Universität Hohenheim
Fakultät für Agrarwissenschaften
Institut für Pflanzenproduktion und Agrarökologie in den Tropen und Subtropen
Fg. Wasserstress-Management bei Kulturpflanzen in den Tropen und Subtropen
Prof. Dr. Folkard Asch

Bedeutende öllieferende Pflanzenarten im globalen Vergleich

Bachelorarbeit im Rahmen des Studiums
der Nachwachsenden Rohstoffe und Bioenergie
vorgelegt von

Philipp Behringer

Hohenheim, 03.05.2013

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis IV
Tabellenverzeichnis V
Abkürzungsverzeichnis VI
1 Einleitung 8
2 Sojabohne 12
2.1 Herkunft und Verbreitung 13
2.2 Botanik 13
2.3 Klima und Bodenansprüche 15
2.4 Anbaumethoden 155
2.5 Düngung und Pflege 17
2.6 Ernte, Lagerung und Erträge 18
2.7 Verwertung 18
2.8 Wirtschaftliche Bedeutung 19
2.9 Ökologische Bedeutung 211
3 Ölpalme 23
3.1 Herkunft und Verbreitung 24
3.2 Botanik 25
3.3 Klima und Bodenansprüche 27
3.4 Anbaumethoden 28
3.5 Düngung und Pflegemaßnahmen 29
3.6 Ernte, Verarbeitung und Erträge 30
3.7 Verwertung 31
3.8 Wirtschaftliche Bedeutung 32
3.9 Ökologische Bedeutung 33
4 Raps 35
4.1 Herkunft und Verbreitung 36
4.2 Botanik 36
4.3 Klima und Bodenansprüche 38
4.4 Anbaumethoden 39
4.5 Düngung 40
4.6 Ernte und Erträge 41
4.7 Aufbereitung, Lagerung und Verwertung 42
4.8 Wirtschaftliche Bedeutung 43
4.9 Ökologische Bedeutung 44

5 Sonnenblume 46
5.1 Herkunft und Verbreitung 47
5.2 Botanik 48
5.3 Klima und Bodenansprüche 49
5.4 Anbaumethoden 50
5.5 Düngung und Pflegemaßnahmen 52
5.6 Ernte und Erträge 52
5.7 Aufbereitung, Lagerung und Verwertung 53
5.8 Wirtschaftliche Bedeutung 54
5.9 Ökologische Bedeutung 55
6 Diskussion 56
6.1 Potentiale öllieferner Pflanzen 56
6.2 Nutzungskonkurrenz 59
6.3 Ökologie 60
7 Zusammenfassung **64**
8 Literaturverzeichnis ..... **LXV**
Erklärung ..... **LXIX**

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Hauptanbauländer gemessen an Produktionsleistung 10
Abbildung 2: Sojabohnenpflanze 12
Abbildung 3: Hauptanbaugebiete Sojabohne 13
Abbildung 4: Reife Sojabohne in der Hülse 14
Abbildung 5: links: reife Hülsenfrucht, rechts: Samen 14
Abbildung 6: Entwaldung in Brasilien 1988-2012, Amazonasgebiet..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
Abbildung 7: Ölpalmplantage in Malaysia 23
Abbildung 8: Hauptanbaugebiete Ölpalme..... 24
Abbildung 9: Fruchtstände der Ölpalme 26
Abbildung 10: Querschnitt einer Palmfrucht..... 26
Abbildung 11: Die drei Typen der Ölpalme im Querschnitt der Früchte: v.l. Dura, Tenera, Pisifera 27
Abbildung 12: Waldflächenänderung in Indonesien und Malaysia zwischen 2000-2010 34
Abbildung 13: Blütenstand von Raps 35
Abbildung 14: Hauptanbaugebiete Raps..... 36
Abbildung 15: Wachstumsstadien der Rapspflanze 37
Abbildung 16: Sonnenblumenfeld..... 46
Abbildung 17:Hauptanbaugebiete Sonnenblume..... 47
Abbildung 18: Blütenstand im Längsschnitt 48
Abbildung 19: Trends der Ölsaatenversorgung..... 58
Abbildung 20: Ölproduktion der wichtigsten Ölfrüchte..... 58
Abbildung 21: globale Biodiversitäts-Hotspots 61
Abbildung 22: Entwicklung der globalen Ackerflächen bis 2050 62

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Produktionsleistung öliefernder Pflanzen 9
Tabelle 2: Ölertrag der wichtigsten Ölfrüchte.....10
Tabelle 3: Wichtigste Anbauländer der Sojabohne gemessen an Ertrag, Anbaufläche und Produktion im Jahr 2011 (FAO) 20
Tabelle 4: Düngerbedarf von vier bis zehn Jahre alten Ölpalmen nach Standort und Böden……..30
Tabelle 5: Wichtigste Anbauländer der Ölpalme gemessen an Ertrag, Anbaufläche und Produktion im Jahr 2011 (FAO) 33
Tabelle 6: Wichtigste Anbauländer von Raps gemessen an Ertrag, Anbaufläche und Produktion im Jahr 2011 (FAO) 44
Tabelle 7: Wichtigste Anbauländer von Sonnenblume gemessen an Ertrag, Anbaufläche und Produktion im Jahr 2011 (FAO).....55
Tabelle 8: Einflussgrößen des Wachstums der pflanzlichen Produktion in Prozent 57
Tabelle 9: Globale Nutzung von Pflanzen für Biokraftstoffproduktion 60

Abkürzungsverzeichnis

% = Prozent

° = Grad

°C = Grad Celsius

Abb. = Abbildung

APP = Asia Pulp & Paper

BHKW = Blockheizkraftwerk

BMU = Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

BMZ = Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung

bzw. = beziehungsweise

ca. = zirka

cm = Zentimeter

CO_2 = Kohlenstoffdioxid

Destatis = Statistisches Bundesamt

FAO = Food and Agriculture Organization of the United Nations

FAOSTAT = Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database

g = Gramm

ha = Hektar

INPE = Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Jh. = Jahrhundert

K_2O = Kaliumoxid

kg = Kilogramm

m = Meter

m^2 = Quadratmeter

mg = Milligramm

Mio. = Million/en

mm = Millimeter

n = haploider Chromosomensatz

N = Stickstoff

Ø = Durchschnitt

OECD = Organization for Economic Co-operation and Development

P_2O_5 = Phosphorpentoxid

pH = negativer dekadischer Logarithmus der Konzentration der Wasserstoff- bzw. Hydronium-Ionen

RME = Rapsmethylester

S = Schwefel

t = Tonne

Tab. = Tabelle

UFOP = Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen

USDA = U.S. Department of Agriculture

v. Chr. = vor Christus

1 Einleitung

Der Nutzen von Ölpflanzen ist für den Menschen schon seit frühester Zeit von großer Bedeutung und im Anbau seit Jahrtausenden belegt (Matthäus et. al., 2009). Diese nehmen nach den stärkeliefernden Pflanzen und Obstkulturen den dritten Rang in der Weltproduktion ein. Der Anbau von öllieferndn Pflanzen hat vor allem aufgrund ihrer Verwendung als nachwachsender Rohstoff und ihrer vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten einen hohen Stellenwert. Das aus den Pflanzen gewonnene Öl dient zu mehr als 90% in Form von Speiseölen der menschlichen Ernährung (Rehm u. Espig, 1996). Als biogene Energieträger werden Pflanzenöle in der Biokraftstoffindustrie durch Umesterung zu Biodiesel verarbeitet oder unverändert als reines Pflanzenöl genutzt. Weiterhin können Pflanzenöle zur Strom- und Wärmeerzeugung in Blockheizkraftwerken (BHKW) eingesetzt werden (Heyland et al., 2006). Technisch war es bereits früher als Brenn- und Beleuchtungsmaterial im Gebrauch, und findet heute hauptsächlich in der chemischen Industrie für Kunststoffe, als Weichmacher und Schmiermittel, sowie für Wasch- und Reinigungsmittel seine Verwertung (Rehm u. Espig, 1996).
Öle und Fette gelten als eine der energiereichsten Speicherformen im Pflanzenreich. Eine besondere Eigenschaft liegt in ihrer nahezu osmotischen Inaktivität. Diese besitzt eine hohe Immunität auf das Stoffwechselsystem der Pflanze (Lieberei u. Reisdorff, 2007). Pflanzenöle lassen sich nach ihrer jeweiligen Fettsäurezusammensetzung in sieben verschiedene Hauptgruppen einteilen, wobei diese je nach Eigenschaften unterschiedlichen Einsatzgebieten zugewiesen werden. Das Kokosfett lässt sich aufgrund des niedrigen Gehaltes an ungesättigten Fettsäuren und des hohen Schmelzpunktes der Laurinsäure-Gruppe zuordnen, weshalb Öle dieser Gruppe oft in Backwaren oder in der chemischen Industrie eingesetzt werden. Pflanzenbutter findet bei ähnlichem Fettsäuremuster in der Nahrungsmittelbranche oder der Industrie seine Verwendung. Der Öl- (Palmöl, Erdnuss, Sesam) sowie Linolsäure-Gruppe (Baumwolle, Sonnenblume) kann die größte Anzahl an kommerziell genutzten Pflanzenölen zugeschrieben werden. Ihre Nutzung liegt fast vollständig im Nahrungsmittelbereich. Die Konjugierte Fettsäure-Gruppe (u.a. Tungöl) kommt nur der technischen Verwendung zu Gute. Raps aus der Erucasäuregruppe und Soja als linolensäurehaltige Ölsaat werden neben Speisezwecken häufig für die Biokraftstoffproduktion verwendet (Rehm u. Espig, 1996).

Der weltweite Ölpflanzenanbau weist seit etwa 1950 einen eindeutig steigenden Trend auf. Das Verlangen nach hochwertigen sowie billigen Pflanzenölen für die

Nahrungsmittelproduktion, die technische Industrie oder die Biokraftstoffproduktion führt zu stetig wachsenden Anbauflächen ölliefernder Pflanzen. Weiterhin wurde durch die Verwendung verbesserten Pflanzenmaterials sowie durch Züchtungserfolge die Ertragslage verbessert, was einen kontinuierlichen Anstieg des Produktionsvolumens zur Folge hatte (Lieberei u. Reisdorff, 2007).

Tab. 1 zeigt die wirtschaftlich bedeutendsten Ölpflanzen aus dem Jahr 2011. Laut der FAO stehen die Sojabohne und die Ölpalme mit fast 65% an der Spitze der weltweiten Ölfruchtproduktion. Die aus tropischen Gebieten stammenden Ölpflanzen besitzen einen wesentlich höheren Ölertrag je Flächeneinheit als die in den gemäßigten Breiten kultivierten Ölpflanzen (Franke, 1994). Besonders die Ölpalme, welche auf weniger als einem Fünftel der Anbaufläche von Soja kultiviert ist, liefert angesichts der enormen Hektarerträge global die meiste Menge an Pflanzenöl. Diese ergeben in Verbindung mit den jeweiligen Ölgehalten der Früchte verschiedene Ölausbeuten pro Hektar.

Tabelle 1: Produktionsleistung ölliefernder Pflanzen

Ölpflanze	**Ölproduktion [Mio. t]**	**Frucht-produktion [Mio. t]**	**Anbaufläche [Mio. ha]**	**Ø-Frucht-ertrag [t/ha]**
Sojabohne (*Glycine max*)	41,6	260,9	103,0	2,5
Ölpalme (*Elaeis guineensis*)	54,4	233,8	16,3	14,4
Raps (*Brassica napus)*	22,3	62,5	33,6	1,9
Sonnenblume (*Helianthus annuus*)	13,3	40,2	23,3	1,5
Erdnuss (*Arachis hypogaea*)	5,3	38,6	25,3	1,8
Baumwolle (*Gossypium*)	5,0	48,8	35,2	2,2
Kokospalme (*Cocos nucifera*)	4,3	59,2	11,4	5,2
Olivenbaum (*Olea europaea*)	3,4	19,8	9,6	2,1
Alle	144,6	763,8	257,7	4,0

Quelle: Daten FAOSTAT

Anhand Tab. 2 wird die Sonderstellung der Ölpalme unter den öliefernden Pflanzen ersichtlich. Keine andere Frucht erzielt auch nur annähernd derartig hohe Ölerträge wie diese Palmenart. Dieser Parameter macht sie zu einer der ökonomisch wertvollsten

Tabelle 2: Ölertrag der wichtigsten Ölfrüchte

Ölfrucht	**Ölertrag [kg/ha]**
Ölpalme (Fruchtstände)	200-7.000
Palmkerne	120-400
Kokospalme (Kopra)	320-1.600 (900)[a]
Olivenbaum (Früchte)	180-1.540 (600)[a]
Sonnenblume (Kerne)	160-1.200 (485)[a]
Erdnuss (geschält)	200-1.250 (365)[a]
Soja	100-720 (310)[a]

Quelle: Daten Franke, 1994 [a] Durchschnitt

Pflanzen der Pflanzenölindustrie. Die in den Tropen kultivierte Ölpalme und Soja dominieren den Weltmarkt für Pflanzenöle. Mit einem weitaus geringeren Produktionsvolumen aber größeren weltweiten Anbauflächen als die Ölpalme, nehmen der Raps und die Sonnenblume eine bedeutsame Rolle ein. Die beiden Ölsaaten stellen die wichtigsten Vertreter öliefernder Pflanzen der gemäßigten Breiten dar. Abb. 1 zeigt die hauptsächlichen Anbauländer dieser Pflanzen.

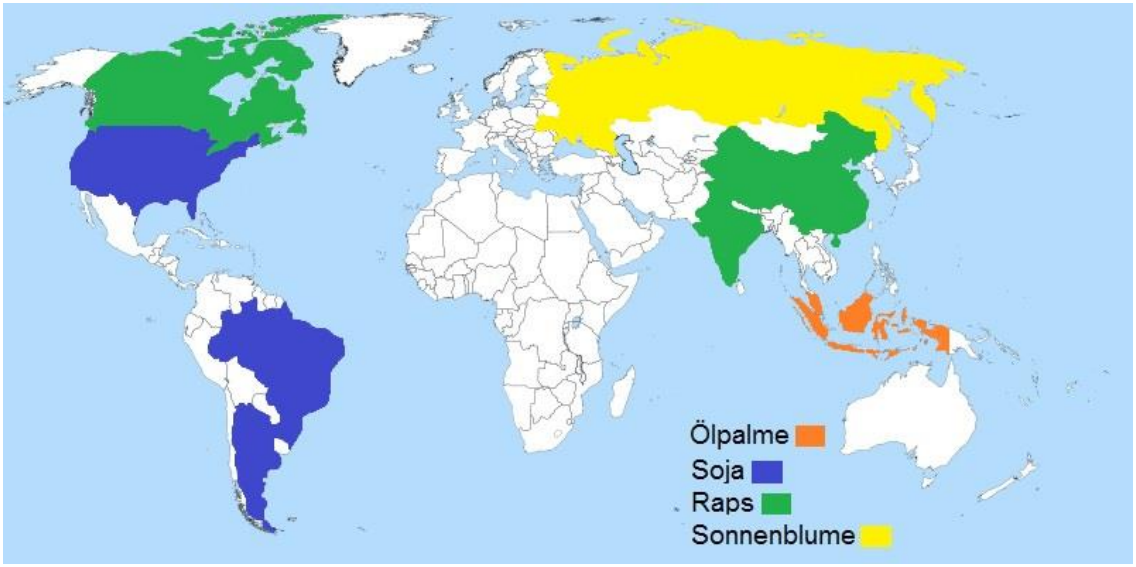

Abbildung 1: Hauptanbauländer gemessen an Produktionsleistung *Quelle: weltkarte.com, eigene Darstellung*

Im Folgenden werden nun diese Pflanzen beschrieben sowie deren wirtschaftliche und ökologische Aspekte herausgearbeitet. Im Anschluss stellt sich die Frage, ob die

aktuelle Produktion an Pflanzenölen die Nahrungsmittelversorgung einer stetig wachsenden Weltbevölkerung sicherstellt, oder zukünftig ein Mangel an essentiellen Fetten und Ölen zu erwarten ist. Zur Beantwortung dieser Frage soll eine Abschätzung des Potentials der wichtigsten Ölpflanzen vorgenommen werden. Zudem stehen landwirtschaftlich genutzte Pflanzen immer mehr im Fokus weltweiter Nutzungskonkurrenzen. Werden öliefernde Pflanzen als Energiepflanzen für die Biokraftstoffproduktion, die Wärme- und Stromerzeugung oder andere technische Zwecke eingesetzt, so werden der Nahrungsmittelproduktion unweigerlich Anbauflächen entzogen. Hierfür wird eine Analyse der derzeitigen Situation vorgenommen und mit Hilfe vorliegender Projektionen diskutiert. Nicht zu vernachlässigen ist der Einfluss eines großflächigen Energiepflanzenanbaus auf die Ökologie des Standorts hinsichtlich Biodiversität. Diese Thematik bekommt in dieser Arbeit ebenfalls eine Gewichtung.

2 Sojabohne

Glycine max L. Merr.

engl. soybean

Die Sojabohne ist eine Nutzpflanze aus der Familie der Hülsenfrüchtler (*Fabaceae* oder *Leguminosae*) und stammt aus der Ordnung der Schmetterlingsblütenartigen (*Fabales*). Sie ist eine der ältesten Kulturpflanzen unserer Zeit und stammt vermutlich von der Wildform *Glycine soja* Sieb. et Zucc. ab. Der Gattung *Glycine* können neun Arten mit dem Subgenius *Glycine* (sechs Arten), *Bracheata* (eine Art) sowie *Soja* (zwei Arten) untergliedert werden. Hinsichtlich Produktion und Anbaufläche nimmt die Sojabohne vor der Ölpalme die Führungsposition im weltweiten Ölpflanzenanbau ein (Franke, 1994; Diepenbrock et al., 1999).

Abbildung 2: Sojabohnenpflanze

Quelle: Matthäus u. Münch, 2009

2.1 Herkunft und Verbreitung

Als Nutzpflanze wurde Soja wurde schon lange vor unserer Zeitwende in China angebaut. Bereits 2800 v. Chr. wurde diese im nordöstlichen Teil Chinas als Nahrungsmittelpflanze kultiviert und zählt somit zu den ältesten uns bekannten Nutzpflanzen. Erst in den Jahren 1691/92 gelang es dem Naturforscher Engelbert Kaempfer erste Exemplare zu beschreiben und in Europa namhaft zu machen. Einige Zeit später waren erste Pflanzen in einem botanischen Garten in den Niederlanden (1737) und in Paris (1739) zu bestaunen. Die heutige Produktion an Soja hält sich in Europa in Grenzen. Lediglich in den südlicheren Regionen wird teilweise Sojaanbau betrieben, welcher jedoch hinsichtlich der Weltwirtschaft kaum bemerkenswert ist. Außerdem stellt sie als typische Kurztagespflanze einen Anspruch von mindestens zehn Stunden Dunkelheit pro Tag, was in europäischen Sommern aufgrund langer Tage zumeist nicht der Fall ist. Als wärmeliebende Pflanze wird die Sojabohne hauptsächlich in subtropischen, warmgemäßigten Klimazonen angebaut. Die Hauptanbaugebiete liegen in den drei amerikanischen Ländern USA, Brasilien und Argentinien sowie in China und Indien (Abb. 3) (Franke, 1994; Diepenbrock et al., 1999).

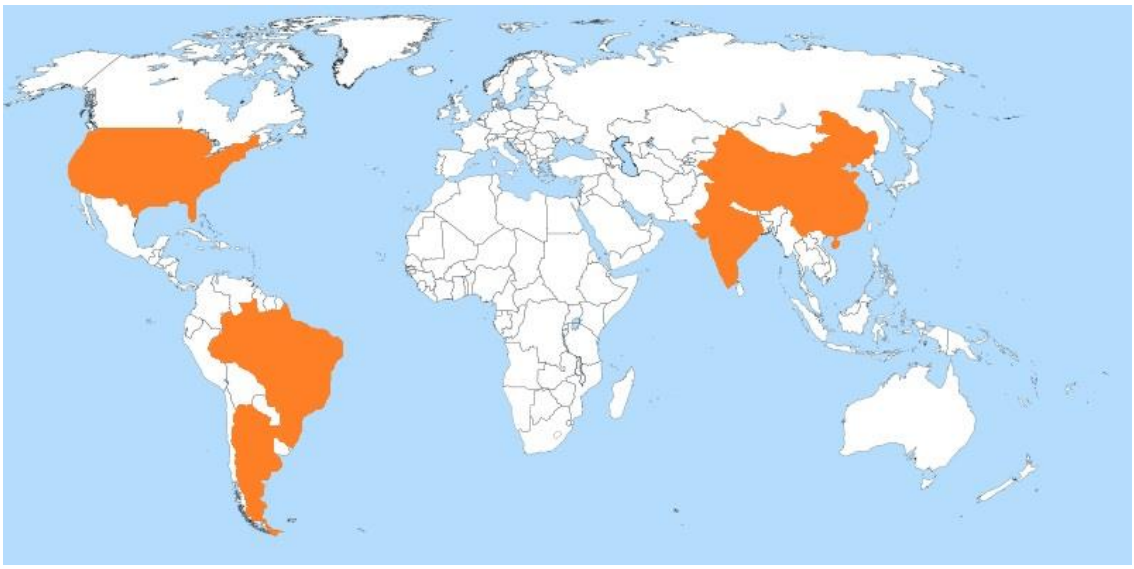

Abbildung 3: Hauptanbaugebiete Sojabohne

2.2 Botanik

Die Sojabohne ist eine einjährige Pflanze und besitzt wie ihre Wildform *Glycine soja* einen Chromosomensatz von 2n = 40 und kann mit dieser gekreuzt werden. Ihre

morphologischen Merkmale, besonders Wuchshöhe und Verzweigung, fallen angesichts einer Vielzahl von Varietäten, Convarietäten und Sorten oftmals sehr unterschiedlich aus. Für den Anbau werden meist aufrechtwachsende Sorten mit 20-80 cm Wuchshöhe verwendet. Bis zu 2 m hochwachsende sowie kriechende Sojasorten werden meist als reine Biomasse an Tiere verfüttert.

Die Sojabohne besitzt eine oftmals stark ausgeprägte Pfahlwurzel, welche bis zu 2 m tief in den Boden reicht und seitliche Wurzeln ausbildet. An den Seitenwurzeln profitiert die Sojabohne von einer Symbiose mit Knöllchenbakterien (*Bradyrhizobium japonicum*), von welchen die Pflanze den nötigen Luftstickstoff erhält. Die Verfügbarkeit dieser Symbionten ist auf europäischen Böden in der Regel so gering, dass eine Bodenimpfung mit Bakterienstämmen notwendig ist. Die Stängel sind rundlich, aufrecht, im Durchmesser eher dünn geformt und mal mehr oder weniger verzweigt. Die abgehenden Blattstiele sind am Stängel unten gegenständig, oben wechselständig angeordnet und tragen langstielige Blätter, die größtenteils aus drei ganzrandigen Fiederblättchen bestehen. Die gesamte Pflanze ist auf der Oberfläche der Stängel, Blattstiele und Blätter mit feinen Härchen belegt. Kurz vor der Erntezeit färben sich die Blätter gelb und fallen zum Zeitpunkt der Reife zu Boden. Die Blüten entstehen in den Blattachseln, sind lediglich 5-7 mm lang und weisen eine lila bis weißliche Färbung auf. Bei der Sojabohne als vollständiger Selbstbefruchter kommt es in den Blüten noch vor deren Öffnen zur Pollenausschüttung. Die Blühperiode läuft je nach Sorte über drei bis vier Wochen und liefert 2-10 cm lange Hülsen, die je nach Ausbildung ein bis sechs Körner enthalten (Abb. 4). Hierbei bilden jedoch nur etwa 20-80% aller Blüten die gelben, braunen oder grau-schwarzen Hülsen aus. Die Samen sind rundlich bis oval oder eiförmig und besitzen je nach Ausprägung ein schwankendes Tausendkorngewicht von 50-450 g (Abb. 5). Die Inhaltsstoffe der Samen sind Eiweiß (29,6-50,3%), Fett (13,5-24,2%), Kohlenhydrate (14,0-33,9 %), Wasser (5,0-9,4%), Rohfaser (3,3-6,4%) und Mineralstoffe (3,3-6,4%). Hochertragsfähige Sojasorten

Abbildung 4: Reife Sojabohne in der Hülse

Quelle: Matthäus u. Münch, 2009

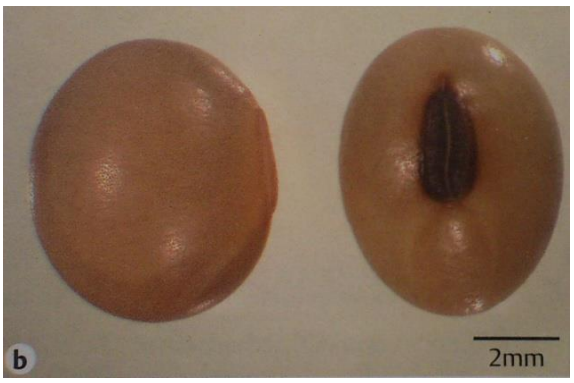

Abbildung 5: links: reife Hülsenfrucht, rechts: Samen

Quelle: Lieberei u. Reisdorff, 2007

besitzen in ihren Samen einen Ölgehalt von bis zu 18-25% und bestehen hauptsächlich aus Linolsäure (36,5-57,8%). Die Vegetationszeit der Sojabohne beträgt in den Hauptanbauregionen etwa vier bis fünf Monate.

Um ideales Wachstum zu gewährleisten benötigt die Sojabohne genügend Dunkelheit. In gemäßigten Breiten wird unter Langtagverhältnissen vermehrt vegetatives Wachstum betrieben, die Produktivität des Fruchtansatzes gehemmt und somit der Reifezeitpunkt hinausgezögert (Franke, 1994; Diepenbrock et al., 1999; Matthäus u. Münch, 2009; Rehm u. Espig, 1996; Lieberei u. Reisdorff, 2007).

2.3 Klima und Bodenansprüche

Generell gilt die Sojabohne als eine wärmeliebende Kurztagespflanze mit idealen Wachstumsvoraussetzungen in warm-gemäßigten Subtropengebieten mit Temperaturen um 24-25°C. Die besten Voraussetzungen für den Anbau bieten warme Körnermaisanbaulagen. Bei mehr als 14 Stunden Tageslicht besteht das Risiko einer ausbleibenden oder verspäteten Blütenbildung, weshalb ein ertragreicher Anbau in zu nördlichen oder südlichen Regionen in der Regel nicht betrieben werden kann. Dennoch kann Soja in gemäßigten Klimaten angebaut werden, wobei das Keimtemperaturminimum bei 8-10°C liegt und für ihren gesamten Lebenszyklus zwischen 1500 und 2500°C an Temperatursummen benötigt werden. Eine optimale Wasserversorgung setzt 500-700 mm an Niederschlägen pro Jahr voraus. Kurze Trockenperioden werden von der Pflanze geduldet und wirken sich nicht negativ auf deren Vegetation aus. Für den Reifeprozess sind trockene Bedingungen nötig, da zu hohe Luftfeuchtigkeit während der Samenreife zu Qualitätsminderung führt.

Die Sojabohne bevorzugt tiefgründige, humus- und nährstoffreiche Böden die einen neutralen pH-Gehalt (6-6,5) aufweisen. Dennoch gibt es bestimmte Sorten welche auf leicht alkalischen oder basischen Standorten angebaut werden können. Zum Einsatz kommen lockere Ton- und sandige Lehmböden mit guten physikalischen Eigenschaften. Schwere staunasse und wasserundurchlässige Böden sind hingegen nicht geeignet (Franke, 1994; Diepenbrock et al., 1999; Rehm u. Espig, 1996).

2.4 Anbaumethoden

Für einen guten Sojaanbau sollte durch Bodenbearbeitung ein günstiges Saatbett

vorbereitet werden. Der Boden sollte tiefgründig, locker und weitestgehend unkrautfrei sein. Meistens wird dies durch eine intensive Stoppelbearbeitung, eine Herbstfurche (20-25 cm) und den Einsatz von Eggen zur Saatbettbereitung erreicht. Die Unkrautbekämpfung ist vor allem in den ersten Wochen wichtig und kann mechanisch oder mittels Herbizideinsatz durchgeführt werden. In gemäßigten Klimazonen kann man durch Impfungen mit einem geeigneten *Bradyrhizobium*-Stamm den Bedürfnissen der Sojabohne an eine optimale Vegetationszeit nachkommen. Häufig werden hierfür auch mehrere Bakterienstämme als Mischkultur in einer Anwendung an den Boden abgegeben. Der Saatzeitpunkt variiert je nach Anbaugebiet und dessen Klimabedingungen. In gemäßigten Gebieten sollte die Bodentemperatur mindestens 8-10°C betragen um Auflaufschwierigkeiten bei feucht-kühlen Bedingungen zu vermeiden. Deswegen wird in diesen Breiten meist Ende April/Anfang Mai gesät. In wärmeren Klimaten liegt die ideale Keimtemperatur im Boden bei 25-32°C. Hitzewellen über 37°C oder Temperaturen unter 15°C beeinflussen einen ertragreichen Sojaanbau negativ.
Bei der Aussaat spielt der Standort ebenfalls eine wichtige Rolle. In tropischen Lagen setzen zu hohe Bodentemperaturen das Stickstoffbindungsvermögen der Knöllchenbakterien herab, weshalb hier engere Reihenabstände (18-25 cm) gewählt werden müssen um schnelle Bodendeckung zu gewährleisten und nötige Kühlung in Form von Schatten zu erhalten. In Europa beispielsweise werden weitere Reihenabstände von 60-90 cm bevorzugt. Die Saatmenge liegt in tropischen Hauptanbaugebieten bei etwa 100 kg/ha (ca. 600.000 Pflanzen/ha) und in gemäßigten Breiten zwischen 50-75 kg/ha (ca. 250.000-400000 Pflanzen/ha). Die Saatstärke hängt hingegen von der Bodenstruktur, der Sorte und der Saatmethode (Einzelkornsaat, Drillsaat) ab. Weiterhin gibt es eine Unterteilung in 13 Reifegruppen, wobei in Zentraleuropa lediglich Sorten mit den Reifegruppen 000 (extrem früh), 00 (sehr früh) und 0 (früh) eingesetzt werden um eine zu späte Abreife in feucht-kühlen Monaten zu reduzieren.

Die Sojabohne reagiert sehr empfindlich auf Krankheitserreger, Schädlinge und starke Unkrautkonkurrenz, wobei Letzteres die größte Schädigung hervorruft. Aufgrund der langsamen Jugendentwicklung und des späten Bestandschlusses können wärmeliebende Pflanzen wie Hirse, Melden, Knöterich und Amarant hohen Konkurrenzdruck ausüben. Dies führt oftmals zu hohen Ertragseinbußen und im schlimmsten Fall zu kompletten Ertragsausfällen. Unter den Schädlingen sind Blattfresser (Raupen, Blattkäfer), Stängelbohrer (Bockkäfer, Minierfliegen), Hülsen- und Samenschädlinge (Sojahülsengallmücke, Sojabohnenhülsenbohrer, Raupen) und Säugetiere (Fraßschäden durch Hasen) die größte Bedrohung. Keimlingsbrand,

Blattflecken-, Wurzel-, Welke- und Stängelerkrankungen führen zu hohem Krankheitsdruck und schädigen die Pflanze nachhaltig. Welkekrankheiten (*Fusarium spec*.) sowie Fleckenerkrankungen können mit Hilfe von Beizung zurückgedrängt werden. Gegen viele andere Erkrankungen gibt es bisher keine Bekämpfungsmethoden.

In einer Fruchtfolge gilt die Sojabohne als außergewöhnlich gute Vorfrucht. Sie hinterlässt dem Boden durch ihre gute Stickstoffbindungsfähigkeit ausreichend Nährstoffe für folgende Kulturen. Als Vorfrucht für Soja eignet sich Wintergetreide hervorragend, wohingegen Sonnenblume oder andere Körnerleguminosen aufgrund von Pilzbefall (*Sclerotinia*) weniger geeignet sind. Weniger pilzanfällige Pflanzen wie Mais, Getreide, Zuckerrüben und Kartoffeln können gut in eine Fruchtfolge eingegliedert werden (Franke, 1994; Diepenbrock et al., 1999; Matthäus u. Münch, 2009)

2.5 Düngung und Pflege

In tropischen Gebieten wird die Sojapflanze fast ausschließlich von den Knöllchenbakterien mit ausreichend Stickstoff versorgt. Drei bis vier Wochen nach deren Auflaufen beginnt sich die Symbiose mit den Bakterien auszuzahlen. Teils kann zur Aussaat eine geringe Stickstoffgabe von 20-40 kg/ha sinnvoll sein, wenn zum gleichen Zeitpunkt keine Rhizobienstämme vorhanden sind. Eine Stickstoffdüngung würde bei Anwesenheit der Knöllchenbakterien deren Wirkung verringern. Gegen Ende der Blüte stellen die Knöllchenbakterien ihre Produktion nahezu ein, sodass man zwischen Blüte und Reife oftmals etwas Stickstoff verabreicht. Phosphorgaben von 20-30 kg/ha fördern die generative Phase und unterstützen die Stickstoffbindung der Knöllchenbakterien. Hohe Kaliumdüngung von 60-80 kg/ha sorgt für einen festeren Stand der Pflanze. Allgemein wird der Mineraldünger in einem Abstand von etwa 5 cm zu den Sojasamen ausgebracht um eventuelle Keimschäden zu verhindern.

Die Pflege konzentriert sich hauptsächlich auf die Vorbereitung des Saatbettes und die frühe Bekämpfung des Unkrautwuchses. Die mechanischen Pflegemaßnahmen sollten ab einer Pflanzenhöhe von 5-10 cm nahezu eingestellt werden, da die Sojapflanze während der Blütephase an den Infloreszensen und Hülsen extrem empfindlich reagiert während der Blütephase an den Infloreszensen und Hülsen extrem empfindlich reagiert (Franke, 1994; Diepenbrock, 1999; Matthäus u. Münch, 2009).

2.6 Ernte, Lagerung und Erträge

Die Reifeperiode der Sojabohne beginnt mit Gelbfärbung und Abfall der Blätter. Die Vollreife ist nach etwa drei Wochen erreicht. Zu diesem Zeitpunkt sind nahezu alle Blätter abgefallen und die Samen hart geworden. Es wird zwischen traditioneller (Messer und Sichel) und mechanischer (Mähdrescher) Ernte unterschieden. Heute geschieht die Ernte in entwickelten Ländern in wirtschaftlicher Hinsicht ausschließlich mit dem Mähdrescher. Aufgrund ihrer Empfindlichkeit gegenüber mechanischer Behandlung, sind beim Mähdrescher Spezialtrommeln mit weitgestelltem Korb und niedrigen Trommeldrehzahlen zu wählen. Bei kleinwüchsigen Sorten muss das Mähwerk sehr niedrig eingestellt werden, um die Hülsen beim Drusch nicht zu schädigen. Sorten deren Hülsenansatz niedriger als 10 cm liegt, sind für Mähdruschernten weniger geeignet. Geerntet wird je nach Standort und Witterungslage unter relativ ariden Bedingungen mit Kornfeuchten unter 18-20%. In Europa liegt der Erntezeitpunkt zwischen September und Mitte Oktober, wobei dieser stark von Jahr und angebauter Sorte abhängig ist.

Nach dem Erntevorgang wird das Erntegut gereinigt und auf eine Basisfeuchte von 12-14% getrocknet, womit man das Auftreten pilzlicher Schaderreger auf den Sojabohnen unterdrückt und vor Verderb schützt. Generell sollte der Feuchtegehalt in gemäßigten Gebieten nicht höher als 15% liegen und in tropischen Regionen nicht mehr als 10 % betragen.

Der durchschnittliche Weltertrag von Sojabohnen liegt derzeit bei etwa 2,5 t/ha. Der in Deutschland durchschnittlich erbrachte Ertrag liegt mit 1,9 t/ha deutlich unter dem Weltertrag. In den Hauptanbaugebieten Nord- und Südamerikas erntet man überdurchschnittlich hoch 2,8 t/ha. Einzelne Sorten können unter idealen Bedingungen Spitzenerträge bis zu 5 t/ha erzielen (Franke, 1994; Diepenbrock, 1999; Matthäus et al., 2009; FAOSTAT).

2.7 Verwertung

Die Sojabohne ist besonders aufgrund ihrer multiplen Nutzungsmöglichkeiten als Öl- sowie Eiweißpflanze eine der beliebtesten Nutzpflanzen weltweit. Durch Extraktion erhält man aus ihren Früchten das Sojaöl, woraus sich hochwertiges Speiseöl und Margarine für die Nahrungsmittelproduktion wie auch Produkte für technische Zwecke

(Kunststofffasern, Klebe- und Schaummittel) gewinnen lassen. Nach Entfernen des Öls, wird der übrig gebliebene Presskuchen (Sojaschrot) als wertvoller Eiweiß- (ca. 40%) und Fettlieferant (ca. 21%) weiterverarbeitet. Hieraus entsteht wertvolles Sojamehl, welches als Grundlage für Suppen, Soßen, Brot und Backwaren verwendet wird, aber auch die Herstellung laktosefreier Sojamilch und Erzeugnissen wie rein pflanzlichen Käse und Sojaquark ermöglicht. Eine Verarbeitung des Sojaeiweißes zu Kunstfleisch ist vor allem in Amerika und den Niederlanden bekannt. Hierbei wird das gelöste Eiweiß mit Hilfe von Bindemitteln, Aromastoffen, Farbstoffen und verschiedenen Zutaten zu einem in Geschmack und Aussehen fleischähnlichen Produkt verarbeitet. Unreife Samen werden in Ostasien und den USA als Gemüse verzehrt, wohingegen reife Samen Giftstoffe (Saponine) enthalten und erst eingeweicht und gekocht werden müssen. Einen besonders hohen Stellenwert kommt der Futtermittelgewinnung zu Gute. Das an Tiere verfütterte, eiweißhaltige Sojaschrot dient der Nahrungsmittelproduktion um der weltweit steigenden Nachfrage an Fleisch gerecht zu werden. Außerdem dient das Sojaöl zur Beimengung in der Biodieselproduktion (Diepenbrock et al., 1999; Rehm u. Espig, 1996; Lieberei u. Reisdorff, 2007; Bärtels, 2002; BMU, 2011).

2.8 Wirtschaftliche Bedeutung

Die Sojabohne ist nach Fruchtproduktion und Anbaufläche die weltweit wichtigste öllieferende Pflanze der Welt. Unter den Ölsaaten liegt sie im globalen Vergleich deutlich vor ihren Konkurrenten Raps, Baumwolle, Erdnuss und Sonnenblume. Sie besticht durch ihren hohen Protein- und Fettgehalt sowie den sich daraus ergebenden vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten. 2012/2013 war über 85% der Sojabohnen gepresst worden, wovon fast 79% auf die Sojamehlproduktion und in etwa 19% auf die Herstellung von Sojaöl entfiel. Nur ein geringer Anteil der Bohnen wurde von der zumeist örtlichen Bevölkerung gekocht und als Nahrungsmittel verzehrt. Heutzutage wird meist gentechnisch verändertes Saatgut ausgebracht, in der Hoffnung den Anbau zu vereinfachen und die Erträge zu steigern. Erfolgreich war bis jetzt die Einbringung eines Fremdgenes, welches eine gewisse Herbizidresistenz hervorruft und somit den Unkrautdruck während der Vegetationsphase reduziert. Im Jahr 2011 wurden weltweit knapp 261 Mio. t an Sojabohnen produziert, was einer Verdopplung der Produktion in den letzten 20 Jahren entspricht. Die weltweite Sojaproduktion fällt dabei mit fast 80% auf die drei amerikanischen Länder USA (83,2 Mio. t), Brasilien (74,8 Mio. t) und Argentinien (48,9 Mio. t). Dabei haben die beiden südamerikanischen Länder in den

letzten Jahren enorm auf die USA aufgeholt, und ihre gemeinsamen Produktionszahlen im Vergleich zum Wirtschaftsjahr 2001 mehr als verdoppelt. Die USA hat dagegen eine weitestgehend stagnierende Produktionsstatistik aufzuweisen. Solch eine immense Produktionssteigerung geht nicht ohne eine Ausweitung der Anbaufläche, sodass diese weltweit in den letzten zehn Jahren eine Vergrößerung um etwa 35% erfahren hat. Ebenso hat der Handel in letzter Zeit zugenommen, was die Import- und Exportstatistiken mit einem Zuwachs von mehr als 100% seit dem Jahr 2000 belegen. Die drei amerikanischen Länder sind mit knapp 90% marktführend im globalen Sojaexport. Anfang des neuen Jahrhunderts ergaben sich Verlagerungen der Handelsströme aufgrund gesteigerter Kaufkraft im asiatischen Raum. Obwohl die europäische Union (2011: 15,4 Mio. t) über Jahrzehnte hinweg als der größte Sojabohnenimporteur galt, dominiert China seit dem Wirtschaftsjahr 2003 mit über 60% und rund 57 Mio. t an Einfuhrmengen den Weltmarkt. In Tab. 3 wird die Vormachtstellung Chinas als wichtigstes Abnehmerland nochmals sichtbar. Im Jahr 2011 produzierte das Land mit 10 Mio. t die größte Menge an Sojaöl vor den Hauptanbauländern USA, Brasilien und Argentinien (Diepenbrock et al., 1999; Lieberei u. Reisdorff, 2007; Matthäus u. Münch, 2009; FAOSTAT; USDA, Destatis).

Tabelle 3: Wichtigste Anbauländer der Sojabohne gemessen an Ertrag, Anbaufläche und Produktion im Jahr 2011 (FAO)

Land/Kontinent	**Fruchtertrag [t/ha]**	**Anbaufläche [ha]**	**Produktion [$t_{Sojaöl}$]**
USA	2,8	30.000.000	8.600.000
Brasilien	3,1	24.000.000	7.300.000
Argentinien	2,6	18.800.000	7.100.000
China	1,9	7.700.000	10.000.000
Indien	1,2	10.000.000	1.600.000
Deutschland	2,0	11.400*	560.000
Amerika	2,8	79.000.000	24.500.000
Asien	1,5	19.500.000	13.800.000
Europa	1,9	3.000.000	2.800.000
Welt	2,5	103.000.000	41.600.000

Quelle: Daten FAOSTAT *= aus Destatis; Summenpunkt „andere Ölfrüchte zur Körnergewinnung“

2.9 Ökologische Bedeutung

Zunächst gibt es keine Zweifel daran, dass die Sojabohne aufgrund ihrer positiven Eigenschaften und hohen Nährwerte eine wichtige ölliefernde Pflanze ist. Bei genauerem Betrachten der Produktionsländer erweist sich der Sojabohnenanbau jedoch als ökologisch bedenklich. In Brasilien trägt der Anbau der Ölpflanze neben der Rinderzucht in hohem Maße zur Zerstörung der Regenwälder bei. Seit 1980 wurden in Brasilien weit mehr als 58 Mio. ha der ursprünglichen Wälder gerodet, wobei in den Bundesstaaten Mato Grosso und Pará seit Jahren die höchste Regenwaldrodung stattfindet. Die Sojabohne gilt im Jahr 2011 mit rund 24 Mio. ha Anbaufläche in Brasilien als ein indirekter Einflussfaktor für die Zerstörung des tropischen Regenwaldes. Laut des BMZ ist die hierbei auftretende CO_2-Freisetzung für etwa ein Fünftel der globalen Treibhausgasemissionen verantwortlich und hat somit entscheidenden Anteil am Klimawandel. In Abb. 6 ist die jährliche Entwaldung in den Jahren 1988-2012 dargestellt. Glücklicherweise ist seit 2004 eine Abnahme der Entwaldungsraten im brasilianischen Amazonasgebiet zu beobachten.

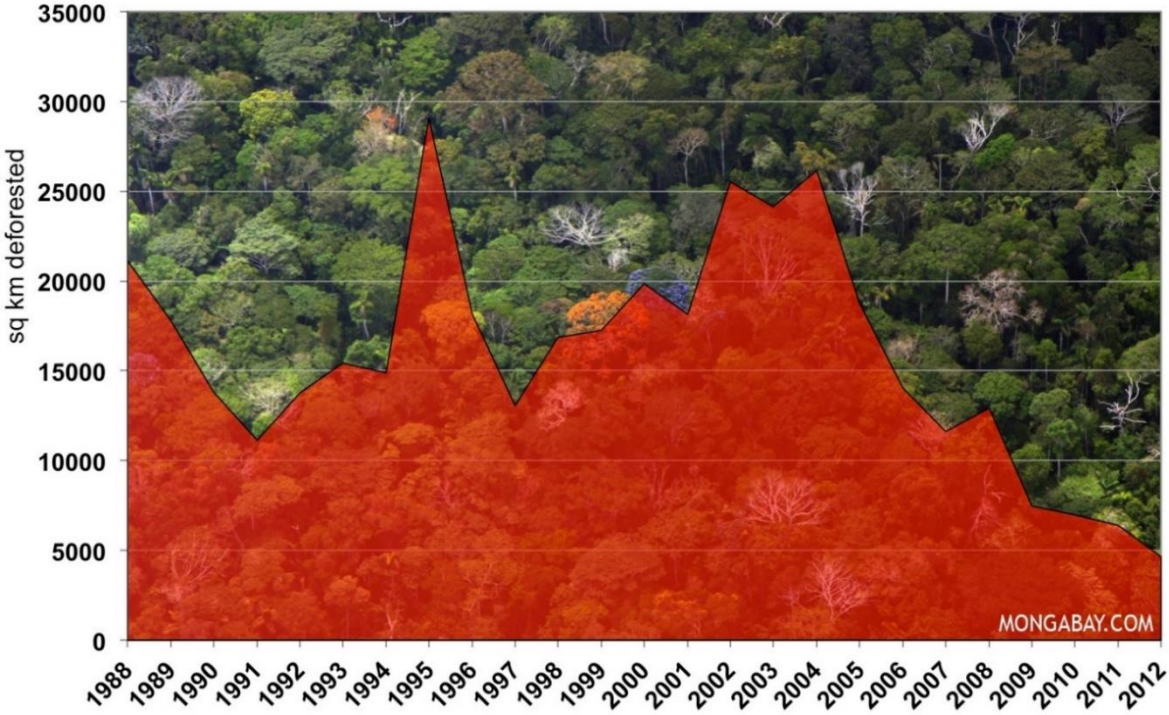

Abbildung 6: Entwaldung in Brasilien 1988-2012, Amazonasgebiet *Quelle: Butler, 2012b*

Klimaschutzinstrumente wie der Kohlenstoff- Marktmechanismus REDD (Reducing Emissions from Deforastation and Forest Degradation) sorgen mit Kompensationszahlungen an Entwicklungsländern für einen Rückgang der Waldrodung. So konnte man eine jährliche Degression der Entwaldungsraten von etwa 27.000 km^2 in 2004 auf unter 5000 km^2 im Jahr 2012 erzielen. Die brasilianische

Weltraumbehörde INPE gibt für das Jahr 2012 in vorläufigen Zahlen eine weiterhin rückläufige Rodungsfläche von ca. 4600 km^2 an. Ein weiteres Problem stellen in Brasilien die teils menschenunwürdigen Arbeitsbedingungen dar. Obwohl schon 1888 der Sklavenhandel abgeschafft wurde, werden Menschen dazu gezwungen Waldflächen für Ackerland abzuholzen. Außerdem erschweren Waldbrände durch Dürreperioden sowie Konflikte der einheimischen Bevölkerung mit Großgrundbesitzern die Erhaltung der Regenwälder. Nicht zu vergessen sind die ökologischen Schäden, verursacht durch den Anbau der Sojabohne in Monokulturen und den Verlust an Biodiversität des größten verbliebenen Regenwaldes der Erde (Butler, 2012b; BMZ, 2012; INPE, 2012).

3 Ölpalme

Elaeis guineensis Jacq.

engl. oil palm

Die Ölpalme gehört zur Ordnung der Arecales (Palmenartige) und lässt sich der Familie der Palmengewächse (*Palmae* oder *Arecaceae*) zuordnen. Die Palmengewächse sind zugleich die einzige Familie ihrer Ordnung. Die Gattung *Elaeis* besteht aus den zwei Spezies *Elaeis guineensis* (afrikanische Ölpalme) und *Elaeis oleifera* (amerikanische Ölpalme), wobei Letztere lediglich zu Kreuzungszwecken (Hybridbildung) verwendet wird und nur geringfügige wirtschaftliche Bedeutung besitzt. Die Ölpalme ist heutzutage eine der wichtigsten Ölpflanzen und dominiert zusammen mit der Sojabohne den Weltmarkt (Franke, 1994; Matthäus u. Münch, 2009, Lieberei u. Reisdorff., 2007).

Abbildung 7: Ölpalmplantage in Malaysia *Quelle: Wikipedia*

3.1 Herkunft und Verbreitung

Die Geschichte der Ölpalme hat ihren Ursprung im tropischen Regenwaldgürtel Westafrikas. Mitte des 15. Jh.s berichteten erstmals portugiesische Seefahrer in Ghana von der Verwendung des Palmöls durch dessen Bevölkerung. Im 16. Jh. gelang dem österreichischen Botaniker Jacquin die erste umfassende Beschreibung der Palmenart, von welchem diese ihre heutige Namensgebung Elaeis (griech. elaion = Öl) erhielt. Die Verbreitung vollzog sich Mitte des 19. Jh.s als erste Ölpalmen in botanischen Gärten (Indonesien, Amsterdam und Réunion) angepflanzt wurden. Wirtschaftliche Bedeutung erlangte die Ölpalme mit der Anlage erster Großplantagen in Westafrika, Indonesien und Malaysia Anfang des 20. Jh.s, als die Nachfrage an billigen Fetten in Europa zur Konkurrenz heimischer Ölpflanzen anstieg.

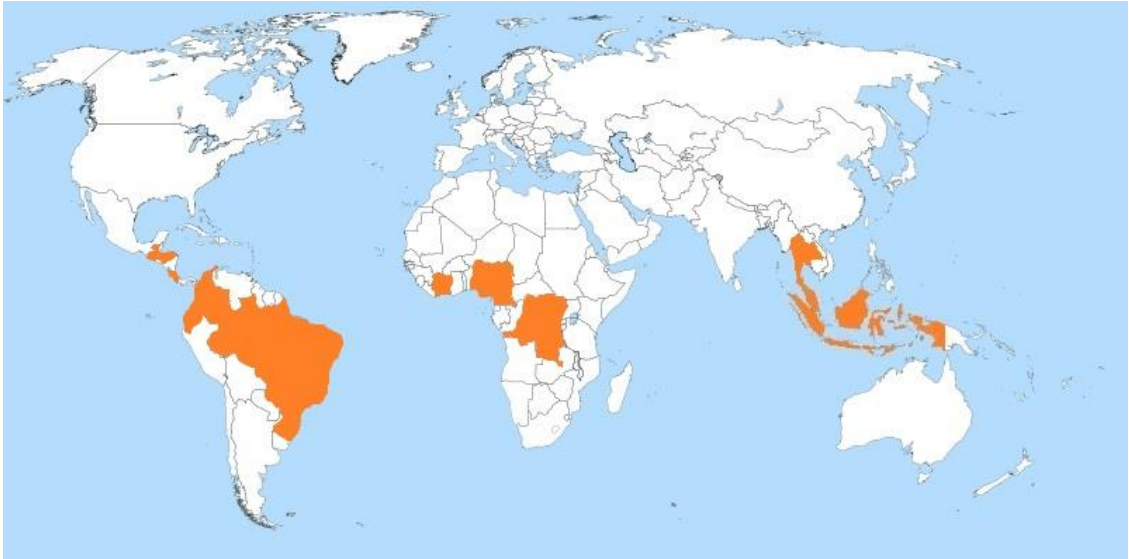

Abbildung 8: Hauptanbaugebiete Ölpalme

Die Ölpalme ist heutzutage im gesamten tropischen Bereich 10° nördlich und 10° südlich des Äquators zu finden. Deren Hauptanbaugebiete liegen in Asien (Indonesien und Malaysia), Afrika (Nigeria, Elfenbeinküste, Kamerun und Kongo) entlang der Küste am Golf von Guinea und Süd-, Zentralamerika (Kolumbien, Brasilien, Ecuador, Honduras, Guatemala und Costa Rica) (Abb. 8). Indonesien und Malaysia stehen mit etwa 80% an der Spitze der weltweiten Palmölproduktion (Franke, 1994; Lieberei u. Reisdorff, 2007; Matthäus u. Münch, 2009; Brücher, 1977).

3.2 Botanik

Die Ölpalme ist eine einhäusige (monözisch) monokotyle Pflanze. Sie weist ein weit verzweigtes Wurzelsystem auf. Zu Beginn ihres Wachstums bilden diese zunächst eine 15-20 cm lange Hauptwurzel (Radicula) aus, welche mit dünnen Adventivwurzeln belegt ist. Anschließend entwickelt die junge Palme primäre Adventivwurzeln welche 20-60cm in den Boden wachsen und nach erfolgreicher Ausbildung zugleich den Tod der Radicula bedeutet. Den für die Ölpalme wichtigsten Teil des Wurzelsystems stellen jedoch die an den Adventivwurzeln abzweigenden Seitenwurzeln dar. Diese treten in ersten, zweiten sowie dritten Graden auf und sorgen für die nötige Stabilität und Nährstoffaufnahme.

Im Gegensatz zu anderen ölliefernden Pflanzen (z.B. Ölbaum) betreiben Palmen zunächst nur primäres Dickenwachstum, wobei das Stängelende in dessen Mittelpunkt die Form eines Kraters annimmt. In dessen Innerem befindet sich der Vegetationskegel von welchem das gesamte Wachstum der Palme ausgeht. Der Blattschopf liegt am äußeren Rand des Kraters und wird erst nach Beendigung des primären Dickenwachstums mit dem Rest des Stammes in die Höhe gehoben. Die Entwicklung des Stammes lässt allerdings drei bis vier Jahre auf sich warten. Erst nach Ende der Keimzeit wird der äußerliche Stamm sichtbar. Ölpalmen erreichen eine Höhe von 15-30m bei einer jährlichen Wachstumsrate von 20-60 cm und einem Stammdurchmesser von 25-75 cm. Mit dem Höhenwachstum setzt auch die Blattproduktion der Palme ein. Aus dem Schopf der Palme wachsen mindestens 20 bis 30 gefiederte, bis zu 7,5 m lange lanzettlich geformte Palmblätter. Nach etwa zwei Jahren sterben und brechen diese ab, lassen die Blattbasis am Stamm zurück und verleihen der Ölpalme das in den Jugendjahren typische raue Erscheinungsbild. Am Ende des Raustammstadiums nach etwa 15 Jahren beginnt mit dem Glattstammstadium das Abfallen der Blattstümpfe und hinterlässt am Stamm eine glatte Oberfläche. Eine Verjüngung des Bestandes ist aufgrund des Rückgangs der Wirtschaftlichkeit nach 40 bis 50 Jahren häufig der Fall. Nach erreichter Maximalhöhe nehmen Ertrag, Blattlänge und Stammdicke ab was zumeist das rasche Absterben der Palme zur Folge hat. Dennoch können Ölpalmen bis zu 80 Jahre alt werden. Aufgrund ihrer Monözie werden im vier- bis fünfmonatigen Wechsel zwischen acht und zehn weibliche bzw. männliche Blütenstände ausgebildet. Die Blütenbildung erfolgt demnach getrenntgeschlechtlich auf Blütenständen in den Blattachseln. Werden aus bestimmten Gegebenheiten (genetische Veranlagung und Umwelteinflüsse) weniger männliche Infloreszenzen gebildet als weibliche Blüten vorhanden sind, so kann mittels künstlicher Befruchtung nachgeholfen werden. Die männlichen Blütenstände verfügen über 20 bis 30

Ährenäste mit jeweils 700 bis 1200 Blüten auf denen drei Staubblätter sitzen. Die weiblichen Blütenstände besitzen oberständige Fruchtknoten mit je drei Samenanlagen. Die Bestäubung erfolgt dabei fremd durch Insekten oder den Wind, wobei in den meisten Fällen nur eine Samenanlage zur Entwicklung kommt und als rundlich, eiförmiger Samen in einer Steinfrucht heranreift. Ein einzelner Fruchtstand kann bis zu 50 kg schwer sein und 3000 bis 6000 Steinfrüchte beinhalten (Abb. 10). Die kleinen Palmfrüchte sind 2-4 cm breit, 3-6 cm lang, wiegen 4-50 g und reifen innerhalb von fünf bis neun Monaten. Die Steinfrüchte bestehen aus dem dünnen außen liegendem Exokarp, dem darunterliegenden orangenen Mesokarp

Abbildung 10: Querschnitt einer Palmfrucht

Quelle: Matthäus u. Münch, 2009

Abbildung 9: Fruchtstände der Ölpalme

Quelle: Matthäus u. Münch, 2009

(Fruchtfleisch) und dem hart holzigen Endokarp welches den fetthaltigen Samen umgibt (Abb 9). Das faserige Fruchtfleisch liefert mit einem Ölanteil von 45-50 % das wertvolle Palmöl, wohingegen aus den zu 48-52 % Öl enthaltenden Samen Palmkernöl gewonnen wird. Die Dicke des Endokarps einer Frucht bestimmt den jeweiligen Palmentyp. Der *Dura*-Typ besitzt ein 2-8 mm dickes Endokarp mit einem Fruchtfleischanteil von 35-55 %, der *Tenera*-Typ hat ein 0,5-3 mm dickes Endokarp welches zu 60-95 % aus Fruchtfleisch besteht wohingegen der *Pisifera*-Typ (100% Fruchtfleischanteil) nur ein sehr schmales oder gar kein Endokarp aufweist. Abb. 11 zeigt die drei unterschiedlichen Typen im Aufbau ihrer Früchte. Mittels Selektion ertragreicher Typen und der Generierung von Hybriden (*Dura* x *Pisifera* = *Tenera*) konnte der Ertrag in der Palmölproduktion enorm gesteigert werden. Afrikanische Wildpalmen liefern lediglich 0,6-1 t/ha Palmöl, wogegen gezüchtete Typen in Malaysia teilweise über 7 t/ha liefern (Franke, 1994; Lieberei u. Reisdorff, 2007; Matthäus u. Münch, 2009)

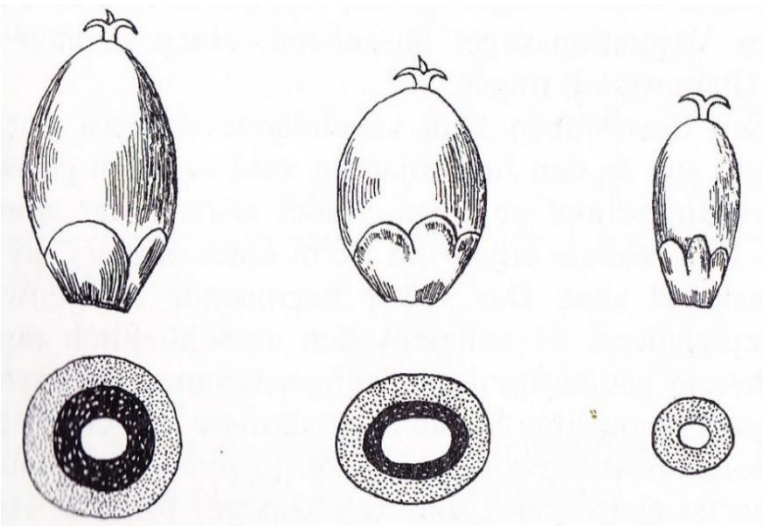

Abbildung 11: Die drei Typen der Ölpalme im Querschnitt der Früchte: v.l. Dura, Tenera, Pisifera

Quelle: Franke, 1994

3.3 Klima und Bodenansprüche

Ideale Wachstumsbedingungen findet die Ölpalme lediglich in tropischen Bereichen beidseitig des Äquators vor. Sie benötigt konstante Jahrestemperaturen von 24-28°C mit relativ geringen Temperaturschwankungen. Ein durchschnittliches Minimum von 19°C sowie ein Maximum von 32°C sollten im Jahresverlauf nicht unter- sowie überschritten werden. Bei Temperaturen unter 15°C kommt es gar zum Wachstumsstillstand. In der Regel findet auf über 500 m Höhe aufgrund zu niedriger Temperaturen und des resultierenden Ertragsdefizit kein Ölpalmenanbau mehr statt, wobei Ölpalmplantagen in Ostafrika auf 1000 m Höhe erfolgreich angebaut wurden. Allgemein sollte die Ölpalme etwa fünf Stunden pro Tag Sonnenlicht erhalten und dabei etwa 2000 Sonnenscheinstunden pro Jahr nicht unterschreiten. Hohe Ansprüche besitzt die Palme ebenso bei der Wasserversorgung, für die zwischen 1500-3000 mm Niederschlag im Jahr benötigt werden. Trockenzeiten werden toleriert, wirken aber stark ertragsmindernd und sollten nicht länger als vier Monate jährlich anhalten.

Allgemein stellt die Ölpalme hohe Ansprüche an die Struktur und Inhaltsstoffe des Bodens. Gut drainierte, tiefgründige, luftige, humus- sowie nährstoffreiche Böden bilden die Grundlage eines ertragreichen Anbaus. Sandig-lehmige bis tonige Alluvialböden stellen den idealen Bodentyp dar. Kurzzeitige Überschwemmungen werden zwar akzeptiert, dauerhafte Staunässe wirkt sich auf das Palmenwachstum hingegen negativ aus. Der erfolgreiche Anbau auf Böden mit einem pH-Wert zwischen

4-7 zeigt die Anspruchslosigkeit der Ölpalme bezüglich dieses Wertes (Franke, 1994; Matthäus u. Münch, 2009; Rehm et al., 1996).

3.4 Anbaumethoden

Vor dem Anbau muss zunächst das Saatgut bereitgestellt und behandelt werden. Hierzu werden reife Palmfrüchte per Hand oder maschinell vom Exo- und Mesokarp getrennt um die enthaltenen Ölsamen zu gewinnen und diese anschließend unter hohen Temperaturen (39-42°C) 40 bis 60 Tage in speziellen Brutschränken vorzubehandeln. Danach bekommen die Samen ein siebentägiges Wasserbad, welches im Anschluss die Keimung einleitet. Die Samen werden in Plastikbeutel verpackt und bei wiederum großer Hitze für 30 bis 40 Tage in Brutschränken gelagert. Nach Abschluss des Keimvorgangs haben sich etwa vier bis fünf Blätter entwickelt, sodass die jungen Pflanzen in größere Säcke oder Feldanzuchtbeeten verlagert werden. Nach zehn bis zwölf Monaten sind sie dann bereit zur Auspflanzung in Plantagen.

Der Pflanzabstand hängt bei einer Ölpalmenplantage direkt von den Bodenbedingungen ab. Durchschnittlich wird im Quadrat auf 9 x 9 m (130 bis 160 Palmen pro ha) gepflanzt, kann allerdings zwischen 7,5 x 7,5 m auf schlechteren Böden und 10,5 x 10,5 m auf besser geeigneten Böden variieren. Generell ist zu beobachten, dass junge Palmen einen höheren Ertrag bei kleinerem Pflanzabstand aufweisen, ältere Palmen dagegen größere Abstände benötigen. Deshalb könnte man zu Beginn die Pflanzdichte höher anlegen, um bei späterem Ausdünnen des Bestandes den Flächenertrag hoch zu halten. Ebenso kann man durch eine Verjüngung des Bestandes von einem Drittel der Plantage komplette Ertragsausfälle um drei Jahre reduzieren. Auf diese Weise wird auch der Erntevorgang zu hoch gewachsener Palmen erleichtert und der Gesamtertrag gesteigert.

Die Ölpalme eignet sich hervorragend für den Einsatz von Mischkulturen. Nahrungspflanzen wie Mais, Maniok, Hirse, Banane und Cocoyam können bedenkenlos zwischen den Palmreihen angebaut werden. Oftmals werden mehrjährige Leguminosen zum Erosionsschutz und Gründüngung als Bodenbedeckung zwischen den Reihen verteilt. Diese unterdrücken die bei Ölpalmen weit verbreitete Krankheit Chlorose, welche zu Gelbfärbungen an den Palmblättern führt. Hierfür werden gewöhnlich Spezies wie *Calopogonium caeruleum*, *C. mucunoides*, *Centrosema pubescens* und *Pueraria Phaseolloides* eingesetzt.

Pilzliche Krankheitserreger treten meist in großer Anzahl auf, und können auf der Ölplame Blattfleckenkrankheiten sowie Stammfäule auslösen. Wichtige Blattfleckenerreger sind *Cercospora elaeidis* und *Leptosphaeria elaeidis*, welche gelb-braune bis graue Flecken hervorrufen und für die Vertrocknung des gesamten Blattes verantwortlich sind. Anthraknose ist eine weitere äußerst gefährliche Blattfleckenkrankheit, die für Verfärbung und Austrocknung ganzer Palmblätter bekannt ist. Die uns geläufigen Formen dieser Krankheit werden von den drei Erregern *Botryodiplodia palmarum*, *Melanconium elaeidis* und *Glomerella cingulata* ausgelöst.

Zahlreiche tierische Schädlinge sorgen meist für eine Schädigung des Stammes und der Palmblätter. Nematoden wie *Rhadinaphelenchus cocophilus* (verursacht Rotringkrankheit, „red ring disease“) der Palmrüßler (*Rhynchophorus palmarum*), Palmbohrer (*Rhynchophorus ferrugineus*) oder Nashornkäfer der Gattung *Oryctes* verschaffen sich Zugang in den Stamm der Ölpalme, um dort Fraßgänge zu erzeugen oder ihre Larven zu legen, die den Vegetationskegel angreifen. Verschiedenste Raupen- und Insektenarten fressen sich durch Palmblätter und richten großen Schaden an (Franke, 1994; Matthäus u. Münch, 2009; Fairhurst u. Härdter, 2003).

3.5 Düngung und Pflegemaßnahmen

Eine ausgedehnte Nährstoffgabe ist für die Gesundheit der Pflanze und des daraus resultierenden Palmölertrages unverzichtbar. Unter Stickstoffmangel kommt es zunächst zur Bleichung der alten Palmblätter, was sich daraufhin auf die gesamte Pflanze ausbreitet und zu deren Vergilbung führt. Zu wenig Phosphorsäure bedeutet unter Umständen eine Abnahme der Blühleistung sowie des Fruchtansatzes. Bei Kaliummangel droht an den älteren Blättern Chlorose, und im weiteren Verlauf das Austrocknen der Blätter durch das Auftreten auffällig brauner Flecken („bronzing“ bzw. „orange spotting“). Orangene Verfärbungen („yellowing“ bzw. „orange frond“) zwischen den Blattadern älterer Blätter sind das Anzeichen von Magnesiummangel. Ein Mangel an Kalium und Magnesium tritt vor allem auf den Böden Westafrikas auf, was Wachstumsverzögerungen und geringere Palmfruchtausbeuten zur Folge hat. In Tab. 4 wird ersichtlich, dass die Düngergabe von den verschiedenen Anbauregionen und deren unterschiedlichen Bodentypen abhängt. Kaliumdünger wird hinsichtlich der einzelnen Standorte im Vergleich zu anderen Nährstoffquellen mit bis zu 3 t/ha am meisten gedüngt.

Eine ausgedehnte Pflege ist vor allem für Ölpalmen im Jugendstadium notwendig. Unkontrollierbarer Unterwuchs unmittelbar um die Palme sollte unbedingt fern gehalten

werden, da sich der Großteil der Wurzelmasse bei jungen Pflanzen nahe der Bodenoberfläche befindet und somit die Nährstoffaufnahme behindert. Ebenso kann auftretender Unkrautwuchs mit Hilfe von Herbiziden (zwei Gaben pro Jahr) nahezu vollständig vernichtet werden (Franke, 1994; von Uexkull u. Fairhurst, 1991).

Tabelle 4: Düngerbedarf von vier bis zehn Jahre alten Ölpalmen nach Standort und Böden

Present fertilizer use in major growing areas for young, mature palms (4-10 years old)						
Country	**Yield level (t/ha FFB)**	**Soil**	**kg/palm/year**			
			N	**P2O5**	**K2O**	**MgO**
Malaysia	26-32	Alluvial	0.90-1.35	0.33-0.50	1.80-3.00	0.135
	22-28	Inland (Sedentary)	0.84-1.25	0.50-0.65	2.40-3.30	0.27-0.40
	20-26	Peat*	0-0.45	0-0.35	2.40-3.00	-
Indonesia	22-30	Volcanic	0.90-1.35	0.46-0.70	1.70-1.80	0.35-0.40
	20-26	Podzolic (Sedentary)	0.90-1.35	0.70-0.90	1.50-3.00	0.35-0.40
Thailand	14-18	Sedentary	0.84-1.05	0.50-0.66	1.80-3.00	0-0.14
Papua New Guinea	20-28	Volcanic**	0.60-0.80	0.23-0.46	0-1.20	0-0.14
	18-26	Alluvial	0.40-0.60	0-0.23	1.80-2.40	-
West Africa	10-18	Sedentary sands	0.20-0.50	0.23	0.60-1.80	0-0.27
Latin America	16-24	Volcanic**	0.45-0.68	-	-	0.20-0.27
	17-25	Alluvial	0.45-0.68	0.45-0.68	0.60-1.20	0-0.27
	15-22	Sedentary	0.30-0.60	0.45-0.68	0.90-1.80	0.20-0.27

Quelle: von Uexkull u. Fairhurst 1991

3.6 Ernte, Verarbeitung und Erträge

Bereits nach drei bis vier Jahren tragen die Ölpalmen Früchte sodass geerntet werden kann. Die Erträge steigen bis zum 8. bis 12. Lebensjahr rapide an und können meist die folgenden zehn Jahre hoch gehalten werden. Nach 20 bis 25 Jahren nimmt der wirtschaftliche Wert einer Ölpalme in Plantagen wieder ab. Ölpalmen in freier Natur liefern häufig bis zum 20. Jahr kaum Palmfrüchte, und auch nur dann unregelmäßige und geringe Ausbeuten. Die Ernte der Palmfrüchte erfolgt per Hand mit Hilfe von Stangen, Leitern oder Ernteplattformen. Dabei werden die Fruchtstände vorsichtig in Körben an Seilen zu Boden gelassen. Der Erntezeitpunkt ist erreicht, wenn sich die ersten Früchte von selbst lösen. Eine zu frühzeitige oder zu späte Ernte hat erheblichen Einfluss auf die Ölausbeute der Samen und des Fruchtfleisches. Da nur in der Regenzeit geerntet wird, kann die Haupterntezeit an Standorten ohne Trockenperiode das ganze Jahr über stattfinden, wogegen in Gebieten mit ein, zwei trockenen Phasen teilweise die Ernte verschoben werden muss.

Eine erfolgreiche Verarbeitung beginnt schon mit dem Erntevorgang. Unvorsichtiges Ernten führt zu Druckschäden, welche das Fruchtgewebe schädigen und das unliebsame Enzym Lipase freisetzen. Dabei entstehende freie Fettsäuren mindern die Palmölqualität, weshalb Palmöl ab einem Fettsäuregehalt über 5% nur noch für industrielle Nutzung verwendet werden kann. Deshalb werden die Früchte gleich im Anschluss an die Ernte mit heißem Dampf sterilisiert, um die Lipasen zu hemmen. Zur Palmölgewinnung werden die Früchte zunächst gequetscht, vom Steinkern getrennt und abschließend gepresst. Das Pressen erfolgt mittels hydraulischen Pressen, Schraubpressen oder Zentrifugen. Schließlich erhält man das von Carotinoiden orange gefärbte Rohöl, welches größtenteils aus Öl- und Palmitinsäure zusammengesetzt ist. Aus der Palmölproduktion anfallenden Palmkerne werden vom restliche Fruchtfleisch gereinigt und anschließend in mit Hilfe von Walzen- oder Zentrifugalknackern aufgebrochen. Die dabei freigelegten Samen werden getrocknet (Wassergehalt 5-7%), gemahlen, gepresst und schließlich zu Palmkernöl verarbeitet. Dieses besteht im Vergleich zu Palmöl zum Großteil aus Laurinsäure.

Die Erträge einzelner Fruchtbündel fallen ganz unterschiedlich aus. Junge Ölpalmen welche zum ersten Mal Früchte tragen liefern nur geringe Mengen ab, wohingegen ausgewachsene Palmen eine Fruchtbündelmasse von 10 bis 30 kg liefern. Pro Jahr schwankt die Produktion an Fruchtbündeln je Palme zwischen 5 und 15. Laut der FAO lag der weltweite Fruchtertrag in 2011 bei durchschnittlich 14,4 t/ha. Das aus dem Fruchtfleisch gewonnene Palmöl beträgt etwa 2,5-4 t/ha und kann unter idealen Verhältnissen an bestimmten Standorten auf 5 t/ha ansteigen. Aus ertragreichem *Tenera*-Anbau konnten sogar 7 t Palmöl und 0,8 t Palmkernöl pro Hektar erzielt werden (Franke, 1994; Lieberei u. Reisdorff, 2007; Rehm u. Espig, 1996; FAOSTAT).

3.7 Verwertung

Bei der Ölpalme wird hauptsächlich das Öl aus dem Fruchtfleisch und den Samen der Palmfrucht genutzt. Daneben können die Palmblätter zur Faserproduktion sowie die Stämme zur Holzherstellung als Sekundärprodukte verwendet werden. Überwiegend dienen Palmöl sowie Palmkernöl der menschlichen Ernährung. In den tropischen Anbauregionen wird es zumeist als Speiseöl zum Kochen eingesetzt. Aufgrund des relativ hohen Erstarrungspunktes, befindet sich das Öl von Palmen schon bei Temperaturen um 20-24°C im festen Zustand, wodurch es sich hervorragend zur Herstellung von Margarine eignet. In den Importländern werden aus dem Palmöl

Seifen, Kerzen und Kosmetikartikel hergestellt. Die proteinreichen Rückstände des Palmkerns werden als Presskuchen an Tiere verfüttert. Durch Anschneiden unreifer männlicher Infloreszensen oder in der Nähe des Vegetationskegels gewinnt man Phloemsaft, aus welchem sich Palmwein produzieren lässt. Aufgrund der nachhaltigen Schädigung der Pflanze findet die Palmweinproduktion jedoch meist nur an alten, ertragsschwachen Ölpalmbeständen statt. Weiterhin wird Palmöl als biogener Energieträger in der Biodieselproduktion als Palmölmethylester (PME) eingesetzt. (Franke, 1994; Lieberei u. Reisdorff, 2007; Bärtels, 2002; OECD u. FAO, 2012).

3.8 Wirtschaftliche Bedeutung

Die Bedeutung der Ölpalme ist in den letzten Jahren aufgrund des weltweit ansteigenden Nahrungsmittelbedarfs sowie industriellen Interessen enorm gestiegen. Aber wieso ist diese Pflanze so gefragt in der Pflanzenölindustrie? Im Gegensatz zu anderen öllieferndn Pflanzen besitzt die Ölpalme ein beachtliches Potential. Im Vergleich zur konkurrenzfähigen Sojabohne, welche in ebenso großem Stile in Amerika angepflanzt wird, besitzt die Ölpalme einen im Durschnitt fünfmal so hohen Fruchtertrag pro Hektar. Ein ebenso großer Unterschied wird sichtbar, wenn man den Ölanteil in den Früchten beider Pflanzen vergleicht. Während der Samen der Sojabohne lediglich einen Ölgehalt von 18% besitzt, beinhaltet das Fruchtfleisch der Palmfrucht hingegen ca. 45-50%. Ein weiterer Grund der für den Ölpalmanbau spricht, ist seine relativ kostengünstige Produktion. Die Ölpalme ist eine mehrjährige Pflanze welche über einen Zeitraum von 20 bis 25 Jahren wirtschaftlich genutzt werden kann und mehrmals Früchte trägt. Die Sojabohne ist hingegen eine einjährige Pflanze, die jedes Jahr erneut angebaut werden muss und dementsprechend höhere Kosten verursacht. All diese Fakten machen die Ölpalme zu einer beliebten öllieferndn Pflanze und lukrativen Einnahmequelle (Franke, 1994).

Die Palmölproduktion konnte in den letzten zehn Jahren nahezu verdoppelt werden, sodass die heute produzierten knapp 50 Mio. t Palmöl etwa ein Drittel aller weltweit erzeugten Pflanzenöle ausmachen. Der asiatische Raum dominiert mit seinen beiden Hauptanbauländern Indonesien und Malaysia mit etwa 90% des weltweiten Ölpalmanbaus den Markt. Wurden 2000 noch ca. 10 Mio. ha angebaut, so ist die Anbaufläche bis ins Jahr 2011 um gut 60% gestiegen. Während in Malaysia nur ein verhältnismäßig geringer Zuwachs zu verzeichnen ist, konnte die Anbaufläche in Indonesien in den letzten Jahren mehr als verdreifacht werden. Im Jahr 2010 wurden weltweit rund 35 Mio. t Palmöl exportiert, wovon Indonesien und Malaysia mit über

90% beteiligt waren. Die beiden asiatischen Länder exportieren weit mehr als 80% des eigens produzierten Öls in andere Länder. Die wichtigsten Abnehmerländer waren 2010 China (5,8 Mio. t), Indien (4 Mio. t), Pakistan (1,7 Mio. t) und Ägypten (1,3 Mio. t). Die europäische Union ist mit 5,4 Mio. t einer der Großabnehmer und hat mit den Niederlanden (1,9 Mio. t), Deutschland (1,4 Mio. t) und Italien (1,1 Mio. t) die wichtigsten Länder (Franke, 1994; Rehm u. Espig, 1996; FAOSTAT).

Tab. 5 verdeutlicht noch einmal die Überlegenheit des asiatischen Marktes, legt allerdings auch erstaunliche Zahlen auf. Obwohl Nigeria fast so viel Ölpalmanbau wie Malaysia betreibt, kann das Land aufgrund derart geringer Fruchterträge in der Palmölproduktion nicht mit den dominierenden Ländern Schritt halten. In Kolumbien liefern die Ölpalmfrüchte den durchschnittlich höchsten Ertrag und erzeugen trotz der relativ geringen Anbaufläche erstaunliche Mengen an reinem Palmöl. So produzieren amerikanische Länder mit kleiner Fläche genauso viel Palmöl wie Afrika, welches auf der angebauten Fläche unterdurchschnittlich geringe Erträge erbringt.

Tabelle 5: Wichtigste Anbauländer der Ölpalme gemessen an Ertrag, Anbaufläche und Produktion im Jahr 2011 (FAO)

Land/Kontinent	**Fruchtertrag [t/ha]**	**Anbaufläche [ha]**	**Produktion [$t_{Palmöl}$]**
Indonesien	16,7	6.100.000	21.450.000
Malaysia	21,9	4.000.000	18.910.000
Thailand	18,0	600.000	1.530.000
Nigeria	2,7	3.200.000	1.350.000
Kolumbien	22,9	170.000	940.000
Elfenbeinküste	6,7	230.000	400.000
Brasilien	11,9	110.000	270.000
Asien	18,7	10.800.000	42.200.000
Afrika	3,8	4.600.000	2.600.000
Amerika	17,1	760.000	2.600.000
Welt	14,4	16.300.000	48.600.000

Quelle: Daten FAOSTAT

3.9 Ökologische Bedeutung

Ebenso wie bei der Sojabohne ist die Palmölproduktion aus ökologischer Sicht kritisch zu sehen. Die beiden Hauptanbaugebiete Indonesien und Malaysia roden große Teile

ihrer unberührten Regenwälder für den wirtschaftlichen Ölpalmanbau. Die großflächigen Brandrodungen erfolgen meist auf den für den Ölpalmanbau wichtigen Torfböden. Diese enthalten hohe Mengen an Kohlendioxid, welches bei der Zerstörung der Wälder in die Atmosphäre entweicht. In Indonesien verschwanden in den Jahren 2005-2010 jährlich 685.000 ha Regenwald. Im Vergleich zum Beginn des Jahrtausends bedeutet dies eine 100-prozentige Zunahme der Entwaldungsfläche. Indonesien gilt heutzutage als einer der fünftgrößten Treibhausgasemittenten weltweit und droht zudem die letzten verbliebenen Orang Utans und Tiger aus ihren Habitaten zu vertreiben und auszulöschen. In Malaysia konnte dagegen in den letzten Jahren die Geschwindigkeit der Waldrodung um etwa 40% verlangsamt werden. Die Zerstörung des Regenwaldes konnte in den Jahren 2005-2010 mit ca. 87.000 ha jährlich um rund 40% gegenüber 2000-2005 reduziert werden. Die Abb. 12 zeigt die Waldflächenänderung der beiden südostasiatischen Länder. Das Ausmaß der Zerstörung wird besonders anhand der indonesischen Inseln Sumatra und Borneo ersichtlich. Borneo verlor während dieser Zeit 12% und Sumatra fast ein Viertel der bestehenden Waldfläche. Anfang 2013 wurde bekannt, dass der größte asiatische Papierhersteller APP (Asia Pulp & Paper) auf Druck zahlreicher Umweltorganisationen seine Regenwaldrodung eingestellt hat. Nachdem die beiden südostasiatischen Länder zwischen 2000 und 2010 mehr als 11 Mio. ha an tropischen Regenwäldern vernichtet haben, scheint es so, als könne man dem profitgierigen Vorhaben einiger Unternehmen die Stirn bieten (FAOSTAT; Butler, 2012a; Butler, 2013; Miettinen et al., 2011).

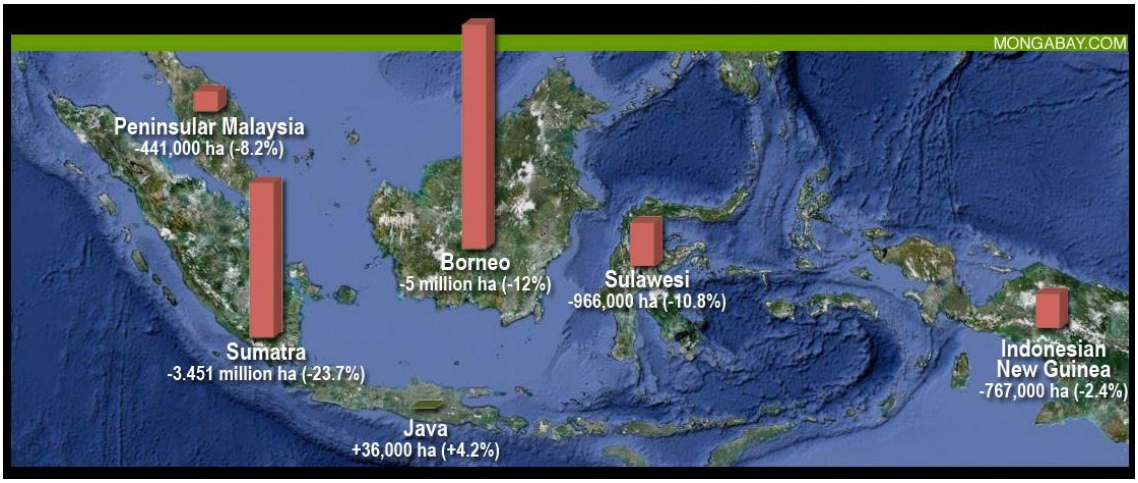

Abbildung 12: Waldflächenänderung in Indonesien und Malaysia zwischen 2000-2010

Quelle: Miettinen et al., 2011

4 Raps

Brassica napus L.

engl. rape

Der Raps ist eine Ölpflanze aus der Ordnung der Kreuzblütenartigen (*Brassicales*) und der Familie der Kreuzblütengewächse (*Brassicaceae*). In ihrer Familie befinden sich Nutzpflanzen wie Rettich, Radieschen oder der Ackersenf. Innerhalb der Gattung *Brassica* bestimmt die Ausprägung der Ertragskomponenten die Entstehung der jeweiligen Kulturformen. Darunter befinden sich beispielsweise Rüben (Wurzel), Kohlrabi (Sprossachse), Kopfkohl (Blätter) und im Falle von Raps ein Öl- und Eiweißlieferant. Raps ist die wichtigste und meist angebaute Kulturpflanze in den gemäßigten Breiten (Matthäus u. Münch, 2009; Heyland et al., 2006).

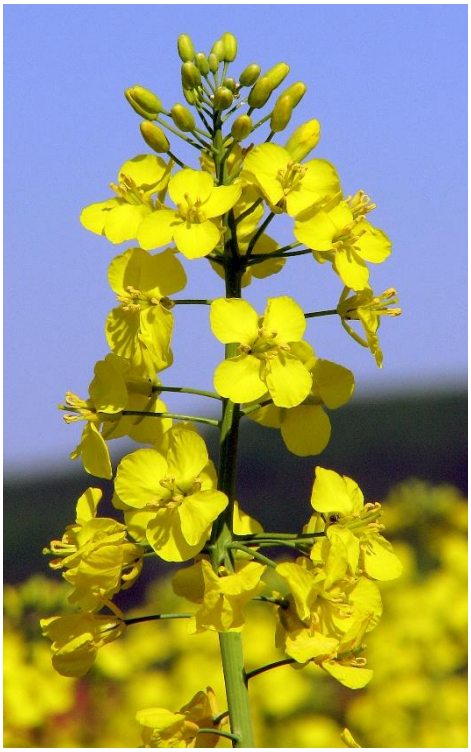

Abbildung 13: Blütenstand von Raps

Quelle: Wikipedia

4.1 Herkunft und Verbreitung

Die genaue Herkunft von Raps ist bis heute nicht sicher belegt. Ältere Schriften schreiben über Rüböl, welches in Europa im späten Mittelalter als Energiequelle für Öllampen verwendet wurde. Bereits zu dieser Zeit nutzte man das Öl zu Speisezwecken und mit Beginn der Industrialisierung im 19. Jh. auch zu technischen Nutzen und als Chemierohstoff. Wildformen sind von Raps nicht bekannt, weshalb dieser als sehr junge Kulturpflanze gilt. Die Hauptanbaugebiete liegen heutzutage in verschiedenen Gebieten gemäßigter Klimate. In der europäischen Union wird schwerpunktmäßig in Deutschland, Frankreich, Großbritannien und Polen angebaut. Die weltweiten Produktionszentren befinden sich in China, Indien, Australien sowie Kanada (Abb. 14) (Matthäus u. Münch, 2009; FAOSTAT).

Abbildung 14: Hauptanbaugebiete Raps

4.2 Botanik

Raps ist eine krautige, gelb-farbige Ölsaat, welche aus einer Kreuzung der zwei *Brassica*-Arten *B. rapa* (Rübsen, n=10) und *B. oleracea* (Kohl, n=9) entstanden ist und aufsummiert einen haploiden Chromosomensatz von n=19 besitzt. Man unterscheidet zwischen einer Winter- und einer Sommerform, wobei Letztere als Ölpflanze in Europa eine kleinere Rolle einnimmt.

Beim Ernten der Rapspflanze fällt sofort deren stark ausgebildete Pfahlwurzel auf, welche mit vielen langen sowie kurzen Seitenwurzeln besetzt ist und bis zu 1,80 m in den Boden reicht. Im Herbst entwickelt der Winterraps im Rosettenstadium eine

Blattrosette mit bis zu 15 dunkel-grünen Laubblättern. Das für das Wachstum verantwortliche Sprosssystem besteht aus einem dominanten monopodialen Haupttrieb mit einem Höhenwachstum von mehr als 2 m. Dessen Bildung erfolgt nach den frostigen Wintermonaten im Frühjahr unter gleichzeitiger Auflösung der Blattrosette. Nach Einsetzen des Sprosswachstums entstehen bei Kulturformen ab dem zweiten Drittel des Stängels wechselständig angeordnete Laubblätter. Basale Verzweigung kennzeichnet ursprüngliche Wildformen. Die weiter unten angesiedelten Laubblätter sind gestielt und gefiedert, wohingegen in zentralen bis oberen Bereichen ungeteilte, ungestielte und stängelumfassende Blätter anzutreffen sind. Der Wachstumsverlauf der Rapspflanze ist in Abb. 15 zu sehen. Die charakteristischen Rapsblüten bestehen aus vier einzelnen

Abbildung 15: Wachstumsstadien der Rapspflanze *Quelle: Matthäus u. Münch, 2009*

Kelchblättern, worauf vier gelbe Kronblätter sitzen und in deren Mitte sechs Staubblätter in zwei Kreisen angeordnet sind. Zwischen den inneren vier Staubblättern und dem Stempel befindet sich Nektar, welcher zur Bestäubung beitragende Insekten (Bienen, Hummeln, Käfer) anlockt. Neben Fremdbestäubung erfolgt oftmals witterungsbedingte Selbstbefruchtung durch den Wind. Ein Rapsbestand blüht je nach Witterung zwischen drei und vier Wochen. Niedrige Temperaturen und hohe

Niederschläge verlängern die Blütezeit, wohingegen trockene und heiße Bedingungen den Vorgang beschleunigen. Die ausgebildeten Früchte (Schoten) stehen senkrecht auf der Vegetationsachse, sind 5-10 cm lang und enthalten etwa 15 bis 20 Samen mit einem Tausendkorngewicht zwischen 4-6 g. Die kugeligen blau-schwarz bis braun schwarz gefärbten Samen weisen einen Ölgehalt von 40-50%, einen Proteingehalt von etwa 25% wie auch einen Schalenanteil von 12-16% auf. Das aus den Samen gewonnene Rapsöl wies zunächst hohe Anteile giftiger Eruca- und Eicosensäure auf, welche in Menschen Erkrankungen an der Herzmuskulatur hervorgerufen haben. In Rapszüchtungen konnte der Einfluß von schädlicher Erucasäure nahezu verdrängt werden, sodass heutzutage der Hauptbestandteil in Form von Ölsäure (60%) das Rapsöl zu einem wertvollen Speiseöl macht. Diese Sorten werden im Anbau als 00-Raps („Doppel-Null“) bezeichnet (Heyland et al., 2006; Diepenbrock et al., 1999).

4.3 Klima und Bodenansprüche

Der Raps gilt als eine typische Kulturpflanze der kühl-gemäßigten Breiten. Der Anbau von Winterraps erfolgt frühzeitig im Herbst bei moderaten Temperaturen, um eine gewisse Vegetationszeit vor Winterbeginn zu garantieren. Für einen idealen Keimvorgang sollten Temperaturen von 2-3°C nicht unterschritten werden. Angestrebt wird ein kräftiges Rosettenstadium mit sechs bis achtblättriger Rosette und einer 8 mm dicken Pfahlwurzel mit rund 20 cm Tiefgang. Nach Abschluss einer Winterhärtungsphase ist die Pflanze in der Lage Temperaturen bis -25°C zu tolerieren. Hierbei kann sich der Raps in den Monaten fallender Temperaturen langsam an die kommende Kälteperiode gewöhnen. Zu Beginn des Frühjahrs beginnt mit 4-6°C die Wiederaufnahme des Wachstums in Form von Längenwachstum. Der optimale Temperaturbereich liegt in der Hauptvegetationsphase bis hin zur Blüte bei kühl-gemäßigten 15-20°C mit hoher Luftfeuchtigkeit. Höhere Temperaturen wirken sich dagegen negativ auf die Ertragsleistung der Pflanze aus. Der Raps stellt mit 600-800 mm an Niederschlägen pro Jahr und einer hohen Luftfeuchtigkeit hohe Ansprüche an den Wasserbedarf. Deshalb haben sich humide, maritime Lagen als bevorzugte Anbauregionen herausgestellt. In Deutschland herrschen vor allem in den nördlichen Regionen wie Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein ideale Anbaubedingungen für einen hohen Samenertrag.

Raps besitzt aufgrund seiner tiefreichenden, kräftigen Pfahlwurzel hohe Ansprüche an den Standort. Angesichts seiner Empfindlichkeit gegenüber schwerer

Bodenverdichtung beschränkt sich der Anbau auf tiefgründige, strukturierte Böden ohne Staunässe. Böden mit guter Kalkversorgung und vergleichsweise neutralen pH-Werten um 6,5-7 werden bevorzugt. Besonders gut eignen sich tiefgründige Lehmböden mit guter Wasserversorgung sowie humose, nährstoffreiche Sandböden. Zu tonige, flachgründige sowie unter Staunässe leidende Böden sind für einen ertragreichen Rapsanbau nicht geeignet (Matthäus u. Münch, 2009; Diepenbrock et al., 1999; Heyland et al., 2006).

4.4 Anbaumethoden

Vor der Saatbettbereitung ist eine intensive Bodenbearbeitung zur Bekämpfung von Unkräutern und Schaderregern sowie der Einarbeitung pflanzlicher Rückstände notwendig. Direkt nach der Vorfruchternte werden mittels Stoppelbearbeitung Pflanzenrückstande in den Boden eingearbeitet, Unkräuter geräumt und das Bodengefüge gelockert um ein sicheres Auflaufen der Pflanze zu garantieren. Die folgende Grundbodenbearbeitung (Pflug, Krumenpacker) dient der Lockerung des Bodens, der vollständigen Unterbringung von Pflanzenresten und der Erzeugung einer Saatfurche (20-25 cm tief) für den Saatvorgang. Es kann auch eine konservierende, pfluglose Bodenbearbeitung mit dem Grubber erfolgen. Ziel der abschließenden Saatbettbereitung (Kreiselegge, Kreiselgrubber) ist ein ebener, gelockerter, unkrautfreier, fein- bis mittelkrümeliger und wasserdurchlässiger Boden.

Die Saatdichte variiert zwischen der Anlage von Linien- (35-50 Körner/m^2) oder Hybridsorten (40-60 Körner/m^2) mit einer relativ flachen Saattiefe von 1-2 cm und einem Reihenabstand wie dem Getreideabstand von kleiner gleich 30 cm. Ein Ertragsmaximum wird lediglich bei vollständiger Homogenität der Pflanzenverteilung pro Fläche, ideale Bestandesführung sowie optimaler Wachstumsbedingungen erreicht. Der Saattermin von Winterraps wird aufgrund der nötigen vorwinterlichen Entwicklung oftmals Mitte bis Ende August gesetzt, da eine Aussaat im September des Öfteren in Ertragseinbußen resultierte.

Raps hat mit ca. 30 Unkräuter- und Ungräserarten zu kämpfen, welche jedoch nur in kleiner Artenzahl in den Beständen auftreten und deren Schädigung durch intensive Bodenbearbeitung in Grenzen gehalten wird. Größten Einfluss erzielen die Vogelmiere (*Stellaria media*), das Klettenlabkraut (*Galium aparine*), der Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*), das Ackerstiefmütterchen (*Viola arvensis*) und die Geruchlose Kamille (*Tripleurospermum inodorum*). Bei starker Verunkrautung ist ein

Herbizideinsatz bis zum 2- bis 4-Blattstadium optimal, ansonsten geschieht die Unkrautregulierung mit traditionellen Hackmaschinen (z.B. Hackstriegel). Das Auftreten von Pilzkrankheiten wie der Weißstängeligkeit (*Sclerotinia sclerotiorum*), der Kohlhernie (durch Pilz *Plasmodiophora brassicae*), der Wurzelhals- und Stängelfäule (*Phoma lingam*) oder der Rapsschwärze (*Alternia*) ist meist nur bei starkem Befall und langjährigem Rapsanbau in vorbeugender oder gezielter Bekämpfung notwendig. Unter den tierischen Schaderregern lassen sich vor allem Nacktschnecken hervorheben. Diese treten vermehrt bei milden, feuchten Bedingungen auf, fressen die Rapskeimlinge oftmals vor dem Auflaufen an und vernichtet somit große Teile der Aussaat. Ebenso sorgen zahlreiche Käferarten wie der Große Rapserdfloh (*Psylliodes chrysocephala*), der Kohlschotenrüssler (*Ceuthorrhynchus assimilis*) oder der Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus*) für Fraßschäden an Blättern, Blüten und Schoten.

In einer Fruchtfolge ist Raps selbstunverträglich, womit er eine rein annuelle Pflanze im Anbau darstellt und generell einen Anbaurythmus von drei Jahren besitzt. Raps stellt allgemein einen hohen Anspruch an frühräumende Vorfruchte, um mittels Bodenbearbeitung die Pflanzenreste und Unkräuter einzuarbeiten und für ein ideales Saatbett zu sorgen. Wintergerste stellt für größtmögliche Rapserträge die perfekte Getreidevorfrucht dar. Der Raps selbst besitzt ausgezeichnete Vorfruchtwerte. Seine langzeitige Vegetationsdauer und die damit verbundene intensive Bodendeckung sorgen für eine Gefügeverbesserung und dauerhafte Unkrautunterdrückung. Außerdem liefern auf dem Feld verbleibenden Pflanzenrückstande die nötigen Nährstoffe in Form von Stickstoff. Winterweizen als Folgefrucht profitiert hierbei in hohem Maße, wobei dieser in Fruchtfolgen oft nach Raps eingesetzt wird (Matthäus u. Münch, 2009; Diepenbrock et al., 1999; Heyland et al., 2006; UFOP, 2013).

4.5 Düngung

Für einen erfolgreichen Rapsanbau ist eine ausgewogene Nährstoffversorgung ausschlaggebend. Für Raps haben besonders Stickstoff, Kalium, Bor und seit den 80er Jahren auch Schwefel einen hohen Stellenwert. Der Nährstoffbedarf richtet sich in der aktuellen Düngeverordnung nach der Bodenuntersuchung (bodenverfügbare Nährstoffe) sowie dem Nährstoffentzug durch die Samen als Haupternteprodukt. Eine Stickstoffdüngung erfolgt aufgrund der vorherrschenden N-Verfügbarkeit des Bodens im Herbst erst spät in meistens zwei Teilgaben im Frühjahr. 160-200 kg/ha an Stickstoff werden gleichmäßig verteilt auf eine frühzeitige Gabe bei Schmelzen der

Schneedecke und einer zweiten Gabe zwei bis vier Wochen später zur Unterstützung des Längenwachstums. Die Ernte der Samen führt zu einer Nährstoffabfuhr von 40-60% der in etwa in der gesamten Biomasse enthaltenen 300 kg N/ha, wobei der restliche Stickstoff auf dem Feld zurückbleibt. Kaliumdünger stellt aufgrund seiner fördernden Eigenschaften im Hinblick auf Frosthärte, Standfestigkeit sowie Blüten- und Schotenbildung einen sehr wichtigen Nährstoff dar. Bei einer Gesamtaufnahme von 200-400 kg/ha rechnet man mit einer Kaliumgabe von 12-15 mg K_2O je 100 g Boden. Wegen der schwindenden Schwefeleinträge aus der Atmosphäre hat sich eine Schwefeldüngung im Rapsanbau etabliert. Schwefelmangel führt zu geringerer Samenbildung in den Schoten und somit indirekt auch zu einem verminderten Wirkungsgrad der Stickstoffdüngung. Bei einem Gesamtschwefelbedarf von 80-180 kg/ha gibt man etwa 40 kg/ha an mineralischem Schwefel hinzu. Bordüngung sorgt mit 0,5 kg/ha für einen positiven Einfluss auf die Blüten und Samenbildung. Organische Düngung in Form von Gülle ist lediglich im Herbst vor der Stoppelbearbeitung oder kurz nach der Aussaat sinnvoll, da ein zu hohes Angebot an Stickstoff zu unerwünschtem Längenwachstum in der vorwinterlichen Entwicklung führen kann (Matthäus u. Münch, 2009; Diepenbrock et al., 1999; Heyland et al., 2006).

4.6 Ernte und Erträge

Für die Rapsernte gibt es je nach technischen Voraussetzungen und örtlichen Witterungsbedingungen in der Regel zwei verschiedene Ernteverfahren. Das hauptsächlich in Mitteleuropa angewandte Mähdruschverfahren (Direktdrusch) erfolgt mit dem herkömmlichen Mähdrescher, wenn die Vollreife der graugelb-gefärbten Schoten erreicht ist und beim Schütteln das Rascheln der Samen zu hören ist. Die Samen sind zu diesem Zeitpunkt hart, trocken und sollten einen Wassergehalt von maximal 15% besitzen. Im Gegensatz zur Getreideernte montiert man am Mähdrescher einen Rapsvorsatz mit Seitenmessern und einer Schneidwerksverlängerung von etwa 60 cm. Die Ernteverluste sind unter optimalen Bedingungen mit 2-5% anzugeben. Das Schwaddruschverfahren wird hauptsächlich im Sommerrapsanbau auf Standorten mit kurzer Vegetationszeit, ungünstigen Witterungsbedingungen, starkem Unkrautwuchs und ungleichmäßig reifenden Beständen angewendet. Vor allem Letzterem kommt eine hohe Bedeutung zu, da beim Schwaddrusch bereits fünf bis zehn Tage früher bei geringerer Abreife (Feuchtegehalt 30%) geerntet und zur Nachreife abgelegt wird. Eine frühe Ernte ist besonders in

Nordeuropa und Nordamerika von Vorteil, um der Getreidenachfrucht aufgrund des spätreifenden Sommerrapses Handlungsspielraum im Anbau zu ermöglichen.

Die durchschnittlichen Erträge unterliegen oftmals jährlichen Schwankungen. Konnte im Jahr 2009 in Deutschland noch eine Rekordernte von fast 4,3 t/ha an Rapssamen gewonnen werden, so waren es 2011 lediglich 2,9 t/ha. Der weltweite Durchschnittsertrag konnte in den letzten acht Jahren seit 2011 relativ konstant bei etwa 1,8 t/ha gehalten werden. Generell ist die Samenausbeute beim Sommerraps aufgrund der heiß trockenen Temperaturen im Sommer geringer als bei der Winterform. Der Ölertrag der Rapssaat liegt bei bei ca. 1,3 t/ha (Matthäus u. Münch, 2009; Diepenbrock et al., 1999; Heyland et al., 2006).

4.7 Aufbereitung, Lagerung und Verwertung

Eine sichere Lagerung der Rapssamen ist nur bei einer maximalen Kornfeuchte von 7% und Temperaturen von höchstens 12% gegeben. Bei einem ebenso niedrigen Wassergehalt von 9% und Raumtemperaturen von etwa 20% können Milben, Schimmelpilze und tierische Schädlinge das Erntegut angreifen. Um dies zu vermeiden, sind ausgiebige Reinigungs- (Siebmaschine), Trocknungs- und Belüftungsvorgänge zu durchlaufen. Die Trocknung dient der Reduzierung des Feuchtegehalts und geschieht durch thermisches Trocknen mittels Warmlufttrockner oder einer Belüftungstrocknung. Nach dem Trocknungsvorgang sollte vor der Lagerung aus Qualitätszwecken eine Belüftung an freier Luft stattfinden. Zur Gewinnung des Rapsöls werden die Samen in dezentralen Kleinanlagen oder zentralen Großanlagen nach eventueller Reinigung, Zerkleinerung oder Konditionierung gewalzt oder gepresst. Ölreste können aus dem anfallenden Presskuchen mittels Extraktion gewonnen werden. Je nach Verwendung als Nahrungsmittelöl oder der Beimischung als Biokraftstoff muss das Öl in weiteren Vorgängen bearbeitet werden.

Der Raps bietet in seiner Verwendung ein weites Spektrum als Nahrungsergänzungsmittel, für technische Produkte wie auch als biogener Energieträger. Am Häufigsten wird das Öl aus den Samen zu hochwertigem Speiseöl, Margarine, Backfett und Mayonnaise verarbeitet. Die Pressrückstände der Ölgewinnung werden als hochwertige Proteinquelle an Tiere verfüttert. Ein weiterer großer Bereich stellt die Verwertung in technischen Bereichen dar. Aus Rapsöl werden Lampenöle, Schmierstoffe, Hydraulik-, Motor- oder Sägekettenöle hergestellt. Außerdem findet es als Korrosionsschutz in der Erdölindustrie, sowie der Metall- und Kunststoffverarbeitung seine Einsatzgebiete. Die Nutzung als Biokraftstoff ist als

Biodiesel in Form von Rapsölmethylester (RME) oder als naturbelassenes Pflanzenöl möglich. Weiterhin kann das Pflanzenöl in Heizanlagen als Ersatz von Heizöl eingesetzt werden. Außerdem kann Raps in seiner Eigenschaft als Energiepflanze als Festbrennstoff für die Strom- und Wärmegewinnung in Blockheizkraftwerken eingesetzt werden (Heyland et al., 2006; Diepenbrock et al., 1999).

4.8 Wirtschaftliche Bedeutung

Der Rapsanbau nimmt in der weltweiten Ölsaatenproduktion mit mehr als 13% im Jahr 2011 den zweiten Rang hinter dem unangefochtenen Weltmarktführer Soja (55%) ein. Wie der gesamte Trend im Ölsaatenanbau hat auch der Rapsanbau steigende Anbauflächen sowie Produktionszahlen aufzuweisen. In den Jahren 2000 bis 2011 konnte die Produktion an Rapssamen um mehr als 70% gesteigert werden, welches prozentual gesehen die größte Zunahme einer Ölsaat seit Beginn des neuen Jahrtausends bedeutet. Der größte Zuwachs der letzten Jahre war in Europa zu beobachten, wonach die Rapsproduktion seit 1990 (9,2 Mio. t) um mehr als das Doppelte angewachsen ist. Knapp 70% der gesamten Anbaufläche entfallen auf die Länder China, Kanada, Indien und Australien. Insgesamt stieg die globale Anbaufläche in 20 Jahren von 1991 bis 2011 um mehr als 13 Mio. ha auf fast 34 Mio. ha an. Bemerkenswert ist in diesem Zeitraum eine Vergrößerung der Anbaufläche aller europäischen Länder um mehr als das Doppelte. Dies liegt auch an den idealen Vegetationsbedingungen der gemäßigten Klimazone Europas, wonach laut Tab. 6 dort durchschnittlich die höchsten Hektarerträge aller Kontinente erzielt werden. Deutschland produziert trotz der vergleichbar kleinen Anbaufläche große Mengen an Rapsöl, da dieses neben Japan den wichtigsten Importeur an Rapssamen auf dem Weltmarkt darstellt. Die wichtigsten Exportländer an Rapssamen sind in 2010 Frankreich (1,5 Mio. t), Australien, Ukraine (beide 1,1 Mio. t) und Kanada (7,5 Mio. t), wobei Letzteres mit etwa 45% an der weltweiten Gesamtabfuhr beteiligt ist. Die Hauptabnehmerländer waren im selben Jahr Deutschland, Japan (beide 2,3 Mio. t), Belgien (2,2 Mio. t), China (1,6 Mio. t), die Niederlande (1,5 Mio. t) und Mexiko (1,4 Mio. t).

Tabelle 6: Wichtigste Anbauländer von Raps gemessen an Ertrag, Anbaufläche und Produktion im Jahr 2011 (FAO)

Land/Kontinent	Fruchtertrag [t/ha]	Anbaufläche [ha]	Produktion [$t_{Rapsöl}$]
China	1,8	7.300.000	4.800.000
Kanada	1,9	7.500.000	2.900.000
Deutschland	2,9	1.300.000	2.700.000
Indien	1,3	6.500.000	2.300.000
Frankreich	3,5	1.600.000	1.800.000
Großbritannien	3,9	700.000	800.000
Polen	2,2	800.000	800.000
Australien	1,1	2.100.000	300.000
Europa	2,5	8.000.000	8.900.000
Asien	1,5	14.600.000	8.900.000
Amerika	1,9	8.000.000	4.100.000
Welt	1,9	33.600.000	22.300.000

Quelle: Daten FAOSTAT

4.9 Ökologische Bedeutung

Der Anbau von Raps besitzt in der Summe keine derartig schwerwiegende ökologische Bedenklichkeit wie die vorrangegangen, tropischen Pflanzen. Die Herstellung des aus Rapsöl gewonnenen Biokraftstoffes RME gilt in seiner Produktion als CO_2-neutral, biologisch abbaubar, schont die Umwelt durch Einsparungen an fossilen Rohstoffen und gibt bei seiner Verbrennung nur geringe Mengen schädlichen Schwefels an seine Umgebung ab. Bezieht man sich nur auf den Vorgang der Verbrennung, so wird lediglich Kohlenstoffdioxid abgegeben, was vorher bei der Pflanzenproduktion aufgenommen wurde. Erstellt man allerdings die vollständige Ökobilanz von Raps, so werden bei der Produktion notwendiger Dünge- und Pflanzenschutzmittel sowie der landwirtschaftlich eingesetzten Arbeitsgeräte beträchtliche Mengen an fossilen Brennstoffen verwendet. Rechnet man den gesamten Lebensweg von der Biomasseproduktion bis zur Verbrennung von RME in die Bilanzierung mit ein, so kann dem Rapsanbau keine neutrale CO_2-Bilanz berechnet werden (Reinhardt u. Zemanek,

2003). Des Weiteren hinterlässt der Raps nach dem Erntevorgang hohe Anteile leicht mineralisierbaren Stickstoffs, dessen Aufnahme allerdings bis zu Winterbeginn durch Folgefrüchte ausgeschlossen ist und im Anschluss in Form von Nitrat zur Verschmutzung der Grund- und Oberflächengewässer führt (Attenberger, 2010).

5 Sonnenblume

Helianthus annuus

engl. sunflower

Die Sonnenblume ist eine Pflanze aus der Ordnung der Asternartigen (*Asterales*) und wird der Familie der Korbblütler (*Asteraceae*) zugeordnet. Sie ist eine Pflanzenart der Gattung *Helianthus* (Sonnenblumen) und heutzutage nach der Sojabohne, dem Raps und der Baumwolle die viertwichtigste Ölsaat. Unter den knapp 50 Arten sind lediglich die Sonnenblume und Topinambur (*Helianthus tuberosus*) als Kulturpflanzen von wirtschaftlicher Bedeutung. Neben der hauptsächlichen Nutzung als öllieferende Pflanze für die menschliche Ernährung findet die Sonnenblume als Tierfutter oder Zierpflanze ihre Verwendung (Franke, 1994; Rehm u. Espig, 1996; Schuster, 1992; FAOSTAT).

Abbildung 16: Sonnenblumenfeld *Quelle: Wikipedia*

5.1 Herkunft und Verbreitung

Das Herkunftsgebiet der Sonnenblume liegt nach Vavilov zwischen dem südlichen Kanada und dem nördlichen Teil Mexikos. Archeologische Funde von Korbresten und Körnern sind auf eine Zeit um 3000 v. Chr. zurückzudatieren. Man geht davon aus, dass die Pflanze von den Indianern in Amerika zu Nahrungsmittelzwecken gebraucht wurde. Mit den Spaniern gelang die Sonnenblume im Jahr 1510 nach Europa, wo sie zunächst in Madrid in einem botanischen Garten angebaut wurde. Nach einer anfänglichen Verbreitung als Zierpflanze in nord-östlichere Regionen war ihre Nutzung als wichtige ölliefernde Pflanze erst im 19. Jh. in Erscheinung getreten. Ende des 19. Jh. Betrug die Anbaufläche in Russland bereits 150.000 ha, von wo aus sich der Anbau in die Balkanstaaten Bulgarien, Rumänien, Ungarn und Jugoslawien ausdehnte. Um Nahrungsmittelengpässe zu verhindern, wurde die Sonnenblumenproduktion zu den beiden Weltkriegen jeweils stark erhöht.

Abbildung 17:Hauptanbaugebiete Sonnenblume

Als Pflanze gemäßigter Breiten findet der gegenwärtige Anbau überwiegend in Europa statt. Dort liegen die größten Anbaugebiete in Russland, der Ukraine, Frankreich, Spanien, Bulgarien, Rumänien und der Türkei. Als weltweite Produktionszentren können Argentinien, die USA und China angegeben werden (Abb. 17) (Heyland et al., 2006; Matthäus u. Münch, 2009; FAOSTAT).

5.2 Botanik

Die Sonnenblume ist eine aufrechtwachsende, einjährige Kulturpflanze mit einem diploiden Chromosomensatz von 2n=34 und den charismatischen, scheibenförmig gelben Blütenständen. Innerhalb der Art *Helianthus annuus* und zwischen den Arten sind die morphologischen und physiologischen Merkmale aufgrund spontan vorkommender Hybridisierung oftmals sehr unterschiedlich. Ihr Wurzelsystem besteht anfangs aus einer bis zu 5 m tiefreichenden Pfahlwurzel, welche nur im oberen Bereich gut ausgebildet ist und somit keinen entscheidenden Beitrag für eine bessere Standfestigkeit liefert. Mit der Zeit entwickelt die Sonnenblume durch ansetzende Seitenwurzeln ein oberflächennahes, gut verzweigtes Wurzelsystem, das zwischen 50 und 70% der Gesamtwurzelmasse in Anspruch nehmen kann. Bei der Ausbildung des Stängels findet man eine Variation von kleinen Zwergtypen mit 0,4 m an Wuchshöhe sowie hochwachsende Formen von bis zu 5 m. Für die Kornnutzung werden wegen der verbesserten Standfestigkeit kleinwüchsige bis mittelhohe Typen bevorzugt. Der Stängel ist leicht behaart, kommt in unseren Kulturkreisen vermehrt einstängelig vor, besitzt sekundäres Dickenwachstum und erreicht einen Durchmesser von 1-10 cm. Zum Reifezeitpunkt hin neigt sich der Stängel im oberen Drittel mit Neigungswinkeln bis 115-135°, was zu einer aufrechten bis stark überhängenden Korbstellung führt. Bis auf die beiden unteren Blattpaare befinden sich die Blätter am Stängel in wechselständiger Anordnung. Diese sind, wie der Stängel, beidseitig mehr oder weniger behaart und bewahren die Pflanze vor dem Austrocknen. Auf Blattober- sowie Unterseite besitzt die Sonnenblume zahlreiche Spaltöffnungen für hohe CO_2-

Abbildung 18: Blütenstand im Längsschnitt *Quelle: Lieberei u. Reisdorff, 2007*

Assimilationsraten. An einer Pflanze befinden sich 20-40 große, dunkelgrüne Blätter, welche an langen Stielen mit dem Stängel verbunden sind. Die Blätter wie auch der Blütenkorb richten sich der Eigenschaft des Heliotropismus nach immer in Richtung Sonne aus, was sie zu höheren Assimilationsraten befähigt. Das Stängelwachstum und die Blattbildung enden mit Einsetzen der Blütephase. Die Befruchtung erfolgt mittels Fremdbestäubung durch Insekten (Bienen), eine Windbestäubung ist aufgrund der klebrigen Pollen unwahrscheinlich. Der Blütenkorb (Abb. 18) besteht aus den auffällig gelben Zungenblüten, den Hüllkelchblättern und einem unten liegenden Blütenboden. In dem kreisrunden, 5-50cm breiten Blütenstand befinden sich zwischen 300-800 Röhrenblüten. Diese setzen sich aus fünf Kronenblättern, einer Antherenröhre, einem Griffel mit Narbe sowie einem unterständigen Fruchtknoten zusammen. Der Blühprozess beginnt am äußeren Rand des Blütenkorbes und blüht bis zur Mitte hin je nach Witterung innerhalb von fünf bis zwölf Tagen ab. Ein komplettes Sonnenblumenfeld blüht in etwa drei Wochen. Die Frucht ist eine bei Korbblütlern vorkommende Achäne (Schließfrucht), die aus dem Fruchtknoten entsteht, 10-25 mm lang und 7,5-15 mm breit ist. Entscheidend für den Ölgehalt ist ein möglichst niedriger Anteil an Schalenteilen, welcher je nach Ausbildung zwischen 10-60% beträgt. So können Ölgehalte von 12-60% in der Frucht, 26-72% im Kern und Rohproteingehalte von 9-24% in der Frucht sowie 24-40% im Kern erreicht werden. Weitere Inhaltsstoffe sind Kohlenhydrate (12,3%) sowie Ballast- (6,3%) und Mineralstoffe (3,3%) (Heyland et al., 2006; Franke, 1994; Schuster, 1992, Lieberei u. Reisdorff, 2007).

5.3 Klima und Bodenansprüche

Die Sonnenblume ist trotz ihrer Herkunft aus den gemäßigten Breiten eine wärmeliebende Pflanze warm-gemäßigter Klimate. Aufgrund ihrer weitreichenden Verbreitung und Formenvielfältigkeit ist heute ein Anbau in Regionen 20-50° nördlicher sowie 20-40° südlicher Breite möglich, solange zur Reifephase im Sommer und Herbst warme, trockene Bedingungen vorherrschen. Ein zufriedenstellender Keimvorgang ist bereits bei 6-10°C realisierbar, hat seine Optimaltemperatur allerdings bei 15°C. Für eine hohe Kornausbeute benötigt die Sonnenblume etwa 21-24°C und Temperatursummen von 1500-1700°C bis zur Reife. Allgemein sollten während der Vegetationszeit 150 frostfreie Tage zur Verfügung stehen und der Wärmebedarf der Pflanze durchgehend gedeckt sein. Bodenfrost wird lediglich im Jugendstadium in kleinem Ausmaß toleriert. Generell ist der Sonnenblumenanbau bei Durchschnittstemperaturen von etwa 15°C von Mai bis September möglich. Für hohe

Erträge sind trotz der Dürreresistenz jährliche Niederschlagsmengen von 500-750 mm notwendig.

Angesichts ihrer guten Anpassungsfähigkeit ergibt sich ein breites Spektrum an Bodentypen für einen erfolgreichen Sonnenblumenanbau. Wichtig ist eine gute Durchwurzel- und Tiefgründigkeit ohne starke Verdichtungen, um die Nährstoff- und Wassernachlieferung zu gewährleisten. Hierfür eignen sich besonders milde Lehmböden, aber auch Lössböden, Lösslehme und Schwarzerden mit hohem Wasserflussvermögen und bilden die Voraussetzung für hohe Erträge. Aufgrund einer negativ beeinflussten Jugendentwicklung sind flache, schwere sowie kalte Standorte zu vermeiden und gut erwärmbare Böden zu bevorzugen. Relativ neutrale pH-Werte von 6,5-8 sorgen für optimale Verhältnisse. Ein geringer Anteil an Bodenversalzung wird toleriert (Heyland et al., 2006; Franke, 1994; Matthäus u. Münch, 2009).

5.4 Anbaumethoden

Für eine gelungene Aussaat in Mitteleuropa Ende März bis Mitte April sind frühzeitig Vorkehrungen zu treffen. Im Winter genügt eine Pflugfurche von 20-25 cm Tiefe sowie ein Abschleppen im Frühjahr. Eine tiefe Bodenbearbeitung und Lockerung ist nur auf schwer verdichteten Standorten anzuwenden. Um Verdichtungen zu vermeiden, sollte nach feuchten Wintern das Feld vor der ersten Bodenbearbeitung im Frühjahr eine hinreichende Abtrocknungsphase erhalten. Anzustreben ist ein mittelfeines, krümeliges Saatbett, welches jedoch aufgrund von Verschlämmungsgefahr beim Samenaufgang nicht zu feinkrümelig geraten sollte. Der Saattermin ist vom jeweiligen Standort und den vorherrschenden Bedingungen abhängig. Allgemein kann auf frostfreien Standorten bei Bodentemperaturen von 6-10°C gesät werden, was in Regionen mit milden Wintern auch schon im Dezember der Fall sein kann.

Bei der Aussaat ist auf eine konstante Saattiefe von 3-5 cm, Reihenabständen von 40-75 cm und Abständen in der Reihe von 15-40 cm zu achten. Ungleichmäßiges Keimen und Auflaufen führt letztendlich zu unterschiedlichen Abreifezeitpunkten im Bestand. Für den Saatvorgang werden heutzutage pneumatische Einzelkorn-Sägeräte verwendet. Die Pflanzenanzahl je Hektar ist von der Sorte (hochwüchsig, Hybride) und der Wasserversorgung abhängig. Während auf schlechten bis mittleren Böden etwa 30.000-40.000 Körner gesät werden, sind auf guten Standorten mit ausreichender Wasserverfügbarkeit bis zu 75.000 Pflanzen je Hektar möglich. Ein Anbau der Sonnenblume als Futterpflanze setzt hohe Biomasseerträge mit 150.000-300.000

Pflanzen pro Hektar voraus, wobei hier aufgrund der Lagergefahr kleinwüchsigere Sorten zu wählen sind.

Eine chemische Unkrautbekämpfung mit Herbiziden ist in der Regel nur vor der Saat und dem Auflaufen der Pflanze bei mittlerem und starkem Unkrautwuchs sinnvoll. Für eine Nachauflaufbehandlung sind in Europa nur wenige Herbizide zulässig. Der Einsatz von Hackstriegeln ist bis zum 4- bis 6-Blattstadium zwischen den Reihen möglich. Eine Kombination beider Bekämpfungsmethoden führt zu den besten Ergebnissen, wobei aus kostengünstigen Gründen meist vollständig auf die chemische Variante gesetzt wird. Bei pilzlichen Schaderregern geht man von 12% an Ertragseinbußen pro Jahr aus. Weißfäule (*Sclerotinia sclerotiorum*) ist eine der weitverbreitesten Pilzkrankheiten in semihumiden Klimagebieten. Durch den Befall an Wurzel, Stängel, Blätter, Knospen und Blütenstand tritt die Schädigung quasi an der gesamten Pflanze auf. Zur Vorbeugung hat sich ein Anbaurhythmus von vier Jahren und die Wahl weniger anfälliger Sorten bewährt. Ein Befall durch Grauschimmel (*Botrytis cinerea*) tritt meist während der gesamten Vegetationszeit auf und führt zu Schädigungen des Blütenkorbes, der Blätter und Blütenknospen. Hohe Ertragseinbußen bis hin Komplettausfällen entstehen vor allem am Blütenkorb, wo der Pilz den Korbboden durchdringt und die Samen am Ausreifen hindert. Außerdem können zahlreiche tierische Schädlinge wie Schnecken, Hasen, Vögel, Fasane und Mäuse die Körner nach der Aussaat fressen oder nach dem Auflaufen zu Fraßschäden führen. Die Aufstellung von Gestellen oder das Anbringen von Netzen kann den Einfluss der Tiere eindämmen.

Die Sonnenblume ist mit sich selbst in einer Fruchtfolge unverträglich. Aufgrund des *Sklerotinia*-Befalls ist wie bei Raps ein Anbauabstand von drei bis vier Jahren zwingend notwendig. Als gute Vorfrüchte haben sich Getreide oder Hackfrüchte bewiesen, wohingegen Leguminosen aufgrund der hohen Stickstoffrücklage eher ungeeignet sind. Passende Nachfrüchte sind Sommerkulturen, da ein anschließender Anbau von Winterfrüchten ein Zeitproblem bezüglich der anfallenden Bodenbearbeitung verursachen kann. Die Sonnenblume selbst stellt eine gute Vorfrucht für Getreide dar, weil ihr ausgeprägtes Wurzelsystem ideale Bodenstrukturen schafft und hohe Nährstoffmengen im Boden hinterlässt (Heyland et al., 2006; Franke, 1994; Matthäus u. Münch, 2009).

5.5 Düngung und Pflegemaßnahmen

Die Sonnenblume besitzt je nach Standort und dessen Nährstoffverfügbarkeit, Bodentyps und pH-Wertes unterschiedliche Ansprüche an Mineraldünger. Generell wird aufgrund ihres übermäßigen Biomasseanteils und der relativ geringen Samenausbeute weniger gedüngt. Je nach Bodenuntersuchung und dem sich daraus ergebenden natürlichen Nährstoffvorkommen werden zwischen 20-60 kg/ha an Stickstoff verabreicht. Für ein erfolgreiches Jugendstadium wird eine Stickstoffdüngung zum Zeitpunkt der Aussaat empfohlen. Dies bewirkt die Ausbildung größerer Blattflächen und folglich höhere Assimilationsraten vor der Blüte, eine verzögerte Blattalterung, die Einlagerung von Eiweiß in die Blätter zur späteren Umlagerung in die Körner sowie die vermehrte Anlage der Blüten- und Kornzahlen in den Blütenknospen. Manchmal ist eine kleine Stickstoffgabe bei 15 cm Pflanzenhöhe zu empfehlen. Phosphordüngung ist nur in kleinen Mengen bis zu 40 kg/ha notwendig und wirkt sich positiv auf den Ölgehalt der Samen aus. Außerdem benötigt die Sonnenblume hohe Mengen an Kalium. Die Kaliumgabe richtet sich nach dem Entzug und der Nährstoffversorgung des Bodens, womit man den Entzug pro Tonne Korn mit etwa 90 kg/ha K_2O angeben kann.

Die Pflegemaßnahmen beschränken sich fast ausschließlich auf die Unkrautbekämpfung während des Auflaufens, den Zeitraum von 30 bis 40 Tagen danach oder bis zu einer Wuchshöhe von etwa 30 cm. Oftmals genügt ein flaches Hacken mit dem Unkrautstriegel, um schwache bis mittelstarke Unkrautentwicklung aus dem Bestand zu entfernen. Ein Herbizideinsatz ist aufgrund der schädlichen Wirkung nur als Vorbehandlung vor dem Auflaufen sinnvoll (Heyland et al., 2006; Franke, 1994; Matthäus u. Münch, 2009).

5.6 Ernte und Erträge

Die allgemeine Sonnenblumenreife tritt bei hochwüchsigen Sorten nach 120 bis 160 Tagen und zwergwüchsigen nach 90 bis 120 Tagen an Vegetationszeit ein. Die Ernte erfolgt in Mittel- und Westeuropa zwischen Ende August und Anfang Mai wenn die Früchte im Blütenkorb nur noch 10-15% an Feuchtigkeit besitzen. Ein zu früher Drusch mit höheren Wassergehalten führt bei der Ernte zu stärkeren Verunreinigungen und erhöhten Trocknungskosten, wohingegen eine zu späte Ernte Ausfall, Vogelfraß, Fäulnis sowie Lagergefahren birgt. Durch die vermehrte Bildung freier Fettsäuren wird

zudem die Qualität des Ernteguts gemindert. Der Reifezeitpunkt selbst ist daran zu erkennen, dass sich der Kopfrücken des Blütenkorbes von grün zu gelb verfärbt und die Laubblätter abgeworfen wurden. In diesem Augenblick beträgt der Wassergehalt jedoch noch 25%, wobei die Früchte ab diesem Moment pro Tag etwa 1,2-1,6% davon abbauen. An Weißfäule und Grauschimmel befallene Bestände sowie überdurchschnittlich große Blütenkörbe trocknen langsamer. Für den Erntevorgang bei zwerg- bis mittelwüchsigen Sorten dient ein Mähdrescher mit spezieller Umrüstung für den Sonnenblumendrusch. Zu hoch gewachsene Sorten werden traditionell per Hand geerntet.

Im Jahr 2011 lag der durchschnittliche weltweite Fruchtertrag mit 1,5 t/ha so hoch wie noch nie. Die höchsten Erträge lassen sich in Frankreich (2,5 t/ha), Argentinien (2,1 t/ha), der Türkei und Deutschland erzielen (beide 2 t/ha) (Heyland et al., 2006; Franke, 1994; Matthäus u. Münch, 2009, Lieberei u. Reisdorff, 2007).

5.7 Aufbereitung, Lagerung und Verwertung

Um eine sichere Lagerung ohne Qualitätsminderung und Verluste zu gewährleisten, muss das Erntegut auf mindestens 9% an Feuchtigkeit getrocknet werden. Zuvor müssen die Samen jedoch intensiv gereinigt werden, da Verunreinigungen die Trocknung erschweren und höhere Kosten verursachen. Bei hohem Wassergehalt eignen sich spezielle Durchlauftrockner zur raschen Reduzierung auf den gewünschten Feuchtegehalt, ansonsten erfüllen auch verschiedenste andere Trocknungsanlagen ihren Zweck. Für die Ölproduktion durchlaufen die Samen die Stationen Reinigung, Flockenherstellung (zerkleinern und walzen), Erhitzung, Pressung, Extraktion, Raffination, Entschleimung und Neutralisierung. Das Abpressen des Öles erfolgt in einer Schneckenpresse. Aus den entstehenden Rückständen wird anschließend mittels Extraktion das restliche Öl gewonnen. Zur Verbesserung der Ölqualität werden in der abschließenden Neutralisation die freien Fettsäuren aus dem Öl herausgelöst.

Die Verwendungsmöglichkeiten des Sonnenblumenanbaus sind vielfältig. Aufgrund seiner ernährungsphysiologisch wertvollen Zusammensetzung von 50-70% an essentieller Linolsäure, einem hohen Gehalt an Ölsäure (20-50%) und dem vitaminhaltigen Tocopherol gilt das Sonnenblumenöl als beliebtes Speiseöl für Salate, zum Braten und Frittieren. Außerdem eignet sich das raffinierte Öl hervorragend zur Margarineherstellung und zur Produktion von Backfett. Des Weiteren können aus der Frucht viele Nebenprodukte für die industrielle Nutzung gewonnen werden. Obwohl

das Eiweiß nicht so vollwertig wie selbiges der Sojabohne und von Raps ist, findet die Frucht aufgrund ihres beachtlichen Rohproteingehaltes eine Vielzahl an Verwendungsmöglichkeiten für die menschliche Ernährung und als Tierfutter. Die Sonnenblumenkerne können als "Knabberfrucht", als Vollwertnahrungsmittel oder gemahlen in Form von Mehl als Beigabe in Backmischungen verwendet werden. Nicht zu vergessen ist eine Verwertung der Sonnenblumenfrucht für die Vogel- und Kleintierfütterung sowie als Beifutter in der Viehhaltung. Als Nachwachsender Rohstoff bietet sich zusätzlich die Nutzung als Grünfutterpflanze, zur Silagegewinnung sowie zur Gründüngung an. Zusätzlich liefert ein Hektar Sonnenblumenbestand in der Funktion als Bienenweide in etwa 25-50 kg Honig. Auch als Zierpflanze hat sie heutzutage in Gärten ihre Bedeutung (Heyland et al., 2006; Schuster 1992).

5.8 Wirtschaftliche Bedeutung

Die Sonnenblume nimmt hinter Soja und Raps mit 8,5% die dritte Position der weltweiten Produktion an Ölsaaten ein. Infolge ihres hohen ernährungsphysiologischen Wertes mit hohen Gehalten an Linol- und Ölsäure sowie der stetig wachsenden Weltbevölkerung und deren steigenden Bedürfnissen an die Nahrungsmittelversorgung gilt die Sonnenblume als beliebte öllieferende Pflanze. Im Jahr 2011 betrug die weltweite Anbaufläche 26 Mio. ha. (Tab. 7). Damit konnte die Anbaufläche innerhalb der letzten 20 Jahre um mehr als 50% ausgedehnt werden. Die Auswirkungen des Flächenausbaues lassen sich auch an den Produktionszahlen erkennen. Laut FAO wurde zwischen 2001 und 2011 eine weltweite Produktionssteigerung um 100% auf etwa 40 Mio. t. erreicht. Europa ist mit 27,7 Mio. t führend in der Sonnenblumenproduktion und stellt mit Russland (9,7 Mio. t) und der Ukraine (8,7 Mio. t.) im Jahr 2011 die größten Produktionsländer. Ähnlich wie die beiden europäischen Länder dominiert in Amerika Argentinien (3,6 Mio. t) den Sonnenblumenanbau, welches bis zum Jahr 2002 nach Erzeugungsmengen sogar weltweit führend war. Frankreich besitzt infolge seiner beachtlichen Hektarerträge trotz der relativ geringen Anbaufläche eine nicht zu verachtende Samenproduktion von 1,9 Mio. t. Die Ausfuhrmengen an Sonnenblumenöl entfallen im Jahr 2010 zu fast 80% auf die europäischen Länder. Die Ukraine stellt mit 2,1 Mio. t knapp die Hälfte des europaweiten Exports. Weitere wichtige Öllieferanten sind Argentinien (560.000 t), die Niederlande, Frankreich und Russland (jeweils 400.000 t). Die globalen Importmengen entfallen zwar auch zur Hälfte auf Europa, es entwickelt sich jedoch keine Dominanz

eines einzelnen Landes. Bedeutendster Abnehmer ist im Jahr 2010 Indien (440.000 t), gefolgt von Ägypten (400.000 t), Belgien (300.000 t) und Deutschland (270.000t).

Tab. 7 verdeutlicht nochmal den großen Einfluss Europas auf den globalen Sonnenblumenanbau. Ebenso ist zu erkennen, dass Deutschland seine Sonnenblumenölproduktion aufgrund seiner marginalen Anbauflächen hauptsächlich auf Import stützt. Aufgrund der bescheidenen Ertragssituation fällt die Ölproduktion auf asiatischen Böden im Vergleich zu den anderen Kontinenten deutlich ab (Heyland et al., 2006; FAOSTAT).

Tabelle 7: Wichtigste Anbauländer von Sonnenblume gemessen an Ertrag, Anbaufläche und Produktion im Jahr 2011 (FAO)

Land/Kontinent	**Fruchtertrag [t/ha]**	**Anbaufläche [ha]**	**Produktion [$t_{S\text{-}Öl}$]**
Russland	1,3	7.200.000	2.500.000
Ukraine	1,8	4.700.000	3.200.000
Argentinien	2,1	1.700.000	1.500.000
Türkei	2,0	660.000	720.000
Frankreich	2,5	740.000	640.000
Spanien	1,3	860.000	440.000
China	1,8	970.000	380.000
Deutschland	2,0	30.000	360.000
Rumänien	1,8	990.000	240.000
USA	1,6	590.000	220.000
Bulgarien	1,9	750.000	160.000
Europa	1,7	16.700.000	8.800.000
Amerika	1,9	2.700.000	1.900.000
Asien	1,1	4.800.000	2.100.000
Welt	1,5	26.000.000	13.300.000

Quelle: Daten FAOSTAT

5.9 Ökologische Bedeutung

Nach umfassenden Nachforschungen konnten keine bleibenden Auswirkungen des Sonnenblumenanbaus auf unser Ökosystem ermittelt werden.

6 Diskussion

6.1 Potentiale öllieferender Pflanzen

Auf unserer Erde werden im Jahr 2050 nach Angaben der FAO vorraussichtlich 9,3 Mrd. Menschen leben (FAOSTAT). Um die Nahrungsmittelversorgung durch Pflanzenöle sicherzustellen, ist eine Ausweitung der Produktion, Anbauflächen und Erträge von öllieferndn Pflanzen notwendig.
Um die zukünftigen Potentiale von öllieferndn Pflanzen beurteilen zu können, hilft zunächst ein Blick auf die global verfügbaren Anbauflächen. Die FAO gibt die weltweit verfügbare Landfläche (ohne Binnengewässer) mit 13 Mrd. ha an. Die landwirtschaftliche Nutzfläche deckt dabei einen Raum von 4,9 Mrd. ha (38%) ab. Davon können 1,53 Mrd. ha als Ackerland (1,4 Mrd. ha) und zum Anbau von Dauerkulturen (0,15 Mrd. ha) verwendet werden. Etwa 3,4 Mrd. ha sind als Dauergrünland und Weideflächen bestellt. Die globale Waldfläche nimmt dabei ein Gebiet von ca. 4 Mrd. ha (31%) ein. Die restliche Fläche beläuft sich auf rund 4,1 Mrd. ha (32%), welche für den Anbau ungeeignete Regionen wie Wüste, Hochgebirge, Städte, Straßen und globale Eisflächen beinhaltet. Von den 1,53 Mrd. ha landwirtschaftlich genutzten Flächen, werden in etwa 273 Mio. ha (18%) für den Anbau von Ölpflanzen genutzt. Laut FAO beanspruchen die vier wirtschaftlich bedeutendsten Ölpflanzen Soja, Ölpalme, Raps und Sonnenblume ca. 65% des Anbaus öllieferndn Pflanzen. Allein die Sojabohne deckt mit 103 Mio. ha rund 38% dieser Flächen ab (FAOSTAT).

Die folgenden Potentialabschätzungen basieren auf Berichten von Landwirtschaftsorganisationen wie der FAO, der „Organisation for Economic Co-operation and Development“ (OECD), des „United States Department of Agriculture“ (USDA) und auf diversen Expertenschätzungen.

Einer Neuauflage eines FAO-Berichts aus dem Jahre 2006 von Alexandratos und Bruinsma (2012) zufolge, ist der Ölpflanzenanbau einer der weltweit dynamischsten Sektoren der Landwirtschaft. In den letzten Jahrzehnten hatte dieser ein fast doppelt so schnelles Wachstum als die gesamte Landwirtschaft zu verzeichnen. Zwischen den Jahren 1974-76 und 1997-99 war ein Flächenzuwachs von 75 Mio. ha erzielt worden. Im gleichen Zeitraum sank die Anbaufläche von Getreide um 28 Mio. ha. Zwischen 1989/91 und 2005/2007 waren 65 Mio. ha neue Ernteflächen entstanden, von denen knapp 74% aus Entwicklungsländern hervorgingen. Ihr hoher Energiegehalt trägt dort maßgeblich zur Verbesserung der Lebensqualität bei. Tragen in Entwicklungsländern

heute etwa 20% der Ölsaaten zum täglichen Kalorienbedarf bei, so könnten in den folgenden zwei Jahrzehnten bei gleichbleibendem Trend 45 von 100 zusätzlichen Kalorien aus diesem Sektor hervorgehen (FAO, 2002).

Aus einer Studie von Bruinsma (2009) geht eine Schätzung hervor, in wie weit sich landwirtschaftliche Parameter zur Sicherstellung der weltweiten Nahrungsmittelversorgung erweitern müssen. Demnach gehen die zukünftigen pflanzlichen Erzeugnisse zwischen 2005/07 und 2050 zu 77% auf Ertragssteigerungen und 14% auf eine Erhöhung der Anbauintensität zurück (Tab. 8). Die Ausweitung der Anbauflächen sind lediglich zu 9% an der künftigen Zunahme der pflanzlichen Produktion beteiligt. Dagegen geht jede zusätzliche Erzeugung in Entwicklungsländern zu 21% auf eine Ausdehnung der Anbauflächen zurück. Bis zum Jahr 2050 erhöht sich die weltweite Fläche für Ackerland und Dauerkulturen um 70 Mio. ha. Während Entwicklungs- und Schwellenländer ein Wachstum von 120 Mio. ha verzeichnen, sieht man in den entwickelten Ländern einen Rückgang von ca. 50 Mio. ha. Der globale Flächenzuwachs verlangsamt sich nach Bruinsmas Prognosen von 28% zwischen 1961 und 2007 auf etwa 10% jährlich zwischen 2005 bis 2050.

Tabelle 8: Einflussgrößen des Wachstums der pflanzlichen Produktion in Prozent

	Arable land expansion		Increases in cropping intensity		Yield increases	
	1961 - 2005	2005/07 -2050	1961 - 2005	2005/07 -2050	1961 - 2005	2005/07 -2050
All developing countries	23	21	8	8	70	71
sub-Saharan Africa	31	25	31	6	38	69
Near East/North Africa	17	-7	22	17	62	90
Latin America and Caribbean	40	30	7	18	53	52
South Asia	6	5	12	8	82	87
East Asia	28	2	-6	12	77	86
World	14	9	9	14	77	77
developing countries with less then 40 percent of their potentially arable land in use in 2005*		30		15		55
developing countries with over 80 percent of their potentially arable land in use in 2005**		2		9		89

* 42 countries accounting for 15 percent of the population in developing countries.
** 19 countries accounting for 35 percent of the population in developing countries.

Quelle: Bruinsma, 2009

Ein ähnlicher Trend der Projektionen von Bruinsma (2009) ist auch dem Landwirtschaftsausblick der OECD und FAO (2012) zu entnehmen. Dieser sieht nach den vergangenen Jahrzehnten eine Verlangsamung im Bereich des Flächenausbaus für Ölpflanzen vor. Schätzungen zufolge erwartet man vor allem in den Sojaanbauländern Südamerikas, den Rapsproduktionszentren Westeuropas sowie den Hauptproduzenten der Ölpalme in Südostasien eine Stagnation im Ausbau der Ernteflächen. Die niedrigen Wachstumserwartungen basieren auf kontinuierlich steigenden Grenzkosten der Weide- und Waldflächen bei der Umwandlung in

Ackerland, stärkeren Restriktionen auf Landnutzungsänderungen und anhaltend hohen Preisen für Getreide und Weideland basierte tierische Produkte. Diese Strategie dient dem Schutze des Verbrauchers, der Erhaltung eines überlebensfähigen Landwirtschaftssektors wie auch Verpflichtungen gegenüber Klima- und Umweltschutz.

Glaubt man den vorrangegangen Prognosen, so lässt sich aus dem Ausbau der weltweiten Anbauflächen eine verhältnismäßig geringe Produktionssteigerung bei Ölpflanzen vermuten. Über Jahre hinweg scheint es so, als könne eine Erhöhung der Erträge die Weltproduktion von Ölpflanzen maßgeblich anheben. In den USA erwartet man für Sojabohnen eine Verbesserung der Erträge von 2,9 t/ha auf schätzungsweise 3,6 t/ha (USDA zitiert von Wilson, 2010). Alexandratos und Bruinsma (2012) geben Produktionsleistungen von 2005/2007 bis 2050 an. Demnach könnten die weltweiten Erträge von Raps um 75% auf 2,8 t/ha, Sonnenblume um 31% auf 1,7 t/ha und Sojabohne um 39% auf 3,2 t/ha gesteigert werden. Entgegen den zurückhaltenden Projektionen der OECD und FAO (2012) bezüglich weltweiter Ernteflächen, vermuten diese eine Ausdehnung der Sojabohnenfläche um 32% auf 124 Mio. ha bis 2050. Ölpflanzen, deren Hauptproduktionzentren in entwickelten Ländern liegen, verfügen über ein geringeres Flächenpotential. Europäische Kulturen wie Sonnenblume und Raps erweitern ihre Anbaufläche in geringerem Maße um 21 bzw. 16% und jeweils 5 Mio. ha. Abb. 19 zeigt eine mögliche Entwicklung des Ölpflanzensektors bis 2020. Basierend auf Trendanalysen, könnte das Wachstum für Ölsaaten von 521 Mio. t in

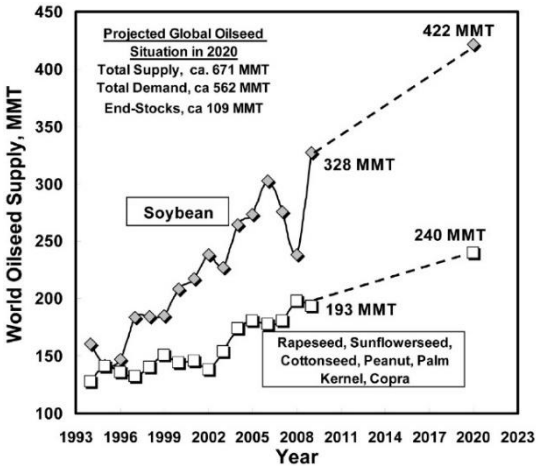

Abbildung 20: Trends der Ölsaatenversorgung

Quelle: Wilson, 2010

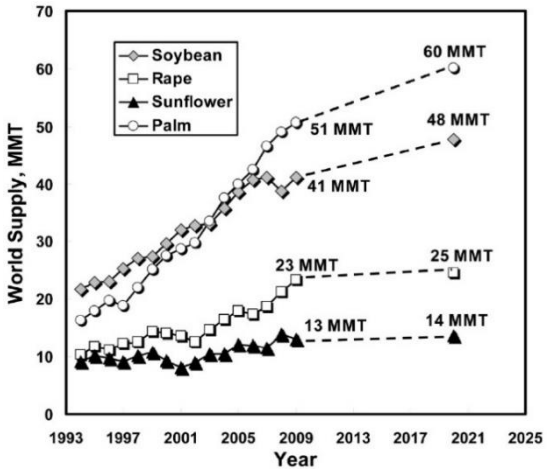

Abbildung 19: Ölproduktion der wichtigsten Ölfrüchte

Quelle: WIlson, 2010

2009 auf etwa 671 Mio. t. bis 2020 gesteigert werden. Dies entspricht einem Zuwachs von 30% in der Versorgung von Ölsaaten über das kommende Jahrzehnt. Die jährliche Nachfrage an den bedeutendsten Ölpflanzen könnte bis 2020 auf 562 Mio. t. anwachsen, womit bis zu 109 Mio. t. an unverkauften Beständen erreicht werden. Die globale Ölproduktion wird sich im gleichen Zeitraum voraussichtlich um mehr als 13%

und 20 Mio. t auf 172 Mio. t. ausweiten (Abb. 20). Die OECD und FAO (2012) rechnen von 2011 bis 2021 sogar mit einer Ausweitung der Pflanzenölproduktion um 35 Mio. t. Die Pflanzenölproduktion konzentriert sich auch in den kommenden Jahren auf eine kleine Anzahl an Produktionsstätten in Indonesien, Malaysia, China, Europa, den USA, Argentinien, Brasilien und Indien, deren Gesamtleistung an 79% der globalen Erzeugnisse beteiligt ist. Indonesien und Malaysia werden in 2021 mit geschätzten 34% am gesamten Pflanzenölmarkt vertreten sein. Für deren kombinierten Palmöloutput lässt sich in den folgenden zehn Jahren ein Zuwachs von 37% bzw. 12 Mio. t prognostizieren. Nach aktuellen Hochrechnungen kommt in 2021 ein Drittel aller Pflanzenöle von der Ölpalme (OECD u. FAO, 2012). Das USDA kündigt laut Wilson (2010) zwischen 2009 und 2021 eine Erhöhung der Ölproduktion bei Soja um 7 Mio. t und der Ölpalme von 9 Mio. t an.

6.2 Nutzungskonkurrenz

Die Energiepflanzenproduktion steht immer wieder im Fokus möglicher Nutzungskonkurrenzen und deren Auswirkung auf die Weltbevölkerung. Hauptsächlich geht es dabei um die „Tank oder Teller“-Diskussion zwischen Nahrungsmittel- und Biokraftstoffproduktion. Die Biodieselproduktion wird in Europa zu 79% aus Raps und in den USA zu 82% aus der Sojabohne gewonnen. Ein großer Kritikpunkt ist dabei die Verteuerung der Nahrungsmittelpreise durch den Einsatz von Pflanzen für die Biokraftstoffproduktion. Andererseits gibt es Meinungen, dass steigende Rohstoffpreise in erster Linie auf die Entwicklung des Ölpreises, Finanzspekulationen und das starke Wirtschaftswachstum Chinas zurückzuführen sind. Der steigende Ölpreis ist hier der langfristige Faktor für die Preisentwicklung von Biokraftstoffen (Ajanovic, 2010). In seinem Bericht geht Ajanovic (2010) davon aus, dass in Jahren hoher wirtschaftlicher Erträge eine steigende Nachfrage nach Rohstoffen für die Ökotreibstoffherstellung keine Auswirkungen auf Nahrungsmittelpreise hat. Dagegen könnten niedrige Landwirtschaftserträge zu einem Preisanstieg von Lebensmitteln durch die Produktion von Biotreibstoffen führen. Im Jahr 2005 waren weltweit 7 Mio. t Pflanzenöl für die Biokraftstoffproduktion verwendet worden. Entsprechend den Projektionen der FAO soll diese Menge bis 2020 auf 29 Mio. t erweitert und in den darauf folgenden Jahren in einem „limited biofuels“-Szenario konstant gehalten werden. Der Pflanzenöloutput würde für die globale Biokraftstoffproduktion im Jahr 2030 bei über 12% der Gesamtproduktion liegen und bei gleichbleibender Quantität auf etwa 10% in 2050 sinken (Tab. 9). In 2005 waren bei knapp 127 Mio. t produzierter Pflanzenöle weniger

als 6% zur Herstellung von Ökotreibstoffen verwendet worden (Alexandratos u. Bruinsma, 2012).

Tabelle 9: Globale Nutzung von Pflanzen für Biokraftstoffproduktion

		2005/	2030	2050
Cereals	million tonnes	65	182	182
Cereals	percent of total use	3.2	6.7	6.1
Veg. oils	million tonnes	7	29	29
Veg. oils	percent of total use	4.8	12.6	10.3
Sugar (equiv. of sugar cane)	million tonnes	28	81	81
Sugar	percent of total use	15.1	27.4	24.3
Cassava (fresh)	million tonnes	1	8	8
Cassava	percent of total use	0.4	2.3	1.8

Quelle: Alexandratos u. Bruinsma, 2012

In der Literatur sind einige Experten der Meinung, dass Pflanzen für die Biokraftstoffproduktion auf überschaubaren Flächen angebaut werden und der Wettbewerb des Nutzungskonfliktes durch den anhaltenden Anstieg landwirtschaftlicher Produktivität abgeschwächt wird (Ajanovic, 2010). Eine Verschiebung der Flächennutzung hin zu Biosprit hat in der Vergangenheit zu kurzfristigen Preiserhöhungen für Lebensmittel geführt, kann deshalb aber auf lange Sicht nicht als dauerhafter Faktor genannt werden (Rathmann et al., 2010). Weltweit werden nur etwa 1,9% der Ackerflächen für die Biokraftstoffproduktion genutzt, weshalb dieser Landwirtschaftssektor nicht als einzige treibende Kraft für hohe Nahrungsmittelpreise gelten kann (Rösch u. Skarka, 2009).

6.3 Ökologie

Die Intensivierung und Ausweitung der Landwirtschaft ist aktuell weltweit die größte Bedrohung der Biodiversität (Ajanovic, 2010). Die Zerstörung natürlicher Lebensräume hält trotz der Rio-Konferenz von 1992 weitgehend unvermindert an (Balmford et al., 2002). Wie bereits erwähnt, gilt der Anbau von Ölpflanzen als einer der dynamischsten Sektoren der Landwirtschaft (Alexandratos u. Bruinsma, 2012). Abb. 21 zeigt die weltweiten Biodiversitäts-Hotspots, welche über ein großes Vorkommen an Tier- und Pflanzenarten unseres Planeten verfügen. In einigen dieser Hotspots findet in großem Stil der Anbau von ölliefernden Pflanzen statt. Im zweitwichtigsten Sojaanbauland Brasilien befindet sich ein Großteil der Kultivierung in artenreichen Savannen (Cerrado) und Waldgebieten (Atlantic Forest). Die Hauptproduktionszentren der

Ölpalme liegen mit Indonesien und Malaysia inmitten von Regionen großer Waldflächen wie Sundaland, Wallacea und den Guinean Forests of Westafrica (Koh u. Ghazoul, 2008). In Südostasien geschieht die Etablierung von Palmölplantagen fast ausschließlich durch großflächige Entwaldung. Dabei stellt sich die Rodung der weltweiten Waldgebiete als größte Ursache von Verlusten der Artenvielfalt heraus (Wilcove u. Koh, 2008). Für den Zeitraum zwischen 1990 und 2005 schätzen Koh und Wilcove (2008) anhand von Bodenbedeckungsdaten der FAO, dass in Malaysia etwa

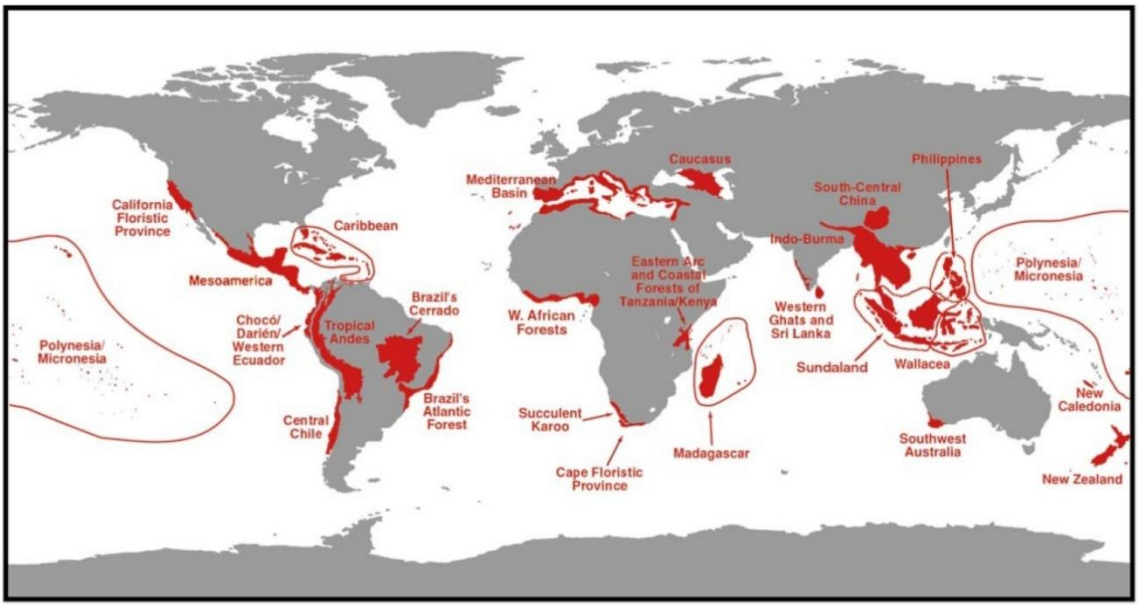

Abbildung 21: globale Biodiversitäts-Hotspots *Quelle: Myers et al., 2000*

55-59% und in Indonesien 56% der Anbauflächenausweitung der Ölpalme auf eine Rodung natürlicher Waldflächen zurückzuführen ist (Koh u. Ghazoul, 2008). Ölpalmen sowie andere Baumfrüchte sind keine guten Lebensräume für eine Vielzahl der in Wäldern lebenden Spezies und ersetzen in keinster Weise primär- oder degradierte Wälder (Fitzherbert et al., 2008). Nach Bruinsma (2009) entwickeln sich zukünftig lediglich die Ackerflächen in den Entwicklungsländern positiv, dessen Berechnungen von anderen Experten bestätigt werden (Abb. 22). Koh (2007) prognostiziert über die folgenden Jahrzehnte eine starke Ausdehnung des Ölpalmanbaus auf der indonesischen Insel Kalimantan.

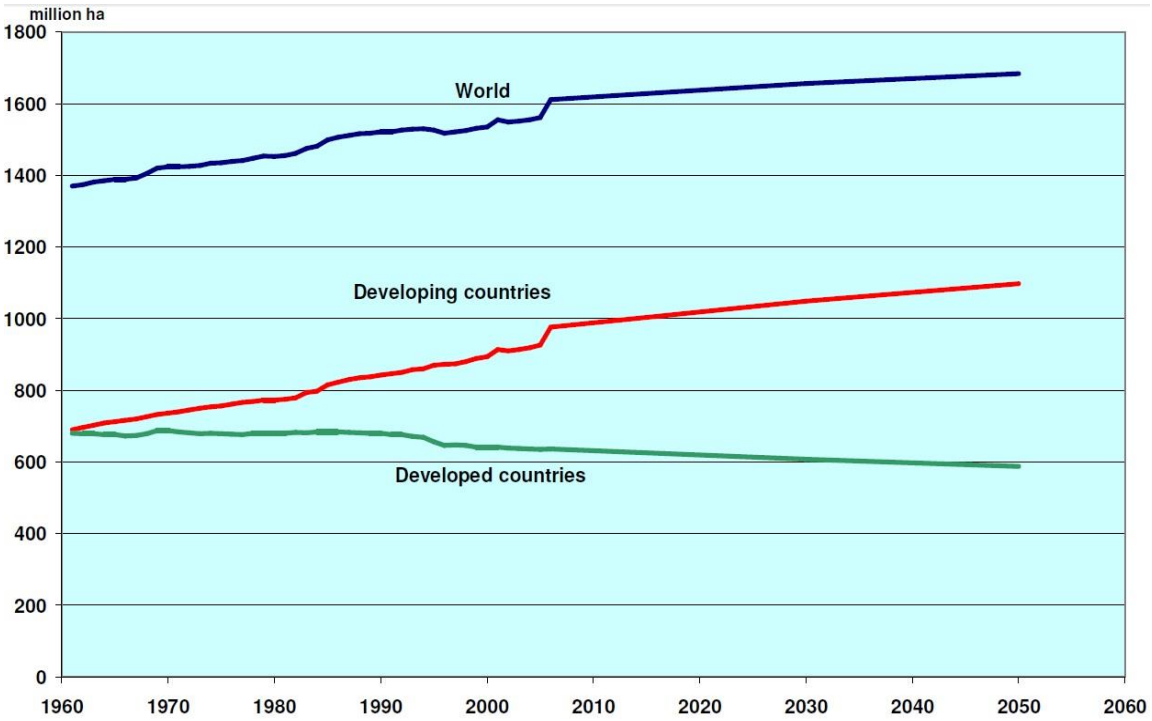

Abbildung 22: Entwicklung der globalen Ackerflächen bis 2050 *Quelle: Bruinsma, 2009*

6.4 Schlussfolgerung

Zu Beginn dieser Arbeit stand die Frage, inwieweit sich die Produktion ölliefernder Pflanzen über die kommenden Jahrzehnte ausdehnen muss, um die Weltbevölkerung mit essentiellen Ölen und Fetten zu versorgen. Es ist festzuhalten, dass sich diese Thematik nicht so einfach beantworten lässt, und einzig anhand von Prognosen und Einschätzungen diskutiert werden kann. Die Mehrheit sieht in ihren Projektionen große Potentiale bei weltweiten Ertragssteigerungen der wichtigsten Ölpflanzen und lediglich in Entwicklungsländern einen signifikanten Ausbau des Produktionsvolumens durch die Ausweitung der Anbauflächen. Die Sicherstellung der Nahrungsmittelversorgung durch ölliefernde Pflanzen wird womöglich von einem Nutzungskonflikt mit der Biokraftstoffindustrie abhängig sein. Um dies zu vermeiden, könnten bei steigender Biokraftstoffproduktion vernünftige Ansätze wie ein „limited biofuels“-Szenario die zukünftige Entwicklung des Ölpflanzensektors positiv beeinflussen. Die Problematik der Nutzungskonkurrenz steht weiterhin unter Beobachtung, wird allerdings von Experten derzeitig als schwächeres Risiko eingestuft. Weitaus problematischer stellt sich der Ölpflanzenanbau auf das Ökosystem unserer Erde dar. Weltweit kommt es im Zuge großflächigen Soja- und Ölpalmenanbaus zur Zerstörung weitläufiger unberührter Regenwaldgebiete. Diese beherbergen allerdings einen Großteil des globalen Artenreichtums der Pflanzen- und Tierwelt. Falls der kritische Punkt der Zerstörung

nicht schon überschritten ist, und in absehbarer Zeit keine Minderungsmaßnahmen in Kraft treten, so droht uns in Zukunft ein nachhaltiger Verlust des weltweiten Vorkommens an Biodiversität.

7 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, die Bedeutung öllieferndder Pflanzenarten anhand ihrer weltweit wichtigsten Vertreter sinnvoll einzuordnen. Dabei wurde für die wirtschaftlich bedeutendsten Ölpflanzen Soja, Ölpalme, Raps und Sonnenblume ein Steckbrief angelegt. Dieser beinhaltet detaillierte Informationen und Wissenswertes über die Herkunft, die Botanik, den Anbau und wissenschaftliche sowie ökonomische Fakten über die jeweilige Kulturpflanze. Hierbei zeigte sich die enorme Bedeutung der Ölfrüchte und -saaten in den Bereichen Nahrungsmittelproduktion, industrielle Nutzung wie auch der nachhaltige Einfluss auf unser globales Ökosystem. Es ist festzuhalten, dass der Weltbevölkerung ohne den Anbau öllieferndder Pflanzen ernährungsphysiologisch wertvolle Öle und Fette fehlen würden. Ihre kalorienhaltige Zusammensetzung hilft uns, die tägliche Nahrungsmittelzufuhr zu gewährleisten, und die Unterernährung in vielen Teilen unserer Welt zu lindern. Als biogene Energieträger werden in Zukunft vor allem die Sojabohne und die Ölpalme aus tropischen Gebieten sowie der Raps aus gemäßigten Klimazonen in Form von Biodiesel zur globalen Biokraftstoffproduktion beitragen. Außerdem kommen Ölpflanzen in vielen Bereichen der chemischen und technischen Industrie zum Einsatz. Als ökologisch bedenklich stellt sich oftmals der Ölpflanzenanbau in Südamerika und Südostasien heraus. Um ihre Anbauflächen zu erweitern, werden dort zu Lasten des Artenreichtums und der Umwelt durch CO_2-Freisetzung in großem Maßstab Regenwälder gerodet. Dieser Vorgang konnte in den letzten Jahren schwerpunktmäßig verlangsamt werden, wobei dieser Trend aufgrund von Waldbränden und ländlichen Konflikten vielleicht nie vollständig zu beheben ist. Die Ölpflanzenproduktion hinterlässt für die folgenden Jahrzehnte viele offene Fragen, welche gegenwärtig lediglich über Einschätzungen von Landwirtschaftsorganisationen und Expertenmeinungen prognostiziert werden können. Tatsache ist, dass Ölpflanzen in den letzten Jahrzehnten unter der Führung ihrer vier wichtigsten Kulturen das stärkste Wirtschaftswachstum der globalen Landwirtschaft zu verzeichnen haben. Bestätigt sich dieser Trend, so werden öllieferndde Pflanzen auch in Zukunft einen großen Beitrag für die globale Nahrungsmittelversorgung und Energiepflanzenproduktion leisten.

8 Literaturverzeichnis

Ajanovic, A. (2010). *Biofuels versus food production: Does biofuels production Increase food prices?*. Energy 36 (2011), S. 2070-2076

Alexandratos, N., Bruinsma, J. (2012). *World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision.* ESA Working paper No. 12-03. Rome, FAO.

Attenberger, E. (2010). *Energiepflanzenproduktion – Chancen und Risiken für den Boden- und Gewässerschutz*. In: *6. Marktredwitzer Bodenschutztage: Bodenschutz in Europa – Ziele und Umsetzung*. Informations- und Diskussionsforum für Wissenschaftler und Anwender mit Tätigkeiten im Bodenschutz. 6.-8.10.2010 Marktredwitz, Bayern, S. 59-62

Balmford, A., Bruner, A., Cooper, P., Costanza, R., Farber, S., Green, R. E., Jenkins M., Jefferiss P., Madden, J., Munro, K., Myers, N., Naeem, S., Paavola, J., Rayment, M., Rosendo, S., Roughgarden, J, Trumper, K., Turner, R. K. (2002): Ecology - Economic reasons for conserving wild nature. Science 297(5583): 950-953.

Bärtels, A. (2002). *Tropenpflanzen: Zier- und Nutzpflanzen*. Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer Verlag GmbH & Co.

Brücher, H. (1977). *Tropische Nutzpflanzen: Ursprung, Evolution und Domestikation*. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin

Bruinsma, J. (2009). *The Resource Outlook to 2050: By how much land, water and Crop yields need to increase by 2050?* Expert Meeting on How To Feed the World in 2050. Rom

Bundesmininsterium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) (2012). *Ready for REDD: Erfahrungen der deutschen Entwicklungszusammenarbeit mit REDD*. URL: http://www.bmz.de/de/publikationen/themen/klimaschutz/Materialie213_Informationsbroschuere_06_2011.pdf (Aufruf am: 02.05.2013)

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2011). *Erneuerbare Energien-Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft*. URL:

http://www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/ee-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ee_innovationen_energiezukunft_bf.pdf (Aufruf am: 02.05.2013)

Butler, R. A. (2012a). *Deforestation in Indonesia and Malaysia, 2000-2010.* URL: http://news.mongabay.com/2012/0715-chart-forest-loss-seasia.html (Aufruf am: 02.05.2013)

Butler, R. A. (2012b). *Deforestation in the Amazon.* URL: http://www.mongabay.com/brazil.html (Aufruf am: 02.05.2013)

Butler, R. A. (2013). *The beginning of the end of deforastation in Indonesia.* URL: http://news.mongabay.com/2013/0205-app-forest-policy.html (Aufruf am: 02.05.2013)

Destatis (Statistisches Bundesamt) (2012). *Bodennutzung der Betriebe-Landwirtschaftlich genutzte Flächen: Fachserie 3 Reihe*. URL: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/Bodennutzung/LandwirtschaftlicheNutzflaeche2030312127004.pdf?__blob=publicationFile (Aufruf am: 02.05.2013)

Diepenbrock, W., Fischbeck, G., Heyland, K. U., Knauer, N. (1999). *Spezieller Pflanzenbau.* Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer GmbH & Co

Fairhurst, T., Härdter, R. (2003). *Oil Palm: Management for Large and Sustainable Yields*. East & Southeast Asia Programs, Potash & Phosphate Institute of Canada. Singapore

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR). (2009). *Biokraftstoffe: Eine vergleichende Analyse*. URL: http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_236biokraftstoffvergleich_2009.pdf (Aufruf am: 02.05.2013)

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2002). World agriculture: towards 2015/2030 - summary report. Rom

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics) URL: *http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD* (Aufruf am: 02.05.2013)
URL: *http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor* (Aufruf am: 02.05.2013)

URL: *http://faostat.fao.org/site/710/default.aspx#ancor* (Aufruf am: 02.05.2013)

Fitzherbert, E. B., Struebig, M. J., Morel, A., Danielsen, F., Brühl, C. A., Donald, P. F., Phalan, B. (2008). *How will oil palm expansion affect biodiversity*. Trends in Ecology and Evolution Vol.23 No.10, S. 538-545

Franke, G. (1994). *Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen, Band 3: Spezieller Pflanzenbau*. Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer GmbH & Co.

Heyland, K. U., Hanus, H., Keller, E. R. (2006). *Handbuch des Pflanzenbaues 4: Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen.* Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer KG

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) (2012). URL: http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php (Aufruf am: 02.05.2013)

Koh, L. P. (2007). *Potential Habitat and Biodiversity Losses from Intensified Biodiesel Feedstock Production*. Conservation Biology Volume 21, No. 5, S. 1373-1375, doi: 10.1111/j.1523-1739.2007.00771.x

Koh, L. P., Ghazoul, J. (2008). *Biofuels, biodiversity, and people: Understanding the Conflicts and finding opportunities*. Biological Conservation 141 (2008), S: 2450 2460

Koh, L. P., Wilcove, D. S. (2008). *Is oil palm agriculture really destroying tropical biodiversity?.* Conservation Letters Volume 1, Issue 2, S. 60-64

Lieberei, R., Reisdorff, C. (2007). *Nutzpflanzenkunde*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG, S. 133-135

Matthäus, B., Münch, E. W. (2009). *Warenkunde Ölpflanzen/Pflanzenöle*. Münster/Verden: Agrimedia GmbH

Miettinen, J., Shi, C., Liew, S. C. (2011) *Deforestation rates in insular Southeast Asia between 2000 and 2010*. Global Change Biology 17, S. 2261–2270, doi:10.1111/j.1365-2486.2011.02398.x

OECD/FAO (2012). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2012-2021*, OECD Publishing and FAO. http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2012-en

Rathmann R., Szklo A., Schaeffer R. (2010). *Land use competition for production of*

food and liquid biofuels: an analysis of the arguments in the current debate. Renewable Energy 35, S. 14-22

Rehm, S., Espig, G. (1996). *Die Kulturpflanzen der Tropen und Subtropen*. Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer GmbH & Co, S. 83-86

Reinhardt, G., Zemanek, G. (2000). *Ökobilanz Bioenergieträger: Basisdaten, Ergebnisse, Bewertungen*. Erich Schmidt, Berlin. In: ForschungsVerbund Sonnenenergie (FVS), Berlin. *Regenerative Kraftstoffe: Entwicklungstrends, Forschungs- und Entwicklungsansätze, Perspektiven*. Fachtagung 13. 14.11.2003, ZSW/Stuttgart, S. 62-63

Rösch, C., Skarka, J. (2009). *The European Biofuels Policy and Sustainability.* International Association for Energy Economics, Third Quarter 2009, S. 31-35

Schuster, W. (1992). *Ölpflanzen in Europa.* Wetzlar (Lahn): DLG-Verlags-GmbH

Sodhi N. S., Koh L. P., Brook B. W., Ng P. K. L. (2004). *Southeast Asian biodiversity: an impending disaster*. Trends in Ecology and Evolution Vol. 19 No. 12, *S.* 654-660

UFOP (Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen) (2013). *Raps – die „Leit(d)“ – Kultur!?*. URL: http://www.ufop.de/presse/aktuelle pressemitteilungen/neue-ufop-broschuere-raps-die-leit-d-kultur (Aufruf am: 02.05.2013)

USDA (United States Department of Agriculture) (2013). *Oilseeds: World Markets and Trade.* URL: http://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf (Aufruf am: 02.05.2013)

von Uexkull, H. R., Fairhurst, T. (1991). *The Oil Palm: Fertilizer Management for High Yield*. International Potash Institute, Bern

Wilcove D. S., Koh L. P. (2010). *Addressing the threats to biodiversity from oil-palm agriculture*. Biodivers Conserv. 19: 999-1007. doi: 10.1007/s10531-009-9760-x

Wilson, R. F. (2010). *Outlook for soybeans and soybean products in 21st century markets*. Lipid Technology Vol. 22, S. 199-202

Hiermit erkläre ich,

Behringer, Philipp

Geboren am 30.09.1988

Matrikelnummer 463634

dass die vorliegende **Bachelorarbeit**

selbständig und ausschließlich unter Zuhilfenahme der im Literaturverzeichnis genannten Quellen angefertigt wurde und noch an keiner anderen Stelle vorgelegt wurde. Alle Stellen der Arbeit, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen oder aus anderen fremden Mitteilungen entnommen wurden, sind als solche einzeln kenntlich gemacht.

Betreuender Dozent: Prof. Dr. Asch

Thema der Arbeit: Bedeutende ölliefernde Pflanzenarten im globalen Vergleich

Semester: Sommersemester 2013

Ich erkläre weiterhin, dass der betreuenden Dozentin/dem betreuenden Dozenten ein unverschlüsseltes digitales Textdokument (in einem der Formate doc, docx, odt, pdf, rtf) der Arbeit übermittelt wurde, das in Inhalt und Wortlaut ausnahmslos der gedruckten Ausfertigung entspricht. Mir ist bekannt, dass diese digitale Version anhand einer Analyse-Software auf Plagiate überprüft werden kann.

Echterdingen, den