flavonoidgehalt eines herkömmlichen Schokoladenriegels bei weitem [LEE und BALICK, 2005].

Auf seiner offiziellen Website empfahl der Konzern 2005 zwei Portionen dieses Schokoladenriegels pro Tag zu konsumieren, damit eine gesundheitlich vorteilhafte Wirkung erzielt wird [LEE und BALICK, 2005]. Das löste eine kontroverse Diskussion zwischen den Ernährungsexperten aus: Der tägliche

Konsum der Schokoladenriegel würde eine zusätzliche Aufnahme von ca. 200 kcal bedeuten. Zusätzlich würden dabei 36% der täglich empfohlenen Dosis an gesättigten Fettsäuren aufgenommen werden. Hochgerechnet auf ein Jahr wären das ca. 9 kg Körpergewichtszunahme. Ein Faktor, der dem präventiven Effekt der polyphenolischen Verbindungen entscheidend entgegen wirken würde [HARVARD HEART LETTER, 2006].

Im Oktober 2006 wurden auch Milkschokoladeprodukte der Linie CocoaVia™ auf den Markt gebracht. Robert J. Gamgort, der damalige Präsident der Abteilung Mars's North American erklärte in einem Interview mit der New York Times, dass es dem Unternehmen gelungen sei den Polyphenolgehalt auch in Milkschokolade zu erhalten. Ernährungswissenschaftler kritisierten diese neuen Produkte, da sie wesentlich mehr Energie, Cholesterin und Zucker als ihre Vorgänger aus dunkler Schokolade enthielten. Bereits 2005 geriet Mars Corporation wegen der Vermarktung des Schokoladenriegel als gesunden Snack in Kritik [BARRIONUEVO, 2005].

Nach Absetzung der Linie CocoaVia™ in den USA wurde diese im Oktober des darauffolgenden Jahres wieder durch ein Kakaotrunk eingeführt. Dieses besitzt die positiven Eigenschaften von dunkler Schokolade ohne entsprechendem Energiegehalt [MARS, 2012].

Auch europäische Firmen bringen Schokoladenprodukte mit hohem Polyphenolgehalt auf dem Markt. Ein Beispiel ist die Acticoa™-Schokolade der schweizer Firma Barry Callebaut. Da vor allem während der Fermentation hohe Verluste an Polyphenolen entstehen, wird nur ein Teil der verwendeten Kakaobohnen fermentiert. Das gibt der Acticoa™-Schokolade ihren adstringierenden Geschmack [BARRY CALLEBAUT, 2012]. Ein Beispiel für Kakaopulver mit einem hohen Gehalt an Polyphenolen ist das Produkt des spanischen Lebensmittelkonzerns Natraceutical. Dieses weist einem 12 prozentigen Gehalt an Polyphenolen auf [HEINEMANN, 2011].

13.7.2. Schokoladenprodukte mit weniger Zucker

Im November 2011 wurde der Süßstoff Steviosid INS 960 von der EU-Kommission zur Verarbeitung von Lebensmittel zugelassen. Dieser wird aus der Pflanze *Stevia rebaudiana* (Asteraceae) gewonnen und ist 300 mal süßer als Saccharose [EBERMANN und ELMADFA, 2011]. In den USA ist die „Stevia-Schokolade“ des belgischen Schokoladenherstellers Cavalier bereits auf dem Markt. Im kommenden Jahr soll sie auch auf dem europäischen Markt eingeführt werden [HEINEMANN, 2011]. Für ihre Herstellung wird Zucker durch eine Süßstofflösung in Kombination mit Steviaextrakt ersetzt. Diese ist, laut Hersteller, reich an Ballaststoffen und enthält bis zu 65% weniger Kalorien als Saccharose [BARRY CALLEBAUT, 2010]. Insgesamt enthält „Stevia-Schokolade“ 45% weniger Kalorien als herkömmliche Schokolade [HEINEMANN, 2011]. Bereits in der Schweiz auf dem Markt ist die „Stevia-Schokolade“ von Villars. Sie enthält nur 4% Zucker. Als Ersatz wird Gummi arabicum und der Zuckeraustauschstoff Isomalt eingesetzt [HEINEMANN, 2011].

14. Die Fette verschiedener *Theobroma*-Arten und ihre Bedeutung für die Lebensmittelindustrie

Die wichtigste Zutat der Schokolade ist die Kakaobutter. Sie gibt dem Produkt die charakteristische Textur und das typische Mundgefühl. Kapitel 14 soll einen kurzen Überblick über die Fette der wichtigsten *Theobroma*-Arten und ihre Eignung für die Schokoladenproduktion geben.

14.1. *Theobroma cacao*

Die Kakaobutter ist ein schwach nach Kakao riechendes und schmeckendes, elfenbeinfarbenes Fett. Sie macht 50 – 57% des Trockengewichts der Kakaobohnen aus [STEINBERG et al., 2003]. Ihre Hauptfettsäuren sind die gesättigten Fettsäuren Stearinsäure (35%) und Palmitinsäure (18%) und die einfach ungesättigte Fettsäure Ölsäure (37%) [EBERMANN und ELMADFA, 2011].

Wie oben erwähnt weist Kakaobutter einen hohen Gehalt an gesättigten Fettsäuren auf. Diese gelten als Nahrungsbestandteile mit ungünstigsten Auswirkungen auf die Gesundheit. Sie wirken sich negativ auf die Lipoproteinzusammensetzung aus und werden mit einem erhöhten Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen in Zusammenhang gebracht. Schon eine einprozentige Reduktion der gesättigten Fettsäuren senkt den Plasma-Cholesterinwert um 3mg/dl [HAHN et al., 2005]. Doch nicht jede gesättigte Fettsäure besitzt diese ungünstigen Eigenschaften. Die reichlich in Kakaobutter enthaltene Stearinsäure verhält sich beispielsweise cholesterinneutral. Mögliche Erklärungen dafür könnten ihre ineffiziente Resorption, Stoffwechselkinetik, Kettenlänge oder die in der Leber stattfindende Desaturation bzw. Umwandlung in Ölsäure sein [STEINBERG et al., 2003].

Kakaobutter besteht aus einer Mischung von 40 – 50 verschiedenen Tryglyceriden. Ihre Haupttriglyceride sind:

- 1-Palmitoyl-2-oleoyl-3-stearoylglycerol (POS; 35% Anteil)
- 1,3-Distearoyl-2-oleoylglycerol (SOS; 23% Anteil)
- 1,3-Dipalmitoyl-2-oleoylglycerol (POP; 15% Anteil) [AFOAKWA, 2010].

Alle 3 Triglyceride weisen eine symmetrische Struktur mit einer Ölsäure an zweiter Position und Palmitinsäure oder Stearinsäure an der ersten oder dritten Position des Glycerins auf [TALBOT und SLAGER, 2008; EBERMANN und ELMADFA, 2011]. Viele Eigenschaften der Kakaobutter (Härte, Schmelzpunkt, Textur) sind auf diese Struktur und die geringe Anzahl an unterschiedlichen Triglyceriden zurückzuführen [TALBOT und SLAGER, 2008; AFOAKWA, 2010].

Kakaobutter ist bei Raumtemperatur hart und schmilzt zwischen 32°C und 34°C [EBERMANN und ELMADFA, 2011]. Sie ist ein polymorphes Fett, welches je nach Temperatur in verschiedenen Modifikationen auskristallisieren kann. Die 4 Hauptmodifikationen (γ -, α -, β -, und β' -Form) unterscheiden sich wesentlich in ihren Schmelzpunkten [KATTENBERG, 2001]. Dieser liegt bei der α -Form zwischen 21°C – 24°C, der β' -Form bei 27°C – 29°C und der β -Form bei 34°C – 35°C [EBERMANN und ELMADFA, 2011]. In welcher Form die Schokolade

kristallisiert, ist von den Kristallisationsbedingungen abhängig. Thermisch stabil ist nur die β -Form und daher ist es erwünscht, während dem Temperieren möglichst viele β -Kristallkeime zu erzeugen [EBERMANN und ELMADFA, 2011]. Diese gewinnt man durch langsames Abkühlen der Schokoladenmasse [KATTENBERG, 2001].

14.2. *Theobroma grandiflorum*

Cupuaçufett ist ein hellbeiges, säuerlich und aromatisch riechendes Fett. Es ist bei Raumtemperatur fest [KIRST et. al., 2008] und wird durch Pressen der Cupuaçusamen gewonnen [LANNES et al., 2003]. Es ist wie die Kakaobutter ein polymorphes Fett, das eine α -Form und eine β -Form aufweist [LANNES, 2003]. Cupuaçufett ist in seiner Fettsäurezusammensetzung der Kakaobutter sehr ähnlich. Seine Hauptfettsäuren sind Ölsäure (41,5%) und Stearinsäure (33,4%). Auch Arachinsäure (11%), Palmitinsäure (6,84%) und Linolsäure (3,68%) sind im Cupuaçufett enthalten [KIRST et. al., 2008].

Da das Fett der Cupuaçusamen einen geringeren Schmelzpunkt hat als Kakaobutter, wird es bei der Schokoladenproduktion nicht eingesetzt [VENTURIERI, 2011]. Der teilweise Ersatz von Kakaobutter durch Cupuaçufett könnte aber lebensmitteltechnologisch durchaus sinnvoll sein. Wegen des niedrigen Schmelzpunktes kann es in Schokoladen mit weichen Füllungen zum Einsatz kommen. Auch ökonomisch gesehen wäre Cupuaçufett eine gute Alternative zur teuren Kakaobutter [LANNES et al., 2003]. Die Cupuaçubutter wird bereits in der Produktion von Süßigkeiten und Konfekt in den nördlichen und nordöstlichen Regionen Brasiliens verwendet [SALGADO et al., 2011].

14.3. *Theobroma bicolor*

Das weiche, gelbe Fett von *Th. bicolor* macht 38% des Trockengewichts der Samen aus. Seine Fettsäure- und Triglyceridzusammensetzung unterscheiden sich wesentlich von der Kakaobutter. Die Unterschiede liegen vor allem im höheren Anteil an Stearinsäure (43%) und Ölsäure (45%) und im geringeren Anteil an Palmitinsäure (6,6%). Die symmetrischen, einfach ungesättigten Triglyceride machen bei *Th. bicolor* einen 44 prozentigen Anteil aus. Bei der Kakaobutter liegt dieser bei ca. 80% [JEE, 1984].

Durch den hohen Anteil an zweifach ungesättigten Fettsäuren eignet sich dieses Fett nicht für die Herstellung von Schokolade. Es senkt den Schmelzpunkt und verursacht so eine unerwünschte Weichheit der Schokolade [JEE, 1984].

15. Kakaobutteraustauschstoffe

Außer für Lebensmittel wird die Kakaobutter auch in der Kosmetik- und Pharmaindustrie eingesetzt. Bedingt durch die enorme Preissteigerung der Kakaobutter, sucht man in der Lebensmittelindustrie aber immer wieder nach neuen Fetten zur Substitution [ANVOH et al., 2009].

So ist es seit 2000 in allen europäischen Ländern erlaubt, der Kakaobutter maximal 5% andere pflanzliche Fette zuzumischen. Zugelassen sind sechs Hauptfette, die durch Raffination oder Fraktionierung gewonnen werden: Illipe-Butter (*Shorea spp.*), Kokumfett (*Garcinia indica*), Palmöl (*Elaeis guineensis*, *Elaeis oleifera*), Sal-Butter (*Shorea robusta*), Sheabutter (*Butyrospermum parkii*) und Mangokernfett (*Mangifera indica*) [RIS, 2011].

Darüber hinaus haben sogenannte Kakaobutteraustauschfette über die Jahre eine gewisse wirtschaftliche Bedeutung erlangt. Grob kann man hierbei zwei Gruppen unterscheiden: die Kakaobutteräquivalente (cocoa butter equivalents, CBEs) und die Kakaobutterersatzfette (cocoa butter replacers, CBRs) [KRIST et al., 2008; AFOAKWA, 2010]. Während CBEs mit Kakaobutter mischbar sind und diese nur zum Teil ersetzen, werden CBRs dazu verwendet die Kakaobutter in kakaohaltigen Lebensmitteln oder Süßwaren vollkommen zu ersetzen [AFOAKWA, 2010].

15.1. Kakaobutteräquivalente (CBEs)

15.1.1. Allgemeines

Kakaobutteräquivalente sind in ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften der Kakaobutter sehr ähnlich. Sie verfügen über ähnliche Fettsäurezusammensetzung und Glycerinstruktur. Daher können sie die

Kakaobutter zum Teil in Kakaoerzeugnissen ersetzen, ohne dabei die Textur wesentlich zu verändern [KRIST et al., 2008; AFOAKWA, 2010]. Gründe für die Verwendung von Kakaobutteräquivalenten können ökonomischer oder qualitativer Natur sein [SCHERER, 2003]. Beim Einsatz von CBEs ergeben sich keine sensorischen oder verarbeitungstechnischen Nachteile [KRIST et al., 2008].

Da die Kakaobutteräquivalente ca. 70 – 90% des Preises von Kakaobutter ausmachen, sind sie eine preiswertere Alternative. Auch das teure MilCHFett kann mit einem maßgeschneiderten Kakaobutteräquivalent zum Teil in der Rezeptur ersetzt werden. Die Einsparungen, die dadurch erzielt werden können sind sehr hoch. Es gibt, neben dem wirtschaftlichen Interesse an Kakaobutteräquivalenten, aber auch qualitative Gründe für ihren Einsatz. Kakaobutter ist wie oben erwähnt ein natürlicher Rohstoff, der je nach Herkunft in seiner Zusammensetzung und daher in seinen Eigenschaften variiert. Durch den Einsatz von Kakaobutteräquivalenten kann man diese Unterschiede ausgleichen und ein Fett kreieren, das den vorherrschenden Klimabedingungen besser angepasst ist [SCHERER, 2003].

15.1.2. Herstellung der CEBs

Wie bereits im Kapitel 14.1 beschrieben unterscheiden sich die Schmelzpunkte der 3 Haupttriglyceride der Kakaobutter erheblich. So weisen CBEs mit einem höheren Anteil an SOS (p. 89) einen höheren Schmelzpunkt auf. Um eine kakaobutterähnlichen Tryglyceridzusammensetzung zu erhalten, müssen die zugelassenen Fette per Fraktionierung konzentriert und danach zu einem optimalen Mix vermischt werden [TALBOT und SLAGER, 2008].

15.1.3. CEBs und Lagerfähigkeit bei höheren Temperaturen

Die Kakaobutter schmilzt bei Temperaturen um die 30°C, was sich im Sommer ungünstig auf die Lagerung auswirken kann. Für eine optimale Lagerstabilität ist daher ein entsprechend hoher Fettgehalt der Kakaobutter extrem wichtig. Ist dieser zu niedrig schmilzt so die Schokolade und Struktur sowie Form des Produktes werden zerstört [KRISTOTT, 2005]. Bei der Härte der Schokolade

spielt außerdem das Mundgefühl eine dominante Rolle und entscheidet über den Erfolg des Produktes. Ideal ist es, wenn die Schokolade bei Raumtemperatur knackig ist [KATTENBERG, 2001]. Um das Schmelzen bei höheren Temperaturen zu vermeiden, werden sogenannte Kakaobutterverbesserer (cocoa butter improvers, CBI) – eine Untergruppe der CBEs - eingesetzt. CBIs haben einen höheren Festfettgehalt (Solid Fat Content) als Kakaobutter und machen diese bei einer Vermischung wärmebeständiger und härter. So erhöhen CBIs die Härte der Schokoladen bei Temperaturen um 32°C wesentlich. Dies erschließt neue Möglichkeiten für die Entwicklung hitzestabiler Produkte während der Sommermonate [KRISTOTT, 2005; SCHERER, 2003].

15.2. Kakaobutterersatzfette (CBRs)

Die Kakaobutterersatzfette unterscheiden sich von den Kakaobutteräquivalenten wesentlich in Fettsäurezusammensetzung und Glycerinstruktur. Wie bereits erwähnt ersetzen sie die Kakaobutter in den schokoladehaltigen Produkten komplett. Man unterscheidet 2 CBRs: laurinsäurehaltige (Laurics) und laurinsäurefreie Produkte (Non Laurics). Hergestellt werden Laurics auf der Basis von nativem, hydriertem sowie fraktioniertem Kokos- und Palmkernfett. Non Laurics hingegen werden aus fraktionierten sowie umgeesterten Pflanzenölen, Tierfetten und deren Mischungen gewonnen. Als Öle können etwa Sojaöl, Palmöl und als Tierfette Talg und Schmalz dienen [KRIST et al., 2008]. Non Laurics weisen eine ähnliche Fettsäurezusammensetzung wie die Kakaobutter auf, unterscheiden sich aber in ihrer Triglycerinstruktur erheblich [LIPP und ANKLAM, 1998].

16. Die Nebenprodukte der wichtigsten *Theobroma*-Arten und ihre Nutzung

Das Behandlungsverfahren von *Th. cacao* nach der Ernte ergibt eine Reihe von Abfall- und Nebenprodukten. Nur etwa 19% der Kakaofrucht werden kommerziell gehandelt und weiterverwendet, die restlichen 81% haben so gut wie keine wirtschaftliche Bedeutung [ADOMAKO, 2006].

Dabei hätten einige dieser sogenannten „Nebenprodukte“ durchaus wirtschaftliches Potential. Dazu gehören in erster Linie: die Kakaopulpa (Fruchtfleisch; Meso- und Endokarp) (p.94 ff.), das Perikarp (Fruchtschale; Exo- und Mesokarp) (p. 99) und die Testa (Samenschale) (p. 100). Geringere Bedeutung haben Kakaobohnen minderer Qualität, die sich für die Schokoladenindustrie nicht eignen [ADOMAKO, 2006]. Neue Wege und Methoden für die Verwendung tropischer Früchte, wie Kakaofrucht oder Cupuaçufrucht könnten Produktionsverluste mindern, mehr Profit für die Kakaobauern bedeuten und eine nachhaltige Landwirtschaft in den Tropen fördern [DUARTE et al., 2010].

16.1. *Theobroma cacao*

16.1.1. Die Kakaopulpa

Die jährliche Produktion von Kakaopulpa der 3 größten Kakaoproduzenten (Elfenbeinküste, Ghana und Indonesien) wird auf 300 000, 160 000 und 90 000 Kubikmeter geschätzt. Trotz dieser enormen Mengen, wird die Pulpa nur regional als Getränk verkauft und konsumiert [ANVOH et al., 2009].

Die Kakaopulpa, welche für die Fermentation wesentlich ist, wird normalerweise durch Mikroorganismen vergoren und ist für die Industrie nicht mehr verwertbar [FIGUEIRA et al., 1993].

Tabelle 5: Mögliche neue Produkte aus Nebenprodukten in der Schokoladenindustrie [WOOD und LASS, 2001; FIGUEIRA et al., 1993; ADOMAKO, 2006; RETANA MENA, pers. comm. 2010; BELITZ et. al, 2007; DONGOWSKI et al., 1991; REDGWELL et al., 2002; OLUWALANA et al., 2006]

Nebenprodukte	neue Produkte
Kakaopulpa	- Gelee und Marmelade [WOOD und LASS, 2001; FIGUEIRA et al., 1993] - alkoholisches Getränk (43% Ethanolgehalt) [FIGUEIRA et al., 1993; ADOMAKO, 2006] - Kakaowein - Essig [FIGUEIRA et al., 1993] - Eis [FIGUEIRA et al., 1993] - Fruchtsaftkonzentrate [FIGUEIRA et al., 1993] - Fruchtshakes [FIGUEIRA et al., 1993; MCB, 2006] - Pektin [ADOMAKO, 2006] - Unkrautvernichtungsmittel [RETANA MENA, pers. comm. 2010]
Samenschalen	- Theobromin [BELITZ et. al, 2007] - Ballaststoff [DONGOWSKI et al., 1991; REDGWELL et al., 2002] - Tee-Ersatz [BELITZ et. al, 2007] - Aktivkohle, Kortkersatz [BELITZ et. al, 2007] nach Extraktion des Fettes: - Düngemittel [BELITZ et. al, 2007] - Brennstoff [BELITZ et. al, 2007]
Fruchtschalen	- Seifen [FIGUEIRA et al., 1993; ANVOH et al., 2009] - Futtermittel für Geflügel [FIGUEIRA et al., 1993; ANVOH et al., 2009] - Pektin [OLUWALANA et al., 2006] - Düngemittel [ADOMAKO, 2006]

In der Lebensmittelindustrie findet die übrig gebliebene, fermentierte und flüssig gewordene Pulpa („sweatings“) manchmal regional noch Verwendung [FIGUEIRA et al., 1993]. In Costa Rica wird diese zum Beispiel von manchen Bauern auch als biologisches Unkrautvernichtungsmittel eingesetzt [RETANA MENA, pers. comm. 2010].

Die fermentierte Pulpa ist reich an Zucker, Pektinen und verschiedenen Säuren [FIGUEIRA et al., 1993]. Aus 1000 kg frischen unfermentierten Kakakobohnen (Fermentationsmasse) ergeben sich ca. 150 Liter fermentierter Pulpasaft („sweatings“) [ADOMAKO, 2006].

Oftmals wird für die Fermentation gar nicht die gesamte Pulpa benötigt. Wie bereits im Kapitel 5.2.3 (p. 26 ff.) erwähnt, wird in Brasilien und Malaysia ein Teil der Pulpa vor der Fermentation entfernt, was sich auf die Essigsäureproduktion auswirkt. Es handelt sich um „bean spreading“, ein Verfahren bei dem das Pulpavolumen verringert wird [MEYER et al., 1989; SCHWAN und WHEALS, 2004]. Die Entfernung der Pulpa wirkt dem vergleichsweise sauren Kakao entgegen - die Kotyledonen weisen einen pH-Wert von 4,2 auf [SCHWAN und WHEALS, 2004]. Da die Pulpa einen charakteristischen tropischen Geschmack hat, könnte sie z.B. für die Herstellung von Kakaogelée, -marmelade, -essig oder -wein verwendet werden. Aus einer Fermentationsmasse von ca. 800 Kilogramm können 40 Liter frische Pulpa gewonnen werden [FIGUEIRA et al., 1993]. Aber auch im frischen Zustand gibt es mehrere Möglichkeiten die Kakaopulpa weiterzuverarbeiten [MEYER et al., 1989; SCHWAN und WHEALS, 2004].

16.1.1.1. Produkte aus frisch gewonnener Pulpa

Unter Berücksichtigung der derzeitigen Kakaoproduktion (Daten aus dem Erntejahr 2003 - 2004) könnte die Produktion von Marmelade aus Kakaopulpa, allein von den drei Hauptproduzenten (Elfenbeinküste, Ghana, Indonesien) 256,6 Tonnen betragen [ANVOH et al., 2009]. Die aus der Pulpa gewonnene Marmelade kann ernährungsphysiologisch und von der Konsumentenakzeptanz her mit herkömmlichen Marmelade gleich gesetzt werden [ANVOH et al., 2009].

Auch Gelee kann aus frischer Kakaopulpa hergestellt werden, da diese 1% Pektin enthält. Sie eignet sich daher perfekt zur Geleeproduktion. Die Pulpa wird dafür aufgekocht und pro Liter werden 300 – 600 g Zucker beigemischt [WOOD und LASS, 2001]. Das fertige Gelee hat einen säuerlichen, fruchtigen Geschmack und ist in der brasilianischen Region Bahai sehr beliebt [FIGUEIRA et al., 1993].

Getränke aus Kakaopulpa haben einen hohen ernährungsphysiologischen Wert und großes wirtschaftliches Potential. Sie sind reich an Mineralstoffen und Vitaminen (siehe Tabelle 6). Verglichen mit häufig konsumierten Fruchtsäften, wie zum Beispiel Orangensaft, weist das Kakaogetränk mit 171,5 mg / Liter einen hohen Gehalt an Kalzium auf. Der Gehalt anderer Mineralstoffe ist mit dem Gehalt herkömmlicher Fruchtsäfte zu vergleichen. Vitamin C ist mit einem Anteil von 18,3 mg /Liter [ANVOH et al., 2009] jedoch wesentlich geringer als der von Orangensaft (77 mg /Liter) [HERNÁNDEZ et al., 2006].

Durch den hohen Zitronen- und Essigsäuregehalt ist das Kakaogetränk mit einem pH-Wert von 3,75 ein wenig säuerlicher als Orangensaft. Der hohe Anteil an diesen Säuren stabilisiert Farbe und Geschmack des Getränkes. Der hohe Zuckergehalt spielt ebenfalls eine Rolle bei der Abrundung des Kakaogetränkes. Er überdeckt den unangenehmen Geschmack der Säure [ANVOH et al., 2009].

Tabelle 6: Nährstoffgehalt und pH-Wert des Kakaogetränks aus Kakaopulpa [ANVOH et al., 2009].

Parameter	Werte
Wassergehalt (%)	85,3
pH-Wert	3,75
Glucose (g/l)	214,24
Saccharose (g/l)	21,31
Zitronensäure (mg/l)	9,14
Essigsäure (mg/l)	2,28
Vitamin C (mg/l)	18,3

Calcium (mg/l)	171,5
Magnesium (mg/l)	82,5
Fett (%)	3,54
Protein (g/l)	7,2

In manchen Regionen Südamerikas hat sich eine kleine Industrie etabliert, die ihren Schwerpunkt auf der Verarbeitung von Kakaopulpa hat. Diese wird frisch mit Zugabe von Wasser oder Milch als „Shakes“ konsumiert [FIGUEIRA et al., 1993]. Da diese Getränke nur kurz haltbar sind (bei 5 -7°C nur 12 - 15 Tage) können sie nur regional vertrieben werden. Eine Möglichkeit der Haltbarmachung und die Erschließung größerer Märkte, wäre die Sprühtrocknung [MCB, 2006]. Die Pulpa kann außerdem für die Herstellung von Eis und Fruchtsaftkonzentrate eingefroren werden. Dieser Prozess ist jedoch sehr kostenintensiv [FIGUEIRA et al., 1993].

16.1.1.2. Produkte aus der fermentierten Pulpa

Alkohol und Essig

Durch kontrollierte Fermentation mit anschließender Destillation der abgeflossenen Pulpa wird ein alkoholisches Getränk (mit 43% Ethanolgehalt) hergestellt [FIGUEIRA et al., 1993]. Hierfür muss die Pulpa 20 Stunden nach Beginn der Fermentation verarbeitet werden. Danach wird die gewonnene Flüssigkeit 4 Tage stehen gelassen und anschließend destilliert [ADOMAKO, 2006]. Die Produktion von Essig ist ebenfalls möglich, jedoch in weiten Teilen der Anbauggebiete nicht üblich [FIGUEIRA et al., 1993].

Pektin

Aus der flüssig gewordenen Pulpa wird überdies Pektin gewonnen. Diese Produktion hat großes wirtschaftliches Potenzial, da Pektin ein wichtiges Polysaccharid für die Lebensmittel- und Pharmaindustrie darstellt. Lebensmitteltechnologisch bedeutsam ist die Eigenschaft von Pektin (mit Ca-Ionen) Gele zu bilden [ARLORIO et al., 2001; EBERMANN und ELMADFA, 2011]. Die Gelbildung wird neben dem Calciumgehalt durch Temperatur,

Zuckergehalt, pH-Wert und Pektinart beeinflusst [EBERMANN und ELMADFA, 2011]. Pektin findet vielseitige Verwendung etwa als Zusatzstoff in der Marmeladeindustrie, bei Tiefkühlwaren und kalorienreduzierten Lebensmitteln [ARLORIO et al., 2001]. Die konventionelle Produktion von Pektin erfolgt hauptsächlich aus den Schalen von Zitrusfrüchten und unreifen Äpfeln [EBERMANN und ELMADFA, 2007]. Die Extraktion von Ballaststoffen und Pektin aus nicht-konventionellen Lebensmittelmatrixen war bereits Gegenstand einiger Studien. Auch ihre Verwendung für andere Lebensmittel oder Functional Food wurde untersucht [ARLORIO et al., 2001].

Für die Pektinproduktion aus Kakaopulpa muss diese schon 4 Stunden nach Beginn der Fermentation gewonnen werden, da sonst die Degradation von Pektin zu weit fortgeschritten wäre. Die flüssige Kakaopulpa wird filtriert und 15 Minuten erhitzt. Nach Versetzen mit verdünnter Salzsäure, weist sie einen pH-Wert von 3,2 auf. Nach Zugabe hochprozentigen Alkohols (83 - 88%) fällt das Pektin nach mehreren Stunden aus. Das abfiltrierte Pektin muss noch bei 60 °C im Ofen getrocknet werden. Bei dieser Methode können aus ca. 28,5 - 35,5 Liter fermentierter Kakaopulpa 0,5 kg Pektin gewonnen werden. Die Qualität des Pektins ist mit dem aus unreifen Äpfeln beziehungsweise Zitronenschalen vergleichbar [ADOMAKO, 2006].

16.1.2. Das Perikarp

Bei der Produktion von einer Tonne Kakaobohnen fallen ca. 10 Tonnen Fruchtschalen bzw. Perikarp an [FIGUEIRA et al., 1993], welches ca. 67% der frischen Kakaofrucht ausmacht [ADOMAKO, 2006]. Kommerziell werden die Fruchtschalen nicht genützt und gelten deshalb als Abfallprodukt in der Kakaoindustrie. Doch in manchen Gebieten hat sich eine kleine Industrie für die Verarbeitung und Veredelung von Kakaoschalen entwickelt. Da das Perikarp weniger Theobromin enthält als die Testa, ist dieses besser verträglich für Tiere. Es eignet sich dadurch besser als Futtermittel [PRABHAKARAN NAIR, 2010] und findet etwa in Nigeria und Ghana als Geflügelfutter Verwendung. Außerdem eignet es sich für die Herstellung von Seifen [FIGUEIRA et al., 1993; ANVOH et al., 2009].

Auch die Gewinnung von Pektin aus dem Perikarp ist möglich. Dieses kann anschließend für die Marmeladenproduktion verwendet werden [OLUWALANA et al., 2006]. Die getrockneten Fruchtschalen weisen einen Pektingehalt von 5,3 - 7,08 % auf [PRABHAKARAN NAIR, 2010]. Zur Pektingewinnung müssen sie 24 Stunden lang bei 80 Grad getrocknet und zu Pulver zermahlen werden. Anschließend wird das Pektin extrahiert [OLUWALANA et al., 2006]. Laut PRABHAKARAN NAIR (2010) ist die Qualität des Pektins aus dem Perikarp hochwertiger als jenes aus der fermentierten Pulpa [PRABHAKARAN NAIR, 2010].

Die biologisch abbaubaren Fruchtschalen können außerdem für die Produktion von Düngemittel verwendet werden. Dazu werden sie einfach auf der Farm ausgestreut oder zu kleinen Flocken vermahlen und kompostiert [ADOMAKO, 2006].

16.1.3. Die Testa

Jährlich fallen tonnenweise Samenschalen von Kakaobohnen an [DONGOWSKI et al., 1991; REDGWELL et al., 2002]. Sie dienen hauptsächlich als sekundäre Quelle für Theobromin, Koffein und Kakaolipide (nicht zu verwechseln mit der Kakaobutter) [ARLORIO et al., 2005]. Darüber hinaus liefern sie Tee-Ersatz und Brennstoff [BELITZ et al., 2007].

Auf Grund von Wasserbindungsvermögen und Polysaccharidzusammensetzung stellen die Samenschalen der Kakaobohnen eine günstige Quelle für Ballaststoffe dar [DONGOWSKI et al., 1991; REDGWELL et al., 2002]. Sie sind für funktionelle Lebensmitteln interessant wo sie neben Vitaminen, Mineralstoffen, ungesättigten Fettsäuren und Probiotika vorkommen [LEITZMANN et al., 2003]. Kakaosamenschalen enthalten auch Polyphenole. Diese bioaktiven Stoffe könnten das Interesse der Functional Food Industrie wecken [LECUMBERRI et al., 2007].

Durch den Anstieg von Übergewichtes und den damit verbundenen Erkrankungen stieg die Nachfrage nach süßen Backwaren mit niedrigerem

Energiegehalt enorm an. Um ein Lebensmittel energieärmer gleichzeitig aber ballaststoffreicher zu machen, muss entweder das Fett oder ein Teil des Mehles durch unterschiedliche Ballaststoffe ersetzt werden [MARTINEZ-CERVERA et al., 2010]. Ballaststoffreiches Kakaopulver aus der Testa der Kakaobohne könnte in der Herstellung von „low-fat“-Lebensmitteln und ballaststoffreichen Diätlebensmitteln zum Einsatz kommen. Es würde dem Produkt seine charakteristische Farbe und Kakaogeschmack verleihen [LECUMBERRI et al., 2007].

Die Untersuchung von ballaststoffreichem Kakaopulver, welches aus Samenschalen von Kakaobohnen hergestellt wurde, ergab einen extrem hohen Ballaststoffgehalt von 60% der Trockenmasse. Der Gehalt an Polyphenolen war mit 6% der Trockenmasse geringer als erwartet. Dennoch könnte dieses Pulver für Süßwaren und Bäckereierzeugnisse verwendet werden [LECUMBERRI et al., 2007].

16.2. *Theobroma grandiflorum* (Cupuaçu)

16.2.1. Allgemeines

Die industriellen Nebenprodukte von *Th. grandiflorum* haben ähnlich wie bei *Th. cacao* noch wenig Bedeutung. Dies ist deshalb erstaunlich, weil gerade sie oft reich an bioaktiven Substanzen mit funktionellen Eigenschaften sind. Bislang wurden nur wenige Studien veröffentlicht, die sich mit dem wirtschaftlichen und ernährungsphysiologischen Potential der industriellen Nebenerzeugnisse von Cupuaçu beschäftigten [SALGADO et al., 2011].

16.2.2. Cupuaçupulpa

Wie bereits im Kapitel 5.2.3 (p. 26 ff.) erwähnt hat die Pulpa von *Th. grandiflorum* einen einzigartigen tropischen Geschmack und wird in südamerikanischen Ländern für die Produktion von Säften, Marmeladen oder Füllungen für Süßigkeiten verwendet [ROGEZ et al. 2004].

16.2.3. Das Perikarp und Cupuaçu-Mehl (CPF)

Aus dem Perikarp der Cupuaçufrucht kann Mehl gewonnen werden. Dieses könnte etwa zum Anreichern von Vollkornbrot verwendet werden. Brot ist einer der wichtigsten Nahrungsquellen in der Geschichte der Menschen und zählt noch immer zu den wichtigsten Grundnahrungsmitteln. Die brasilianische Produktion von Brot ist abhängig von ausländischen Weizenimporten, welche den Brotpreis enorm ansteigen lassen. Eine Anreicherung des Brotes mit Mehl aus dem Perikarp der Cupuaçufrucht (cupuassu peel flour. CPF), könnte den Brotpreis senken und ein qualitativ hochwertigeres Produkt liefern [SALGADO et al., 2011].

Für die Herstellung von CPF wird zunächst die Pulpa mit den Samen aus den Früchten entfernt. Danach wird das Perikarp gereinigt, gefriergetrocknet und mittels einer Mühle gemahlen. Aufbewahrt wird das Pulver bei einer Temperatur von 4°C Celsius [SALGADO et al., 2011].

CPF eignet sich sehr gut für die Anreicherung von Brot oder anderen niederkalorischen Backwaren, die reich an Ballaststoffen sein sollen. Ein Vorteil bei einer Zugabe von CPF ist der geringere Energiegehalt des Brotes. Dieser ist wahrscheinlich auf den Ersatz der Stärke des Weizens durch die komplexen Polysaccharide des Perikarps von *Th. grandiflorum* zurückzuführen. Auch bei den Konsumenten fand das mit CPF angereicherte Brot Akzeptanz. Am besten wurde das Brot angenommen, wenn 6% des Weizenmehls durch CPF ersetzt wurden. CPF kann daher als eine gute Quelle für Ballaststoffe und sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe angesehen werden [SALGADO et al., 2011].

17. *Theobroma cacao* und *Theobroma grandiflorum*: Bedeutung für die Weltwirtschaft

17.1. weltwirtschaftliche Situation von *Theobroma cacao*

In den 1970er Jahren wurde enorm in den Kakaoanbau, welcher sich seit dem fast verdoppelt hat, investiert. Grund dafür war der hohe Weltmarktpreis von Kakao. Insbesondere in Westafrika (Elfenbeinküste) und Südostasien kam es zu einer beachtlichen Vergrößerung der Produktionsfläche [HÜTZ-ADAMS, 2010].

Negative Auswirkungen auf den Kakaopreis hatten vor allem: gesteigerte Erntemengen, verbesserte Transportmöglichkeiten und Unternehmensfusionen. Die weltweite Produktion überstieg die Nachfrage deutlich. Die daraus resultierenden Preissenkungen in den 1990er Jahren zwangen die Bauern ihre Kosten im Kakaoanbau zu minimieren [HÜTZ-ADAMS, 2010]. Viele Investitionen (verbessertes Pflanzenmaterial etc.) konnten von den Bauern nicht mehr getätigt werden, was schlechte, krankheitsanfällige Pflanzung und Ernteauffälle zur Folge hatte [HIMMELREICH, 2010].

Kakao bestimmt als klassisches Agrargut seinen Weltmarktpreis durch Angebot und Nachfrage. Neben der politischen Entwicklung in den Produzentenländern bestimmen auch Ernteauffälle den Kakaopreis. Dem entsprechend reagiert er oft mit starken Schwankungen. Hier spielt vor allem der größte Kakaoproduzent, die Elfenbeinküste, eine wesentliche Rolle [GEIGER, 2012b].

Bis 2007 gab es an der Elfenbeinküste schwere Unruhen und Bürgerkrieg, was den Kakaoanbau sehr erschwerte beziehungsweise unmöglich machte. Die Folgen des Krieges verschärften die Ernteprobleme und 2010 trieben Spekulanten den Preis für Kakao zu seinem 30jährigen Höchststand. Seit dieser Zeit ist der Weltmarktpreis für Rohkakao an der Londoner Börse um 55% gefallen. Doch glaubt man dem weltweitgrößten Schokoladenhersteller Barry Callebaut, so darf man eine Verdoppelung des Preises in den nächsten acht Jahren erwarten [HIMMELREICH, 2010, GEIGER, 2012a]. In Anbetracht der

weltweiten Stagnation der Ernte und der immer größer werdenden Nachfrage nach Schokolade, welche verschärft wird durch eine erstärkende Mittelschicht in den Schwellenländern, ist das eine realistische Einschätzung [GEIGER, 2012b]. Der Kakao-Experte Angus Kennedy spricht von einer Million Tonne Kakaobohnen, die in den nächsten acht Jahren fehlen wird [HIMMELREICH, 2010, GEIGER, 2012a]. Auch der derzeit geringe Preis kann zu einer zukünftigen Preissteigerung führen, da Landwirte beispielsweise auf andere Agrargüter umsteigen könnten. Dies würde zu einer Verknappung der Lagerbeständen von Kakao führen und somit zu einer Preissteigerung [GEIGER, 2012b].

Im Erntejahr 2010/11 stieg die globale Produktion um 15,5 Prozent an. Sie lag damit bei 4,2 Millionen Tonnen Kakaobohnen, einem Höchstwert seit 22 Jahren [HAIDER, 2011]. Auch der Marktanteil an Bio-Kakao nimmt ständig zu und wird gegenwertig auf 0,5 % geschätzt. Dies entspricht einer Menge von 15 000 Tonnen. Der Anteil von Fairtrade-Kakao am Weltmarkt ist mit 0,1 % nur sehr gering [BROCKMANN, 2011].

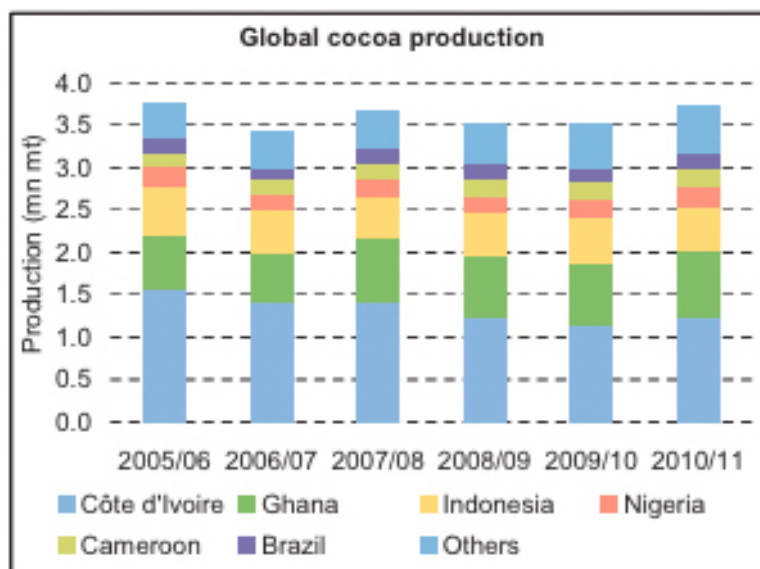


Abbildung 19: Anteil der Produzentenländer von Rohkakao an der globale Kakaoproduktion in Millionen Tonnen von den Jahren 2005/06 bis 2010/11 [LMC International, 2011]

17.2. wirtschaftliche Situation von *Theobroma grandiflorum*

Th. grandiflorum wird oft als Cash Crop für Mischkultursysteme empfohlen. Sie ist wegen ihrer stets wachsenden wirtschaftlichen Bedeutung sehr profitabel. Außerdem wächst sie in den unteren Etagen des Regenwaldes und ist Schatten gegenüber sehr tolerant [VENTURIERI, 2011].

In Brasilien gibt es Plantagenflächen von ca. 16 000 Hektar, von denen 6000 Hektar auf Pará (37%), 3000 Hektar auf das Amazonasgebiet (18,8%) und 1000 Hektar auf Acre (6,2%) entfallen [LANNES, 2003]. Die restlichen 38% sind im Land verteilt. Auch in Hausgärten in anderen brasilianischen Gebieten oder in den feuchten Tropen Costa Ricas, Columbiens, Ecuadors, Perus und Venezuelas hat sich *Th. grandiflorum* bereits etabliert [QUIJANO und PINO, 2007].

In Bahia, einer Region in der 1979 der Kakaoanteil noch 70,39% des Exportes ausmachte, wurde Cupuaçu in den 1990er Jahren im großen Stil zur Überbrückung der regionalen Kakaokrise eingeführt. In den 1980er Jahren war Cupuaçu mit 2 US-Dollar pro Frucht, die teuerste lokal angebaute Frucht Amazoniens [VENTURIERI, 2011].

Noch heute ist Cupuaçu eine der wichtigsten, natürlich vorkommenden und am häufigsten konsumierten Früchte der Amazonasregion. Somit hat diese Kakaoart großes ökonomisches Potential. Die Produktion von Cupuaçu stieg 1998 von 10 Millionen Tonnen/Jahr auf 21,4 Millionen Tonnen/Jahr 2000 an [SALGADO et al., 2011; DUARTE, 2010]. Alleine in der ersten Hälfte des Jahres 2005 wurden 50 Tonnen Cupuaçupulpa in andere Länder exportiert [VRIESMANN und PETKOWICZ, 2009; QUIJANO und PINO, 2007]. 2003 erzielte die Pulpa der tropischen Frucht 12 US-Dollar pro Kilogramm am Markt [LANNES, 2003].

Aber auch das Cupuaçufett, welches in der Schokoladeproduktion eingesetzt werden kann [VENTURIERI, 2011], könnte von wirtschaftlicher Bedeutung sein

[LANNES et al., 2003]. Der Preis für fermentierte Cupuaçusamen lag 2003 bei ca. 4 US-Dollar pro Kilogramm. Zurzeit wird nur der lokale und nationale Markt gedeckt, doch das immer größer werdende Interesse anderer Länder an dieser Kakaoart könnte den Bedarf rasch ansteigen lassen [LANNES, 2003].

18. Schlussbetrachtung

Hauptziel der vorliegenden Arbeit ist die Erarbeitung und Verknüpfung von Ökologie, Ökonomie und ernährungswissenschaftliche Bedeutung wichtiger *Theobroma*-Arten. Aufgrund neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse über den ernährungsphysiologischen Nutzen von Kakao (p. 85) hat die Nachfrage nach Schokoladen mit hohem Kakaoanteil in den letzten Jahren stark zugenommen [KEEN et al., 2005]. Auch neue Produkte mit hohem Polyphenol- oder reduziertem Zuckergehalt (p. 88) erobern langsam den europäischen Markt [HEINEMANN, 2011]. Anders als die kalorienhaltigen Milkschokoladenprodukte enthalten Edelschokoladen (mindestens 70% Kakaoanteil) große Mengen an antioxidativ wirkenden Polyphenolen (170mg/100g) [KEEN et al., 2005]. Diese werden vor allem mit der Prävention kardiovaskulärer Erkrankungen in Zusammenhang gebracht [KEEN et al., 2005]. Aber auch in der Kakaobohne enthaltenen Mineralstoffe (p. 74), Methylxanthine (Koffein und Theobromin) (p. 84) und Ballaststoffe sind ernährungsphysiologisch relevant [JALIL und ISMAIL, 2008; EBERMANN und ELMADFA, 2011].

Entscheidend für ein hochwertiges Produkt sind nicht nur einzelne Produktionsschritte in der Schokoladenherstellung sondern auch die Rohkakaoqualität. Diese wird neben Anbaumethode und Aufbereitung nach der Ernte maßgeblich durch die Kakaovarietät beeinflusst [ROHSIUS, 2007]. Zum Beispiel ist Criollo-Kakao (p. 21) für die Herstellung sortenreiner Schokoladenprodukten unerlässlich. Er wird vor allem wegen seines geringen Gehaltes an Bitterstoffen und besonderem Aroma als „fine“-Kakao (5% des Weltmarktes) gehandelt [DURRY und SCHIFFER, 2012; MOTAMAYOR, 2000; ICCO, 2012]. Da er jedoch sehr anfällig gegenüber Krankheiten ist, werden weltweit hauptsächlich Forastero-Varietäten („bulk“-Kakao) (p. 22) angebaut. Sie liefern ca. 85% der globalen Kakaoproduktion [REHM und ESPIG, 1996; ELWERS, 2008].

Durch die steigende Nachfrage nach Schokoladenprodukten wird die Produktion von Kakao laufend ausgeweitet. In den letzten 25 Jahren hat sich die Anbaufläche von Kakao verdoppelt. Dies ging vor allem auf Kosten von Primärwäldern in Afrika und Asien [RICE und GREENBERG, 2000]. Daher ist es erstrebenswert Kakaoanbausysteme zu fördern, die ökologisch verträglich und nachhaltig sind (p. 35) [SIEBERT, 2002]. Da Kakaobäume natürlich im tropischen Unterholz vorkommen, eignen sie sich hervorragend für Anbaumethoden innerhalb von Regenwäldern [RICE und GREENBERG, 2000; WOOD und LASS, 2001]. Ein Beispiel für diese sogenannten „Rustic cacao“-Systeme ist die Bewirtschaftungsart „Cabruca“ in Brasilien (p. 36). Primäre Wälder werden dabei zuerst von konkurrierenden Unterwuchsarten (bis zu 10%) gesäubert. Danach werden die Kakaosetzlinge in die frei geschlagenen Schneisen gepflanzt [BISSELEUA et al., 2009; RICE und GREENBERG, 2000]. Ein weiteres Bewirtschaftungssystem sind Plantagen mit künstlich angepflanzten Schattenbäumen („Planted shade systems“) (p. 37). Diese sind sehr variabel - sie reichen von traditionellen Permakulturen bis zu Systemen mit einer einzigen Art als Schattenbaum (meist schnellwachsende, stickstofffixierende Fabaceae) [RICE und GREENBERG, 2000]. Neben diesen kleinflächigen Schattenbewirtschaftungen existieren aber auch große Monokulturen (p. 37). Die Kakaopflanzungen befinden sich dabei komplett in der Sonne [DAND, 1997; ROHSIUS, 2007]. Unter Berücksichtigung aller Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Systemen ist die vielversprechendste Anbaumethode für *Th. cacao* eine Plantage im ausgedünnten Primär- bzw. Sekundärwald. Zusätzlich sollten Fabaceae angepflanzt werden um eine optimale Stickstoffversorgung zu gewährleisten. Dieses Anbausystem würde Qualität und Ernteertrag verbessern und gleichzeitig das komplexe landwirtschaftliche System mit seiner natürlichen Biodiversität erhalten [BOS et al., 2007].

Wichtig beim Anbau von Kakao ist neben gutem Pflanzenmaterial vor allem die Pflege der Plantage (Baumkronenschnitt, Sauberhaltung des Bodens, regelmäßige Kontrolle auf Krankheiten etc.) [RETANA MENA, pers. comm.

2010; DURRY und SCHIFFER, 2012]. Bei richtiger Bewirtschaftung ist eine Nutzung bis zu 50 Jahre möglich [ROHSIUS, 2007]. Ausschlaggebend für eine hohe Ernte kann neben den oben genannten Pflegemaßnahmen auch die Bestäubungsintensität (natürlich ca. 5%) sein. Diese könnte durch gezielte Förderung von Mückenpopulationen in den Plantagen gesteigert und somit der Ertrag verbessert werden. In der Studie von GROENEVELD et al. (2010) konnte mit einer Erhöhung der Bestäubungsintensität von 10% auf 40% eine Verdoppelung der Ernte erzielt werden [GROENEVELD et al., 2010].

Wie oben bereits erwähnt sind für die Rohkakaqualität auch die Behandlungsschritte nach der Ernte (Fermentation, Trocknung und Röstung) von großer Bedeutung. Die Fermentation (p. 52 ff.) der Kakaobohnen ist zum Beispiel unerlässlich für die Entwicklung von Farbe, Kakaoaroma und Geschmack [EBERMANN und ELMADFA, 2011; ROHSIUS, 2007]. Unfermentierte Bohnen bilden kein typisches Aroma aus und schmecken stark adstringierend [MISNAWI et al., 2002]. Während der Fermentation entstehen Aromavorstufen (zum Beispiel freie Aminosäuren) [STOLL, 2010] und die charakteristische braune Farbe der Samen [BELITZ et al., 2007]. Damit eine optimale Aromaqualität des Rohkakaos gewährleistet ist, müssen mindestens 50% der Bohnen vollständig fermentiert sein [PRABHAKARAN NAIR, 2010; STOLL, 2010]. Mittels Schnitttest (p. 69) kann der Fermentationsgrad festgestellt werden [STOLL, 2010]. Nach der Fermentation folgt die Trocknung der Samen (p. 61). Sie ist für eine ordnungsgemäße Lagerung (bis zu einem Jahr) und den Transport der Bohnen notwendig. Bei der Trocknung wird der Wassergehalt der Kakaobohnen auf 5 - 7% reduziert [WOLLGAST und ANKLAM, 2000]. Neben der Sonnentrocknung auf sogenannten Trocknungsbänken [SCHWAN und WHEALS, 2004] ist auch eine künstliche Trocknung (Trocknungsöfen) möglich [WOLLGAST und ANKLAM, 2000]. Diese kann sich allerdings auf die Geschmacksentwicklung der Schokolade auswirken, da „off-flavours“ (rauchige Note, hoher Säuregehalt etc.) entstehen können [ROHSIUS, 2007; AFOAKWA, 2010].

Der letzte Schritt zur vollen Ausbildung des Kakaoaromas stellt das Rösten (p. 63) dar [AFOAKWA, 2010]. Dabei werden unter anderem flüchtige Aromastoffe, welche wesentlich zur Bitterkeit und Adstringenz beitragen, reduziert [BELITZ et al., 2007; AFOAKWA, 2010]. Weiteres kommt es zu Maillardreaktionen von Proteolyseprodukten der Fermentation mit reduzierenden Zuckern. Das dadurch entstandene typische Kakaoaroma wird durch nachfolgende thermische und enzymatische Vorgänge verstärkt [STOLL, 2010].

Ein weiteres Ziel dieser Arbeit ist das Aufzeigen neuer Produktionsmethoden und Möglichkeiten in der Kakaoindustrie: Durch die Weiterverarbeitung von Nebenprodukten (Perikarp, Pulpa, Testa) in der Schokoladenproduktion könnten neue Industriezweige geschaffen werden [ADOMAKO, 2006]. Das würde neben einem ökonomischen Gewinn (nur 19% der Kakaofrucht werden bisher kommerziell verarbeitet) auch ökologische Vorteile bringen. Produktionsverluste würden vermindert, der Profit der Kakaobauern gesteigert und somit eine nachhaltige Landwirtschaft gefördert werden [DUARTE et al., 2010]. Als vielversprechendes Beispiel wäre hier die Produktion von Kakaopulver aus Samenschalen (Testa) der Kakaobohnen (p. 100) zu nennen. Dieses weist einen hohen Ballaststoff- (60% der Trockenmasse) und Polyphenolgehalt (6% der Trockenmasse) auf. Anwendung könnte dieses Kakaopulver vor allem in der Herstellung von „low-fat“- oder ballaststoffreichen Lebensmitteln finden. Diese würden bei einem niedrigeren Energiegehalt charakteristische Kakaofarbe und -geschmack aufweisen [LECUMBERRI et al., 2007].

Auch die Verwendung von Kakaobutteraustauschstoffen eröffnet neue Möglichkeiten in der Schokoladenindustrie. Ihr Einsatz (p. 91) hat neben dem ökonomischen Vorteil (80-90% des Kakaobutterpreises) [ANVOH et al., 2009] auch qualitative Gründe [SCHERER, 2003; KRISTOTT, 2005]. So kann beispielsweise durch die Zugabe von Kakaobutterverbesserern (cocoa butter improvers, CBI) die Schokolade wärmebeständiger und härter gemacht werden. Das würde die Entwicklung neuer Produkte für heiße Sommermonate ermöglichen [SCHERER, 2003; KRISTOTT, 2005]. Seit 2000 ist eine 5

prozentige Zugabe dieser Fette (zugelassen sind 6 Hauptfette, siehe p. 91) zur Kakaobutter erlaubt [RIS, 2011]. Auch der Einsatz von Fett anderer *Theobroma*-Arten in Schokoladenprodukten wird in der vorliegenden Arbeit diskutiert. Vor allem Cupuaçufett (p. 90) ist der Kakaobutter in seiner Fettsäurezusammensetzung sehr ähnlich [KIRST et. al., 2008]. Da es einen niedrigeren Schmelzpunkt aufweist könnte es in Schokoladen mit weichen Füllungen zum Einsatz kommen [LANNES et al., 2003].

Neben *Th. cacao* eignen sich auch andere *Theobroma*-Arten zur Schokoladenherstellung. Auf die Arten *Th. grandiflorum* (p. 24), *Th. bicolor* (p. 28) und *Th. speciosum* (p. 31) wird in der vorliegenden Arbeit näher eingegangen. Die bereits oben erwähnte Cupuaçufrucht (*Th. grandiflorum*) ist nach dem Kakao die am wirtschaftlichsten bedeutendste *Theobroma*-Art. Ihre 4 kg schweren Früchte sind bis zu 25 cm lang und damit die größten Früchte der Gattung *Theobroma* [VENTURIERI, 2011; BRÜCHER, 1989]. Die Cupuaçupulpa ist weiß und hat einen charakteristischen tropischen Geschmack [LIEBEREI und REISDORFF, 2007; YANG et al., 2003; LANNES, 2003; ROGÉZ et al. 2004]. Sie wird in lateinamerikanischen Ländern für die Produktion von Säften, Füllungen für Süßigkeiten und Marmelade verwendet und hat bereits lokal ökonomische Bedeutung erlangt [ROGÉZ et al. 2004]. Aus den Samen von *Th. bicolor* und *Th. speciosum* werden ebenfalls schokoladeähnliche Produkte hergestellt. Sie sind allerdings von minderer Qualität [TORRES et al., 2002; FAO, 1986; SOTELO und ALVAREZ, 1991; SOUZA und VENTURIERI, 2010].

19. Zusammenfassung

Heute wird Kakao (*Theobroma cacao* L.) hauptsächlich in Form von Schokoladenprodukten und süßen Backwaren konsumiert. Der Schokoladenmarkt hat sich jedoch in den letzten Jahren stark verändert: hochwertige Produkte aus Edelkakao mit hohem Anteil an Polyphenolen erlangen immer größere Bedeutung [MENNINGER, 2004; AFOAKWA. 2010]. Um dieser steigenden Nachfrage nach Schokolade von hoher ernährungsphysiologischer Qualität gerecht zu werden, muss eine konstante Qualität des Rohkakaos gewährleistet sein. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich vor allem mit den Einflussfaktoren auf die Rohkakaqualität. Eine große Rolle spielt hier die gezielte Wahl von Genotypen, Bewirtschaftungssystemen und Bearbeitungsschritten nach der Ernte [ROHSIUS, 2007].

Weiteres werden Wechselwirkungen zwischen Ökosystem Regenwald und Kakaoplantagen näher erläutert. Auch die Auswirkungen der verschiedenen Anbausysteme („Rustic cacao“ (p. 36), „Planted shade systems“ (p. 37), Monokulturen (p. 37)) auf Ertrag und Umwelt sind Gegenstand dieser Arbeit [RICE und GREENBERG, 2000]. Da sich die Anbauflächen wegen der gestiegenen Nachfrage in den letzten Jahren enorm vergrößert haben, ist eine Förderung nachhaltiger Kakaoanbausysteme (p. 35) besonders erstrebenswert [SIEBERT, 2002].

Der letzte Teil der vorliegenden Arbeit beschäftigt sich mit neuen Produkten in der Schokoladenindustrie (p. 86). Neben dem ernährungsphysiologischen Potential von Früchten und Samen anderer *Theobroma*-Arten wird auch die Weiterverarbeitung von Nebenprodukten (Testa, Pulpa, Perikarp) der Schokoladenproduktion (p. 93) diskutiert. Diese sind meist reich an bioaktiven Substanzen wie antioxidativen Polyphenolen und Ballaststoffen und könnten zum Beispiel zur Herstellung von hochwertigen Diätlebensmitteln benutzt werden [SALGADO et al., 2011; LECUMBERRI et al., 2007].

20. Abstract

Today cocoa (*Theobroma cacao* L.) is mainly consumed in chocolate products and sweet pastries. However, the chocolate market has significantly changed in the last years: Valuable products made from premium cocoa with a high amount of polyphenol are becoming increasingly important [MENNINGER, 2004; AFOAKWA. 2010].

A qualitative constancy of raw cocoa must be ensured in order to satisfy the rising demand for chocolate that has a high dietary and physiological quality. The present paper deals first and foremost with the factors that influence raw cocoa quality. Targeted selection of genotypes, cultivation systems and work processes after harvest play an increasingly significant role [ROHSIUS, 2007].

Moreover, the correlation between the rainforest's ecosystem and cocoa plantations are explained in greater detail. The impact of different cultivation systems ("rustic cacao" (p. 36), "planted shade systems" (p. 37), monocultures (p. 37)) on yield and environment are the subject of this paper [RICE and GREENBERG, 2000]. Since areas under cultivation have greatly increased in size due to rising demand, the promotion of sustainable cocoa cultivation systems (p. 35) is especially desirable [SIEBERT, 2002].

The last section of this paper deals with new products in the chocolate industry (p. 86). Besides the dietary and physiological potential of fruits and seeds of other *Theobroma*-species, further processing of side products (testa, pulp, pericarp) generated during chocolate production (p. 93) are also discussed. These side products are most often rich in bioactive substances such as antioxidative polyphenols and fiber, and can e.g. be used to produce valuable dietary foods [SALGADO et al., 2011; LECUMBERRI et al., 2007].

21. Literatur

ADOMAKO D K. Project on pilot plants to process cocoa by-products. Summary report on a pilot project in Ghana. 2006.

<http://www.icco.org/projects/Projects1.aspx?Id=sdw1811> (Stand: 21.03.2012)

AFOAKWA E O. Chocolate Science and Technology. Wiley-Blackwell, Oxford, Ames, 2010; 3, 16-33, 39, 41-50, 47-50, 175

AFOAKWA E O, PATERSON A, FOWLER M, RYAN A. Flavour formation and character in cocoa and chocolate: a critical review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 2008; 48: 840 – 857

ANVOH K Y B, ZORO BI A, GNAKRI D. Production and Characterization of Juice from Mucilage of Cocoa Beans and its Transformation in to Marmelade. Parkistan Journal of Nutrition 2009; 8 (2): 129 - 133

APA. Abholzung des Amazonas-Regenwaldes hat sich verdreifacht. 2012. <http://derstandard.at/1333528517556/Brasilien-Abholzung-des-Amazonas-Regenwaldes-hat-sich-verdreifacht> (Stand 09.04.2012)

ARAÚJO A C, RAMOS J V, FILHO G A F, ARAÚJO L V, MIDDLEJ R R. A cultura do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) como alternative de diversificação da região produtora de cacão da Bahia: um estudo de viabilidade financeira. Grupo de Pesquisa: Administração Rural e Gestão do Agronegócio. <http://www.sober.org.br/palestra/6/319.pdf> (Stand: 12.12.2011)

ARLORIO M, COISSON J D, RESTANI P, MARTELLI A. Characterization of Pectins and Some Secondary Compounds from *Theobroma cacao* Hulls. Journal of Food Science 2001; 66 (5): 653 - 656

ARLORIO M, COISSON J D, TRAVAGLIA F, VARSALDI F, MIGLIO G, LOMBARDI G, MARTELLI A. Antioxidant and biological activity of phenolic pigments from *Theobroma cacao* hulls extracted with supercritical CO₂. Food Research International 2005; 38:1009–1014

ARTS I C W, HOLLMAN P C H, FESKENS E J M, BOUENO DE MESQUITA H B, KROMHOUT D. Catechin intake and associated dietary and lifestyle factors in a representative sample of Dutch men and women. *European Journal of Clinical Nutrition* 2001; 55: 76 - 81

BALTES W. *Lebensmittelchemie*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2011; 495 - 498

BARRIONUEVO A. An Apple a Day for Health? Mars Recommends Two Bars of Chocolate. 2006.
<http://query.nytimes.com/gst/fullpage.html?res=9A0CE2DC1F3FF932A05753C1A9639C8B63&pagewanted=all> (Stand: 24.01.2011)

BARRY CALLEBAUT. 2012. <http://www.callebaut.com/dede/4234> (Stand: 24.04.2012)

BARRY CALLEBAUT. New chocolate innovation with Stevia extract: No added sugar, but with familia, great taste. 2010. <http://www.barry-callebaut.com/56?release=6106> (Stand: 04.04.2012)

BARTLEY B G D. *The Genetic Diversity of Cacao and its Utilization*. CABI Publishing, Oxforsshire, Cambridge, 2005; 40

BEER J, MUSCHLER D, KASS D, SOMARRIBA E. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 1998. 38: 139 - 164

BELITZ H-D, GROSCH W, SCHIEBERLE P. *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*. Springer Verlag, Berlin, 2007; 991 - 1001

BISSELEUA D H B, MISSOUP A D, VIDAL S. Biodiversity conservation, ecosystem functioning, and economic incentives under cocoa agroforestry intensification. *Conservation Biology* 2009; 23(5): 1176-1184

BITSCH I. Kakao und Schokolade: gut für die Gesundheit. Neue Erkenntnisse über bioaktive Substanzen. *Moderne Ernährung* 2001; 4: 1 – 4

BMU. *Weltweite Entwaldung und ihre Ursachen*. 2008.

http://www.bmu.de/naturschutz_biologische_vielfalt/internationaler_naturschutz/internationale_waldpolitik/doc/2255.php (Stand 26.10.11)

BORCHERS A, KEEN C, HANNUM S, GERSHWIN M. Cocoa and chocolate: composition, bioavailability and health implications. *J Medicinal Food* 2000; 3(2): 77-105.

BOS M M, STEFFAN-DEWENTER I, TSCHARNTKE T. Shade tree management affects fruit abortion, insect pests and pathogenes of cacao. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2007; 120: 201-205

BROCKMANN R. Heiße Schokolade. 2011. <http://www.zeit.de/lebensart/essen-trinken/2011-01/heisse-schokolade-sierraleone> (Stand 04.04.2012)

BRÜCHER H. Useful plants of neotropical origin and their wild relatives. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg; 1989: 188 – 195

BRÜCHER H. Tropische Nutzpflanzen. Ursprung, Evolution & Domestikation. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York; 1977: 470 - 481

BUSCH C. Bittersüße Schokolade. Eine kritische Analyse des Kakaoweltmarktes unter besonderer Berücksichtigung der Produzentenseite. Schriftenreihe des EBS Reserch Institute. ibidem-Verlag, Stuttgart, 2005; 1-9

CABRAL VELHO C, WHIPKEY A, JANICK J. Cupuassu: A new beverage crop for Brazil. In: JANICK J, SIMON J E (eds.), *Advances in new crops*. Timber Press, Portland, OR; 1990; 372-375

CAMFIELD D A, SCHOLEY A, PIPINGAS A, SILBERSTEIN R, KRAS M, NOLIDIN K, WESNES K, PASE M, STOUGH C. Steady state visually evoked potential (SSVEP) topography changes associated with cocoa flavanol consumption. *Physiology and Behavior* 2012; 105 (4): 948-957

CHIN H H. Spray drying: A preservative method on cocoa pulp juice. 2006. http://web.catie.ac.cr/disco_cacao/ingles/13sesion.pdf (Stand: 03.02.2012)

CHOCOSUISSE. Verband Schweizerischer Schokoladenfabrikanten. Pro-Kopf-

Verbrauch 2010. http://www.chocosuisse.ch/web/chocosuisse/de/documentation/facts_figures.html (Stand: 03.03.2012)

CUATRECASAS J A. Cocoa and its allies: a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. Contributions from the US National Herbarium 1964; 35 (6): 379-614

DAND R. The international cocoa trade. John Wiley & Sons, Inc., by agreement with Woodhead Publishing Ltd., New York, 1997; 393

DA OLIVEIRA C S, MACIEL L F, MIRANDA M S, DA BISPO E S. Phenolic compounds, flavonoids and antioxidant activity in different cocoa samples from organic and conventional cultivation. British Food Journal 2011; 113 (9): 1094-1102

DE ALMEIDA A-A F, VALLE R R. Ecophysiology of the cacao tree. Braz. J. Plant Physiol. 2007; 19(4): 425-448

DING EL, HUTFLESS SM, DING X, GIROTRA S: Chocolate and Prevention of Cardiovascular Disease: A Systematic Review. Nutrition & Metabolism 2006; 3 (2): 1-12

DUARTE W F, DIAS D R, OLIVEIRA J M, TEIXEIRA J A, ALMEIDA J B, SCHWAN R F. Characterization of different fruit wines made from cacao, cupuassu, gabioba, jaboticaba and umbu. LWT - Food Science and Technology 2010; 43: 1564 - 1572

DURRY A, SCHIFFER T. Kakao. Speise der Götter – Stoffgeschichten. oekom Verlag, München, 2012; 17-54, 147-265

DONALD P F. Biodiversity Impacts of Some Agricultural Commodity Production Systems. Conservation Biology 2004; 18 (1): 17 - 37

DONGOWSKI G, KRUSE H P, PETRZIKA M, BOCK W. Untersuchungen über die Zusammensetzung der Polysaccharide und Ballaststoffe von Kakaoschalen sowie deren Extraktionsrückständen und Extraktstoffen. Die Nahrung 1991; 35 (5): 455-464

- DÖRKEN V M. Morphologie von Früchten und Fruchtständen. 2012.
http://cms.uni-konstanz.de/fileadmin/biologie/ag-doerken/pdf/Morphologie/4_Fruechte.pdf (Stand 05.07.2012)
- EBERMANN R, ELMADFA I. Lehrbuch Lebensmittelchemie und Ernährung. Springer, Wien, 2011; 524 - 528
- ELMADFA. Ernährungslehre. UTB, Stuttgart, 2009; 182-188, 193-196, 203-206
- ELWERS S. Projekt „Phenolische Substanzen und antioxidatives Potential in KakaoGehalte und prozessierungsbedingte Veränderungen“, 2002.
http://www.kakao-stiftung.de/pdf/Projekt_27d.pdf (Stand: 03.03.2012)
- ELWERS S. Zusammensetzung und histologische Verteilung der phenolischen Substanzen in Samen von Massen- und Edelkakao-Varietäten (*Theobroma cacao* L.). Dissertation, Hamburg 2008; 28-48, 79-83
- ELWERS S, ZAMBRANO A, ROHSIUS C, LIEBEREI R. Differences between the content of phenolic compounds in Criollo, Forastero and Trinitario cocoa seed (*Theobroma cacao* L.). Eur Food Res Technol 2009; 229: 937-948
- EMMERICH S. Die Feinwurzelsysteme von vier tropischen Nutzbäumen, ihre Nährstoffaufnahme und ihre Interaktion in einer agroforstlichen Mischkultur in Zentral-Amazonien. Dissertation; Düsseldorf 2002; 8-9
- FAO. Fertilizer use by crop in Ghana. Technical Report, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy, 2005; 29
- FAO. Food and fruit-bearing forest species. 3: Examples from Latin America. FAO Forest Department, Italy, Rome, 1986; 280-300
- FIGUEIRA A, JANICK J, BEMILLER J N. New products from *Theobroma cacao*: Seed pulp and pod gum. In: JANICK J and SIMON J E (eds.), New crops. Wiley, New York. 1993; p. 475-478
- FRANKE G, PFEIFFER A. Der Kakao. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt, 1964; 9-37, 46-58, 63-65

- GEIGER H. Kakao - Preis springt um 19% nach oben. 2012a.
<http://www.finanzen.net/nachricht/rohstoffe/Vontobel-Rohstoff-Kolumne-Kakao-Preis-springt-um-19-nach-oben-1569011> (Stand 29.02.2012)
- GEIGER H. Kakao mit Preissteigerung in 2012 und 2013. 2012b.
<http://www.finanznachrichten.de/nachrichten-2012-01/22350705-kakao-mit-preissteigerung-in-2012-und-2013-398.htm> (Stand 28.04.2012)
- GENOVENESE M I, LANNES SCS. Comparison of total phenolic content and antiradical capacity of powders and “chocolates” from cocoa and cupuassu. *Ciènc. Tecnol. Aliment.*, Campinas 2009; 29 (4): 810-814
- GRABHERR G. Farbatlas Ökosysteme der Erde. Natürliche, naturnahe und künstliche Land-Ökosysteme aus geobotanischer Sicht. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 1997; 46-89
- GIACOMETTI D C. Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) in: HERNÁNDO BERMEJO J E, LEÓN J (Hrsg.): Neglected Crops - 1492 from a Different Perspective. Plant Production and Protection Series. 1994.
<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/1492/cupuacu.html> (Stand 12.08.2011)
- GRASSI D, NECOZIONE S, LIPPI C, CROCE G, VALERI L, PASQUALETTI P, DESIDERI G, BLUMBERG J B, FERRI C. Cocoa reduces blood pressure and insulin resistance and improves endothelium-dependent vasodilation in hypertensives. *Hypertension* 2005; 46 (2): 389-405
- GROENEVELD J H, TSCHARNTKE T, MOSER G, CLOUGH Y. Experimental evidence for stronger cacao yield limitation by pollination than by plant resources. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 2010; 12 (3): 183 - 191
- HAHN A, STRÖHLE A, WOLTERS M. Ernährung. Physiologische Grundlagen, Prävention, Therapie. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, 2005; 125-130, 370
- HAHN H, MICHAELSEN I. Mikroskopische Diagnostik pflanzlicher Nahrungs-,

Genuß- und Futtermittel, einschließlich Gewürze. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 1996; 79-81

HAIDER M. Pfennigfuchser greifen zu Kakao. 2011.

http://www.wirtschaftsblatt.at/home/boerse/rohstoffe/pfennigfuchser-greifen-zu-kakao-491623/index.do?_vl_pos=r.1.NT (Stand 04.04.2012)

HÄNSEL R, STICHER O. Pharmakognosie – Phytopharmazie. Springer, Berlin, Heidelberg, 2007; 1098-1099, 1112-1113, 1118

Harv Heart Lett. Take two candy bars and call me in the morning? Adding plant sterols and flavanols to chocolate doesn't make candy bars a health food. 2006.

<http://www.health.harvard.edu/fhg/updates/update0306d.shtml> (Stand 24.1.2011)

HEINEMANN P. Was Schokolade alles kann. 2011.

<http://www.welt.de/print/wams/vermishtes/article13749642/Was-Schokolade-alles-kann.html> (Stand 04.04.2012)

HERNÁNDEZ Y, LOBO M G, GONZÁLEZ M. Determination of vitamin C in tropical fruits: a comparative evaluation of methods. Foods Chem. 2006; 96: 654 - 664

HIMMELREICH L. Warum Schokogiganten auf politisch korrekten Kakao setzten. 2010

<http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/0,1518,665977,00.html> (Stand: 29.2.2012)

HOLT R R, LAZARUS S A, SULLARDS M C, ZHU Q Y, SCHRAMM D D, HAMMERSTONE J F, FRAGA C G, SCHMITZ H H, KEEN C L. Procyanidin dimer B2 [epicatechin-(4beta-8)-epicatechin] in human plasma after the consumption of a flavanol rich cocoa. Am J Clin Nutr 2002; 76 (4): 798-804

HOMBORG A. Krankheiten. 2012. <http://www.theobromacacao.de/wissen/kakaobaum/krankheiten/> (Stand: 13.01.2012)

HÜTZ-ADAMS F. Die dunklen Seiten der Schokolade. Bistum Aachen,

- Evangelische Kirchenkreise Aachen und Jülich, Südwind e.V.; 2009.
http://www.suedwind-institut.de/fileadmin/fuerSuedwind/Publikationen/2009/2009-10_Die_dunklen_Seiten_der_Schokolade_Langfassung.pdf (Stand 20.10.2011)
- HÜTZ-ADAMS F. Menschenrechte im Anbau von Kakao. Eine Bestandsaufnahme der Initiativen der Kakao- und Schokoladenindustrie. INEF Forschungsreihe Menschenrechte, Unternehmensverantwortung und Nachhaltige Entwicklung. 2010. http://humanrights-business.org/filesmenschenrechte_im_anbau_von_kakao_huetz-adams.pdf (Stand 02.02.2012)
- ICCO. 2012. <http://www.icco.org> (Stand: 20.01.2012)
- ISAAC M, TIMMER V, QUASHIE_SAM S. Shade tree effects in an 8-year-old cocoa agroforestry system: biomass and nutrient diagnosis of *Theobroma cacao* by vector analysis. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 2007; 78: 155–165
- JANICK J, PAULL R E. The Encyclopedia of Fruit und Nuts. CAB International, London; 2008, 890-896
- JEE M H. Composition of the fat extracted from the seeds of *Theobroma bicolor*. JAOCS 1984; 61 (4): 751-753
- KATTENBERG H. Qualität der Schokolade hängt von der Kakaobutter ab. 2001. <http://www.sweetcom.de/archiv/pdf/2001/pdf010301.pdf> (Stand: 31.11.11)
- KEEN CL, HOLT RR, OTEIZA PI, FRAGA CG, SCHMITZ HH. Cocoa antioxidants and cardiovascular health. Am J Clin Nutr, 2005: 81 (suppl): 298-303.
- KIRST S, BUCHBAUER G, KÖNIG J, KLAUSBERGER C. Lexikon der pflanzlichen Fette und Öle. Springer, Wien; 2008; 111-112; 188-194
- KNOP C. Das Genom des Kakaos ist entschlüsselt. 2010.
<http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/rohstoffe-das-genom-des->

kakaos-ist-entschluesselt-11042224.html (Stand: 21.12.2011)

KRISTOTT J. Vorteile von Kakaobutter-Improver-Fetten in deutscher Schokolade. Süßwaren 2005; 10: 18-19

LANNES SCS. Cupuassu. A new confectionary fat from Amazonia. Plant Lipids Article 2003; 14 (1): 40-41

LANNES SCS, MEDEIROS M L, GIOIELLI L A. Physical interactions between cupuassu and cocoa fats. Grasas y Aceites 2003; 54 (3): 253-258

LECUMBERRI E, MATEOS R, IZQUIERDO-PULIDO M, REPÈREZ P, GOYA L, BRAVO L. Dietary fibre composition, antioxidant capacity and physico-chemical properties of a fibre-rich product from cocoa (*Theobroma cacao* L.). Food Chemistry 2007; 104: 948–954

LEE R, BALICK M. Rx: Chocolate. In: Ethnomedicine. Explore 2005; 1, No.2: 136-139.

LEITZMANN C, MÜLLER C, MICHEL P, BREHME U, HAHN A, LAUBE H. Ernährung in Prävention und Therapie. Ein Lehrbuch. Hippokrates Verlag, Stuttgart, 2003; 101

LIEBEREI R. Interview. 2001. http://www.tag-eins.de/kunden/swt/joomla_15/index.php?option=com_content&view=article&id=1988:theobroma-cacao&catid=18:jahrgang-2001&Itemid=51 (Stand: 20.12.2011)

LIEBEREI R. Die Vielfalt des Kakaos. Der Einfluss von Provenienz und Varietät auf seinen Geschmack. Moderne Ernährung heute. 2006; 2: 6 – 10

LIEBEREI R, REISDORFF C. Nutzpflanzenkunde: Nutzbare Gewächse der gemäßigten Breiten, Subtropen und Tropen. Thieme, Stuttgart, 2007; 182-183, 295-297

LIEBEREI R, ROHIUS C. Cocoa Atlas. Herausgeber: Dresen, Funke PR/Kommunikation Produktion GmbH, Leverkusen, 2010

LIPP M, ANKLAM E. Review of cocoa butter and alternative fats for use in chocolate Part A. Compositional data. Food Chemistry 1998; 62 (1): 73 - 97

LMC International Cocoa Sustainability. 2011

http://www.worldcocoafoundation.org/learn-about-cocoa/documents/LMC-WCFCocoaSustainabilityReport_2010-11.pdf (Stand: 03.03.2012)

LOPEZ A S, FERREIRA H I S, LLAMOSAS A, ROMEU A P. Situação atual da utilização de subprodutos de cacau no Brasil. Boletim Tecnico 133. CEPLAC, Bahai, Brazil, 1985

MANACH C, SCALBERT A, MORAND C, RÈMÈSY C, JIMÈNEZ L.

Polyphenols: Food sources and bioavailability. American Journal of Clinical Nutrition 2004; 79 (5): 727-747

MALAYSIAN COCOA BOARD. Cocoa pulp juice. Cocoa Downstream Research Center. 2007. <http://www.koko.gov.my/lkm/getfile.asp?id=1204> Stand: 02.02.2012

MARS, Incorporated. 2012. <http://www.cocoavia.com/> (Stand: 20.04.2012)

MARTINEZ-CERVERA S, SALVADOR A, MUGUERZA B, MOULAY L, FISZMAN S M. Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. LWT - Food Science and Technology 2011; 44: 729 - 736

MENNINGER A. Genuss im kulturellen Wandel. Tabak, Kaffee, Tee und Schokolade in Europa (16. - 19. Jahrhundert). Beiträge zur Wirtschafts- und Sozialgeschichte. Nr. 102. Hrsg. von SCHNEIDER J, DENZEL M, GÖMMEL R, WAGNER-BRAUN M. Franz Steiner Verlag Stuttgart, 2004; 72-77, 144

MEYER B, BIEHL B, SAID M.B, SAMARAKODDY R J. Post-harvest pod storage: a method for pulp preconditioning to impair strong nib acidification during cocoa fermentation in Malaysia. Journal of the Science of Food & Agriculture 1989; 48: 285-304

MILZ J. Einfluss von Anbau- und Pflegemaßnahmen auf die Hexenbesenkrankheit (*Crinipellis pernicios* (Stahel) Singer) bei Kakaoklonen

im Siedlungsgebiet Alto Beni – Bolivien. Dissertation. Berlin, 2006; 11

MISNAWI J S, JAMILAH B, NAZAMID S. Oxidation of polyphenols in unfermented and partly fermented cocoa beans by cocoa polyphenol oxidase and tyrosinase. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2002; 82: 559- 566

MOTAMAYOR J, RISTERUCCI A, LAURENT V, MORENO A, LANAUD C. The genetic diversity of Criollo cacao and its consequence in quality breeding. *Memorias del Primer Congreso Venezolano del Cacao y su Industria* 2000; 1-17

NETWIG W, BACHER S, BEIERKUHNLEIN C, BRANDL R, GRABHERR G. *Ökologie*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, 2004; 326-327

NULTSCH W. *Allgemeine Botanik*. Thieme Verlag, Stuttgart, 2001; 633

OLUWALANA I B, HAMZAT R A, OLUBAMIWA O, OLADUNJOYE A O. Production of Jam using Pectin extracted from cocoa podhusk. 2006. http://web.catie.ac.cr/disco_cacao/ingles/13sesion.pdf (Stand: 03.02.2012)

PRABHAKARAN NAIR K P. The agronomy and economy of important tree crops of the developing world. Elsevier, 2010; 131-181

QUIJANO C E, PINO J A. Volatile compounds of copoazú (*Theobroma grandiflorum* Schumann) fruit. *Food Chemistry* 2007; 104: 1123-1126

REDGWELL R, TROVATO V, MERINAT S, CURTI D, HEDIGER S, MANEZ A. Dietary fibre in coca shell: characterisation of component polysaccharides. *Food Chemistry* 2003; 81: 103 - 112

REHM S, ESPIG G. *Die Kulturpflanzen der Tropen und Subtropen: Anbau, wirtschaftliche Bedeutung, Verwertung*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1996; 244-249

REIN D, LOTITO S, HOLT R R, KEEN C L, SCHMITZ H H, FRAGE C G. Epicatechin in Human Plasma: In Vivo Determination and Effect of Chocolate Consumption on Plasma Oxidation Status. *The Journal of Nutrition* 2000; 130:

2109S-2114S

RETANA MENA A. Mündliches Interview in Eisenstadt (Burgenland) am 21. September. 2010, siehe Anhang

RICE R A, GREENBERG R. Cacao Cultivation and the Conservation of Biological Diversity. *Ambio* 2000; 29 (3): 167-173

RIOS L Y, BENNETT R N, LAZARUS S A, RÉMÉSY C, WILLIAMSON G. Cocoa procyanidins are stable during gastric transit in humans. *Am J Clin Nutr* 2002; 76 (5): 1106-1110

RIS (Rechtsinformationssystem) Bundesrecht konsolidiert: Gesamte Rechtsvorschrift für Schokoladeverordnung, Fassung vom 02.12.2011
<http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20003127> (Stand: 02.12.2011)

ROGEZ H, LE BUXANT R, MIGNOLET E, SOUZA J N S, SILVA E M, LARONDELLE Y. Chemical composition of the pulp of three typical Amazonian fruits: araca-boi (*Eugenia stipitata*), bacuri (*Platonia insignis*) and cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). *Eur Food Res Technol* 2004; 218: 380–384

ROHSIUS C. Die Heterogenität der biologischen Ressource Rohkakao. Dissertation, Hamburg 2007; 2-31, 184-197

RUF F O. The Myth of Complex Cocoa Agroforests: The Case of Ghana. *Human Ecology* 2011; 39: 373 - 388

SALGADO J M, RODRIGUES B S, DONADO-PESTANA C M, DOS SANTOS DIAS C T, MORZELLE M C. Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) Peel as Potential Source of Dietary Fiber and Phytochemicals in Whole-Bread Preparations. *Plant Foods for Human Nutrition* 2011; 66 (4): 384 - 390

SANTOS R C, PIRES J L, CORREA R X. Morphological characterization of leaf, flower, fruit and seed traits among Brazilian *Theobroma* L. species. *Genet Resour Crop Evol.* 2012; 59 : 327 – 345

- SCHERER R. Was ist Schokolade nach der neuen EU-Richtlinie 2000/36/EG? Getreide, Mehl und Brot. 2003; 57 (1): 50 - 56
- SCHINELLA G, MOSCA S, CIENFUEGOS-JOVELLANOS E, PASAMAR M A, MUGUERZA B, RAMÓN D, RÍOS J L. Antioxidant properties of polyphenol-rich cocoa products industrially processed. Food Research International 2010; 43: 1614–1623
- SCHMANDKE H. Oligomere Proyanidine und ihre Monomere in pflanzlichen Lebensmitteln. Ernährungs-Umschau 2003: 50 (1): 8 - 12
- SCHMIDT-KALLERT E. Zum Beispiel Kakao. Lamuv; Auflage 3; Göttingen, 1995; 81-86
- SCHUSTER A R. Die Rolle der Superoxid-Dismutase in der Wasserstoffperoxid-abhängigen Apoptose. Dissertation, Freiburg im Breisgau 2008; 20
- SCHWAN R F, WHEALS A E. The Microbiology of Cocoa Fermentation and its Role in Chocolate Quality. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 2004; 44: 205 – 221
- SIEBERT S F. From shade- to sun-grown perennial crops in Sulawesi, Indonesia: implications for biodiversity conservation and soil fertility. Biodiversity and Conservation 2002; 11: 1889 - 1902
- SILVA C R S, VENTURIERI G A, FIGUEIRA A. Description of Amazonian *Theobroma* L. collections, species identification, and characterization of interspecific hybrids. Acta bot. bras. 2004; 18 (2): 333 – 341
- SMITH T M, SMITH R L. Ökologie. Pearson Studium; 6. Auflage; München, 2009; 7, 34-35
- SMITHERS R. Big break for Fairtrade as Kit Kat receives certification. 2009. <http://www.guardian.co.uk/environment/2009/dec/07/fairtrade-kit-kat> (Stand: 29.02.2012)

- SOMARRIBA E, BEER J. Productivity of *Theobroma cacao* agroforestry systems with timber or legume service shade trees. *Agroforest Syst.* 201; 81: 109–121
- SOTELO A, ALVAREZ R G. Chemical composition of wild *Theobroma* species and their comparison to the cacao bean. *J. Agric. Food Chem.* 1991; 3: 1940–1943
- SOUSA S, FIGUEIRA A. Phylogenetic analysis of *Theobroma* (Sterculiaceae) based on Kunitz-like trypsin inhibitor sequences. *Plant Syst. Evol.* 2005; 250: 93–104
- SUOZA M S, VENTURIERI G A. Floral biology of Cacauhy (*Theobroma speciosum* - Malvaceae). *Brasilian Archives of Biology and Technology.* 2010; 53 (4): 861 - 872
- STEINBERG FM, BEARDEN MM, KEEN CL. Review - Cocoa and chocolate flavonoids: Implications for cardiovascular health. *J Am Diet Assoc.* 2003; 103: 215-223.
- STOLL L. Biochemische Indikatoren für Keimung und Fermentation in Samen von Kakao (*Theobroma cacao* L.). Dissertation, Hamburg 2010; 10-24, 243-274
- STURM R, MEIXNER O. Premium-Tafelschokolade in Österreich. Trends und Potential des E-Commerce. Schriftenreihe des Instituts für Marketing & Innovation, Band 4, Wien, 2010; 30
- TCC (Hg.): Cocoa Barometer 2009. 2009.
<http://www.teacoffeecocoa.org/tcc/Publications/Our-publications> (Stand: 12.03.2012)
- TALBOT G, SLAGER H. Cocoa butter equivalents and improvers: Their use in chocolate and chocolate-coated confectionery. *AgroFOOD industry hi-tech* 2008; 19 (3): 28 – 29
- TORRES D E G, ASSUNCAO D, MANCINI P, TORRES R P, MANCINI J. Antioxidant activity of macambo (*Theobroma bicolor* L.) extracts. *European*

Journal of Lipid Science and Technology 2002; 104 (5): 278-281

TSCHARNTKE T, CLOUGH Y, BHAGWAT S A, BUCHORI D, FAUST H, HERTEL D, HÖLSCHER D, JUHRBANDT J, KESSLER M, PERFECTO I, SCHERBER C, SCHROTH G, VELDKAMP E, WANGER T C. Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes - a review. Journal of Applied Ecology 2011; 48: 619 - 629

URBANEK J. Schokolade als Luxusgut. 2011.

http://www.wienerzeitung.at/themen_channel/wz_reflexionen/vermessungen/?em_cnt=30942 (Stand: 04.03.2012)

VALLE R R, DE ALMEIDA A-A, LEITE R M. Energy costs flowering, fruiting, and cherelle wilt in cacao. Tree Physiology 1990; 6: 329–336

VENTURIERI G A. Flowering levels, harvest season and yields of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*): Acta Amazonica 2011; 41 (1): 143-152

VRIESMANN L C, PETKOWICZ C L O. Polysaccharides from the pulp of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*): Structural characterization of pectic fraction. Carbohydrate Polymers 2009; 77: 72-79

WOLLGAST J. The contents and effects of polyphenols in chocolate. Dissertation, Gießen, 2004; 13-19

WOLLGAST J, ANKLAM E. Review on polyphenols in *Theobroma cacao*: changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. Food Research International 2000; 33: 423 - 447

WOOD G A R, LASS A R. Cocoa. Blackwell Science, 2001; 23-36, 47-54, 166-195, 265-366, 505-528

WWF. Wälder sind Kohlenstoffspeicher und Klimaanlagen. 2011.

<http://www.wwf.de/themen/waelder/klima-wald/> (Stand: 26.10.2011)

YANG H, PROTIVA P, CUI B, MA B, BAGGETT S, HEQUET V, MORI S,

WEINSTEIN B, KENNELLY E. New bioactive polyphenols from *Theobroma grandiflorum* ("Cupuaçu"). J. Nat. Prod. 2003; 66: 1501 – 1504

ZABIDAH A A, KONG K W, AMIN I. Antioxidant properties of tropical juices and their effects on in vitro hemoglobin and low density lipoprotein (LDL) oxidations. International Food Research Journal 2011; 18: 549-556

Anhang

Interview mit dem costa ricanischen Kakaobauer Alexander Retana Mena am 21. September 2010 in Eisenstadt, Burgenland. Übersetzt wurde das Interview aus dem Spanischen von Jutta Eberhart-Retana Mena.

Wichtige Angaben:

Größe der Finca: 20 Hektar

Davon Kakaoplantage: 5 Hektar

Wie viele Kakaovarietäten: 3 verschiedene Varietäten (Criollo, Forastero, Trinitario)

Wie viele Bäume (Schätzwert): 4000 – 5000 Bäume

Wie alt sind ihre Kakaoplantagen? mind. 20 Jahre

Was für ein Boden?

Der Boden ist sehr fruchtbar. Würde man ein Loch graben, dann würde man ab 40 - 50 cm auf Steine stoßen. Das ist sehr wichtig für den Kakaoanbau.

Welches „Land“ (Primärwald, Sekundärwald, Ackerland, Brache) eignet sich am besten für den Anbau von Kakao?

Wichtig ist ein Boden der gut filtert. Das Land soll auf einer Seehöhe von 0 – 800 m liegen und es darf nicht windig sein. Der Niederschlag muss mind. 2000 mm pro Jahr betragen und es dürfen nicht mehr als 3 Monate Trockenzeit sein. Das sind die wichtigsten Bedingungen.

Allgemeine Fragen zu biologischem Anbau:

1. Sie betreiben eine biologische Kakao-Finca. Wie würden Sie den Begriff „biologisch“ definieren?

Biologische Landwirtschaft heißt für mich: keine Verwendung von Chemie, Erhaltung des natürlichen Ökosystems und der vorkommenden Wildtiere. Es

darf keine Monokultur sein und auch keine andere Landwirtschaft um die Kakaopflanzung herum.

2. Wirken sich viele unterschiedliche Arten innerhalb einer Pflanzung positiv aus? (in Bezug auf Biodiversität, krankheitsresistenter)

Verschiedene Arten wirken sich sehr positiv aus. Es kommt zu einer natürlichen Kontrolle der Insekten - natürliche Insektizide. Die Böden werden mit Nährstoffen angereichert, da jeder Baum seine Wurzeltiefe hat und verschiedene Nährstoffe aus dem Boden aufnimmt. Die Kakaobäume sind auch krankheitsresistenter, wenn verschiedene Bäume in der Pflanzung vorkommen.

In meiner Pflanzung werden aber nicht immer Bäume zwischen die Kakaobäume gepflanzt. Manchmal möchte man es gar nicht so haben. Was mich aber am Kakaoanbau wirklich fasziniert ist die Tatsache, dass man ihn im Regenwald anbauen kann - er braucht zum Wachsen Schatten. Man kann also das Ökosystem schützen - da der Kakao Teil davon ist - es aber auch gleichzeitig wirtschaftlich nutzen.

In Costa Rica wurde der Kakao früher nur so angebaut. Man hat in den Wald Schneisen geschlagen - die großen Bäume hat man stehen gelassen - und die Kakaobäume hineingepflanzt. Heute wird er nur mehr auf gerodeten Flächen, welche schon länger offen sind gepflanzt. Vorher pflanzt man schnellwachsende Bäume wie Bananen oder holzliefernde Pflanzen, die man später verwenden kann.

3. Wird gedüngt? Wenn ja mit was?

Ja, mit Hühnermist, der manchmal zugekauft wird. Auch mit organischen Düngern, welcher aus Melasse, Reisschalen und Erde aus dem Regenwald besteht. Zur Herstellung wird das Ganze zusammen 5 Tage fermentiert. Manchmal werden auch die Äste und Blätter der anderen Nutzpflanzen geschnitten und liegen gelassen. Das reichert auch den Boden an.

4. Von welchen Krankheiten sind Ihre Kakaobäume am häufigsten betroffen?

Wir nennen die Krankheit „Monilia“ auch „Frosty pod“ genannt. Dieser Pilz ist in Zentralamerika der größte Schädling. In Südamerika gibt es noch einen anderen Pilz: den Hexenbesen.

5. Wie werden Krankheiten (z.B. Pilze) bekämpft? Gibt es eine Alternative zu Fungiziden?

Bei „Frosty pod“ würden auch keine Fungizide helfen - chemisch gibt es keine Möglichkeiten diesen Pilz zu bekämpfen. Die einzige Möglichkeit ist die Pflanzung resistenter Bäume. Dazu werden Bäume die nicht befallen sind „geklont“. Das ist eine Technik der letzten 10 Jahre.

6. Wenn ein Baum von einem Pilz befallen ist, wie wird vorgegangen?

Wir versuchen den Pilzbefall direkt zu kontrollieren. Dazu wird die Plantage geöffnet: viele Äste werden geschnitten. Die meisten Bäume, die sensibel gegenüber dem Pilz sind, werden gefällt und statt ihnen mehr resistente Bäume gepflanzt. Durch das Schneiden der Äste kommt mehr Sonne in die Plantage und es wird trockener. Auch der Wind kann dadurch besser zirkulieren. Es wird zwar auf die Menge der Ernte verzichtet, aber dafür wird der Pilz bekämpft und die Qualität des Kakaos bleibt erhalten. Bei „Frosty pod“ wird nur die Blüte oder die Frucht befallen, nicht der ganze Baum. Daher können die Bäume stehen gelassen werden und nur die einzelnen Äste der erkrankten Bäume werden geschnitten.

7. Was sind die größten Probleme beim Anbau von Kakao?

Man muss den Schatten stabilisieren, denn der ist das Wichtigste. Man braucht gutes Material, also gute Bäume und Samen. Man hat die ersten 3 - 4 Jahre keine Ernte, muss sich aber trotzdem sehr um die Plantage kümmern. Außerdem gibt es in Costa Rica keine Unterstützung von der Regierung.

Züchtung und Anbaumethode

8. Züchten Sie selbst oder wird das Saatgut zugekauft?

Beides. Ich züchte selbst und kaufe das Saatgut zu.

9. Nach welchen Kriterien werden die Samen ausgewählt? (wenn gezüchtet wird) Gibt es Wildsamensamen?

Bei der Züchtung ist es wichtig zu wissen welche Charakteristika der Baum hat: Produziert er gut? Wie ist die Form des Baumes? Wie ist die Qualität und Geschmack des Kakaos? Man kann die Kakaosamen des ausgewählten Baumes direkt verwenden.

Es gibt keine Wildsamensamen mehr. In manchen Wäldern gibt es schon noch Kakaobäume, die können aber nicht kommerziell genutzt werden.

10. Welche Kakaovarietäten / bzw. -sorten bauen Sie an und warum?

Criollo, Trinitario und Forasteros. Das sind die besten 3 Sorten. Sie liefern eine gute Qualität und Menge.

11. Wie unterscheiden sich die einzelnen Kakaovarietäten von der Ertragsmenge pro Jahr?

Forastero produziert mit 1200kg/ha am meisten Früchte. Criollo ist die seltenste Varietät. Auf einem Hektar stehen 100 Bäume (Criollo), die 500kg pro Jahr produzieren. Criollo produziert sehr wenig und ist anfällig für Krankheiten. Er hat auch weniger Blüten. Trinitario liegt in der Mitte von den beiden.

12. Pflegemaßnahmen?

Wichtig ist der Schatten. Außerdem muss man dem Baum jedes Jahr eine Form geben. Er muss also jedes Jahr geschnitten werden. Er sollte 3 m hoch bleiben. Die Plantage kann bei guter Pflege 50 Jahre genutzt werden.

13. Wie erfolgt die Bestäubung der Blüten? (händisch?)

Bestäuber sind kleine Insekten wie Bienen und kleine Schmetterlinge. Es wird

nur 1% der Blüten bestäubt. In Afrika wird auch händisch bestäubt. Manchmal spielt auch der Wind eine Rolle. In meiner Finca wird nur natürlich und nicht händisch bestäubt.

Ernte

14. Wie viel Ertrag liefert ein Baum durchschnittlich im Jahr? (Kilo bzw. Früchte)

Ein Baum liefert ca. 200 Früchte, das sind in etwa 10kg Kakaobohnen.

15. Gibt es bestimmte Erntezeiten?

Der Kakaobaum produziert das ganze Jahr über Blüten und Früchte. Es gibt allerdings eine Haupterntezeit, die zwischen Juli – September liegt.

16. Wie oft wird während der Regenzeit (welche Monate) geerntet?

In der Haupterntezeit wird alle 5 Tage geerntet. Es werden die reifen Früchte einfach abgeschnitten.

17. Wie oft wird während der Trockenzeit (welche Monate) geerntet?

In der Trockenzeit wird alle 2 Wochen geerntet.

18. Wie wird geerntet? (wie viele Personen sind beteiligt, wie viele Bäume pro Tag)

Pro Tag werden 3 Hektar geerntet. An der Ernte sind 3 Personen beteiligt. Es werden immer nur die reifen Früchte entfernt. Geerntet wird mit einer Machete.

19. Werden die geernteten Früchte sofort geöffnet? (oder ungeöffnet gelagert, wenn ja wie lange kann man diese lagern?)

Die Früchte werden einen Tag gelagert, das ist gut für die Qualität. Man kann sie aber auch gleich öffnen. Aber für den Zuckergehalt ist es ganz gut, wenn sie einen Tag liegen gelassen werden.

20. Wie viele Kakaofrüchte haben in einer Fermentationsbox Platz?

Ca. 600 – 700 Früchte. Die Boxen werden nicht immer vollgefüllt. Aber sie sollten auf alle Fälle immer bis zur Hälfte gefüllt sein.

21. Wird die Pulpa weiterverarbeitet?

Ich verwende die Pulpa nicht weiter. Manche Bauern aus der Umgebung verwenden die Flüssigkeit, die bei der Fermentation austritt, als Unkrautdünger. In Zentralamerika wird auch manchmal Essig daraus gemacht.

22. Gibt es oft Ernteaufälle? Wenn ja in welchem Ausmaß?

Ja sehr viele. Durch den Pilz kann es bei uns auf der Finca während der Regenzeit zu 30 - 40% Ernteaufall kommen. Der Pilz von „Frosty pod“ kann die Frucht in jedem Stadium - auch eine Woche vor der Ernte - befallen. Wenn das passiert kann man die Frucht nicht mehr verwenden.

Fermentation

23. Wie lange dauert die Fermentation?

Sie dauert 4-6 Tage.

24. Natürliche Fermentation oder wird etwas zugesetzt?

Natürlich.

25. Welche Arbeitsschritte sind während der Fermentation notwendig?

Es ist wichtig, dass 2x am Tag umgerührt wird.

26. Besatz? (Insekten, Würmer). Wie werden sie entfernt?

Ja es gibt viele Insekten und Würmer in der Fermentationsbox. Man entfernt sie nicht. Bei der Trocknung verschwinden sie von selbst. Manchmal bleiben noch Würmer übrig, die werden aber von Ameisen gefressen. Für den Export werden die Samen nach der Trocknung gereinigt und ausgewählt. Jeder Kakaosamen hat eine schützende Hülle, die nicht gefressen wird. Das Produkt bleibt also sauber. Die Insekten leben nur in der Box wegen der Feuchtigkeit und

Dunkelheit. Sie sind aber nicht wichtig für die Qualität des Kakaos.

Herstellung der Schokolade

27. Wie viele Früchte sind für eine Tafel Schokolade (100g) notwendig?

Für eine 100%-Schokolade sind ca. 5-6 Früchte notwendig. Egal von welcher Sorte. Es gibt auch Sorten mit großen Früchten, da würde man nur 4 Früchte benötigen.

28. Was zeichnet 100% Schokolade ihrer Meinung nach aus?

Die Farbe: schwarz mit Glanz. Der Geruch: ganz typischer Geruch, stark und süß, nicht säuerlich. Tafelschokolade hat meistens einen 25 prozentigen Kakaoanteil. Kakao hat 3000 Bestandteile. Jetzt wird aber meistens die Kakaobutter durch andere Fette ersetzt. Das mindert die Qualität stark. Kakaobutter sehr gesund, wird aber oft für Kosmetika verwendet. Am besten ist 80 prozentige Schokolade - die ist mit Gesundheit und Geschmack vereinbar.

Allgemeine Fragen Costa Rica

29. Ist der Anbau von biologischem Kakao in Costa Rica weit verbreitet?

Nein, nicht wirklich. Auf der atlantischen Seite, aber sonst sehr wenig.

30. Wie wird in Costa Rica Kakao angebaut? (Kleinbäuerliche Betriebe, Großplantagen)

Es sind kleine Bauern. 50% der Plantagen gehören einem einzigen holländischen Bauern und die restlichen 50% sind auf Kleinbauern verteilt.

31. Was zeichnet ihrer Meinung nach den costa ricanischen Kakao aus? Gibt es Unterschiede in der Qualität zu Afrika oder Asien?

Das Aroma. Und auch der Ruf des Kakaos spielt eine Rolle. Der costa ricanische Kakao hat wenig Säure und dadurch ein sehr feines Aroma. Der afrikanische Kakao besteht zu 80% aus Forasteros, die sind sehr säurereich. Beim Kakao kommt es hauptsächlich auf die Sorte und das Klima an. Auch die

Fermentation spielt eine große Rolle. In Afrika verwenden sie Bananenblätter für die Fermentation, ich glaube das wirkt sich nicht so gut auf den Vorgang der Fermentation aus. Dieses kleine Detail spielt eine wichtige Rolle.

32. Welche wirtschaftliche Bedeutung hat Kakao in Costa Rica? Und sollte diese ihrer Meinung nach ausgebaut werden?

Kakao hat keine wichtige wirtschaftliche Bedeutung in Costa Rica. Früher war Costa Rica noch Hauptproduzent von Zentralamerika - jetzt nicht mehr. Aber die Kakaoplantagen werden wieder mehr. Allerdings glaube ich nicht, dass sich in den nächsten 30-40 Jahren viel ändern wird. Ananas ist das Hauptexportgut von Costa Rica. Auch Ölpalmlantagen und Bananen sind wichtig.

Weitere Fragen:

33. Ist Ihrer Meinung nach der Anbau von Kakao in Costa Rica eine gesicherte Einkommensquelle bzw. kann man vom Kakaoanbau leben?

Ja, man kann davon leben, aber nur wenn man ins Ausland verkauft. Zum Beispiel in die USA oder nach Europa. Verkauft man seinen Kakao nur am nationalen Markt würde das Geld nicht zum Leben reichen.

34. Was wird für ein Kilogramm Kakao bezahlt?

Auf dem internationalen Markt bekommt man für biologischen Kakao 5-6 Dollar / Kilogramm. Er wird nur getrocknet verkauft als sogenannter Rohkakao. Er wird vorher fermentiert und dann getrocknet, das macht ihn lange haltbar. Es hat auch einen wirtschaftlichen Grund: Rohkakao ist billiger als geröstete, geschälte Bohnen. Die kosten ca. 30 Dollar / Kilogramm. Der Gewinn liegt also bei den Firmen, die den Rohkakao weiterverarbeiten.

35. Ist der Preis pro Kilogramm Kakao Ihrer Meinung nach „fair“ gegenüber der Produzentenseite?

Von den 5-6 Dollar, die auf dem internationalen Markt gezahlt werden, bekommt der Bauer nur 3 Dollar. Es sind aber mindestens 6 Dollar notwendig

um eine biologische Plantage zu bewirtschaften. Der Zwischenhändler bekommt in der Regel 2 Dollar und dann sind meistens noch 2 weitere Händler eingeschaltet. Hauptsächlich ist der Handel mit Kakao ein großes Geschäft für die Industrie und nicht für den Bauern.

36. Afrika eine Konkurrenz für die mittel- bzw. südamerikanischen Länder?

Nein. Der südamerikanische Kakao wird lieber gekauft - wegen des Aromas. Da Südamerika außerdem nur 30% der weltweiten Ernte produziert wird der Kakao auch immer schnell gekauft.

37. Wie viel Schokolade wird in Costa Rica konsumiert?

Pro Kopf ca. 400g / Jahr. Der Schokoladenkonsum ist kulturell nicht sehr stark verankert. Die Qualität der Nestle und Kraftprodukte ist schlechter als die in Europa. Europäische Produkte sind besser vom Geschmack.

38. Was bedeutet für Sie Kakao bzw. Schokolade?

Der Anbau von Kakao ist sehr interessant und man kann zu dem noch ein tolles Ökosystem erhalten. Es ist ein Produkt das man überall auf der Welt kaufen kann. Außerdem ist Schokolade etwas was jedem Menschen schmeckt.

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Claudia Zechner

Geburtsdatum: 29.03.1985

Staatsbürgerschaft: Österreich

Ausbildung:

2004 - 2012	Diplomstudium Ernährungswissenschaften (Schwerpunkt Ernährungsökologie) an der Universität Wien
seit 2007	Bakkalaureatstudium Ökologie an der Universität Wien
2003 – 2004	Diplomstudium Biologie an der Universität Wien
2003	Matura
1995 – 2003	BG BRG Frauengasse Baden
1991 – 1995	Volkschule Guntramsdorf

Praxiserfahrung:

1. Aug. 2009 – 31. Aug. 2009	Praktikum am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW): Abteilung VI/6
1. Jul. 2008 – 31. Aug. 2008	Praktikum bei der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (AGES): Abteilung für kosmetische Mittel
1. Feb. 2007 – 28. Feb. 2007	Praktikum bei der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (AGES): Abteilung pflanzliche Lebensmittel, Nahrungsergänzungsmittel und neuartige LM