



Projektarbeit

Ölpflanzenproduktion - ein globaler Vergleich: Verwertungsmöglichkeiten, Ökonomie und Ökologie

Name, Vorname	Klankermeier, Andreas	(Matrikel: 5052385)
	Wagner, Alexander	(Matrikel: 5068702)
Studiengang	Agrarmanagement (MBA)	
Gutachterinnen	Prof. Dr. Svitlana Kalenska Prof. Dr. Annette Deubel	

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	III
Abkürzungsverzeichnis.....	VII
1 Einleitung	1
2 Verwertungsmöglichkeiten von Ölsaaten und Pflanzenölen	3
3 Ölsaaten im Welthandel	9
3.1 Weltproduktion	9
3.2 Bedeutung von Ölsaaten in der Europäische Union	11
3.3 Bedeutung von Ölsaaten in Deutschland.....	13
3.4 Bedeutung der Ukraine im Ölsaatenmarkt.....	16
4 Bewertung von Ökologie und Nachhaltigkeit in der Ölpflanzenproduktion	19
5 Anbauregionen, Produktion und Ernte von Ölpflanzen	22
5.1 Anbauumfang und wirtschaftliche Bedeutung.....	22
5.1.1 Sojabohne.....	22
5.1.2 Ölpalme.....	24
5.1.3 Raps	26
5.1.4 Sonnenblume	28
5.2 Klima-, Standort- und Bodenansprüche, Anbauverfahren.....	29
5.2.1 Sojabohne.....	29
5.2.2 Ölpalme.....	31
5.2.3 Raps	32
5.2.4 Sonnenblume	34
5.3 Qualität und Nutzungsmöglichkeiten	36
5.3.1 Sojabohne.....	36
5.3.2 Ölpalme.....	37
5.3.3 Raps	38
5.3.4 Sonnenblume	40

5.4	Ökologische Aspekte.....	42
5.4.1	Sojabohne.....	42
5.4.2	Ölpalme.....	45
5.4.3	Raps	47
5.4.4	Sonnenblume.....	49
6	Diskussion.....	50
7	Zusammenfassung.....	54
	Literaturverzeichnis	55

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Einsatzgebiete von Ölen und Fetten in der chemischen Industrie (WASKOW, 1998)	.....5
Tabelle 2:	Klassifizierung verschiedener Öle anhand der Iodzahl nach THOMAS (2010)	.....6
Tabelle 3:	Inhaltsstoffe und physikalische Kennzahlen von Sojaöl nach KRIST (2013d)	.....36
Tabelle 4:	Inhaltsstoffe von Sojaextraktionsschrot und Sojakuchen (LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2021)	.....37
Tabelle 5:	Inhaltsstoffe und physikalische Kennzahlen von Palmöl nach KRIST (2013b)	.....37
Tabelle 6:	Inhaltsstoffe und physikalische Kennzahlen von Palmkernöl nach KRIST (2013b)	.....38
Tabelle 7:	Inhaltsstoffe und physikalische Kennzahlen von 00-Rapsöl nach KRIST (2013c)	.....39
Tabelle 8:	Inhaltsstoffe und physikalische Kennzahlen von Rapsöl (alte Sorten) nach KRIST (2013c)	.....39
Tabelle 9:	Inhaltsstoffe von Rapsextraktionsschrot und Rapskuchen (LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2021)	.....40
Tabelle 10:	Inhaltsstoffe von Sonnenblumenöl nach KRIST (2013e)	.....41
Tabelle 11:	Physikalische Kennzahlen von Sonnenblumenöl (Durchschnittswerte) nach KRIST (2013e)	.....41

Tabelle 12: Inhaltsstoffe von Sonnenblumenextraktionsschrot und Sonnenblumenkuchen (LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2021)	.....42
Tabelle 13: Prozentuale Steigerung des Anbaus von Ölpalmen und entwaldeter Flächen von 1989 – 2013 (VIJAY et al., 2016)	.....46
Tabelle 14: Vergleich der Ölpflanzen: Ertrag, Wasser- und Flächenverbrauch	.....50

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Umsetzungsprodukte oleochemischer Grundoperationen, eigene Grafik nach WASKOW (1998)	5
Abbildung 2: Mittlerer Anteil an gesättigten, einfach ungesättigten und mehrfach ungesättigten Fettsäuren verschiedener Speiseöle- und fette in Prozent (BELITZ et al., 2001)	7
Abbildung 3: Wertschöpfungsketten von Ölsaaten und tierischen Fetten (SCHÄFER und HEITMANN, 2021)	8
Abbildung 4: Erntemengen der wichtigsten Ölsaaten weltweit nach Art bis 2021/22 (STATISTA, 2022)	9
Abbildung 5: Pflanzenölproduktion, weltweit bis 1961 – 2014 (FAOSTAT, 2022a)	10
Abbildung 6: Erntemenge der wichtigsten Ölsaaten in der EU bis 2020/21 in Mio. Tonnen (STATISTA, 2022)	11
Abbildung 7: Prozentuale Verteilung der Rapsölherstellung in der EU-28 im Jahr 2019 nach SCHÄFER und HEITMANN (2021)	11
Abbildung 8: Prozentuale Verteilung der Sojaölherstellung in der EU-28 im Jahr 2019 nach SCHÄFER und HEITMANN (2021)	12
Abbildung 9: Prozentuale Verteilung der Sonnenblumenölherstellung in der EU-28 im Jahr 2019 (SCHÄFER und HEITMANN, 2021)	12

Abbildung 10: Erzeugung, Verarbeitung, Herstellung und Verbrauch von Raps und Rübsen sowie sonstiger Ölpflanzen in Deutschland (SCHÄFER und HEITMANN, 2021)	13
Abbildung 11: Anbaufläche von Winterraps in 1.000 ha und Anzahl der Betriebe, die Winterraps anbauen in den Bundesländern 2019 und 2020 (SCHÄFER und HEITMANN, 2021)	14
Abbildung 12: Erntemenge von Ölsaaten nach Art in Deutschland bis 2020 (in Tausend Tonnen) (STATISTA, 2022)	15
Abbildung 13: Versorgung mit Raps und Rübsen in Deutschland (BMEL, 2022b)	15
Abbildung 14: Anbauregionen und Fünfjahresdurchschnitt der Erntemengen in Tonnen von Raps, Sonnenblumenkernen und Sojabohnen in der Ukraine (USDA, 2022a)	16
Abbildung 15: Exporte pflanzlicher Produkte aus Regionen der Ukraine im Jahr 2019 (in Tausend Dollar) (KHOLOSHYN et al., 2021)	17
Abbildung 16: Anteil ausgewählter, in der Ukraine angebauter Fruchtarten an der globalen Produktion (FAO, 2022b)	17
Abbildung 17: Sojabohnenproduktion weltweit (RITCHIE und ROSER, 2021b)	22
Abbildung 18: Nutzung von Sojabohnen weltweit, 2017 – 2019 (RITCHIE und ROSER, 2021b)	23

Abbildung 19: Ölpalmenproduktion weltweit (RITCHIE und ROSER, 2020)	24
Abbildung 20: Palmölkonsum durch die EU nach Verbrauchsart (TRANSPORT & ENVIRONMENT, 2022)	25
Abbildung 21: Rapsproduktion weltweit (RITCHIE und ROSER, 2020)	26
Abbildung 22: Erntemenge von Raps weltweit bis 2021/22 (in Mio. Tonnen) (STATISTA, 2022)	26
Abbildung 23: Produktion pflanzlicher Öle weltweit nach Art bis 2021/22 (in Mio. Tonnen) (STATISTA, 2022)	27
Abbildung 24: Prozentuale Verteilung der Rapsölherstellung weltweit, 2019 (SCHÄFER und HEITMANN, 2021)	27
Abbildung 25: Sonnenblumensaatproduktion weltweit (RITCHIE und ROSER, 2020)	28
Abbildung 26: weltweite, durchschnittliche Erntemengen von Sojabohnen (FAO, 2021a)	30
Abbildung 27: Vergleich der Ernteflächen und Ölerträge der wichtigsten Ölpflanzen weltweit (QAIM et al., 2020)	32
Abbildung 28: Antreiber der globalen Entwaldung (FAO, 2020)	43
Abbildung 29: Sojabohnen: Anbauflächen in den USA (in Mio. Hektar) (TRANSGEN, 2022a)	44
Abbildung 30: Landnutzung für die Palmölproduktion 1961 – 2018 (RITCHIE und ROSER, 2021a)	45

Abbildung 31: Gentechnisch veränderter Raps: Anbauflächen (in Mio. Hektar) (TRANSGEN, 2022b)	.....48
Abbildung 32: Herbizideinsatz in Kanada von 1996 – 2020 (in Tonnen) (FAOSTAT, 2022b)	.....48

Abkürzungsverzeichnis

°C	Grad Celsius
Abb.	Abbildung
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
CHU	Crop Heat Units
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
EU	Europäische Union
FAME	Fatty Methyl Ester
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FCRN	Food Climate Resource Network
g	Gramm
GVO	gentechnisch veränderte Organismen
ha	Hektar
HP-Soja	High-Protein-Soja
HVO	Hydrotreated Vegetable Oil
K	Kalium
kg	Kilogramm
Mio.	Mio.
mm	Millimeter
N	Stickstoff
P	Phosphor
t	Tonne
Tab.	Tabelle
UFOP	Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V.
USA	Vereinigte Staaten von Amerika
USAID	United States Agency for International Development
USDA	United States Department of Agriculture
vgl.	vergleiche

1 Einleitung

Der Russische Angriffskrieg auf die Ukraine führt abermals vor Augen, welche fatale Auswirkungen der plötzliche Wegfall wichtiger Importe von fossilen Energieträgern und Agrarprodukten auf die Weltwirtschaft hat. Seit März 2021 verteuerten sich die Preise für Kraftstoffe innerhalb eines Jahres um 47,4 %, der Preis für Heizöl stieg um 144 %, Tendenz steigend (AGENCE FRANCE-PRESSE GMBH, 2022).

Als Kornkammer Europas – mit ihren fruchtbaren Schwarzerde-Böden im Süden und im Westen des Landes – gehört die Ukraine zu den zehn weltgrößten Getreideexporteuren der Welt. Neben Getreide produziert die Ukraine vor allem Sonnenblumenöl, Raps und Sojaprodukte, die unter anderem für die Fleischproduktion in der EU benötigt werden. Die Folge des Wegfalls dieser Exporte sind steigende Preise für Nahrungsmittel und eine drohende Hungersnot in afrikanischen und asiatischen Ländern, die stark abhängig von günstigen Getreideimporten aus der Ukraine und Russland sind (BECKMANN, 2022).

Landwirt*innen in der EU möchten zwar mehr und günstig Lebens- und Futtermittel auf ihren Feldern produzieren, um der Knappheit entgegenwirken zu können, kämpfen aber mit steigenden Erzeugerpreisen. Zusätzlich kann aufgrund EU-weiter Sanktionen kein Stickstoffdünger aus Russland importiert werden, wodurch auch die Preise für Mineraldünger weiter gestiegen sind. Zur Herstellung von Mineraldüngern wird zudem Gas benötigt. Bei steigendem Gaspreis kommt es damit auch zu einer weiteren Verteuerung von synthetischem Dünger. Dadurch steigen auch in der EU die Produktionskosten für Lebensmittel (DEUTSCHLANDFUNKKULTUR, 2022). Verbraucher*innen in Deutschland bemerken die bestehenden Engpässe beim täglichen Einkauf. Zuletzt stieg die Inflationsrate trotz staatlicher Entlastungsmaßnahmen aufgrund steigender Energie- und Lebensmittelpreise auf 7,9 % (Stand: Mai 2022), eine Rezession wird befürchtet (DEUTSCHE BUNDESBANK, 2022).

Bereits seit der letzten Ölkrise im Jahr 1973 und spätestens mit Beginn des russischen Überfalls auf die Ukraine sind nachwachsende Rohstoffe zur Energieerzeugung und die Schaffung einer Unabhängigkeit von fossilen, endlichen Ressourcen nicht mehr umstritten. Setzte man in den Jahren vor der ersten Ölkrise noch fast ausschließlich auf die Erschließung günstiger fossiler Energie, erfolgt heutzutage eine Rückbesinnung auf die Nutzung nachhaltiger Energiequellen (DIEPENBROCK, 2014). Denn eine der größten Herausforderungen unserer Gesellschaft besteht derzeit darin, auch zukünftig für eine ausreichende Versorgung mit Energie zu sorgen, um die globale Stabilität zu erhalten und den wirtschaftlichen Wohlstand nicht zu gefährden. Durch die wachsende Industrialisierung in Ländern wie Brasilien, Indien und China steigt auch dort der Bedarf an Erdgas, Flüssigtreibstoffen und Mineralölen. Der fortschreitende Verbrauch von fossilen

Energieträgern zur Energiegewinnung führt zudem zu einer Anreicherung von CO₂ in der Atmosphäre, wodurch der Klimawandel weiter beschleunigt wird (LICHTFOUSE, 2010). Daher ist es nun umso wichtiger, Alternativen zur Energieerzeugung zu finden, die umweltschonend sind und die Unabhängigkeit von Importen fördern. Pflanzen werden in der Landwirtschaft hauptsächlich zur Erzeugung von Lebensmitteln und Tierfutter verwendet, können aber auch als Energiequelle zur Erzeugung von Strom, Wärme und Kraftstoffen sowie industriellen Zwecken dienen. Ein großer Vorteil in der Nutzung von pflanzlicher Biomasse liegt in der stetigen, heimischen Verfügbarkeit (GRANDA et al., 2007).

Um die Abhängigkeit Deutschlands – aber auch anderer Staaten – von fossilen Gas- und Erdöllieferungen aus dem Ausland zu verringern und einen langfristigen Beitrag zum Klimaschutz leisten zu können, können neben der Erzeugung von Strom und Wärme durch Biogasanlagen vor allem Biokraftstoffe aus Ölpflanzen eine bedeutende erneuerbare Alternative sein (BUNDESVERBAND BIOENERGIE E. V., 2022). Weiterhin können pflanzliche Öle und Fette nicht nur für den menschlichen Verzehr, sondern auch industriell (z. B. als Schmierstoffe oder Hydrauliköle) verwertet werden (WASKOW, 1998). Der Agrarsektor könnte durch den gezielten Anbau von Ölpflanzen langfristig zur Energiewende der EU beitragen (BUNDESVERBAND BIOENERGIE E. V., 2022). Biomasse ist die naheliegendste Alternative zu Öl, Gas und Kohle. Eine verstärkte Nutzung nachwachsender Rohstoffe kann die Landwirtschaft stärken, Landwirt*innen zukünftig auch zu „Energiewirt*innen“ machen und auch strukturschwache ländliche Räume in Europa wieder beleben (BÖTTCHER et al., 2014). Ihr Einsatz gerät aber aufgrund der „Tank-Teller-Diskussion“ immer wieder in die Kritik. Denn durch den vermehrten Anbau von Energiepflanzen wird die Nahrungsmittelproduktion verdrängt, wodurch die Preise für Lebensmittel steigen (BÖTTCHER et al., 2014).

Über 85 % der weltweit produzierten Pflanzenöle stammen aus nur vier landwirtschaftlichen Kulturen: Ölpalme, Sojabohne, Raps und Sonnenblume (FAOSTAT, 2022a).

Im Folgenden werden diese Ölpflanzen vorgestellt und miteinander verglichen, ökologische Aspekte und die weltweit wirtschaftliche Bedeutung der einzelnen Kulturen näher betrachtet sowie die Verwertungsmöglichkeiten der Pflanzen aufgezeigt. Ziel dieser Arbeit ist es, herauszuarbeiten, welche Bedeutung der weltweite und heimische Ölpflanzenanbau jetzt und für die Zukunft hat, welche Alternativen es im Anbau von Ölpflanzen gibt und welche Chancen und Risiken eine potenzielle Ausweitung des Anbaus für Klima, Weltwirtschaft und die hiesige Landwirtschaft mit sich bringt.

2 Verwertungsmöglichkeiten von Ölsaaten und Pflanzenölen

Ölpflanzen sind in der Lage, Öl in Form von Triglyceriden in die reproduktiven Organe (Samen, Früchte) einzulagern (DIEPENBROCK, 2014). Ölsaaten können daher grundsätzlich zu Speiseöl, ihre Koppelprodukte zu Futtermittel (Presskuchen und Extraktionsschrot aus der Ölgewinnung), zu Biokraftstoff oder in der chemischen Industrie als Ausgangsprodukt zur stofflichen Nutzung z. B. zu Schmierstoff, zu Lack oder in der Kosmetik verarbeitet werden (MATTHÄUS, 2009). Die Gewinnung von Pflanzenöl aus Ölsaaten ist die Grundlage für sämtliche verfahrenstechnische Prozesse, die eine chemische oder industrielle Nutzung ermöglichen. Die Pflanzenölerzeugung erfolgt durch Pressung oder Extraktion des in den organischen Stoffen enthaltenen Öls. Nach der Reinigung und Schälung erfolgt der mechanische Aufbruch der Ölfrüchte, um die Samenschale zu zerstören und die Oberfläche zu vergrößern, aus der das Öl austreten kann (Konditionierung). Dies geschieht unter Einhaltung bestimmter Temperaturen. Bei Ölsaaten mit einem Ölgehalt von 15 – 20 % wird das Öl vorerst abgepresst, wodurch Pressöl und die ausgepresste Ölsaate (Presskuchen) entstehen. Presskuchen entsteht damit bei der Kaltpressung und enthält 10 % Öl, das im Anschluss an die mechanische Pressung mit Hilfe eines Lösungsmittels (Hexan) extrahiert wird. Aus dem Extraktionsverfahren entstehen ein Gemisch aus dem extrahierten Pflanzenöl und dem Lösemittel sowie eine Mischung aus der nahezu ölfreien Biomasse (Ölsaate ohne Öl). Das Lösemittel wird danach wieder vollständig abgetrennt. Das entstandene Extraktionsschrot wird als Futtermittel in der Tierernährung eingesetzt. Pressroh- und Extraktionsrohöl werden am Ende zusammengeführt und raffiniert (BÖTTCHER et al., 2014). Die Refinerie wird durchgeführt, um unerwünschte Geruchs- und Geschmacksstoffe, Farbstoffe (z. B. Carotinoide), freie Fettsäuren, Pflanzenschleim, Metalle und andere Kontaminanten (z. B. Reste von Pestiziden) zu entfernen und erfolgt durch eine Vorreinigung, Entsäuerung, Bleichen und Dämpfen. Nach diesem Vorgang kann das Pflanzenöl sowohl für den menschlichen Verzehr als auch die pharmazeutische oder chemische Nutzung verwendet werden (ROTH und KORMANN, 2000). Ein weiterer Vorgang, um Pflanzenöl zu gewinnen, ist die Kaltpressung. Diese Öle werden nur durch das Pressen der Ölsaaten gewonnen und anschließend mittels Filtration, Sedimentation und Zentrifugation gereinigt. Die Entsäuerung, das Bleichen und das Dämpfen sind verboten. Vor- und Nachbehandlungen wie das Rösten oder Schälen der Ölsaaten und das Waschen oder Dämpfen des Öls sind erlaubt, müssen aber am Endprodukt kenntlich gemacht werden. Wird auf Vor- und Nachbehandlungsverfahren verzichtet, spricht man von kaltgepresstem „nativem“ Pflanzenöl. Werden diese Verfahren durchgeführt, handelt es sich um einfaches, kaltgepresstes Pflanzenöl. Kaltgepresste Öle werden aufgrund ihrer besonderen Aromatik ausschließlich für den direkten menschlichen Verzehr hergestellt. Der Einsatz erfolgt hauptsächlich in der „kalten Küche“, also z. B. zur Herstellung von Salatsaucen. Raffinierte Speiseöle sind geschmacks- und geruchsneutral und

besitzen im Vergleich zu kaltgepressten Ölen einen höheren Rauchpunkt (niedrigste Temperatur, bei der Rauch erzeugt wird). Damit sind raffinierte pflanzliche Öle hitzebeständiger und können auch zum Braten und Frittieren verwendet werden. Der Rauchpunkt von kaltgepresstem Rapsöl liegt zwischen 160 und 180 °C. Bei raffiniertem Rapsöl kommt es erst bei Temperaturen über 210 °C zur Raumentwicklung (BERTRAND, 2014). Primär erfolgt die Nutzung von Ölsaaten - vor allem von Raps und Sonnenblumen - derzeit als Nahrungsmittel oder zur Beimischung zu Tierfutter (HEYLAND et al., 2006). Pflanzenöle beinhalten wertvolle, fettlösliche Vitamine (A, D, E und K). Weitere natürliche Fettbegleitstoffe sind freie Fettsäuren, Phytosterine, Phospholipide, Kohlenwasserstoffe, Wachse und natürliche Farbstoffe sowie in geringen Mengen Cholesterin (FRANZKE, 1998). Die Nutzung als nachwachsender, industrieller und technischer Rohstoff und für energetische Zwecke ist weniger verbreitet (HEYLAND et al., 2006). Aus Ölpflanzen gewonnene Rohstoffe, die im „non-food“-Bereich eingesetzt werden, sind damit hauptsächlich Öle und Fette sowie sekundäre Inhaltsstoffe (Vitamine, Carotinoide, Phytosterine) (FRIEDT und LÜHS, 2001). Die Verwertungsmöglichkeit von Pflanzenölen hängt mit dem jeweiligen Fettsäuremuster zusammen. Eine Verwendung im chemischen und energetischen Sektor erfordert andere Fettsäuremuster als der Lebensmittelbereich (WASKOW, 1998). Die physiochemischen Eigenschaften (z. B. Konsistenz, Schmelzpunkt) und die Qualität des Pflanzenöls werden durch die Kettenlänge, die Anzahl an Doppelbindungen (Sättigungsgrad) und das Vorhandensein funktioneller Gruppen der Fettsäure bestimmt (HEYLAND et al., 2006). In der chemischen Industrie (Oleochemie) werden vorrangig Öle mit kurzkettigen oder gesättigten Fettsäuren benötigt (Myristinsäure, Laurinsäure, Stearinsäure, Palmitinsäure), die als Startmaterial für zahlreiche Synthesen dienen (DIEPENBROCK, 2014). Zu den Basisverfahren zählen nach WASKOW (1998):

- die Spaltung der Triglyceride in Fettsäuren und Glycerin mit Wasser oder mit Alkalilauge (Verseifung)
- die Veresterung bzw. Umesterung der Triglyceride mit einwertigen Alkoholen wie Methanol zu Fettsäuremethylester

Die Verfahrensprodukte werden als Ausgangssubstanzen für weitere oleochemische Reaktionen eingesetzt (vgl. Abb. 1). Ein weiteres bedeutendes Verfahren ist die Fetthärtung durch Hydrierung. Hierbei werden ungesättigte Fettsäuren in gesättigte Fettsäuren umgewandelt und die Pflanzenöle damit zu festen Produkten wie Seifen, Kochfetten oder Kerzenwachs verarbeitet. In Deutschland beheimatete Kulturarten können die benötigten Fettsäuren aber kaum liefern. Daher werden in der deutschen Oleochemie 53 % Palmöl, Kokosöl, Sojaöl und Rizinusöl importiert und verwertet. Der Rest stammt zu 24 % aus tierischen Fetten und zu 23 % aus heimischen Ölpflanzen (Rapsöl, Rüböl, Leinöl, Sonnenblumenöl). 30 % dieser verarbeiteten Öle und Fette werden in Tensiden (z. B. Wasch-

und Reinigungsmittel, Kosmetika) wiedergefunden, 30 % in Polymeren und Polymeradditiven, der Rest in Lacken, Farben oder Bioschmierstoffen- und Ölen (DIEPENBROCK, 2014).

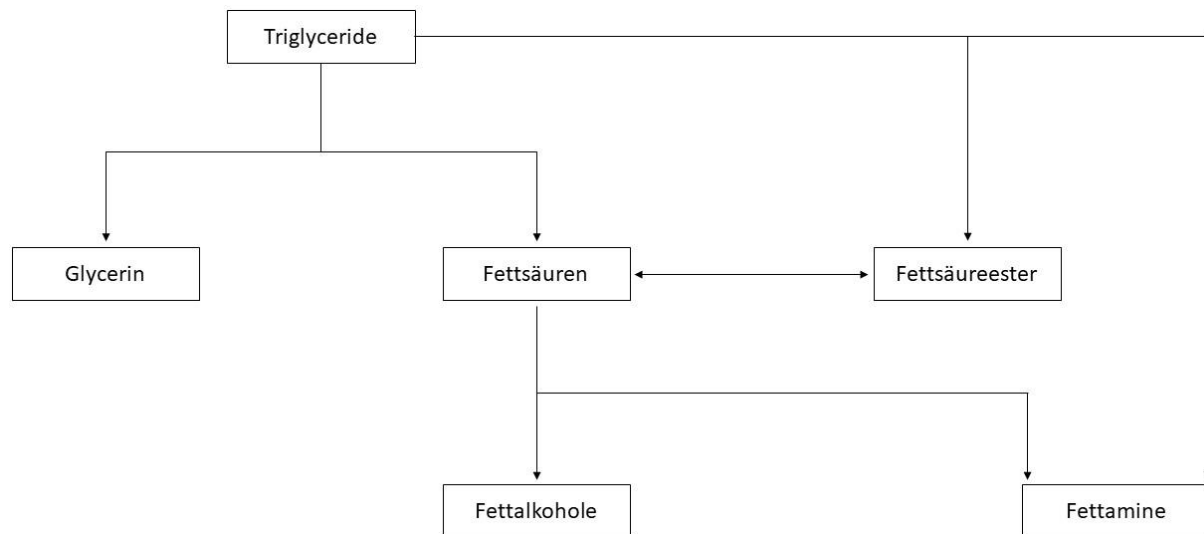


Abbildung 1: Umsetzungsprodukte oleochemischer Grundoperationen, eigene Grafik nach WASKOW (1998)

Die Einsatzgebiete von Ölen und Fetten in der chemischen Industrie sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 1: Einsatzgebiete von Ölen und Fetten in der chemischen Industrie (WASKOW, 1998)

Ausgangsprodukt	Verwendungsmöglichkeiten
Fettsäuren	Kunststoffe, Metallseifen, Wasch- und Reinigungsmittel, Seifen, Kosmetika, Alkydharze, Farben, Textil-, Leder-, Papierindustrie, Kautschuk, Schmiermittel
Fettsäuremethylester	Kosmetika, Wasch- und Reinigungsmittel, Dieselkraftstoff
Glycerin	Kosmetika, Pharmazeutika, Kunstharze, Kunststoffe, Cellophan, Tabak, Nahrungsmittel, Lacke, Sprengstoff
Fettsäureamine	Waschmittel, Weichspüler, Berg- und Straßenbau, Textil- und Faserindustrie, Mineralöladditive, Biozide, Farben, Pigmente, Desinfektion
Fettalkohole	Wasch- und Reinigungsmittel, Kosmetika, Pharmazeutika, Textil-, Leder-, Papierindustrie, Mineralöladditive, Dauerschablonen
Trocknende Öle	Lacke, Farbe, Firnis, Linoleum

Die Qualität von Ölen wird primär durch den Ölgehalt und den Anteil freier Fettsäuren des daraus gewonnenen Öls bestimmt. Der Gehalt an wertbestimmenden Hauptfettsäuren ist ebenfalls ein Kriterium für die Verwertbarkeit für bestimmte Verwendungszwecke. Ein geringer Anteil an freien Fettsäuren ist erwünscht. Handelsübliche Rohöle enthalten 1 – 3 % freie Fettsäuren und 97 % Neutralfette oder Triglyceride (HEYLAND et al., 2006). Öle für den menschlichen Verzehr sollten höhere Öl- und Linolsäureanteile (einfach ungesättigte Fettsäuren) aufweisen. In der Industrie werden vor allem Pflanzenöle mit sehr hohen Erucasäureanteilen, aber auch solche mit hohen Ölsäuregehalten gewünscht (WASKOW, 1998). Gesättigte Fettsäuren zeichnen sich durch einen hohen Schmelzpunkt und eine hohe Oxidationsstabilität aus. Je mehr Doppelbindungen in den Fettsäuren vorhanden sind, desto niedriger werden Schmelzpunkt und Oxidationsstabilität. Daher sind Pflanzenöle, die hohe Gehalte an einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäuren aufweisen, flüssig. Zudem sind Pflanzenöle mit zunehmenden Gehalten an mehrfach ungesättigten Fettsäuren empfindlicher gegenüber der Oxidation mit Luftsauerstoff. Öle mit hohen Gehalten an Linol- und α -Linolensäure haben daher eine geringe Lagerstabilität. Da Pflanzenöle mit hohen Anteilen an gesättigten Fettsäuren aus ernährungsphysiologischer Sicht ungünstig sind, werden diese vorrangig in der chemischen Industrie verwertet (MATTHÄUS, 2009).

Eine wichtige Kennzahl für die Qualität von Ölen und Fetten ist daher die Jodzahl (JZ). Diese gibt an, wieviel Gramm Halogen an 100 g Fett addiert werden kann. Sie ist ein Maß für den Gehalt eines Fettes an ungesättigten Verbindungen. Je mehr Doppelbindungen in einem Öl oder Fett vorhanden sind, desto mehr Iod kann addiert werden und umso höher ist die Iodzahl. Fette und Öle mit hoher Iodzahl altern schneller als Fette und Öle mit geringer Iodzahl (vgl. Tab. 2) (ROTH und KORMANN, 2000).

Tabelle 2: Klassifizierung verschiedener Öle anhand der Iodzahl nach THOMAS (2010)

Iodzahl	Typ	Beispiele
<10 10 – 20 20 – 50 50 – 100	nicht trocknend	Kokosöl, Palmkernöl, Olivenöl, Palmöl
100 – 130 130 – 170	halb trocknend	Sonnenblumenöl, Rapsöl, Sojaöl, Erdnussöl
> 170	trocknend	Leinöl

Abbildung 2 zeigt die Gehalte an gesättigten, einfach ungesättigten und mehrfach ungesättigten Fettsäuren verschiedener pflanzlicher und tierischer Öle und Fette.

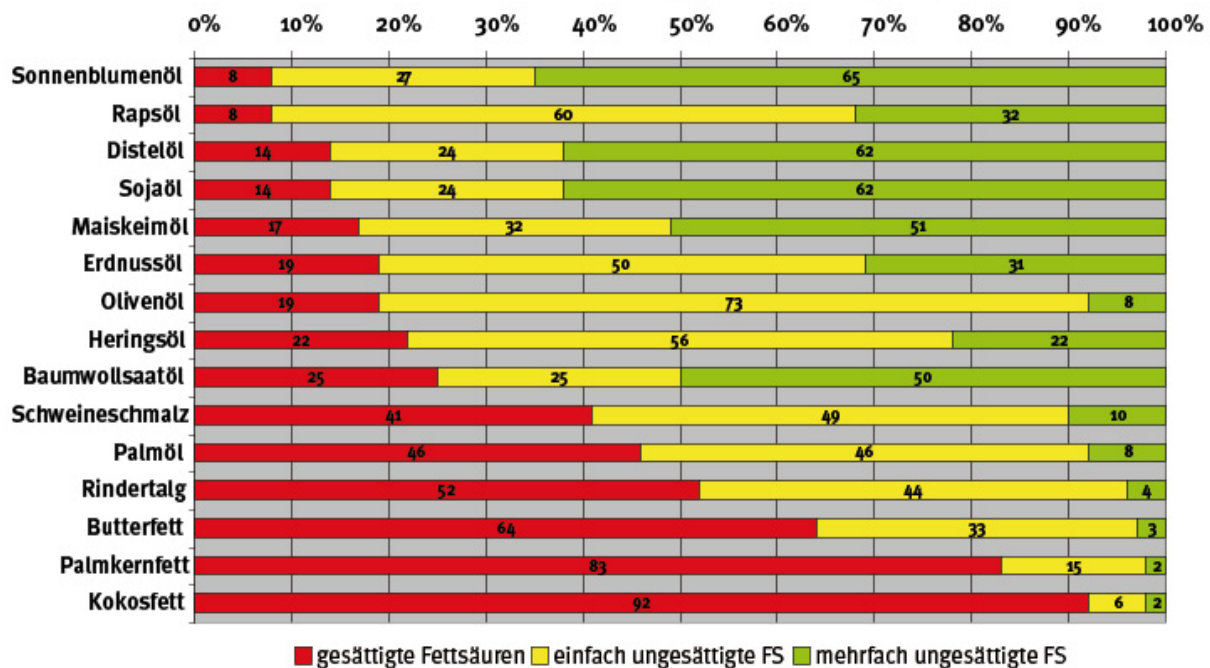


Abbildung 2: Mittlerer Anteil an gesättigten, einfach ungesättigten und mehrfach ungesättigten Fettsäuren verschiedener Speiseöle- und fette in Prozent (BELITZ et al., 2001)

Für die energetische Nutzung als Kraftstoff können reine Pflanzenöle verwendet werden, diese aber ausschließlich in pflanzenöлтаuglichen Dieselmotoren, die den Viskositäts- und Verbrennungseigenschaften von Pflanzenölen gerecht werden. Die Flammpunkte – also die Temperaturen, bei denen der Kraftstoff beim Kontakt mit einer Flamme zu brennen beginnt – liegen bei Pflanzenölen bei mindestens 240 °C. Pflanzenöle sind damit schwerer entflammbar als Diesel. Weiterhin gibt es Einschränkungen bei der Zündwilligkeit. Die Zündwilligkeit von Pflanzenölen wird durch die Cetanzahl angegeben. Die Cetanzahl eines Pflanzenöls muss zwischen 40 und 60 liegen, um moderne Dieselmotoren betreiben zu können. Hohe Cetanzahlen wirken sich positiv auf das Kaltstartverhalten aus. Darüber hinaus besitzen Pflanzenölkraftstoffe eine höhere Viskosität (Zähflüssigkeit) als Diesel, die bei niedrigen Temperaturen weiter ansteigt. Eine hohe Viskosität stört den Einspritzvorgang des Kraftstoffs. Die Viskosität erhöht sich mit einem zunehmenden Anteil an gesättigten Fettsäuren und verringert sich mit höheren Anteilen an ungesättigten Fettsäuren (KOLE, 2012). Um die Nutzung von reinem Pflanzenöl als Kraftstoff zu verbessern, wurden daher Motoren entwickelt, die für die den Kraftstoff und die Einspritzsysteme vorerwärmen oder über ein 2-Tank-System verfügen, welches den Motor mit Diesel startet und erst bei geeigneter Betriebstemperatur auf den Pflanzenölbetrieb umschaltet (FNR, 2022). Reine Pflanzenölkraftstoffe sollten möglichst niedrige Iodzahlen aufweisen und geringe Anteile an gesättigten Fettsäuren enthalten (KOLE, 2012).

Eine weitere Möglichkeit, Pflanzenöle als Kraftstoff zu nutzen, besteht wie beschrieben in der Umesterung von Triglycerid in drei niedrig-molekulare Fettsäuremethylester und Glycerin als

Nebenprodukt. Das Produkt daraus ähnelt dem Dieselkraftstoff und wird gemeinhin als Biodiesel bezeichnet, international als „FAME“ (Fatty Acid Methyl Ester) (DIEPENBROCK, 2014). Für diese Kraftstoffherzeugung muss voll- oder teilraffiniertes Pflanzenöl umgewandelt werden (BÖTTCHER et al., 2014). In Deutschland ist die Beimischung von 5 % Biodiesel zu fossilem Kraftstoff gesetzlich gefordert. Diese Menge kann in herkömmlichen Motoren problemlos eingesetzt werden. Höhere Beimischungen bzw. ein reiner Biodieselbetrieb sind nur mit speziellen Motoren möglich (DIEPENBROCK, 2014).

Eine weitere Möglichkeit, Pflanzenöle mittels chemischer Verfahren an die Anforderungen von modernen Motoren anzupassen, liegt in der katalysatorgestützten Reaktion pflanzlicher Öle mit Wasserstoff (Hydrierung). International werden diese hydrierten Pflanzenöle als HVO (Hydrogenated bzw. Hydrotreated Vegetable Oils) oder HEFA (Hydro-processed Esters and Fatty Acids) bezeichnet (KALTSCHMITT et al., 2014). Hierbei werden Raps- und Sojaöle sowie tierische Fette und andere Abfall- und Reststoffe verwertet. Für eine Tonne HVO werden durchschnittlich 1,23 Tonnen Pflanzenöl benötigt. Brenngase sind ein Nebenprodukt, das wieder für die Produktion eingesetzt werden kann. HVO können die genormten Kraftstoffspezifikationen von Diesel und Kerosin einhalten. Sie benötigen daher keine angepassten Motoren, wären auch in der Luftfahrt einsetzbar und haben ein enormes CO₂-Einsparpotenzial. Die Nutzung als Heizöl ist ebenfalls möglich. Ein großflächiger Einsatz ist aufgrund geringer Produktionskapazitäten derzeit nicht möglich (URBANSKY, 2018).

Die nachfolgende Abbildung der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) gibt einen zusammenfassenden Überblick über die Wertschöpfungsketten von Ölsaaten und tierischen Fetten.

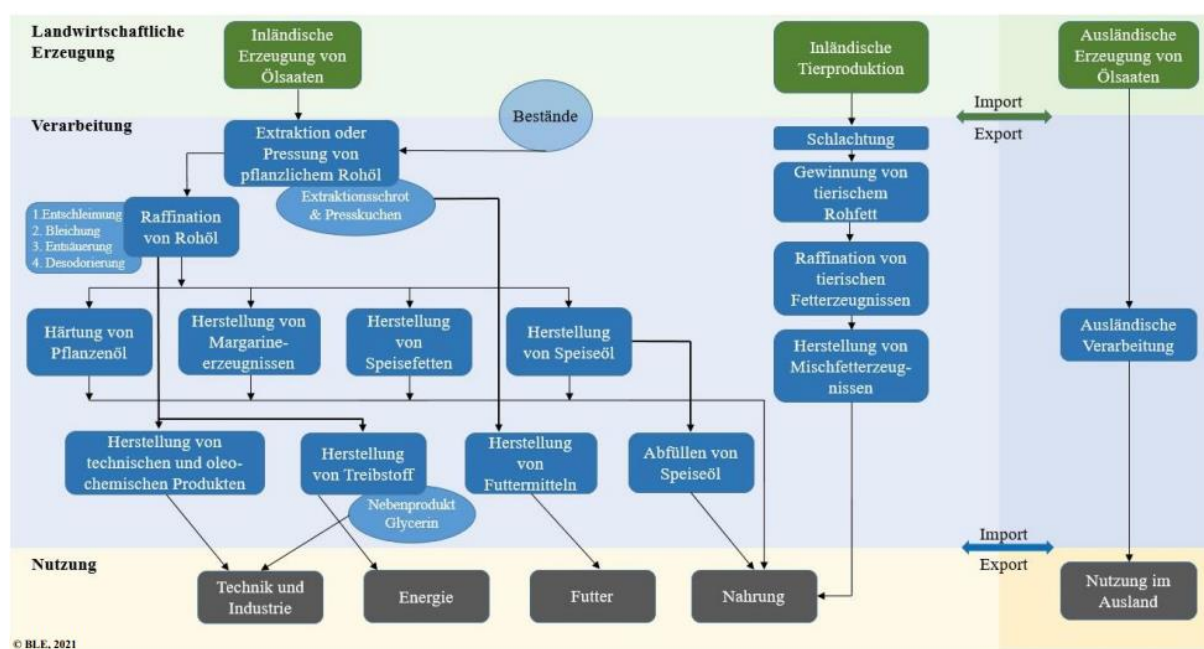


Abbildung 3: Wertschöpfungsketten von Ölsaaten und tierischen Fetten (SCHÄFER und HEITMANN, 2021)

3 Ölsaaten im Welthandel

Aufgrund der zahlreichen Verwertungsmöglichkeiten von Ölsaaten erfolgt der Anbau in allen hierfür geeigneten Regionen der Welt. Nachfolgend wird ein Überblick über den aktuellen Stand des weltweiten Anbaus gegeben. Aufgrund der besonderen Stellung der Ukraine im Welthandel mit Pflanzenölen wird das Land separat betrachtet.

3.1 Weltproduktion

Vergleicht man die globalen Erntemengen aus den letzten Jahren, nehmen Sojabohnen noch vor der Rapssaat den Platz der meistgeernteten Ölsaat ein, gefolgt von Erdnüssen und Baumwollsaat, Sonnenblumensaat und Palmkernen (vgl. Abb. 4) (STATISTA, 2022). Palmöl wird direkt in den Erzeugerländern aus dem Fruchtfleisch der Früchte gewonnen und ist daher in der nachfolgenden Statistik nicht erfasst. Palmkerne sind die Kerne der Palmfrüchte, die zusätzlich verarbeitet werden (NAUMANN, 2019).

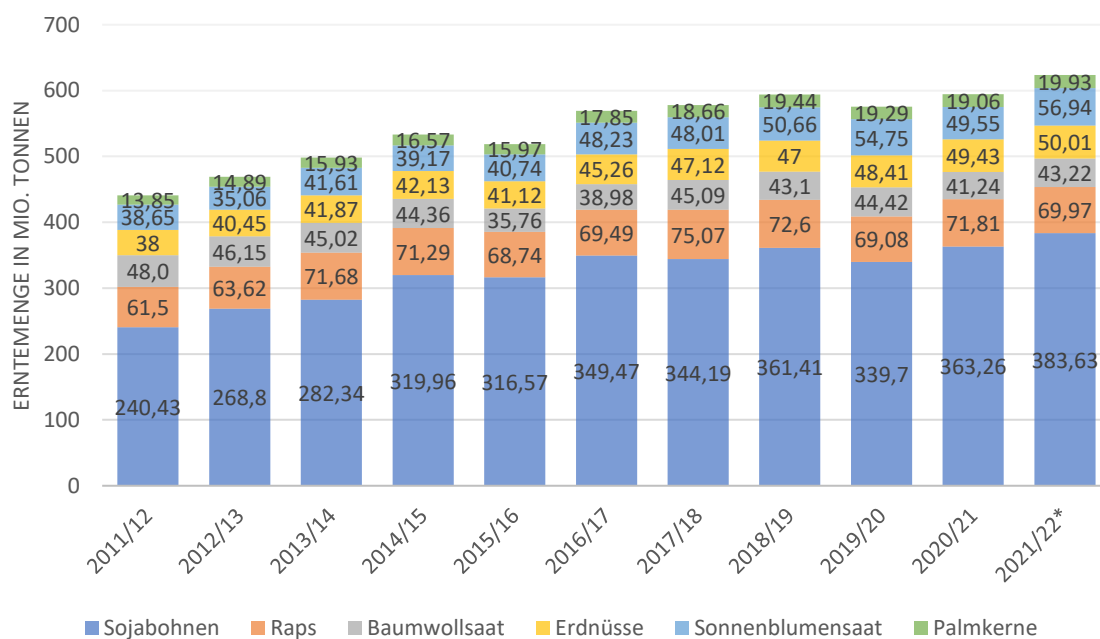


Abbildung 4: Erntemenge der wichtigsten Ölsaaten weltweit nach Art bis 2021/22 (STATISTA, 2022)

Weltweit ist seit Jahrzehnten eine steigende Produktion an Pflanzenölen zu beobachten (vgl. Daten der Jahre 1961 – 2014, Abb. 5). Es zeigt sich, dass Palmöl, Sojaöl, Rapsöl und Sonnenblumenöl zu den wichtigsten pflanzlichen Ölen gehören. Wurden 2005 noch insgesamt 119,85 Mio. Tonnen Pflanzenöle produziert, stieg die Produktion bis 2021 auf 215,36 Mio. Tonnen an (STATISTA, 2022). Vor allem die Produktion von Palmöl und Sojaöl verzeichnete im 10-Jahres-Vergleich einen rasanten Anstieg in der Produktionsmenge. So stiegen sowohl die weltweite Palmölproduktion als auch die globale Sojaölproduktion seit 2011 um ca. 45 % an. Bei Palmöl handelt es sich um das am meisten produzierte Pflanzenöl (76,52 Mio. Tonnen

in 2021). Sojaöl nimmt den zweiten Rang ein (61,93 Mio. Tonnen in 2021), Rapsöl den dritten Rang (28,12 Mio. Tonnen in 2021), Sonnenblumenöl den vierten Rang (22,10 Mio. Tonnen in 2021) (AHRENS, 2022a).

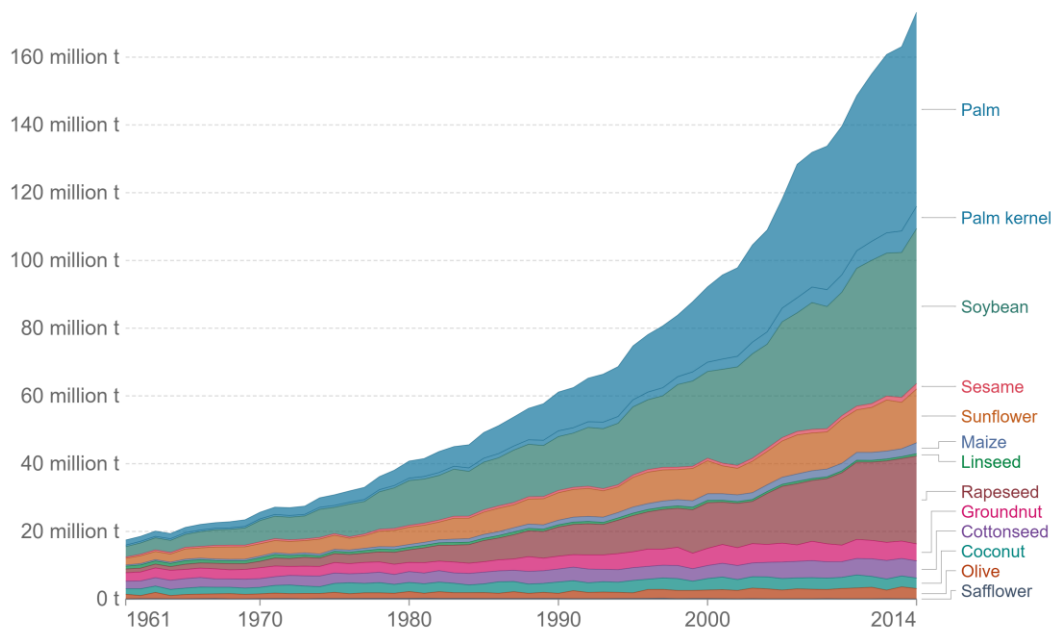


Abbildung 5: Pflanzenölproduktion, weltweit bis 1961 – 2014 (FAOSTAT, 2022a)

Gleichzeitig steigt auch der Konsum von Pflanzenölen stetig an. Insgesamt werden vor allem Palmöl (50,47 Mio. Tonnen in 2011, 75,66 Mio. Tonnen in 2021) und Sojaöl (42,28 Mio. Tonnen in 2011, 61,48 Mio. Tonnen in 2021) konsumiert und machen damit über 50 % des Gesamtverbrauchs weltweit aus. Rapsöl liegt beim globalen Konsum an dritter (23,02 Mio. Tonnen in 2011, 28,48 Mio. Tonnen in 2021), Sonnenblumenöl an vierter Stelle (12,6 Mio. Tonnen in 2011, 20,34 Mio. Tonnen in 2021).

Die führenden Anbauländer von Sojabohnen sind Brasilien, die USA und Argentinien (STATISTA, 2022). Der Sojaanbau in Nord- und Südamerika hat in den letzten Jahrzehnten massiv zugenommen, um den global steigenden Bedarf an hochwertigem Futterprotein decken zu können (SCHÄFER und HEITMANN, 2021). Sonnenblumen werden vor allem in der Ukraine, Russland, der EU und Argentinien angebaut, Raps in Kanada, der EU, China, Indien und Japan. Palmöl wird vor allem in den für Ölpalmenplantagen geeigneten Regionen Indonesien, Malaysia, Thailand und Kolumbien produziert, wobei Indonesien und Malaysia mit Abstand die führenden Exportländer von Palmöl sind (STATISTA, 2022).

3.2 Bedeutung von Ölsaaten in der Europäische Union

Die wichtigsten Ölsaaten in der EU sind Raps, Sonnenblumensaat und Sojabohnen (STATISTA, 2022). Die Gesamterntemengen der vergangenen drei Wirtschaftsjahre sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Rund zwei Drittel der Gesamterzeugung an Ölsaaten in der EU werden auch in der EU verbraucht (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2022).

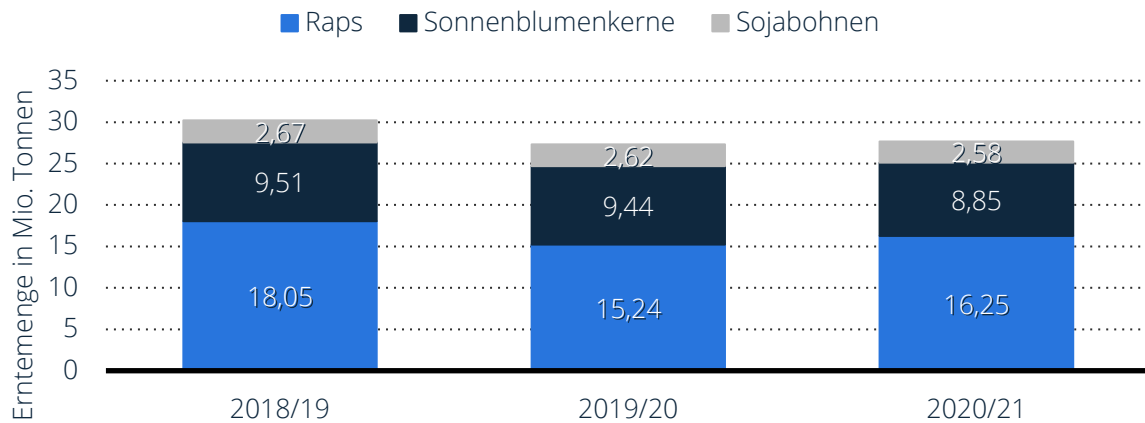


Abbildung 6: Erntemenge der wichtigsten Ölsaaten in der EU bis 2020/21 in Mio. Tonnen (STATISTA, 2022)

Im Wirtschaftsjahr 2019/20 wurden fast 50 % der gesamten Anbaufläche für Ölsaaten mit Raps bestellt, 38 % mit Sonnenblumen, der Rest mit Sojabohnen und anderen Ölfrüchten. Frankreich und Deutschland sind die größten Rapsproduzenten in der EU und die größten Produzenten von Rapsöl (vgl. Abb. 7) (SCHÄFER und HEITMANN, 2021).

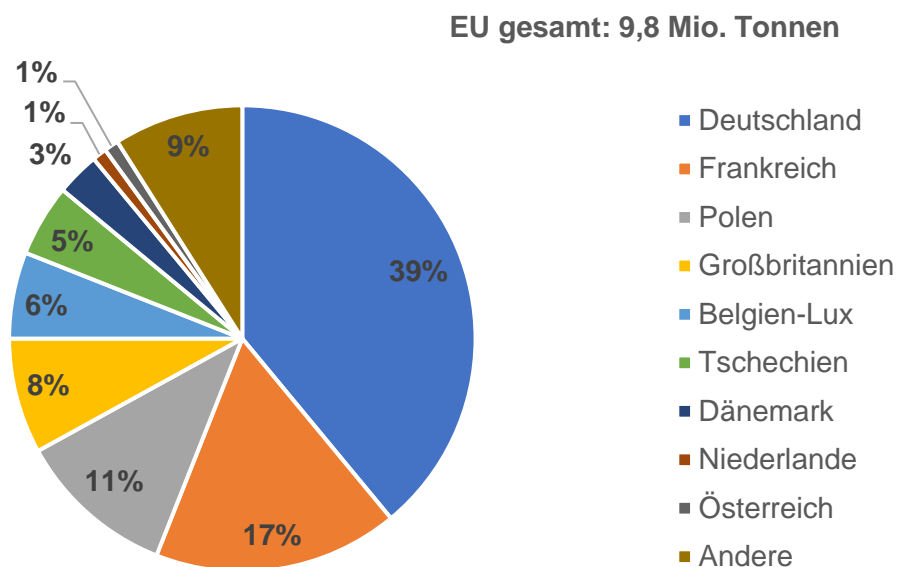


Abbildung 7: Prozentuale Verteilung der Rapsölherstellung in der EU-28 im Jahr 2019 nach SCHÄFER und HEITMANN (2021)

Die Sojaölherstellung erfolgt zum Großteil in den Niederlanden, in Deutschland und in Spanien (vgl. Abb. 8). Insgesamt wurden im Jahr 2019 3,0 Mio. Tonnen Sojaöl gepresst (SCHÄFER und HEITMANN, 2021).

EU gesamt: 3,0 Mio. Tonnen

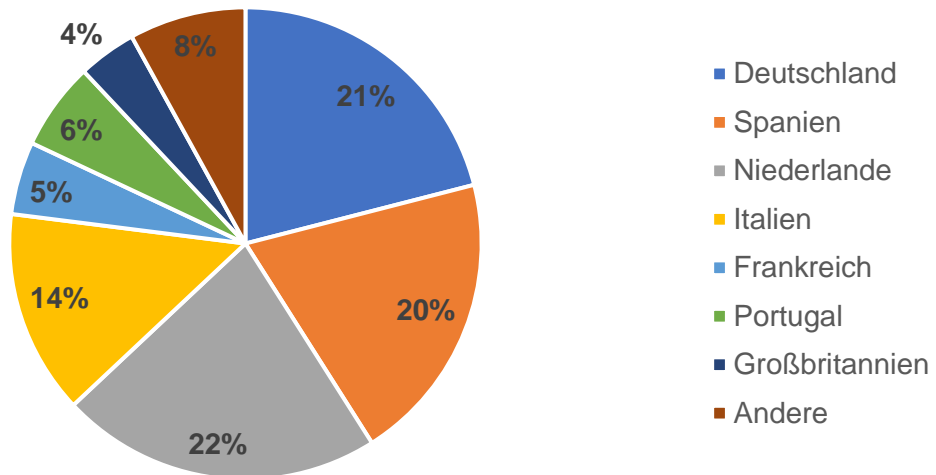


Abbildung 8: Prozentuale Verteilung der Sojaölherstellung in der EU-28 im Jahr 2019 nach SCHÄFER und HEITMANN (2021)

Der größte Sonnenblumenölhersteller ist Ungarn mit einem Anteil von 18 % an der Gesamtproduktion, gefolgt von Frankreich, Bulgarien und Rumänien (vgl. Abb. 9) (SCHÄFER und HEITMANN, 2021).

EU gesamt: 3,7 Mio. Tonnen

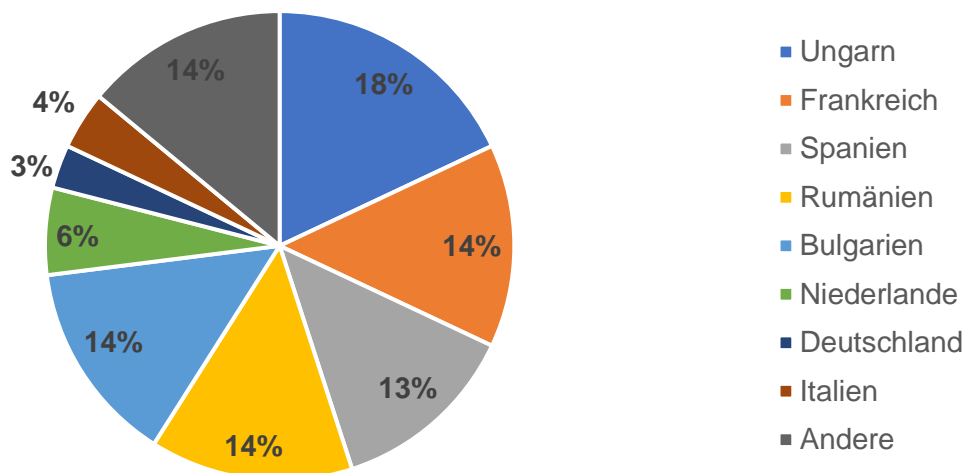


Abbildung 9: Prozentuale Verteilung der Sonnenblumenölherstellung in der EU-28 im Jahr 2019 nach SCHÄFER und HEITMANN (2021)

3.3 Bedeutung von Ölsaaten in Deutschland

In der deutschen Landwirtschaft erfolgt vorrangig der Anbau von Raps, Rübsen, Sonnenblumen, Sojabohnen, Senf, Mohn, Ölrettich und Leinsaat. Den größten Stellenwert nimmt hierbei Raps ein. Die nachfolgende Abbildung zeigt die große Bedeutung des Rapsanbaus in Deutschland in der Erzeugung, Verarbeitung, Herstellung und im Verbrauch. Rübsen werden im Zusammenhang mit Raps aufgeführt, haben aber anteilmäßig eine geringe Bedeutung (SCHÄFER und HEITMANN, 2021).

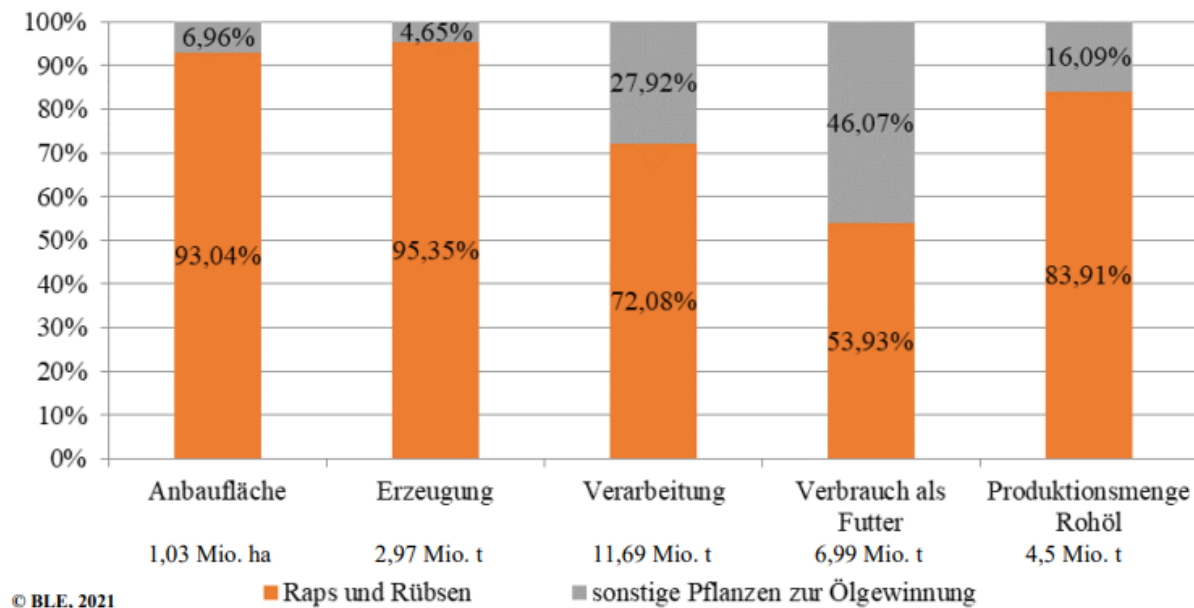


Abbildung 10: Erzeugung, Verarbeitung, Herstellung und Verbrauch von Raps und Rübsen sowie sonstiger Ölpflanzen in Deutschland (SCHÄFER und HEITMANN, 2021)

Im Jahr 2020 wurden laut Angaben des Statistischen Bundesamtes 8,5 % des deutschen Ackerlandes (11,7 Mio. ha) mit Ölsaaten (995.300 ha) bestellt. Mit 8,2 % der deutschen Ackerfläche stellt Winterraps die wichtigste Ölpflanze in Deutschland dar. Der Anbau findet in fast jedem Bundesland statt. Der Großteil der winterrapsanbauenden Betriebe befindet sich in Bayern. Tendenziell steigt die Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe, die Winterraps anbauen. Von 2019 bis 2020 erhöhte sich die Anzahl um 6,4 % von 35.220 Betrieben auf 37.490 Betriebe. Abbildung 11 zeigt die Anbaufläche und Anbaubedeutung von Winterraps in Deutschland (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2021).

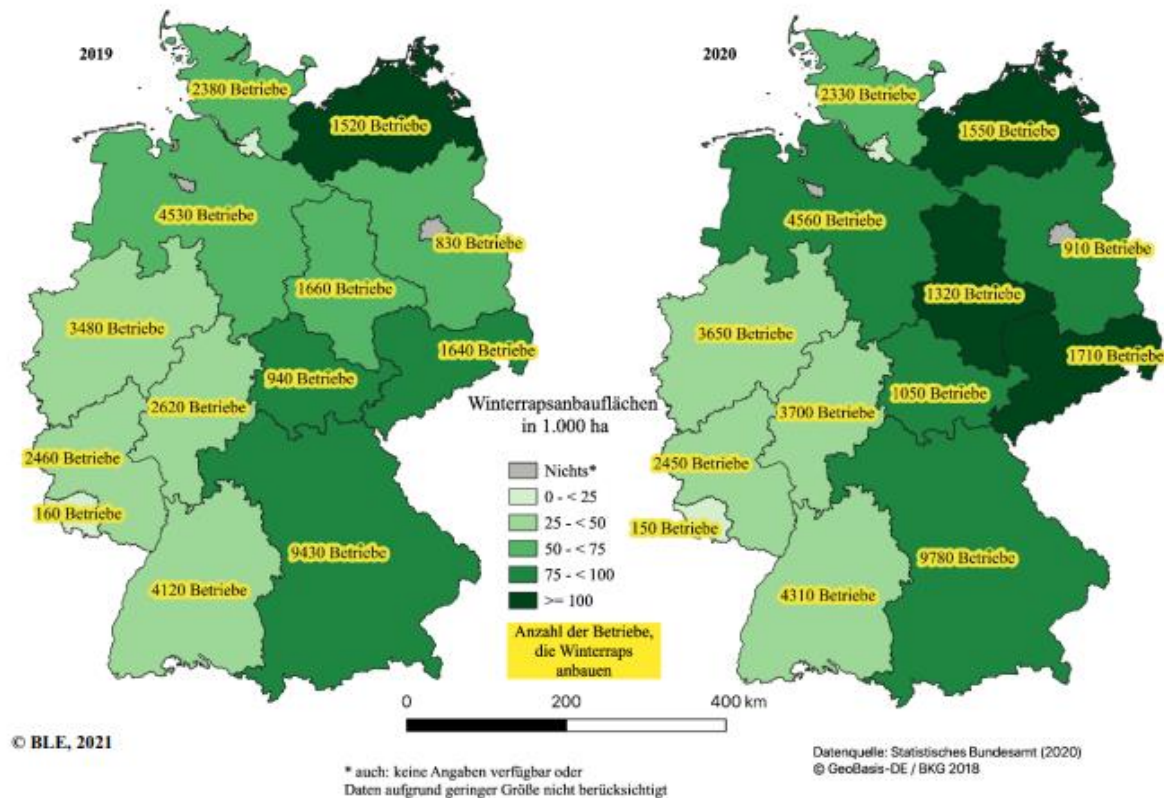


Abbildung 11: Anbaufläche von Winterraps in 1.000 ha und Anzahl der Betriebe, die Winterraps anbauen in den Bundesländern 2019 und 2020 (SCHÄFER und HEITMANN, 2021)

Auch die Anbauflächen anderer Ölpflanzenkulturen sind im Jahr 2020 gestiegen. Vor allem der Sonnenblumenanbau verzeichnete von 2019 bis 2020 eine Steigerung des Anbaus in Deutschland um 25 % (2019: 22.500 ha, 2020: 28.100 ha) (SCHÄFER und HEITMANN, 2021). Aufgrund der Eiweißpflanzenstrategie des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), der steigenden Relevanz GVO-freier Futtermittel, verbesserten Anbautechniken und begünstigenden Klimaveränderungen gewinnt auch der Anbau von Sojabohnen in Deutschland mehr an Bedeutung. Seit 2012 hat sich die Anbaufläche mehr als verzehnfacht. In 2020 erfolgte der Anbau von 32.900 ha Soja und stieg damit im Vergleich zum Vorjahr um 13,8 % an (BRÜGGEMANN, 2020).

In der Verarbeitung nimmt Winterraps den höchsten Stellenwert ein, gefolgt von Soja, Sonnenblumen und Lein sowie sonstigen Ölsaaten wie z. B. Maiskeimen, Baumwollsaat, Erdnüssen und Sesam. Im Jahr 2020 wurden insgesamt 12.471.200 Tonnen Ölsaaten verarbeitet, bei 8.992.800 Tonnen hiervon handelte es sich um Raps. Insgesamt entstanden durch die Verarbeitung von Ölsaaten im Jahr 2020 4.495.800 Tonnen Rohöl, davon 3.772.600 Tonnen Rapsöl. In den Jahren 2014 – 2019 wurden ähnliche Mengen verarbeitet (SCHÄFER und HEITMANN, 2021). Abbildung 12 zeigt die Erntemengen von in Deutschland erzeugten Ölsaaten von 2018 – 2020. Hierdurch wird die Bedeutung des Rapsanbaus in Deutschland abermals verdeutlicht.

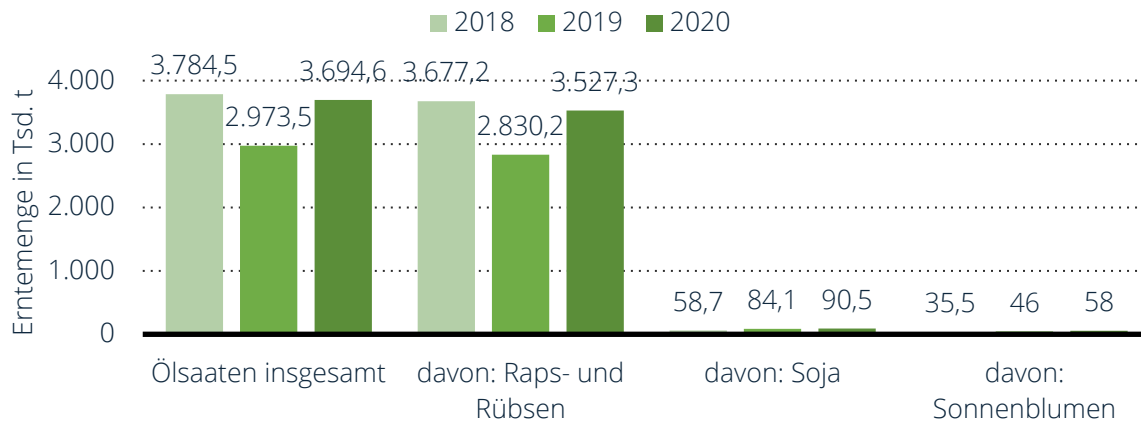
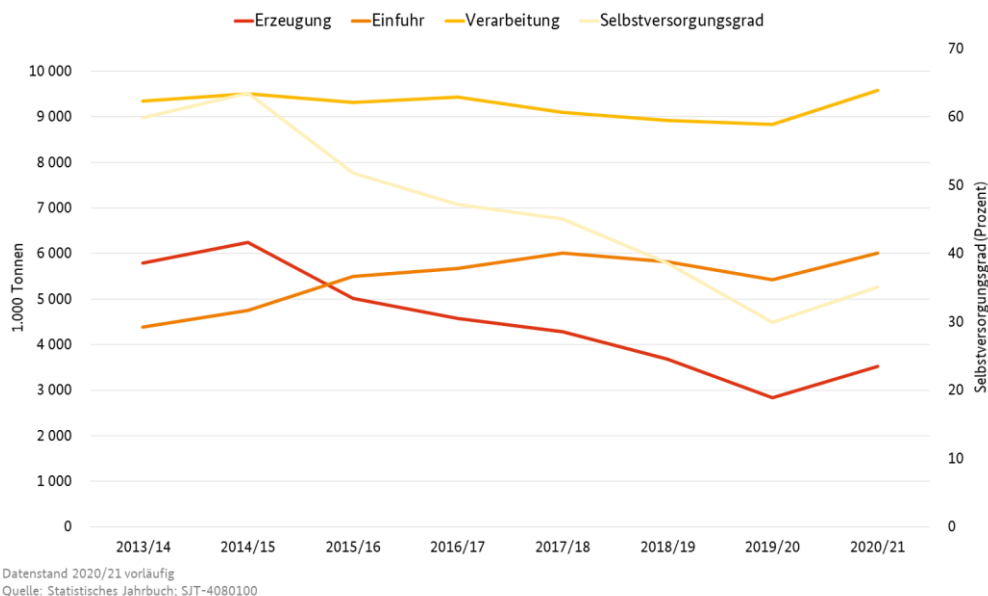


Abbildung 12: Erntemenge von Ölsaaten nach Art in Deutschland bis 2020 (in Tausend Tonnen) (STATISTA, 2022)

Der Selbstversorgungsgrad mit Ölsaaten liegt in Deutschland derzeit (Stand: 2020/21) bei insgesamt 25 % und weist seit dem Wirtschaftsjahr 2013/14, in dem der Selbstversorgungsgrad noch bei 40 % lag, eine sinkende Tendenz auf. Der Selbstversorgungsgrad mit Raps und Rübsen sank seit dem Wirtschaftsjahr 2013/14 von 60 % auf derzeit (Stand: 2020 / 21) 35 % (vgl. Abb. 13), verzeichnete aber im Vergleich zum Vorjahr einen leichten Anstieg. Deutschland ist damit abhängig von Importen (BMEL, 2022b).

Versorgung mit Raps und Rübsen



Datenstand 2020/21 vorläufig
Quelle: Statistisches Jahrbuch; SJT-4080100

Abbildung 13: Versorgung mit Raps und Rübsen in Deutschland (BMEL, 2022b)

Der Großteil der Rapsimporte nach Deutschland stammt aus den Niederlanden, der Ukraine und Frankreich. Im Jahr 2020 wurden insgesamt 3,21 Mio. Tonnen Pflanzenöle nach Deutschland importiert. Den größten Anteil machten hierbei Palmöl und Palmkernöl mit 35 % aus, gefolgt von Sonnenblumenöl (16 %), Rapsöl (8 %), Kokosöl (5 %), Sojaöl (3 %), Olivenöl (3 %), Rizinusöl (2 %) und sonstigen Ölen (28 %) (STATISTA, 2022).

3.4 Bedeutung der Ukraine im Ölsaatenmarkt

Die Landwirtschaft trägt in der Ukraine in vielen Haushalten zum Lebensunterhalt bei und versorgt nicht nur die heimischen Märkte, sondern auch den internationalen Markt mit landwirtschaftlichen Produkten. Rund 13 Mio. Ukrainer*innen leben oder lebten in ländlichen Regionen, mehr als 60 % des Landes sind landwirtschaftlich nutzbar (USDA, 2022b). Vor dem Angriff Russlands auf die Ukraine im Februar 2022 machte die Landwirtschaft rund 11 % des Bruttoinlandproduktes des Landes aus, fast 20 % aller Arbeitskräfte waren in der Landwirtschaft tätig. Bei 40 % der Gesamtexporte aus der Ukraine handelte es sich um Agrarprodukte. Die Ukraine war damit aus globaler Sicht der fünftgrößte Exporteur von Getreide, der viertgrößte Exporteur von Mais, der drittgrößte Exporteur von Raps und der größte Exporteur von Sonnenblumensaat. Ein starker und stabiler Landwirtschaftssektor der Ukraine trägt wesentlich zur globalen Ernährungssicherheit bei (USAID, 2022). Die nachfolgende Abbildung zeigt die Anbauregionen und den Fünfjahresdurchschnitt der Erntemengen (in Tonnen) der wichtigsten Ölsaaten in der Ukraine vor Kriegsbeginn.

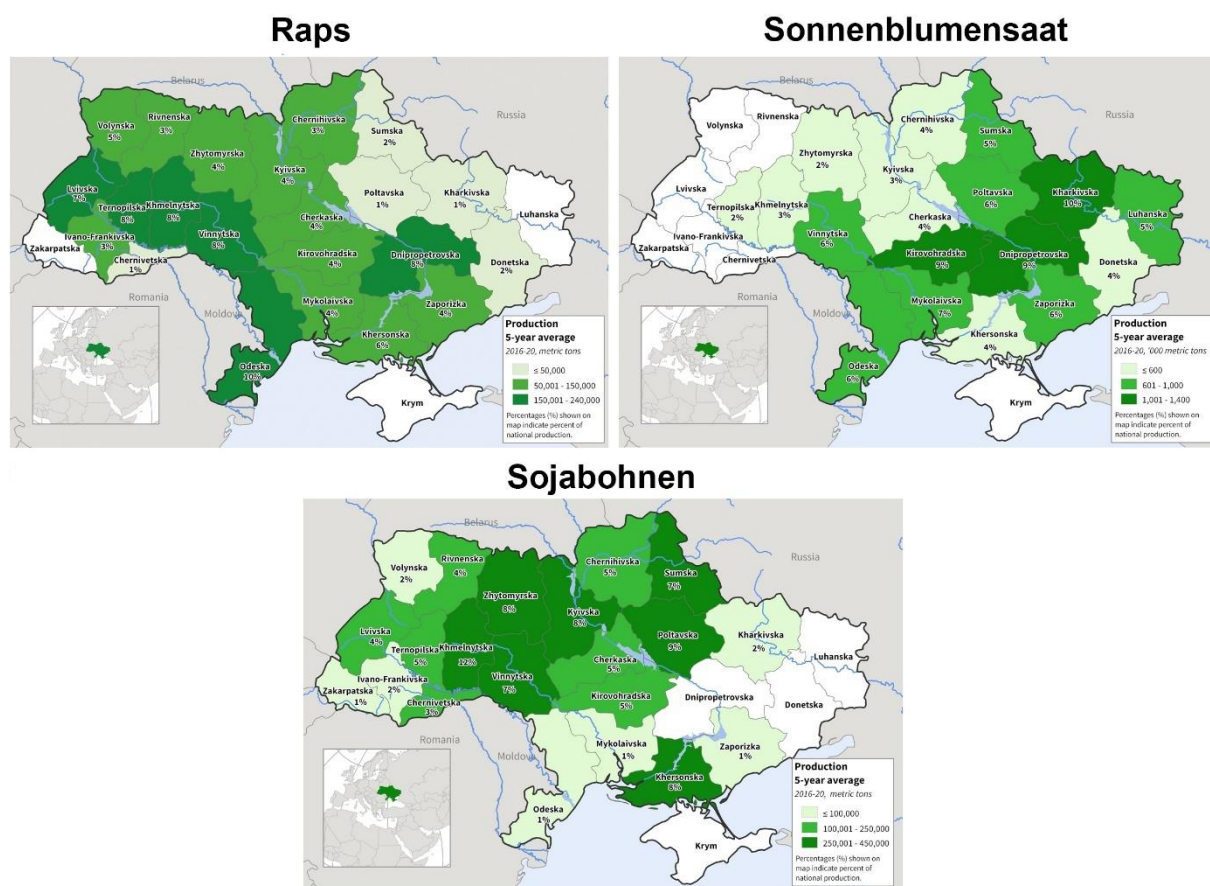


Abbildung 14: Anbauregionen und Fünfjahresdurchschnitt der Erntemengen in Tonnen von Raps, Sonnenblumenkernen und Sojabohnen in der Ukraine (USDA, 2022a)

Die wichtigsten Regionen für den Export pflanzlicher Produkte sind Odessa, Vynnytsya, Mykolayiv und Kyiv (vgl. Abb. 15) (KHOLOSHYN et al., 2021)

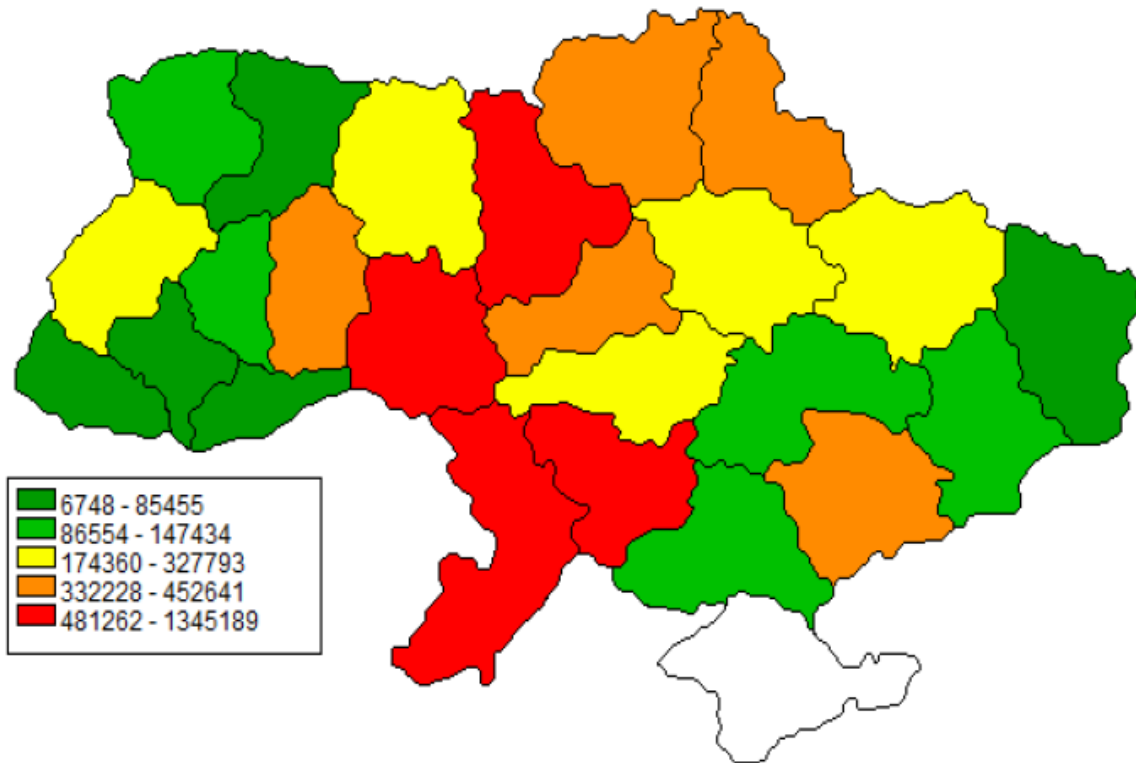


Abbildung 15: Exporte pflanzlicher Produkte aus Regionen der Ukraine im Jahr 2019 (in Tausend Dollar) (KHOLOSHYN et al., 2021)

Noch im Jahr 2021 wurden in der Ukraine insgesamt 6.481.000 ha Sonnenblumensaat, 1.113.000 ha Raps und 1.364.000 ha Sojabohnen geerntet (YASHNEVSKA, 2021). Der Sonnenblumenanbau versorgt über 50 % der gesamten Welt mit Sonnenblumensaat (vgl. Abb. 16) (FAO, 2022b).

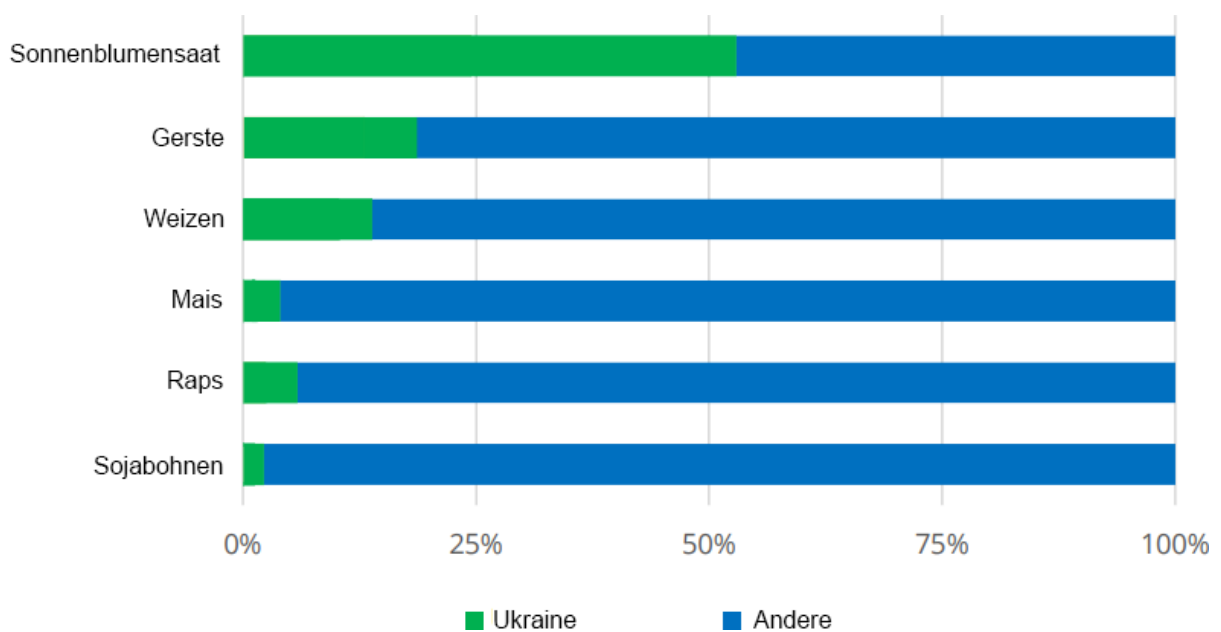


Abbildung 16: Anteil ausgewählter, in der Ukraine angebaute Fruchtarten an der globalen Produktion (FAO, 2022b)

Den größten Anteil an Agrarexporten machten im Jahr 2021 Getreide und Getreideprodukte aus, gefolgt von tierischen und pflanzlichen Ölen sowie Ölsaaten und ölhaltigen Früchten. Hier erfolgte der Export von 80.000 Tonnen Sonnenblumensaat, 5.135.000 Tonnen Sonnenblumenöl, 2.660.000 Tonnen Raps, 164.000 Tonnen Rapsöl und 1.096.000 Tonnen Sojabohnen (FAO, 2022b). Zu den größten Importeuren landwirtschaftlicher Produkte aus der Ukraine zählen China, Ägypten, Indien und die Türkei (KHOLOSHYN et al., 2021). Zu den größten Abnehmern von Sonnenblumenöl gehören Indien, die EU, China und der Irak (NIGH, 2022). Insgesamt betrachtet war die Ukraine im Jahr 2021 weltweit einer der drei größten Exporteure für Weizen, Gerste, Mais, Raps und Rapsöl sowie Sonnenblumensaat und Sonnenblumenöl (FAO, 2022b).

Der russische Angriff auf die Ukraine bringt global enorme Risiken mit sich. Ernten sind voraussichtlich auf mindestens 20 – 30 % der landwirtschaftlichen Fläche nicht mehr möglich, tausende Quadratkilometer Land sind vermint, Häfen und Ölraffinerien sind geschlossen, die kritische Infrastruktur ist stark beschädigt. Mit Agrarexporten wie in den Vorjahren kann nicht gerechnet werden. Dies kann nicht nur zu einer globalen Wirtschaftskrise durch steigende Preise am Weltmarkt führen, sondern vor allem zu einer humanitären Katastrophe in weniger entwickelten Ländern, die abhängig vom Import landwirtschaftlicher Produkte aus der Ukraine sind. Es wird damit gerechnet, dass durch den anhaltenden Krieg in der Ukraine die Ernährungssicherheit von 181.000.000 Menschen in 41 Ländern, vor allem in Asien und Afrika, nicht mehr gewährleistet sein wird. Sollte der Krieg über mehrere Jahre andauern, wird sich ein weiterer Druck auf die Lebensmittelpreise entwickeln, der zu einer weiteren Verarmung und Hungersnöte in Entwicklungsländern führen kann (FAO, 2022b).

4 Bewertung von Ökologie und Nachhaltigkeit in der Ölpflanzenproduktion

Oft steht der intensive Anbau von Ölpflanzen und der Import von Ölsaaten und Pflanzenölen aus Übersee – vor allem von Soja und Palmöl – aufgrund ökologischer Bedenken der Kritik. Um die ökologischen Aspekte des globalen Ölpflanzenanbaus bewerten zu können, ist es wichtig, die Begriffe „Nachhaltigkeit“ und „Ökologie“ zu verstehen. Nach HAECKEL (1866) ist Ökologie „die Wissenschaft von den Existenzbedingungen der Organismen in ihrer unbelebten und belebten Umwelt“. In Anlehnung daran definiert sich die Agrarökologie als Wissenschaft von den Existenzbedingungen von Organismen in der Umwelt, die der Mensch für die Produktion bestimmter Kulturpflanzen gestaltet (MARTIN und SAUERBORN, 2006) und befasst sich im Allgemeinen mit der naturschutzfachlichen Bewertung der landwirtschaftlichen Bodennutzung und der Erarbeitung von ökologisch nachhaltigen Nutzungskonzepten (ERHARDSBERGER, 2020).

Gemeinhin kann gesagt werden, dass landwirtschaftliche Praktiken, die langfristig Nährstoffe aus den Böden entziehen, diese erodieren, den Lebensraum von Insekten und Insektenfressern z. B. durch intensiven Einsatz von Pflanzenschutzmitteln gefährden und zur Abholzung von Wäldern beitragen als nicht nachhaltig einzustufen sind. Landwirt*innen können zum Gleichgewicht von Ökosystemen beitragen, indem sie nur für den jeweiligen Standort geeignete Fruchtarten für den Anbau wählen, viele Fruchtfolgeglieder nutzen und auf den übermäßigen Einsatz von Düngern und chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln verzichten (ALTIERI und FARRELL, 2018). Durch diese Maßnahmen wird die Biodiversität gefördert und damit der Lebensraum von Insekten, anderen Kleinstlebewesen und Mikroorganismen geschützt, die die Blüten der angebauten Kultur, aber auch aller anderer Pflanzen bestäuben. Zusätzlich können sie zur Verbesserung der Bodenqualität beitragen und sind natürliche Feinde von Schädlingen (PIMENTEL et al., 1997).

Die Fruchtbarkeit von ackerbaulich genutzten Böden nimmt mit der Nutzungsdauer ab, da mit jeder Ernte Nährstoffe entzogen werden (MARTIN und SAUERBORN, 2006). Die Ressource Boden ist nicht vermehrbar. Neben der Sicherung der Biodiversität muss daher dafür gesorgt werden, dass die Böden landwirtschaftlich nutzbarer Flächen geschützt werden. Das Ziel des Bodenschutzes ist es, fruchtbares Ackerland zu erhalten, indem keine Übernutzung durch monotone Fruchtfolgen, Monokulturen oder einem übermäßigen Einsatz von Düngern erfolgt (MYERS, 1989). Vor allem tropische Böden, die von Natur aus sauer sind, neigen bei einer Überdüngung zur Versauerung. Dadurch nimmt die Produktivität dieser Flächen stetig ab. Die Grundlage jeder Produktion sollte die „gute landwirtschaftlichen Praxis“ (good agricultural practices, GAP) mit passenden Fruchtfolgen, angepassten Anbautechniken, angepasstem Saatgut und einer ausgewogenen Düngung sein. Das Ziel hierbei ist es, gesunde und

widerstandsfähige Pflanzenbestände zu etablieren, die möglichst wenig chemischen Pflanzenschutz benötigen (GIZ, 2022). In verschiedenen wissenschaftlichen Studien wurde nachgewiesen, dass der übermäßige Einsatz von Herbiziden, Fungiziden und Insektiziden in den betroffenen Bereichen zu einem Artenrückgang führt (UMWELTBUNDESAMT, 2022). In Gebieten mit vielen Niederschlägen können für den Menschen gefährliche Pflanzenschutzmittel in Flüsse, Bäche und das Grundwasser gelangen (DOWN TO EARTH, 2005). Weiterhin müssen Anbauflächen vor Erosion durch Wind und Wasser bewahrt werden. Denn Böden, die langfristig erodieren und durch eine Übernutzung ertragsarm werden, werden ersetzt (MYERS, 1989). Diese Substitution erfolgt häufig durch die Rodung von Wald- oder Buschland und durch das Umpflügen von Weideflächen für neue Ackerflächen oder durch das Trockenlegen von Sumpfgebieten für Plantagen. Hierdurch kommt es zu einer Landnutzungsänderung, die in vielen Fällen zu Treibhausgasemissionen und zum Verlust von Biodiversität führt. In der Vegetation und im Boden gespeicherter Kohlenstoff wird freigesetzt und gelangt als CO₂ in die Atmosphäre (LUDWICZEK, 2017). Um die Unabhängigkeit von Importen aus Ländern zu fördern, die den weltweit steigenden Bedarf an Ölsaaten durch Landnutzungsänderungen – unter anderem durch die Rodung von Regenwäldern – decken, sollte auf heimische Ölsaaten und deren Koppelprodukte zurückgegriffen werden. Durch die Nutzung dieser Nebenprodukte aus der Pflanzenölherstellung, wie z. B. Sojaextraktionsschrot und Rapsextraktionsschrot kann die Abhängigkeit von Eiweißfuttermitteln aus Übersee reduziert werden. Dadurch kann zum Erhalt wertvoller Ökosysteme beigetragen werden (BDB et al., 2021). Weiterhin können Koppelprodukte aus der Pflanzenölherstellung als Düngemittel, in Feuerungsanlagen (Heizungen) und in der Biogasproduktion verwertet werden (KALTSCHMITT und HARTMANN, 2001).

Nach PIMENTEL (1999) ist eine weitere Ressource, die zur Bewertung der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft herangezogen wird, Wasser. Die globale Landwirtschaft verbraucht rund 70 % des gesamten Süßwassers, das jährlich durch Niederschläge fällt (FAURÈS et al., 2002). Obwohl Wasser grundsätzlich als erneuerbare Ressource angesehen werden kann, da die Verfügbarkeit von Niederschlägen abhängig ist, ist das Vorhandensein immer abhängig von Standort und bestimmten Zeitfenstern (PIMENTEL et al., 2004). Die durchschnittliche Niederschlagsmenge liegt in den meisten Kontinenten bei 700 mm / Jahr (entspricht 7 Mio. Liter / ha und Jahr), variiert aber innerhalb der Regionen (ŠIKLOMANOV, 2004). Obwohl Afrika mit Niederschlägen von 640 mm / Jahr eine gute Wasserverfügbarkeit hätte, ist der Kontinent aufgrund hoher Temperaturen und Winde und einer damit schnell einsetzenden Verdunstung relativ trocken (VÖRÖSMARTY et al., 2000). Geringe Niederschläge (unter 500 mm / Jahr) können in betroffenen Regionen zu gravierendem Wassermangel und damit einhergehend zu schlechten Erträgen, aber auch zu Konflikten innerhalb der Bevölkerung führen (Nutzung von Wasser vs. Konsum von Wasser). Länder und Regionen, die von akutem Wassermangel

betroffen sind, müssen auf eine künstliche Bewässerung zurückgreifen. Rund 17 % der weltweiten Ackerflächen werden bewässert, tendenziell vergrößert sich der Anteil stetig. Bewässerungssysteme verbrauchen wiederum fossile Energie durch Wasserpumpen, die Wasser aus den Grundwasservorräten ziehen, welches nicht für den Verbrauch durch Menschen zur Verfügung steht (FAURÈS et al., 2002). Die Nutzung der Ressource Wasser sollte möglichst effizient erfolgen. Nach MILLER et al. (2001) sollten bei der Nutzung von Wasser für die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion daher (1) die Bodenfeuchtigkeit regelmäßig überwacht werden, (2) der Wasserverbrauch den exakten Bedürfnissen der jeweiligen Kultur entsprechen, (3) eine Mulchschicht aufgebracht werden, um Wasserverluste zu verhindern, (4) eine angepasste Fruchtfolgegestaltung erfolgen, die den Oberflächenwasserabfluss reduziert, (5) eine ganzjährige Bedeckung der Ackerflächen mit Biomasse gewährleistet sein, (5) Bäume und Hecken erhalten und (6) moderne, effiziente Bewässerungssysteme genutzt werden.

Zusammenfassend spricht man in der Landwirtschaft also von einem nachhaltigen Produktionssystem, wenn die Biodiversität auf den Flächen erhalten und gefördert wird. Darüber hinaus sollte durch einen Verzicht auf den übermäßigen Einsatz von synthetischen Dünge- und Pflanzenschutzmitteln und weite Fruchtfolgen zum Erhalt und zur Verbesserung der Bodenproduktivität beigetragen werden. Auch Wasser sollte – vor allem in Anbetracht des fortschreitenden Klimawandels – möglichst effizient genutzt werden.

Anhand der vorangegangenen Punkte lassen sich folgende Leitfragen erschließen, mit welchen die Nachhaltigkeit des Anbaus von Ölsaaten bewertet und verglichen werden kann:

1. Wie hoch ist die Pflanzenschutzintensität?
2. Wie hoch ist die Düngeintensität?
3. Erfolgt der Anbau in einer Fruchtfolge oder in einer Monokultur?
4. Können Koppelprodukte genutzt werden?
5. Wie hoch ist der Wasserverbrauch je Tonne Öl?
6. Wie hoch ist der Flächenverbrauch je Tonne Öl?

5 Anbauregionen, Produktion und Ernte von Ölpflanzen

Nachfolgend werden die weltweit wichtigsten Ölpflanzen vorgestellt und anhand unterschiedlicher Kriterien miteinander verglichen. Es wird ein Überblick über den weltweiten Anbauumfang und die wirtschaftliche Bedeutung, Klima- und Bodenansprüche der Ölpflanzen sowie das jeweilige Anbauverfahren gegeben. Anschließend werden die qualitativen Eigenschaften und Nutzungsmöglichkeiten der Pflanzenöle als auch die ökologischen Aspekte der verschiedenen Kulturen näher betrachtet.

5.1 Anbauumfang und wirtschaftliche Bedeutung

5.1.1 Sojabohne

Wie in Punkt 3.2 beschrieben, sind die wichtigsten Erzeugerländer von Sojabohnen die USA, Brasilien, Argentinien sowie China und Indien (vgl. Abb. 17). Im globalen Vergleich handelt es sich bei Soja um die meistangebaute Ölpflanze (STATISTA, 2022). Seit dem Jahr 2000 hat sich die weltweite Produktion mehr als verdoppelt (RITCHIE und ROSER, 2021b). Der Grund hierfür liegt in den einzigartigen chemischen Eigenschaften der Sojabohne. Unter allen Leguminosen und Getreiden besitzt sie den höchsten Proteingehalt und den zweithöchsten Ölgehalt (KOLE, 2012). Jedoch wird nur ein geringer Anteil der weltweiten Ernte für den direkten menschlichen Verzehr oder durch die Industrie genutzt. Der Großteil (ca. 77 %) wird als Futtermittel (Sojaschrot) in der Nutztierhaltung verwertet (RITCHIE und ROSER, 2021b).

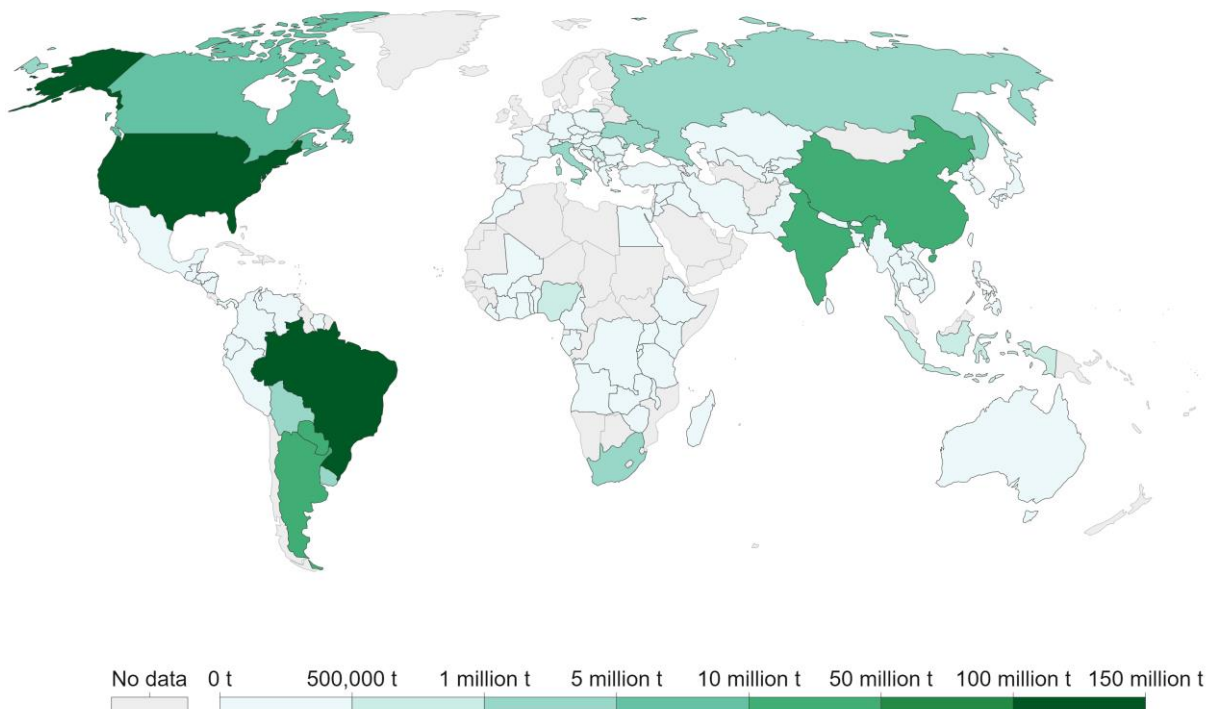


Abbildung 17: Sojabohnenproduktion weltweit (RITCHIE und ROSER, 2021b)

Die größten Konsumenten von Sojabohnen sind China, die USA, Argentinien, Brasilien und die EU. Hier werden rund 80 % der gesamten, weltweit erzeugten Sojabohnen verbraucht. Allen voran steht der größte Sojaimporteur China mit einem Verbrauch von 30 % der globalen Produktion. Der größte Anteil geht auch hier in die Nutztierhaltung und dient vor allem der Fütterung von Schweinen, Geflügel und Fischen in Aquakulturen. Doch auch in Entwicklungsländern ist ein gesteigerter Verbrauch an Sojaprodukten zu verzeichnen. Hier entwickelt sich in der Mittelklasse ein steigender Wohlstand, der sich im Konsumverhalten der Bevölkerung bemerkbar macht. Dadurch wird insgesamt mehr Fleisch konsumiert, wodurch dort wiederum mehr Bedarf an Sojabohnen für die Nutztierfütterung entsteht. Insgesamt ist weiterhin ein global steigender Verbrauch von Sojabohnen zu beobachten (MARIA et al., 2020). Öl aus Sojabohnen macht weltweit rund 29 % der gesamten Ölproduktion aus Pflanzen aus (STATISTA, 2022). Anhand von Daten des Food Climate Research Network (FCRN) visualisierten RITCHIE und ROSER (2021b) den globalen Sojaverbrauch von 2017 – 2019 nach Nutzungsrichtung (vgl. Abb. 18).

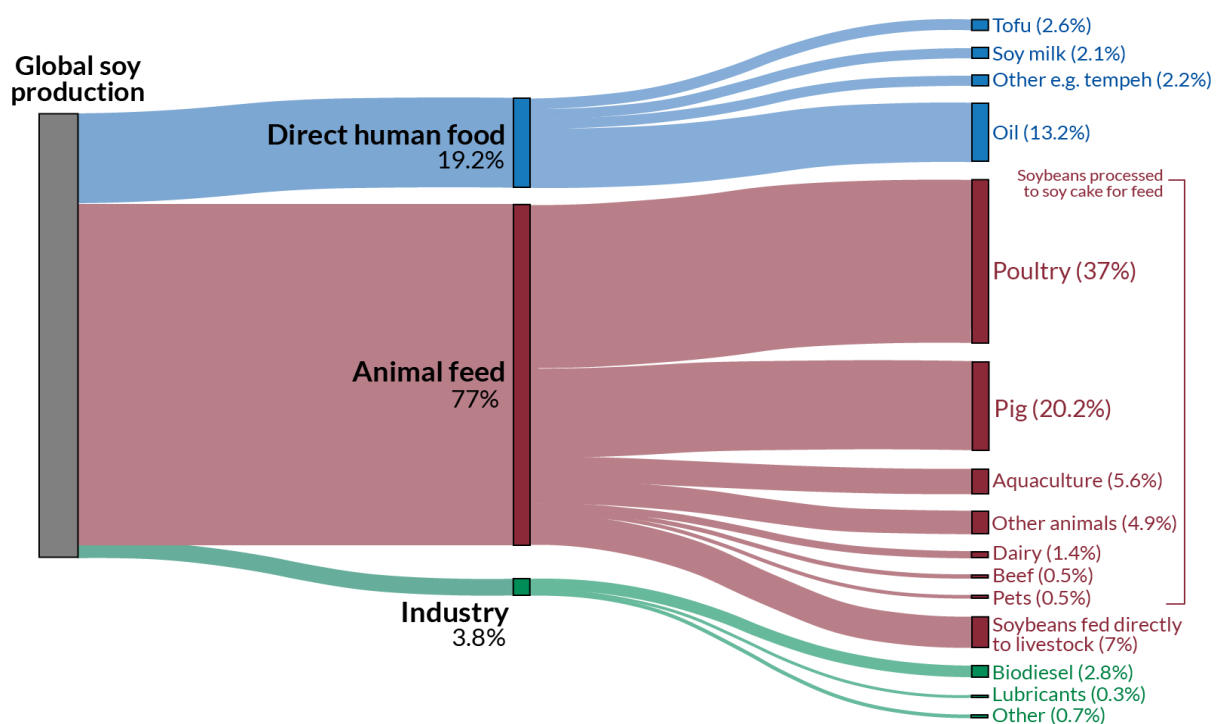


Abbildung 18: Nutzung von Sojabohnen weltweit, 2017 – 2019 (RITCHIE und ROSER, 2021b)

Im weltweit größten Erzeugerland, den USA, wurden im Jahr 2018 127,3 Mio. Tonnen Sojabohnen produziert – hieraus entstanden 102 Mio. Tonnen (80 %) Sojaschrot, wovon 97 % in der Tierproduktion und 3 % für den menschlichen Verzehr verwendet wurden. 25,5 Mio. Tonnen Sojaöl (20 %) wurden zu 68 % für Lebensmittel verwertet, 25 % für Biodiesel und 7 % für industrielle Zwecke. Als zweitgrößter Erzeuger exportiert Brasilien rund 60 % seiner Inlandsproduktion (in 2017: 68,1 Mio. Tonnen von insgesamt 114,7 Mio. Tonnen) ins Ausland (MARIA et al., 2020).

5.1.2 Ölpalme

Die nachfolgende Abbildung zeigt die wichtigsten Anbauregionen von Ölpalmen. 84 % der globalen Palmölproduktion findet in Indonesien und Malaysia statt. Weitere Produzenten sind unter anderem Thailand, Kolumbien, Nigeria, Guatemala und Ecuador. In den genannten Regionen herrschen optimale Bedingungen für den Anbau (RITCHIE und ROSER, 2021a).

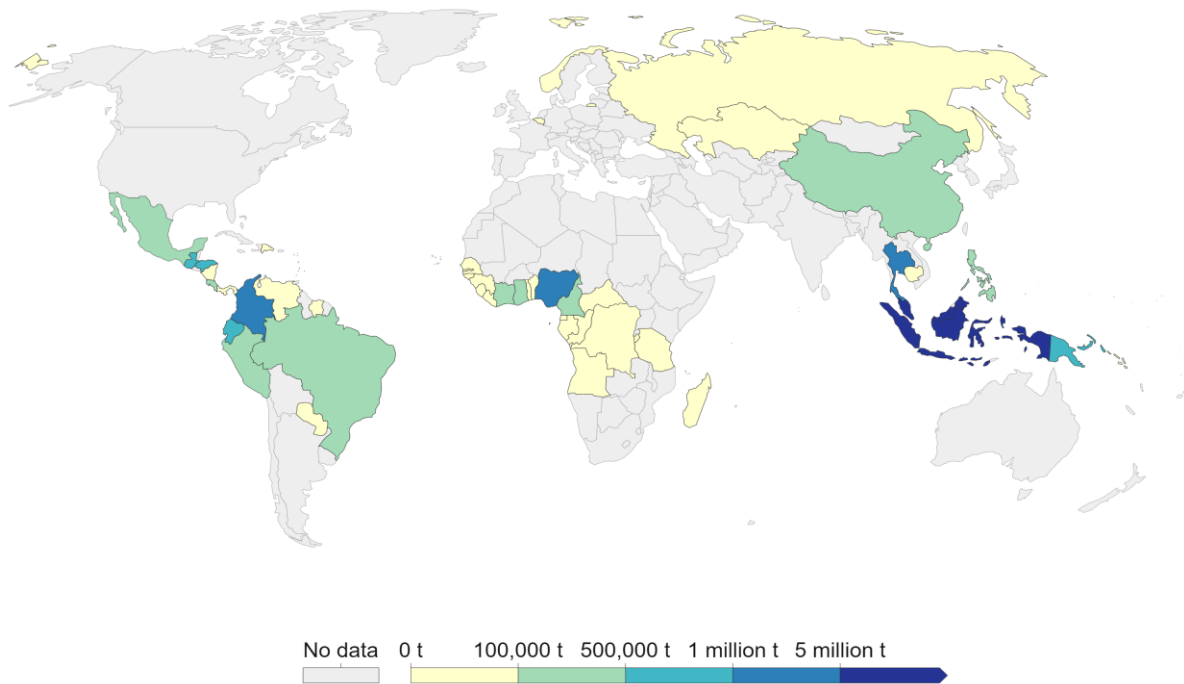


Abbildung 19: Ölpalmenproduktion weltweit (RITCHIE und ROSER, 2020)

Der Anbau von Ölpalmen hat in den letzten Jahrzehnten massiv zugenommen. Wurden 1970 weltweit insgesamt 2 Mio. Tonnen Palmöl produziert, stieg diese Zahl bis 2021 auf insgesamt 76 Mio. Tonnen an. Der globale Bedarf an Pflanzenölen wird vor allem durch Palmöl gedeckt: Palmöl ist das am häufigsten verbrauchte Pflanzenöl. Indonesien ist mit Abstand das führende Erzeugerland. Hier wurden im Wirtschaftsjahr 2020/21 insgesamt 44 Mio. Tonnen Palmöl erzeugt. Der Inselstaat hält 57 % des Marktanteils auf dem weltweiten Exportmarkt, Malaysia rund 33 % (AHRENS, 2022c).

68 % des weltweit erzeugten Palmöls wird in der Lebensmittelproduktion verwendet (RITCHIE und ROSER, 2021a). Das pflanzliche Öl ist aufgrund seiner technischen und ökonomischen Vorteile in fast 50 % aller verpackten Lebensmittel in Supermärkten weltweit zu finden, da die Nachfrage nach Convenience-Lebensmitteln, verpackten Mahlzeiten, Backwaren und Süßigkeiten, in denen Palmöl vorrangig verarbeitet wird, weiter steigt (ZAK, 2022). 27 % des global verfügbaren Palmöls wird in der chemischen Industrie, z. B. zur Herstellung von Seifen, Waschmitteln und Kosmetika genutzt, 5 % werden zu Biokraftstoff verarbeitet (RITCHIE und ROSER, 2021a). Die größten Importeure von Palmöl sind China, gefolgt von Indien und der

EU (RITCHIE und ROSER, 2021a). Bei den weltweit größten Konsumenten handelt es sich um Indonesien, Indien, China und die EU (AHRENS, 2022c). In der EU wird der größte Anteil des importierten Palmöls mittlerweile als Biodiesel verbraucht (vgl. Abb. 20) (TRANSPORT & ENVIRONMENT, 2022).



Abbildung 20: Palmölkonsument durch die EU nach Verbrauchsart (TRANSPORT & ENVIRONMENT, 2022)

Seit Jahren stellt Palmöl das weltweit günstigste Pflanzenöl dar (SCHÄFER und HEITMANN, 2021). Für die Produktion von Biodiesel wird am Weltmarkt hauptsächlich Palmöl verwendet. Im Jahr 2019 wurden international rund 46 Mio. Tonnen Biodiesel produziert. Für 39 % dieser Gesamtmenge war Palmöl die Grundlage in der Herstellung (UFOP, 2021). Durch den global steigenden Bedarf und Verbrauch an Palmöl lässt sich erkennen, dass der Anbau der Ölpalme sowohl im südostasiatischen Raum als auch weltweit eine enorme wirtschaftliche Bedeutung hat. Die Nachfrage nach Palmöl zum Einsatz in der Lebensmittelbranche, in der industriellen Verarbeitung und als Biokraftstoff ist weiterhin ungebrochen.

5.1.3 Raps

Die größten Erzeugerländer von Raps sind die EU, Kanada, China, Indien und Australien (vgl. Abb. 21). Seit 2005 hat sich die globale Anbaufläche von 27 Mio. Hektar auf insgesamt 37 Mio. Hektar erhöht (AHRENS, 2022d).

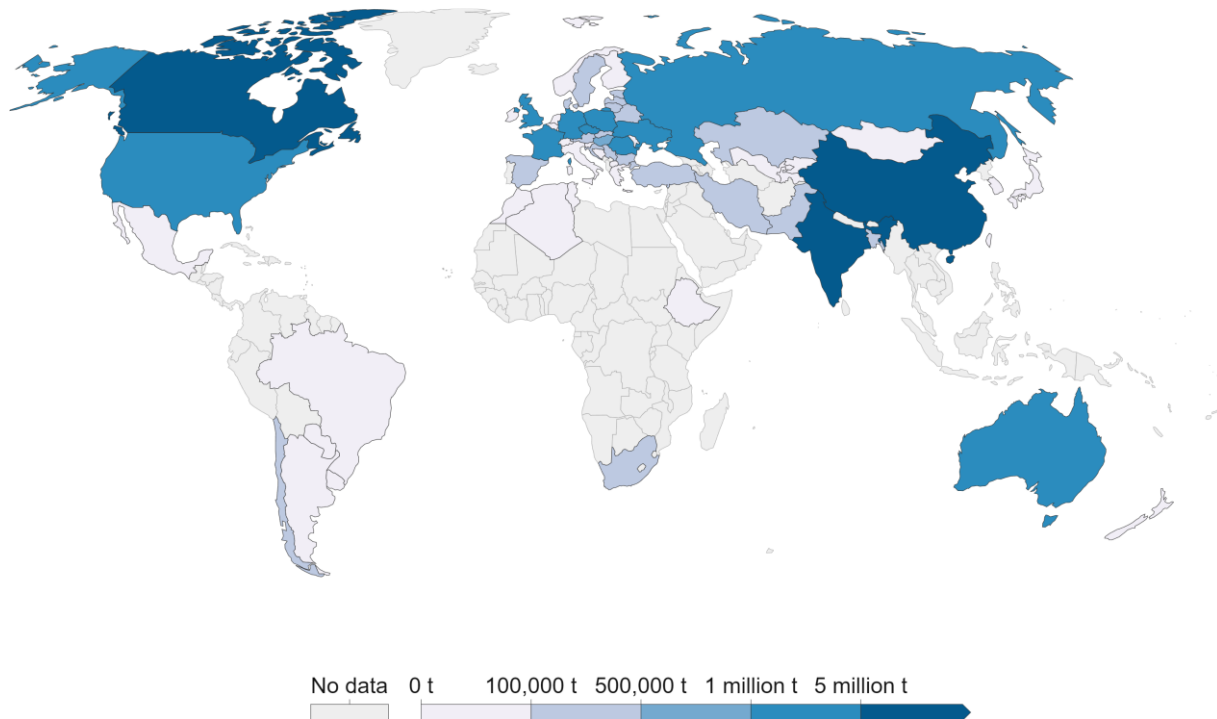


Abbildung 21: Rapsproduktion weltweit (RITCHIE und ROSER, 2020)

Dementsprechend ist auch eine global steigende Erntemenge zu verzeichnen. Eine Stagnation ist seit 2013 zu beobachten (vgl. Abb. 22) (STATISTA, 2022).

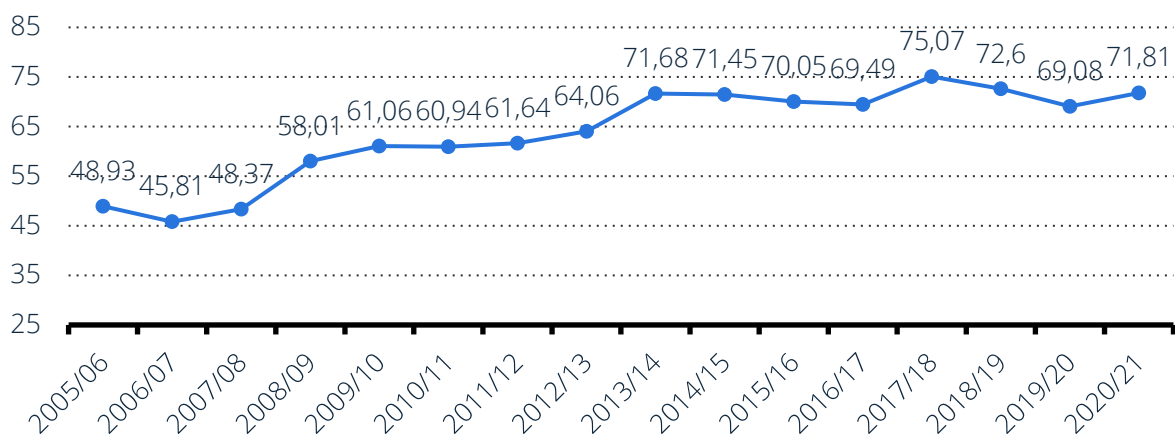


Abbildung 22: Erntemenge von Raps weltweit bis 2021/22 (in Mio. Tonnen) (STATISTA, 2022)

Nach Kanada (19 Mio. Tonnen in 2020/2021) ist die EU der zweitgrößte Rapsproduzent (16,25 Mio. Tonnen in 2020/2021), gefolgt von China (14 Mio. Tonnen in 2020/2021) und Indien (8,5 Mio. Tonnen in 2020/2021) (STATISTA, 2022).

Vergleicht man die weltweit vier wichtigsten Pflanzenöle (Palmöl, Sojaöl, Rapsöl und Sonnenblumenöl), liegt Rapsöl insgesamt betrachtet an dritter Stelle (vgl. Abb. 23). Zwar haben sich auch hier die Produktionsmengen erhöht. Im Vergleich zum Anbau von Sojabohnen und Ölpalmen zeigt sich allerdings nur ein geringer Anstieg der Gesamtproduktion.

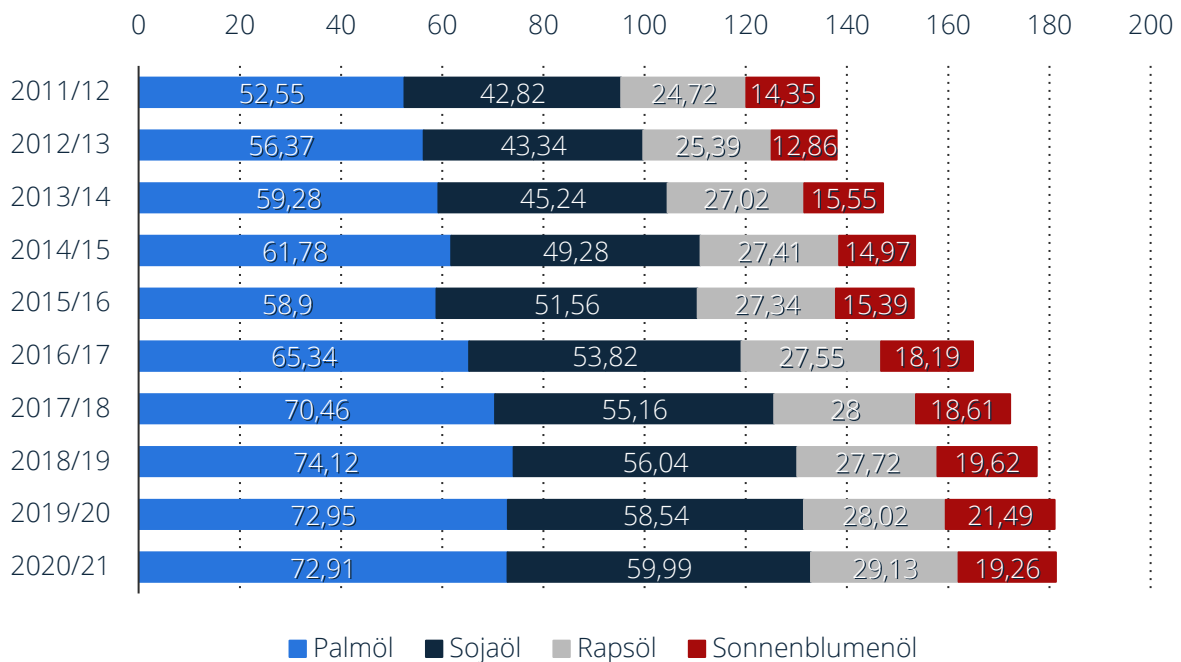


Abbildung 23: Produktion pflanzlicher Öle weltweit nach Art bis 2021/22 (in Mio. Tonnen) (STATISTA, 2022)

Im Jahr 2019 teilte sich die globale Rapsölproduktion wie folgt auf:

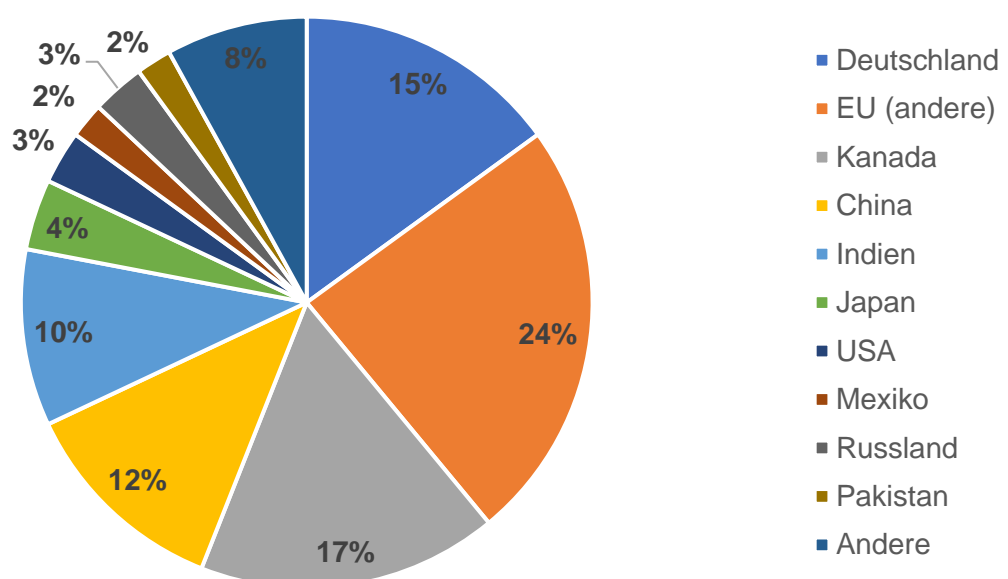


Abbildung 24: Prozentuale Verteilung der Rapsölherstellung weltweit, 2019 (SCHÄFER und HEITMANN, 2021)

Das Koppelprodukt aus der Rapsölherstellung ist Rapsextraktionsschrot, das hauptsächlich als Proteinfuttermittel in der Nutztierfütterung eingesetzt wird (MATTHÄUS, 2009). Natürlicherweise ist auch hier eine steigende Produktion sowie ein global steigender Konsum (jeweils 26 Mio. Tonnen in 2005, 39 Mio. Tonnen in 2021) zu beobachten. Zu den größten Importeuren von Raps zählen Deutschland, China, die Niederlande, Japan und Belgien. Die größten Exporteure sind Kanada, die Ukraine, Australien und Frankreich. Der Konsum von Rapsschrot erfolgt vor allem in der EU, China und Indien (STATISTA, 2022).

Rapsöl wird sowohl im Lebensmittelbereich als auch für technische Zwecke verwendet. In Europa ist Rapsöl mit einem Anteil von 50 – 70 % das primär verwendete Pflanzenöl zur Biodieselherstellung. Rapssorten mit einem hohen Anteil an Erucasäuren werden vorrangig für die industrielle Nutzung verwendet (RABOANATAHIRY et al., 2021).

5.1.4 Sonnenblume

Wie aus Punkt 3 dieser Arbeit hervorgeht, handelt es sich bei Sonnenblumen ebenfalls um eine der weltweit wichtigsten Ölsaaten. Die größten Erzeugerländer von Sonnenblumensaat und Sonnenblumenöl sind die Ukraine (14,1 Mio. Tonnen in 2020/21), Russland (13,27 Mio. Tonnen in 2020/21), die EU (8,85 Mio. Tonnen in 2020/21) und Argentinien (3,4 Mio. Tonnen in 2020/21). In diesen Ländern wird auch der Großteil konsumiert (STATISTA, 2022). Innerhalb der EU sind die größten Erzeuger Rumänien, Bulgarien, Frankreich, Ungarn und Spanien (FRY, 2022).

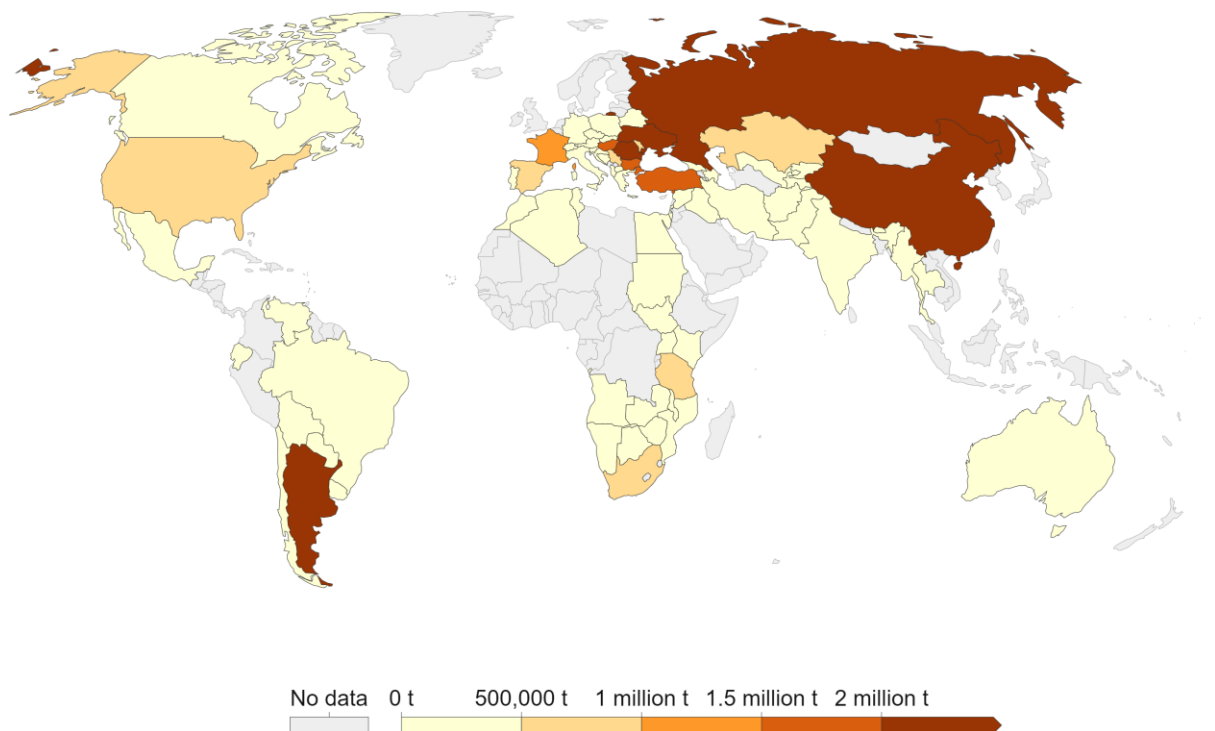


Abbildung 25: Sonnenblumensaatproduktion weltweit (RITCHIE und ROSER, 2020)

Die weltweite Anbaufläche von Sonnenblumen hat sich im Vergleich zu anderen Ölsaaten nur wenig verändert. Wurden 2003 global insgesamt ca. 23 Mio. Hektar Sonnenblumen angebaut, erfolgt heute der Anbau von ca. 28 Mio. Hektar (STATISTA, 2022). Sonnenblumensaat wird hauptsächlich in den Erzeugerländern verarbeitet. Daher werden am Weltmarkt primär Sonnenblumenöl (55 %) und das Koppelprodukt Sonnenblumenschrot (38 %) gehandelt. Die reine Sonnenblumensaat macht nur 5 % der aller Exporte aus (PILORGÉ, 2020). Die größten Exporteure von Sonnenblumenöl sind die Ukraine, Russland, Argentinien und die EU (STATISTA, 2022).

5.2 Klima-, Standort- und Bodenansprüche, Anbauverfahren

5.2.1 Sojabohne

Durch einen hohen Wärme- und Wasserbedarf gedeiht Soja am besten in warmen Regionen, in Deutschland vor allem in Körnermais-Anbaulagen. Daher sind für den Anbau leicht erwärmte Böden mit einer hohen Wasserkapazität ideal (IMGRABEN, 2021). Das beste Klima bieten die immerfeuchten Subtropen, die optimale Temperatur liegt bei 24 – 25 °C (REHM und ESPIG, 1984). In der Blüte und während der Körnerbildung ist der Wasserbedarf der Sojapflanzen am größten, damit sind Sommerniederschläge oder alternativ bei Wassermangel eine Beregnungsmöglichkeit erforderlich (IMGRABEN, 2021). Insgesamt sind für gute Erträge 500 – 750 mm Niederschlag notwendig (REHM und ESPIG, 1984). Sojasorten werden international in 13 Reifegruppen eingeteilt, von „0000“ bis „0“ und „I“ bis „X“ für die Tropen. In Deutschland werden vor allem die Reifegruppen „00“ (früh) und „000“ (sehr früh) angebaut. In Nordamerika erfolgt die Einteilung durch „Crop Heat Units“ (CHU). Hierbei handelt es sich um langjährig für jede Region ermittelte Wärmesummen während der Vegetationszeit (BEESTEN, 2022). Die Aussaat erfolgt in gemäßigten Klimazonen erst bei Bodentemperaturen über 10 °C. Ein zu früher Saatzeitpunkt führt an solchen Standorten bei kühler Witterung zu starken Auflaufschäden und einer Verunkrautung des Bestandes. Grundsätzlich werden beim Anbau Reihenabstände von 30 – 45 cm empfohlen (IMGRABEN, 2021). Beim Erstanbau sollte in europäischen Regionen eine Saatgutimpfung mit dem Rhizobienstamm *Bradyrhizobium japonicum* erfolgen, da diese Bakterienpopulation in europäischen Böden nicht natürlich vorkommt. Die Knöllchenbakterien gehen mit Soja eine Symbiose ein. Aus den Wurzelknöllchen wird atmosphärischer Stickstoff fixiert und an die Sojapflanzen abgegeben (IMGRABEN, 2021). Durch die aktive Stickstoffbindung ist keine zusätzliche Stickstoffdüngung nötig. Voraussetzung hierfür ist, dass die Vorfrucht gut gedüngt war (REHM und ESPIG, 1984). Die Unkrautbekämpfung kann mechanisch durch den Einsatz von Striegel und Hackgeräten erfolgen. Im Öko-Sojaanbau sollten nur Flächen mit geringem Unkrautdruck gewählt werden. Im konventionellen Anbau ist der Einsatz von Voraufbauherbiziden und Nachaufbauherbiziden notwendig (IMGRABEN, 2021). In Nord-

und Südamerika werden vor allem herbizidresistente Sojasorten angebaut, die eine Resistenz gegen das Totalherbizid Glyphosat aufweisen. Hier erfolgt der Einsatz unabhängig vom Wachstumsstand der Sojapflanzen (DUKE, 2018). In der EU ist der Einsatz gentechnisch veränderter Organismen (GVO) stark eingeschränkt. Der Anbau gentechnisch veränderter Sorten ist in Deutschland, Österreich, Ungarn, Griechenland, Frankreich, Luxemburg, Bulgarien, Polen und Italien seit 2009 gänzlich verboten (REIBER, 2021). Die Ernte der Sojabohnen erfolgt mit dem Mähdrescher, der Erntezeitpunkt liegt in der Gelbfärbung und im Blattfall der Pflanzen. Die Bohnen liegen dann frei in den Hülsen (IMGRABEN, 2021). Innerhalb der letzten 60 Jahre haben sich die Erträge von Sojabohnen aufgrund einer voranschreitenden Mechanisierung und einer Verbesserung der Genetik von Sojapflanzen durch gezielte Züchtung weltweit stark verbessert (vgl. Abb. 26). Im globalen Durchschnitt werden dadurch Erntemengen von über 2,6 Tonnen / ha erreicht (RINCKER et al., 2014). In Deutschland wurden von 2019 – 2021 Erträge von 2,68 – 3,03 Tonnen / ha erzielt. An der Spitze steht in Europa die Türkei mit Erntemengen von bis zu 4,43 Tonnen / ha (AHRENS, 2022b). Durchschnittlich werden je Hektar Sojabohnen 500 kg Öl erzeugt (AHRENS, 2022e). Für ein Kilogramm Sojaöl werden 415 Liter Wasser und 10,52 m² Fläche benötigt (OBAIDEEN, 2020). Aus 27,22 kg Sojabohnen können rund 5 kg Öl und 21,9 kg proteinreiches Sojaschrot hergestellt werden (DEI, 2011).

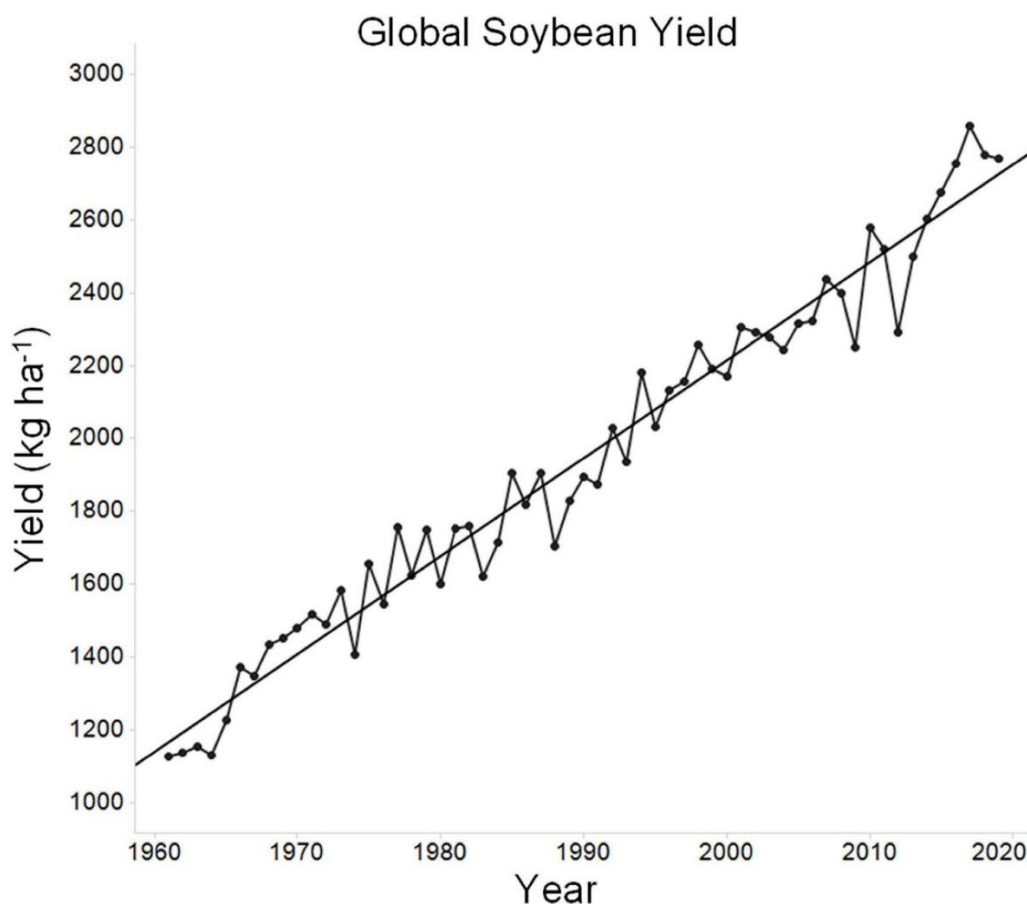


Abbildung 26: weltweite, durchschnittliche Erntemengen von Sojabohnen (FAO, 2021a)

5.2.2 Ölpalme

Die Ölpalme ist eine tropische Pflanze, die am besten bei Temperaturen von 24 bis 28 °C und 5 – 6 täglichen Sonnenstunden gedeiht. Temperaturen von unter 15 °C führen zu einer Stagnation des Wachstums. Der Wasserbedarf liegt bei 1.500 mm – 3.000 mm / Jahr, die in den Hauptanbauregionen leicht erreicht werden. Maximal darf es vier trockene Monate geben. Der Boden sollte tiefgründig, humus- und nährstoffreich sein. Vor der Aussaat werden die Samen von Exo- und Mesokarp befreit, um die Keimrate zu erhöhen. Das Keimstadium dauert etwa zwei Monate an, bevor die Palmpflänzchen ins Feld gepflanzt werden. Im Keimpflanzenstadium ist die erste Primärwurzel erschienen und das sechste Blatt ausgebildet (MATTHÄUS, 2009). Nach 10 bis 12 Monaten werden die Pflanzen in die Plantage ausgepflanzt. Hierbei beträgt der Abstand zwischen den Palmen 8 – 9 Meter. Dies entspricht 130 – 150 Palmen je Hektar. Ein Kreis um jede Palme sowie die Verbindungswege werden in größeren Plantagen durch den Einsatz von Totalherbiziden frei von Vegetation gehalten, um die die Ernte zu vereinfachen (REHM und ESPIG, 1984). Der Anbau der Ölpalme erfolgt häufig in einer Monokultur, ist aber auch gut für Mischkulturen geeignet. In vielen Gebieten werden daher Nahrungspflanzen wie Mais, Yams, Bananen, Maniok oder Cocoyam zwischen den Palmreihen angebaut. Oft erfolgt zur Gründüngung und zum Erosionsschutz auch der Anbau von mehrjährigen Leguminosen zwischen den Reihen (MATTHÄUS, 2009). Auch der Anbau von Zwischenfrüchten (z. B. Erdnuss, Hirse, u. a.) ist in den ersten Jahren möglich. Der Nährstoffentzug der Ölpalme ist als hoch einzustufen. Eine Tonne Fruchtbündel enthält etwa 6 kg N, 1 kg P und 8 kg K (REHM und ESPIG, 1984). Nach YARA MALAYSIA (2018) hat die Ölpalme folgenden durchschnittlichen Nährstoffbedarf:

- 145 kg N / ha und Jahr
- 35 kg P / ha und Jahr
- 257 kg K / ha und Jahr

Aktuelle Daten für den Einsatz von Pestiziden sind aufgrund fehlender Überwachung und Kontrolle der Plantagen nicht verfügbar. In Indonesien werden rund 25 verschiedene Pflanzenschutzmittel zur Bekämpfung von Unkräutern, Pilzen und Schädlingen verwendet. Als Herbizide kommen oftmals das in der EU verbotene Mittel Paraquat sowie Glyphosat zum Einsatz (DOWN TO EARTH, 2005). Im dritten bis vierten Jahr nach dem Auspflanzen können die ersten Früchte geerntet werden, die Erträge steigen jährlich bis zum zwölften Erntejahr an. Die Ernte erfolgt von Hand mit einem Messer oder Beil, bei hohen Palmen von einer Ernteplattform aus. Nach 30 Jahren ist die Ölpalme zu hoch für die manuelle Ernte und muss ersetzt werden. Alle zwei bis drei Wochen kann ein Palmfruchtbündel geerntet werden, durchschnittlich 5 – 15 Bündel pro Jahr. Die Anzahl der Früchte ist abhängig vom Alter der Palme. Die Palmfrüchte werden direkt nach der Ernte mit heißem Dampf sterilisiert und

verarbeitet. Eine weitere Lagerung würde die Qualität der Früchte negativ beeinflussen (MATTHÄUS, 2009).

Im weltweiten Durchschnitt werden derzeit (Stand: 2018) Erntemengen von 14,38 Tonnen Palmfrüchten je Hektar erreicht. Das größte Erzeugerland Indonesien erntete im Jahr 2018 durchschnittlich 17,00 Tonnen je Hektar, in Malaysia wurden 18,80 Tonnen je Hektar erreicht (FAO, 2021b). Aus einem Hektar Ölpalme können 3.800 kg Palmöl erzeugt werden (AHRENS, 2022e). Unter den wichtigsten Ölpflanzen hat die Ölpalme damit die mit Abstand größte Ertragsfähigkeit (vgl. Abb. 27). Der Wasserverbrauch für ein Kilogramm Palmöl liegt bei lediglich 6 Liter. Der Flächenverbrauch lässt sich mit 2,42 m² pro Kilogramm Öl bemessen (OBAIDEEN, 2020).

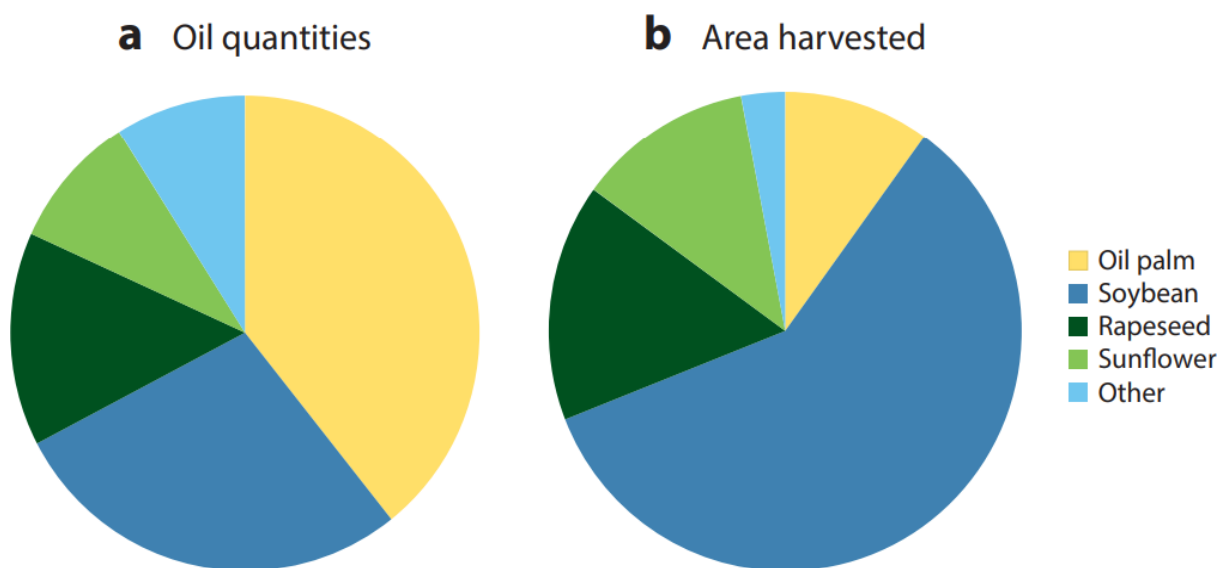


Abbildung 27: Vergleich der Ernteflächen und Ölerträge der wichtigsten Ölpflanzen weltweit (QAIM et al., 2020)

5.2.3 Raps

Raps ist eine sehr arbeitsintensive Ackerbaukultur und gedeiht vor allem in Regionen ohne harte Winter. Längere Frostphasen von unter -20° C oder eine lange geschlossene Schneedecke erhöhen das Auswinterungsrisiko. Da es sich bei Raps um einen Pfahlwurzler handelt, ist die Pflanze anfällig gegenüber Verdichtungen durch eine Pflugsohle oder dickere Schichten aus Ernteresten. In diesen Fällen wächst die Wurzel horizontal weiter. Raps wächst am besten auf tiefgründigen Böden ohne Neigung zu Staunässe. Bei Böden mit hohem Tongehalt kann es zur Verschlemmungen und damit verbunden zu einem schlechten Feldauflauf kommen. Bei Böden mit Staunässeneigung besteht die Gefahr der Auswinterung und ein erhöhtes Risiko für Kohlhernie. Am besten eignen sich lehmige Sandböden, sandige Lehmböden und Lehmböden mit guter Humus-, Nährstoff- und Kalkversorgung zum Rapsanbau. Die untere Grenze der Ackerzahl liegt bei 25 – 30. Es gilt: je geringer die Ackerzahl, desto entscheidender ist der Wasserhaushalt.

Einen höheren Einfluss als der Boden hat das vorherrschende Klima. So eignet sich Raps zum Anbau in kühl gemäßigten Regionen. Sehr gute Ergebnisse erwirtschaftet er aufgrund seines hohen Wasserbedarfes in humiden, maritim beeinflussten Regionen. Optimal sind Niederschlagsmengen von 600 – 800 mm / Jahr. Bei Werten unter 600 mm ist die Verteilung ganz entscheidend. Der höchste Wasserbedarf besteht während des Schossens und der Blüte. Zu wenig Regen in diesen Phasen führt zu einer verringerten Schotenzahl. Gebiete mit Niederschlagsmengen von 300 – 450 mm / Jahr, wie z. B. Kanada, die USA, Australien und auch Teile Deutschlands, müssen auf wassereffiziente Anbauverfahren mit wenig Bodenbearbeitung zurückgreifen. Die Temperaturansprüche sind eher gering. So liegt die minimale Keimtemperatur bei 2 °C. In der Schoss- und Blühphase wirken sich kühl gemäßigte Temperaturen am besten aus. Temperaturen über 30 °C führen zu Stress. In der Kornfüllungsphase sind höhere Temperaturen unproblematisch. Im Winter hält Raps Temperaturen bis maximal -25 °C aus. Empfindlich reagiert er jedoch auf Spätfröste beim Schossen. Dies kann zu Aufplatzen der Sprossachsen und Seitentriebe sowie zum Absterben von Blüten und Blütenanlagen führen.

Raps wird wegen seiner sehr guten Vorfruchtwirkung vor allem vor Getreide angebaut. Diese kommt im Wesentlichen durch die Unterbrechung von Infektionszyklen in den meist engen Wintergetreiderotationen mit wenigen Sommerungen sowie durch die bodenlockernde Wirkung seiner Pfahlwurzel. Raps reagiert mit starken Ertragseinbußen bei engen Fruchtfolgen. Bei der Saatbettbereitung, die bei Winterraps nur in einem sehr engen Zeitfenster geschehen kann, ist es wichtig, in kurzer Zeit die Ernterückstände gleichmäßig zu verteilen und einzuarbeiten, Unkräuter und Ausfallgetreide effizient zu bekämpfen und Verdichtungen zu beseitigen. Deshalb bieten sich hier Kulturen wie Wintergerste an, bei denen das Feld früh geräumt ist und somit ein längeres Zeitfenster zur Verfügung steht.

Pflanzenbaulich stellt Raps hohe Ansprüche an den chemischen Pflanzenschutz. Ein ökologischer Anbau ist kaum möglich. Vor allem Insekten, wie der Rapsglanzkäfer, der Stängelrüssler, der Kohlschotenrüssler und der Rapserdfloh können große Schäden anrichten. Die Fungizidmaßnahmen richten sich gegen Phoma im Herbst und Frühjahr, gegen Peronospora (auch durch Zusatzbeizung) und gegen Sclerotinia in der Vollblüte. Gegenüber hohem Unkrautbesatz reagiert Raps empfindlich. Deshalb sollte eine gezielte Bekämpfung der vorherrschenden Unkräuter stattfinden.

Der Nährstoffbedarf von Raps ist als hoch einzustufen:

- 220 kg N / ha
- 50 kg P / ha
- 280 kg K / ha

Der Entzug durch die Ernte ist jedoch gering, sodass erhebliche Nährstoffmengen für die Nachfrucht auf dem Feld verbleiben (HEYLAND et al., 2006; DIEPENBROCK, 2014). Durchschnittlich sind Ölerträge von 800 kg Öl je Hektar möglich (AHRENS, 2022e). Der durchschnittliche Hektarertrag in Deutschland lag 2021 bei 3,51 Tonnen Rapssaat (BMEL, 2022c). Im größten Erzeugerland Kanada werden aufgrund klimatischer Unterschiede und einer verkürzten Vegetationszeit durchschnittlich 2,5 Tonnen je Hektar geerntet (ARTHEY, 2020). Der Wasserverbrauch für ein Kilogramm Rapsöl liegt bei 238 Liter, der Flächenverbrauch bei 10,63 m² (OBAIDEEN, 2020).

5.2.4 Sonnenblume

Die Sonnenblume hat durch ihre weltweite Verbreitung eine enorme Genvarianz und dadurch eine hohe klimatische Anpassungsfähigkeit. Die Keimung kann schon bei einer Temperatur von 4 °C beginnen, optimal sind jedoch 15 °C. Für eine gute Körnerproduktion sind milde Temperaturen von 21 – 24°C wünschenswert. Am jeweiligen Standort sollte eine Tagesmitteltemperatur über 6 °C herrschen. Zusätzlich sollte die Temperatursumme von Aufgang bis Blüte zwischen 660 °C und 1700 °C liegen. Bei der Aussaat ist eine Bodentemperatur von 6 – 8°C anzustreben. Im Gegensatz zu Raps kommt die Sonnenblume mit wesentlich geringeren Niederschlagsmengen (450 – 500 mm) aus. Mindestens aber sollten 300 mm Niederschlag fallen. Auch die Bodenansprüche sind eher gering. Höchsterträge sind bei milden Lehmböden, Lössböden, Lösslehmböden und Schwarzerden möglich. Ungeeignet sind schwere, kalte Böden mit Neigung zur Verdichtung, da hierdurch die Durchwurzelung gestört ist. Der pH-Wert kann von 5,7 – 8,7 schwanken.

Im Anbau eignet sich die Sonnenblume zur Auflockerung enger Fruchtfolgen. Sonnenblumen fördern die Biodiversität und schaffen Lebensraum für Insekten. Als Vorfrucht eignet sich die Sonnenblume sehr gut vor allen Getreidearten. Aufgrund der schweren Bekämpfung der Ausfallsonnenblumen eignet sich die Sonnenblume nicht gut vor Hackfrüchten. Vorfrucht der Sonnenblume sollten ebenfalls Getreidearten oder Mais sein. Zwischen dem Anbau sollten aufgrund von Pilzkrankheiten wie Sclerotinia, Plasmopara, Phomopsis und Phoma 3 – 5 Jahre liegen. Auch der Anteil von Raps, Öl- und Futterpflanzen, Sojabohnen und Brassicagemüse sollte deshalb 25 % der Anbaufläche nicht überschreiten. Wichtig ist, dass die Vorfrucht keine hohen Stickstoffanteile, wie es zum Beispiel bei Luzerne oder Erbsen der Fall ist, hinterlässt. Beim anschließenden Getreideanbau ist auf jeden Fall das von der Sonnenblume entzogene Kali aufzudüngen.

Zur Bodenbearbeitung empfiehlt sich eine nichtwendende Bodenbearbeitung und Mulchsaat, genauso wie die klassischen Verfahren für Sommerungen. Um Wasserdefizite in den wichtigen Phasen Blühknospenstadium bis Blühende auszugleichen sind, wo es möglich ist, Beregnungen einzusetzen.

An Nährstoffen hat die Sonnenblume je nach Bodengegebenheit einen Jahresbedarf von:

- 20 – 60 kg N / ha
- 60 – 100 kg P / ha
- 140 – 240 kg K / ha

Zusätzlich hat die Sonnenblume einen hohen Bor-Bedarf, der am besten über eine Blattdüngung ausgeglichen wird.

Aufgrund des späten Reihenschlusses und des weiten Pflanzenabstands ist es unbedingt erforderlich, den Unkrautbesatz frühzeitig zu regulieren. Bei zu hohem Unkrautdruck kann es zu Ertragseinbußen von bis zu 53 % kommen. Das Unkrautmanagement sollte daher bereits in den Vorkulturen effizient erfolgen. In manchen Regionen wird der Unkrautbesatz durch den Anbau von glyphosatresistenten Sorten geregelt. Auch mechanische Verfahren vor Reihenschluss können den Unkrautdruck und damit die Ertragsverluste stark reduzieren. Beste Ergebnisse werden durch Kombinationen von mechanischer und chemischer Unkrautbekämpfung erreicht.

Bei den pilzlichen Krankheiten gibt es etwa 35 Erreger, die teilweise in allen Anbaugebieten vorkommen. Dem versucht man durch die angepasste Wahl von Sorten, die natürliche Resistenzgene aus Wildformen besitzen, entgegenzuwirken. Die chemische Bekämpfung ist bei Sonnenblumen meist wenig effizient und unökonomisch. Bei den tierischen Schädlingen spielen bei der Aussaat Feldmäuse und Vögel, welche das frisch gedrillte Saatgut fressen, die größte Rolle. Der beste Schutz hiervoor sind eine gute Saatgutablage und ein schneller Auflauf (HEYLAND et al., 2006; DIEPENBROCK, 2014).

Der weltweit durchschnittliche Ertrag liegt bei 800 kg Sonnenblumenöl je Hektar (AHRENS, 2022e). Im Regenfeldbau sind Saaterträge von 0,8 bis 1,5 Tonnen pro Hektar möglich. Neuere Sorten erreichen mit Hilfe einer künstlichen Bewässerung Erträge von 2,5 bis 3,5 Tonnen Sonnenblumensaat pro Hektar (FAO, 2022a). Für ein Kilogramm Sonnenblumenöl werden durchschnittlich 1.008 Liter Wasser und 17,66 m² Fläche benötigt (OBAIDEEN, 2020). Der vergleichsweise hohe Wasserverbrauch der Sonnenblume ist damit zu begründen, dass die Pflanze bei guter Wasserversorgung zum Luxuskonsum neigt. Bei anhaltender Trockenheit erschließt das Wurzelsystem die Wasserreserven aus tieferen Bodenschichten. Die Ölbildung findet erst nach der Blüte statt. Wassermangel führt vor allem 20 Tage vor und 20 Tage nach der Blüte zu erheblichen Ertragsverlusten (WEINHAPPEL und WASNER, 2020).

5.3 Qualität und Nutzungsmöglichkeiten

Nachfolgend wird ein Überblick über die Inhaltsstoffe, physikalischen Eigenschaften und Nutzungsmöglichkeiten der wichtigsten Pflanzenöle gegeben. Die Inhaltsstoffe der Pflanzenöle und Koppelprodukte werden separat in Tabellen dargestellt.

5.3.1 Sojabohne

Soja kann vielfältig genutzt werden. Sojaextraktionsschrot zur Tierernährung stellt aufgrund des geringen Ölanteils mehr als 40 % des Produktionswertes der Sojabohne dar. Sojakuchen ist ein weiteres Nebenprodukt aus der Ölerzeugung. Unreife Samen (Edamame) werden vor allem in Asien und den USA wie Gemüse verzehrt. Reife Samen haben einen unangenehmen Geschmack und müssen daher z. B. zu Sojasauce, Tofu, Tempeh oder Sojamilch verarbeitet werden (REHM und ESPIG, 1984). Sojabohnen enthalten 18 – 25 % fettes Öl und rund 40 % Eiweiß (WASKOW, 1998). Hohe Anteile an Linol- und Linolensäure sorgen dafür, dass das Öl eine geringe Haltbarkeit, bei hohen Temperaturen schlechte Kocheigenschaften und Fehlgerüche hat. Als ungesättigte Fettsäuren (Linolsäure: Omega-3-Fettsäure, Linolensäure: Omega-6-Fettsäure) haben sie aber eine positive Auswirkung auf die menschliche Gesundheit und schützen unter anderem vor Herz-Kreislaufkrankungen (KOLE, 2012). Sojaöl wird daher hauptsächlich in der Lebensmittelproduktion verwendet, z. B. zur Herstellung von Salatölen, Backfetten oder Margarine. Zudem ist es häufig als Pflanzenölbestandteil in Fertigprodukten zu finden. In den USA ist Sojaöl das primär verwendete Speiseöl. 75 % aller pflanzlichen Fette und Öle stammen dort aus Sojaöl (WILEY, 2008). Sojaöl ist schnelltrocknend und daher auch für technische Zwecke geeignet, da es unter allen Ölen den höchsten Gehalt an Lecithinen (1 – 3 %) aufweist. Diese werden in der Lebensmittelindustrie als oberflächenaktive Emulgatoren genutzt, können aber auch zur Herstellung von Druckfarben, Farben, Spachtelmassen oder Pflanzenschutzmitteln benötigt (WASKOW, 1998). Die in Sojaöl enthaltenen Fettsäuren sind darüber hinaus auch in der Kosmetikbranche gut zur Herstellung von Körperpflegeprodukten (z. B. Badeöle, Cremes) geeignet. Die Nutzung als Biodiesel bzw. von Sojamethylester erfolgt vor allem in den USA (ZOEBELEIN und BÖLLERT, 2001).

Tabelle 3: Inhaltsstoffe und physikalische Kennzahlen von Sojaöl nach KRIST (2013d)

Fettsäuren	Gehalt in %	Anteile Fettsäuren in %	Physikalische Kennzahlen
Laurinsäure	-	gesättigt 4-18	Iodzahl 114-138
Myristsäure	0,1-0,4	einfach ungesättigt 17-31	Cetanzahl 38
Palmitinsäure	2-11	mehrfach ungesättigt 50-70	Schmelzpunkt -10 bis -16°C
Palmitoleinsäure	-		Rauchpunkt 213 °C
Stearinsäure	2-7		Flammpunkt 250 °C
Ölsäure	23-31		
Linolsäure	49-51		
α-Linolensäure	2-11		
Arachinsäure	0,9-2,4		

Tabelle 4: Inhaltsstoffe von Sojaextraktionsschrot und Sojakuchen (LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2021)

Inhaltsstoff in 1.000 g TM	Soja-44	HP Soja (48)	Sojakuchen
Rohfaser (XF)	68 g	40 g	65 g
Rohprotein (XP)	500 g	545 g	449 g
Nutzbares Rohprotein (nXP)	291 g	306 g	223 g
Pansenbeständiges Protein (UDP)	30 %	30 %	20 %
Ruminale Stickstoffbilanz (RNB)	34 g	38 g	36 g
Netto-Energie-Laktation (NEL)	8,64 MJ	8,78 MJ	8,74 MJ
Umsetzbare Energie (ME)	13,76 MJ	13,96 MJ	14,08 MJ
Stärke und Zucker (XS + XZ)	178 g	184 g	120 g
beständige Stärke (bXS)	14 g	14 g	10 g
Rohfett (XL)	14 g	14 g	92 g
Calcium (Ca)	3,1 g	3,2 g	3,0 g
Phosphor (P)	7,0 g	7,6 g	7,0 g
Magnesium (Mg)	3,0 g	2,7 g	3,0 g
Natrium (Na)	0,2 g	0,3 g	0,1 g
Kalium (K)	22 g	23 g	20 g

5.3.2 Ölpalme

Von der Palmfrucht können sowohl das Fruchtfleisch als auch der Palmkern zu Palmöl sowie Palmkernöl verarbeitet werden. Zusätzlich ist die Nutzung der Blattfasern der Ölpalme, die eine hohe Elastizität besitzen, z. B. als Polstermaterial für Möbel möglich (MATTHÄUS, 2009). Das Fruchtfleisch liefert 45 – 60 % Öl, der Samen 43 – 52 %. Palmöl liegt bei Raumtemperatur als festes, gelbliches Fett vor. Es besitzt einen hohen Anteil an Carotinoiden, wodurch es zur Supplementierung von Vitamin A genutzt werden kann. Der Anteil an freien Fettsäuren beträgt in frischen Ölen bis zu 12 % und kann in alten Ölen auf bis zu 90 % ansteigen (ROTH und KORMANN, 2000). Weltweit hat Palmöl auch eine große Bedeutung in der Biodieselherstellung (UFOP, 2021).

Tabelle 5: Inhaltsstoffe und physikalische Kennzahlen von Palmöl nach KRIST (2013b)

Fettsäuren	Gehalt in %	Anteile Fettsäuren in %	Physikalische Kennzahlen
Laurinsäure	0,3	gesättigt 49	Iodzahl 14,1 - 21
Myristsäure	1,1	einfach ungesättigt 39	Cetanzahl 42
Palmitinsäure	45,1	mehrfach ungesättigt 11	Schmelzpunkt 30 - 37 °C
Palmitoleinsäure	0,1		Rauchpunkt 223 °C
Stearinsäure	4,7		Flammpunkt 267 °C
Ölsäure	38,8		
Linolsäure	9,4		
α-Linolensäure	0,3		
Arachinsäure	0,2		

In der Küche erfolgt die Nutzung von Palmöl aufgrund seiner außergewöhnlichen Hitze- und Oxidationsstabilität vor allem zum Kochen, Braten und Frittieren. In der Lebensmittelindustrie wird es zum Backen und zur Herstellung von Margarine und Süßwaren verwendet. In der

Industrie wird Palmöl zu Seifen und Kerzen verarbeitet. Weiterhin ist das Öl gut geeignet, um Laurinsäure zu gewinnen, welche als Grundstoff für verschiedene Tenside dient. Palmkernöl hat einen geringeren Schmelzpunkt als Palmöl und liegt daher bei Raumtemperatur als feste, weiße Masse vor (KRIST, 2013b).

Tabelle 6: Inhaltsstoffe und physikalische Kennzahlen von Palmkernöl nach KRIST (2013b)

Fettsäuren	Gehalt in %	Anteile Fettsäuren in %	Physikalische Kennzahlen
Laurinsäure	44-51	gesättigt 82	Iodzahl 14,1-21
Mysristinsäure	15-17	einfach ungesättigt 15	Cetanzahl 47
Palmitinsäure	7-10	mehrfach ungesättigt 3	Schmelzpunkt 23-30°C
Palmitoleinsäure	<0,1		Rauchpunkt 223 °C
Stearinsäure	2-3		Flammpunkt 267 °C
Ölsäure	12-18		
Linolsäure	1-4		
α-Linolensäure	<0,7		
Arachinsäure	<0,3		

Palmkernöl wird hauptsächlich in der Lebensmittelindustrie zur Herstellung von Margarine verwendet, da aufgrund des großen Anteils an kurzkettigen Fettsäuren ein butterähnlicher Geschmack erzeugt werden kann. Beim menschlichen Verzehr schmilzt das Öl wegen der höheren Körpertemperatur und hinterlässt einen Kühleffekt. Daher wird es auch gerne zur Herstellung von Kakaoglasuren, Eiskonfekt oder Schokoladenfüllungen und anderen Süßwaren genutzt. In der Oleochemie kommt Palmkernöl eine ähnliche Verwendung wie Palmöl zu, wird aber auch zur Herstellung Zwischenprodukten für die Kosmetik- und Reinigungsindustrie verwendet (KRIST, 2013b). Palmkernextraktionsschrot hat aufgrund des geringen Rohproteingehalts (20 %) und der geringen Verdaulichkeit nur eine sehr geringe Bedeutung als Futtermittel (BEWEKA, 2022).

5.3.3 Raps

Wie bei Sojabohnen können aus der Rapssaat mehrere Produkte gewonnen werden: Rapsöl und als Koppelprodukt Rapskuchen und Rapsextraktionsschrot. Bei der Rapsölgewinnung fallen rund 60 % der Ausgangsmenge der Rapssaat als Rapsextraktionsschrot an. Die Rapssaat hat einen Ölgehalt von rund 40 % und einen Eiweißgehalt von 21 %. Bis 1974 war Rapsöl für die menschliche Ernährung wenig geeignet, da bis dahin verfügbare Rapsorten über hohe Anteile an Erucasäure verfügten. Erucasäure führt beim Menschen zu pathologischen Veränderungen des Herzmuskels und zur Herzverfettung. Erst mit der Züchtung erucasäurearmer Sorten (00-Raps) nahm die Bedeutung von Rapsöl im Lebensmittelbereich zu. Die Nutzung von Rapsöl erfolgt daher mittlerweile in allen verarbeitenden Bereichen. Der größte Anteil wird zu technischen Zwecken verwendet, unter anderem bei der Herstellung von Gummiwaren oder von Schmieröl (ROTH und KORMANN,

2000). So eignet sich ein auf Rapsöl basierendes Schmiermittel vor allem bei der Verlustschmierung von Ketten- oder Bandsägen, wo Öl in den Spänen zurückbleibt. Der größte Vorteil liegt hierbei in der biologischen Abbaubarkeit des Rapsöls, sodass beim Einsatz keine Gefährdung von Grund- oder Trinkwasser zu erwarten ist. Weitere Einsatzbereiche sind in der Pharmazie und Medizin (z. B. für Salben) und in der Kosmetik zu finden (KRIST, 2013c). Im ökologischen Landbau wird Rapsöl auch als Insektizid verwendet. Es soll hierbei die Schadinsekten samt ihren Eiern in einem Ölfilm ersticken (ROTH und KORMANN, 2000). Aufgrund des steigenden Bedarfs wird Rapsöl heute hauptsächlich als Kraftstoff (Rapsöl und Rapsmethylester) verwendet. In Europa ist die Rapssaat die bedeutendste Rohstoffquelle für die regenerative Kraftstoffherstellung. Zwei Drittel der Rapsanbaufläche in Deutschland werden zur Erzeugung von Biokraftstoffen genutzt (DIEPENBROCK, 2014). Der Grund hierfür ist mitunter, dass Rapsöl 90 % des Brennwertes von mineralischem Öl innehat und als Biodiesel problemlos in modernen Dieselmotoren genutzt werden kann, ohne diese zu beschädigen (KOLE, 2012). Rapsöl besitzt von allen Speiseölen den geringsten Anteil an gesättigten Fettsäuren und wird daher sowohl zum Braten, Frittieren sowie als Salatöl eingesetzt. In der Kombination mit Ei- und Milchprodukten ist es zur Herstellung von Butter, Mayonnaise und Marinaden geeignet (KRIST, 2013c).

Tabelle 7: Inhaltsstoffe und physikalische Kennzahlen von 00-Rapsöl nach KRIST (2013c)

Fettsäuren	Gehalt in %	Anteile Fettsäuren in %	Physikalische Kennzahlen
Laurinsäure	-	gesättigt 6	Iodzahl 94-120
Mysristinsäure	-	einfach ungesättigt 66	Cetanzahl 40
Palmitinsäure	4	mehrfach ungesättigt 27	Schmelzpunkt -2 bis -10°C
Palmitoleinsäure	-		Rauchpunkt 200 °C
Stearinsäure	-		<i>raffiniert</i>
Ölsäure	63		Rauchpunkt 130 °C
Linolsäure	20		<i>kalt gepresst</i>
α-Linolensäure	9		Flammpunkt 275 °C
Erucasäure	0,5		
Arachinsäure	-		

Tabelle 8: Inhaltsstoffe und physikalische Kennzahlen von Rapsöl (alte Sorten) nach KRIST (2013c)

Fettsäuren	Gehalt in %	Anteile Fettsäuren in %	Physikalische Kennzahlen
Laurinsäure	-	gesättigt 6	Iodzahl 94-120
Mysristinsäure	-	einfach ungesättigt 66	Cetanzahl 40
Palmitinsäure	2,5	mehrfach ungesättigt 27	Schmelzpunkt -2 bis -10°C
Palmitoleinsäure	-		Rauchpunkt 200 °C
Stearinsäure	-		<i>raffiniert</i>
Ölsäure	15		Flammpunkt 275 °C
Linolsäure	13,5		
α-Linolensäure	8		
Erucasäure	48		
Arachinsäure	-		

Tabelle 9: Inhaltsstoffe von Rapsextraktionsschrot und Rapskuchen (LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2021)

Inhaltsstoff in 1.000 kg TM	Rapsextraktionsschrot	Rapskuchen
Rohfaser (XF)	133 g	135 g
Rohprotein (XP)	387 g	370 g
Nutzbares Rohprotein (nXP)	252 g	180 g
Pansenbeständiges Protein (UDP)	35 %	15 %
Ruminale Stickstoffbilanz (RNB)	22 g	30 g
Netto-Energie-Laktation (NEL)	7,16 MJ	7,88 MJ
Umsetzbare Energie (ME)	11,80 ME	12,90 MJ
Stärke und Zucker (XS + XZ)	80 g	75 g
Rohfett (XL)	35 g	88 g
Calcium (Ca)	8,7 g	8,2 g
Phosphor (P)	11,9 g	12,7 g
Magnesium (Mg)	6,0 g	5,5 g
Natrium (Na)	0,5 g	0,5 g
Kalium (K)	14 g	15 g

5.3.4 Sonnenblume

Neben Sonnenblumenöl und den aus der Ölerzeugung anfallenden Koppelprodukten Sonnenblumenschrot und Sonnenblumenkuchen können aus der Frucht der Sonnenblume, also den Sonnenblumenkernen, weitere Nebenprodukte gewonnen werden. So ist die ungeschälte Saat zum Direktverzehr geeignet. Die geschälten Samen können ebenfalls direkt verzehrt werden oder dienen als Brotzusatz. Weiterhin kann das Mehl der geschälten Sonnenblumensaat zum Backen verwendet werden. Mehl aus ungeschälten Kernen kann z. B. als Kleintier-, Vogel- oder Viehfutter verwertet werden. Die Schalen der Kerne sind ebenfalls als Tierfutter geeignet oder können als Brenn- oder Isoliermaterial genutzt werden. Die Nutzungsmöglichkeiten der Sonnenblume sind vielfältig (HEYLAND et al., 2006). Man unterscheidet zwischen verschiedenen Sonnenblumenölen. Die Fettsäureanteile in den Triglyceriden sind je nach Sorte der Saat deutlich unterschiedlich. Bei High-Oleic-Sonnenblumen (HO-Sonnenblumen) handelt sich um Sorten, die durch Züchtung einen höheren Ölsäuregehalt aufweisen und einen geringen Anteil an mehrfach gesättigten Fettsäuren besitzen. Dadurch haben diese Sonnenblumenöle eine ähnliche Zusammensetzung wie Olivenöl. Nach KRIST (2013a) kann zwischen Sonnenblumenöl (SO) und Sonnenblumenöl

- mit hohem Linolsäureanteil (HL)
- mit hohem Ölsäureanteil (HO)
- mit hohem Palmitin- und Linolsäureanteil (HP/HL)
- mit hohem Palmitin- und Ölsäureanteil (HP/HO)
- mit hohem Stearin- und Ölsäureanteil (HS/HO)

unterschieden werden.

Die Zusammensetzung des Öls wird auch durch die Temperatur während der Fruchtzeit beeinflusst. Bei kühlen Temperaturen sind höhere Linolsäureanteile zu erwarten (bis 77 %), bei höheren Temperaturen sinkt der Anteil an Linolsäure auf ca. 20 %. Der Ölgehalt ungeschälter Sonnenblumensaat liegt bei 40 bis 50 % (ROTH und KORMANN, 2000). Die Sonnenblume hat damit von den betrachteten Ölsaaten den höchsten Ölgehalt. Der Eiweißgehalt der Sonnenblumensaat liegt bei 21 % (UFOP, 2021).

Kaltgepresstes Sonnenblumenöl wird aufgrund seiner ausgezeichneten ernährungsphysiologischen Eigenschaften als Speise- und Salatöl verwendet. Es eignet sich auch zur Verwendung in Babynahrung. In der Nahrungsmittelindustrie erfolgt die Nutzung zur Herstellung von Margarine. In der Kosmetik kommt es wegen seiner Oxidationsempfindlichkeit kaum zum Einsatz. Warmgepresstes Öl wird ausschließlich in der Industrie zur Herstellung von Seifen und Lacken sowie für Öl- und Künstlerfarben genutzt (ROTH und KORMANN, 2000). Reines Sonnenblumenöl ist als Pflanzenölkraftstoff geeignet, die Kraftstoffqualitäten sind allerdings noch wenig erforscht. Der Anteil an Sonnenblumenöl bei der Biodieselherstellung nimmt stetig ab. Derzeit werden hauptsächlich Rapsöl und Altspeiseöle hierfür verwendet (FLACH et al., 2018).

Tabelle 10: Inhaltsstoffe von Sonnenblumenöl nach KRIST (2013e)

Sonnenblumenöl	SO	HL	HO	HP/HL	HP/HO	HS/HO
Fettsäuren	Gehalt in %	Gehalt in %	Gehalt in %	Gehalt in %	Gehalt in %	Gehalt in %
Laurinsäure	0–0,1	–	–	–	–	–
Mysristinsäure	0–0,2	0,1	–	0,1	–	–
Palmitinsäure	5–8	7,5	3–5	27,3	24,6	4,6
Palmitoleinsäure	0–0,3	0,1	0,1–0,2	4,4	6,1	0,1
Stearinsäure	2,5–7	1,9	3–5	2,7	2,9	11
Ölsäure	13–40	13,3	70–92	17,1	59,8	79,1
Linolsäure	48–74	76	2–20	46,8	3,5	2
α -Linolensäure	0–0,3	0,1	–	0,1	0,1	0,1
Arachinsäure	0,2–0,5	0,1	0,3	0,3	0,4	0,9

Tabelle 11: Physikalische Kennzahlen von Sonnenblumenöl (Durchschnittswerte) nach KRIST (2013e)

Anteile Fettsäuren in %	Physikalische Kennzahlen	
gesättigt	8	
einfach ungesättigt	27	
mehrfach ungesättigt	65	
	Iodzahl	118-145
	Cetanzahl	36
	Schmelzpunkt	-16 bis -18°C
	Rauchpunkt	209 bis 213°C
	<i>raffiniert</i>	
	Rauchpunkt	107 °C
	<i>unraffiniert</i>	
	Flammpunkt	275 °C
	<i>raffiniert</i>	
	Flammpunkt	274 °C
	<i>unraffiniert</i>	

Tabelle 12: Inhaltsstoffe von Sonnenblumenextraktionsschrot und Sonnenblumenkuchen (LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2021)

Inhaltsstoff in 1.000 kg TM	Sonnenblumen-extraktionsschrot	Sonnenblumenkuchen
Rohfaser (XF)	222 g	316 g
Rohprotein (XP)	383 g	249 g
Nutzbares Rohprotein (nXP)	203 g	148 g
Pansenbeständiges Protein (UDP)	25 %	30 %
Ruminale Stickstoffbilanz (RNB)	29 g	16 g
Netto-Energie-Laktation (NEL)	6,01 MJ	6,6 MJ
Umsetzbare Energie (ME)	10,24 MJ	11,3 MJ
Stärke und Zucker (XS + XZ)	80 g	103 g
Rohfett (XL)	25 g	170 g
Calcium (Ca)	4,0 g	3,9 g
Phosphor (P)	10,7 g	9,4 g
Magnesium (Mg)	5,2 g	5,2 g
Natrium (Na)	0,5 g	0,1 g
Kalium (K)	13 g	13 g

5.4 Ökologische Aspekte

Im Folgenden werden ökologische Aspekte des globalen Anbaus von Ölfrüchten näher betrachtet. Es wird ein Überblick darüber gegeben, welche Auswirkungen die in den letzten Jahrzehnten zu beobachtende – teilweise immense – Ausweitung der Ölpflanzenproduktion auf die Landnutzung, die Umwelt und die Nutzungsintensität in den betroffenen Regionen hat.

5.4.1 Sojabohne

Anbau in Südamerika

Wie aus den vorangegangenen Punkten zu schließen ist, war in den letzten Jahrzehnten aufgrund einer steigenden Nachfrage am Weltmarkt ein massiver Ausbau des weltweiten Sojaanbaus zu beobachten. Um dieser Nachfrage gerecht zu werden, mussten neue Ackerflächen geschaffen werden. Für die Ausweitung werden nach wie vor Gras-, Wald- und Savannenflächen für die landwirtschaftliche Nutzung umgewandelt. Alleine in Südamerika wurden von 2000 bis 2010 insgesamt 24 Mio. Hektar natürlicher Wald zu Ackerflächen (WWF, 2022). Vor allem in den nördlichen Regionen Brasiliens, wo ein Großteil der Sojaproduktion stattfindet, findet der Sojaanbau auf gerodeten Waldflächen, teilweise auch auf Flächen des Amazonasregenschwammes, statt. Funktionierende Ökosysteme gehen dadurch unersetzbar verloren (BINDRABAN et al., 2009).

Die nachfolgende Abbildung zeigt die weltweit größten Antreiber der Entwaldung. Lateinamerika steht hierbei an erster Stelle.

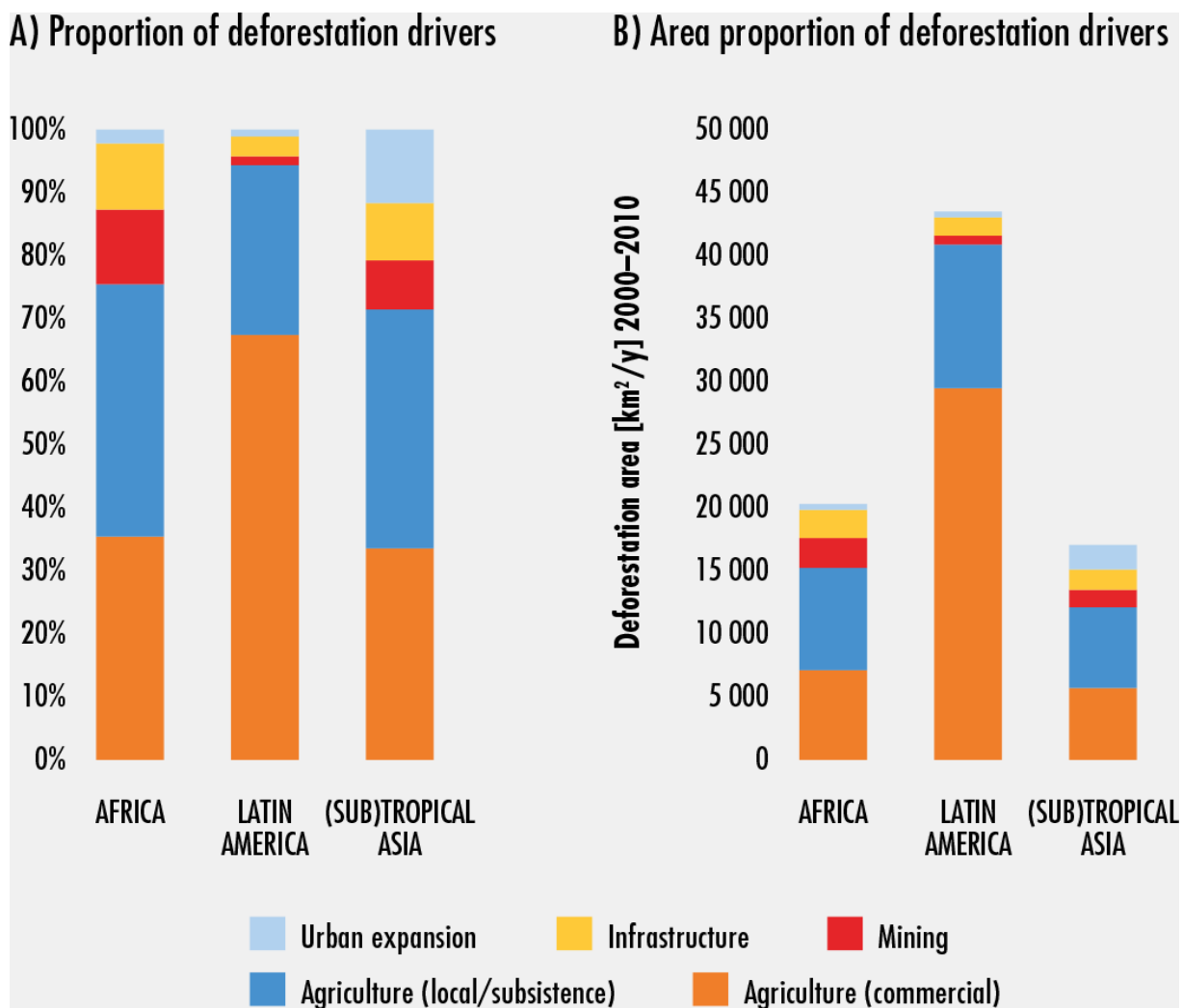


Abbildung 28: Antreiber der globalen Entwaldung (FAO, 2020)

Nach LENDE und VELÁZQUEZ (2018) ist die Ausweitung des Sojaanbaus in Südamerika der Hauptverursacher für Waldrodungen und damit hauptverantwortlich für vermehrte Emissionen von Treibhausgasen, Biodiversitätsverlusten, Erdbeben, Fluten und die Desertifikation von Flächen. Der Grund hierfür liegt auch in den dort praktizierten Anbauverfahren. In Südamerika erfolgt der Anbau von Soja häufig in Monokulturen, alternativ in engen Fruchtfolgen mit Mais und Weizen (GOEDERT, 1983). Weiterhin werden fast ausschließlich glyphosatresistente Sojasorten im Anbau verwendet. Den weltweit größten Einsatz an Glyphosat hat Argentinien zu verzeichnen. Hier werden jährlich 240 Mio. Liter des Totalherbizids durch die Landwirtschaft verbraucht (AVILA-VAZQUEZ et al., 2018). Durch den intensiven Einsatz kommt es zum Aufkommen herbizidresistenter Unkräuter, wodurch zusätzliche Herbizide (z. B. Paraquat, in der EU wegen gesundheitlicher Risiken für Anwender verboten) und Additive zur Unkrautbekämpfung angewendet werden müssen. Insgesamt begünstigt der intensive Anbau von gentechnisch verändertem Soja damit einen enormen Rückgang der Biodiversität und trägt zur Zerstörung wertvoller Regenwälder und fruchtbarer Böden sowie zur Beschleunigung des Klimawandels bei (THEN et al., 2018).

Anbau in den USA

Zwar werden in den USA kaum Wälder für den Sojaanbau gerodet, dennoch erfolgt fast ausschließlich der Anbau gentechnisch veränderter Sorten (vgl. Abb. 29).

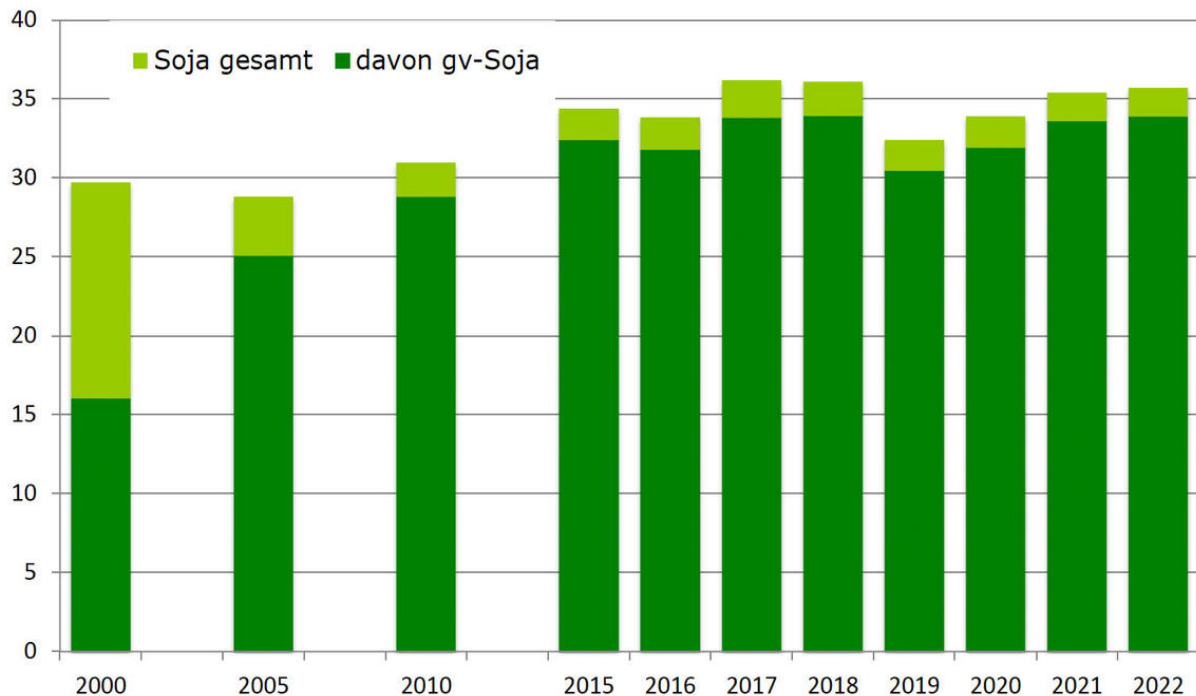


Abbildung 29: Sojabohnen: Anbauflächen in den USA (in Mio. Hektar) (TRANSGEN, 2022a)

Durch den Anbau dieser herbizid- und insektenresistenten Sojasorten treten auch in vielen Regionen der USA vermehrt resistente Unkräuter und Schädlinge auf. Um dem entgegenzutreten, kehren amerikanische Landwirt*innen allerdings nicht zu herkömmlicher Unkrautbekämpfung zurück, sondern bauen häufig neue GV-Sorten an, die wiederum gegenüber weiteren Herbizidwirkstoffen Resistenzen besitzen und zur Bekämpfung der glyphosatresistenten Unkräuter genutzt werden. Durch den Wechsel von Herbiziden wollen viele US-Farmer der Resistenzbildung der Unkräuter entgegenwirken. Letztendlich führt dieses Vorgehen zu einem großen Biodiversitätsverlust auf amerikanischen Äckern (TRANSGEN, 2022a).

Anbau in der EU

Wie in Punkt 5.2.1 beschrieben, ist der Anbau gentechnisch veränderter Sorten in den meisten Ländern der EU seit 2009 verboten (REIBER, 2021). Seit 2013 wird der Anbau von gentechnikfreiem Soja durch die europäischen Initiativen „Europe Soja“ und „Donau Soja“ gefördert. Das Ziel dieser Organisationen ist es, den Anbau von europäischem Soja auszuweiten und Sojabohnen möglichst nachhaltig zu erzeugen. Mitglieder verpflichten sich daher unter anderem dazu, GVO-freie Sorten im Anbau zu verwenden, den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln so gering wie möglich zu halten, auf Glyphosat und Sikkation zu

verzichten, keine Entwaldungen durchzuführen oder Land umzuwandeln und Treibhausgasemissionen durch eine genaue Erfassung aller landwirtschaftlichen Maßnahmen zu reduzieren. Mitglieder erhalten eine entsprechende Zertifizierung ihrer Sojaprodukte. Derzeit zählt die Initiative 280 Mitglieder aus 25 Ländern, zu denen sojaverarbeitende Unternehmen, Sojaproduzenten, aber auch der Agrarhandel zählen (DONAU SOJA, 2022). Seit 2017 setzen sich darüber hinaus 14 EU-Länder (Deutschland, Ungarn, Österreich, Frankreich, Niederlande, Italien, Polen Kroatien, Rumänien, Slowenien, Slowakei, Finnland, Griechenland und Luxemburg) mit der „Europa-Soja-Erklärung“ für eine nachhaltige und zertifizierte Produktion, Verarbeitung und Vermarktung von Eiweißpflanzen ein. Ein nachhaltiger Anbau von Leguminosen – und damit auch von Soja – wird außerdem in Deutschland über die Eiweißpflanzenstrategie des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft gefördert. Auch mit den Mitteln der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) wird ein nachhaltiger Anbau weiterhin unterstützt (BMEL, 2022a).

5.4.2 Ölpalme

Aufgrund des sehr hohen Ölertrags und der weltweit steigenden Nachfrage nach Palmöl stellt die Ölpalme die wichtigste Einkommensquelle für Landwirt*innen in Südostasien, Zentral- und Westafrika sowie Zentralamerika dar (RITCHIE und ROSER, 2021a). Weltweit stieg die Landnutzung für Ölpalmenplantagen in den letzten Jahrzehnten immer weiter an (vgl. Abb. 30).

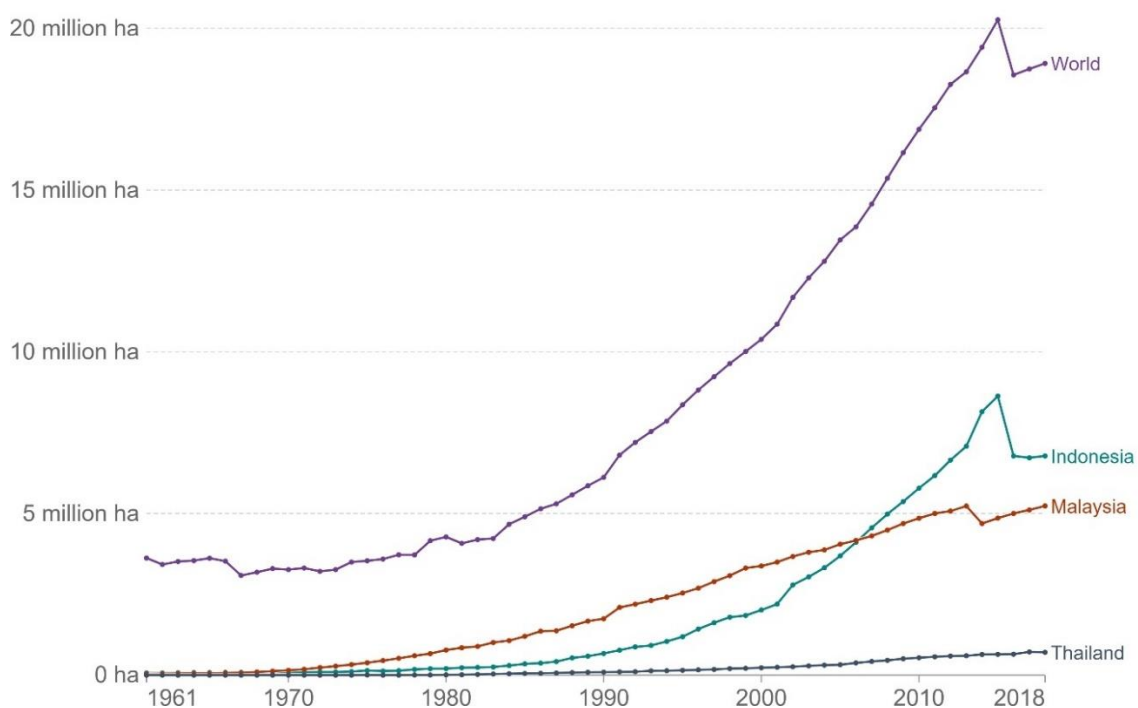


Abbildung 30: Landnutzung für die Palmölproduktion 1961 – 2018 (RITCHIE und ROSER, 2021a)

Immer wieder steht die Ausweitung des Anbaus in der Kritik, da durch die Schaffung neuer Plantagen wertvolle Regenwälder verloren gehen. Nach einer Studie von VIJAY et al. (2016), in der Satellitenbilder von gefährdeten Wäldern in 20 verschiedenen Anbauregionen der Welt im Zeitraum von 1989 - 2013 untersucht und mit statistischen Daten des weltweit expandierenden Ölpalmenanbaus verglichen wurden, trägt die Expansion von Plantagen in vielen Anbauregionen zur Entwaldung bei. Aus der nachfolgenden Tabelle wird ersichtlich, in welchen Ländern der Anbau durch die Rodung von Wäldern in den letzten Jahrzehnten ausgeweitet wurde. Ein großer Waldverlust ist vor allem in Südamerika und Südostasien zu beobachten. Der Verlust von tropischen Regenwäldern führt auch hier zu einem anhaltenden Biodiversitätsverlust. In Mittelamerika hat sich die Anbaufläche von Ölpalmen seit 1989 zwar erhöht, die Entwaldungsrate ist allerdings gering. Dies ist damit zu begründen, dass in diesen Regionen bereits seit dem Jahr 1800 Plantagenanbau, z. B. von Kaffee, Zuckerrohr und Bananen stattfindet. In der Mitte des 20. Jahrhunderts wurden zudem Waldflächen hauptsächlich zur Nutzung als Weide für die Viehhaltung gerodet. Heutige Ölpalmenplantagen befinden sich daher oft auf ehemaligen Plantagen oder Weiden.

Tabelle 13: Prozentuale Steigerung des Anbaus von Ölpalmen und entwaldeter Flächen von 1989 – 2013 (VIJAY et al., 2016)

Producer Country	Percent increase in planted area	Percent of area from deforestation
Indonesia	91.7	53.8
Malaysia	63.3	39.6
Nigeria	24.7	6.6
Thailand	85.5	0.0
Ghana	63.9	0.4
Ivory Coast	62.0	4.1
Colombia	69.5	0.0
Ecuador	74.7	60.8
Dem, Rep, of Congo	16.0	0.7
Papua New Guinea	72.3	25.3
Cameroon	59.3	16.9
Honduras	81.0	0.4
Brazil	77.0	39.4
Costa Rica	73.2	0.0
Guatemala	95.4	10.4
Philippines	72.1	0.0
Peru	87.0	53.1
Mexico	97.8	1.6
Venezuela	90.0	0.0
Dominican Republic	94.1	0.0

doi:10.1371/journal.pone.0159668.t002

Innerhalb der letzten 40 Jahre wurden in Malaysia und Indonesien, den beiden größten Erzeugerländern von Palmöl, 47 % und 16 % des Waldverlusts durch die Ausweitung des Anbaus von Ölpalmen verursacht. Auf der indonesischen Insel Borneo gehen jährlich 350.000 Hektar tropischer Regenwald für Ölpalmpflanzungen verloren (MEIJAARD et al., 2018). Die Umwandlung von diesen artenreichen Wäldern, die im Durchschnitt über 470 Baumarten pro Hektar enthalten, in Monokulturen führt zu einem massiven Rückgang der Biodiversität. Der Einsatz von chemischem Pflanzenschutz, synthetischem Dünger und die Störung durch den Menschen führt weiter dazu, dass die Plantagen für die meisten Tierarten unbewohnbar werden. In Sumatra und Borneo (Indonesien) sind Tiger und Orang-Utans, deren natürlicher Lebensraum durch Plantagen genommen wird, besonders bedroht. Darüber hinaus ist ein stetiger Rückgang der Flora zu beobachten (LUSKIN et al., 2017). Neben dem immensen Rückgang an Biodiversität trägt die Rodung ökologisch wertvoller Wälder auch hier zur vermehrten Emission von Treibhausgasen bei. Ein Hektar tropischer Regenwald ist in der Lage, 175 bis 272 Tonnen CO₂ zu speichern, die Speicherkapazität einer Ölpalmenplantage liegt bei 2 bis 60 Tonnen pro Hektar (CARLSON und GARRETT, 2016). Es stellt sich hierbei die Frage, ob dieser Verlust durch den Einsatz von reinem Palmöl als Biokraftstoff kompensiert werden könnte. Nach FARGIONE et al. (2008) würde die Kompensation 86 Jahre andauern, wenn Palmöl aus Plantagen auf ehemaligen Regenwäldern verwendet wird. 840 Jahre würden vergehen, wenn sich die Plantagen auf ehemaligen Mooren befinden. In den Hauptanbauregionen kommt es durch den übermäßigen Einsatz von Düngemitteln darüber hinaus zu einer Nitratbelastung im Wasser. Oft werden Wasserströme auf die Plantagen umgeleitet, wodurch es zum Wassermangel in naheliegenden Dörfern kommt (COMTE et al., 2012).

Im Jahr 2019 gab die EU-Kommission bekannt, dass die Beimischung von Palmöl zu Diesel als nicht nachhaltig eingestuft wird. Grundlage hierfür ist die nationale Umsetzung der EEG-Richtlinie (2018/2001/EG) - RED II, die das Auslaufen der Anrechnung von Biokraftstoffen aus Rohstoffen mit hohem Landnutzungsänderungsrisiko (iLUC) vorsieht (UFOP, 2021). Demnach wird die Verwendung von Palmöl in Biokraftstoffen ab 2023 schrittweise reduziert. Ab 2030 soll das Pflanzenöl nicht mehr für Biokraftstoffe verwendet werden. Biodiesel aus Palmöl wird als wesentlich klimaschädlicher als herkömmlicher Diesel eingestuft (DEUTSCHE UMWELTHILFE E. V., 2019).

5.4.3 Raps

Der Anbau transgener Rapsorten ist heute in Kanada, den USA, Australien, Japan und Chile zugelassen. Vor allem in Kanada werden GV-Sorten angebaut (vgl. Abb. 31). Die weltweit erste Zulassung erfolgte dort im Jahr 1995. International wurden im Jahr 2019 insgesamt 10,10 Mio. Hektar GV-Raps angebaut. Hiervon befanden sich 8,77 Mio. Hektar in Kanada

(TRANSGEN, 2022b). Fast flächendeckend wird hier mittlerweile Raps gesät, der eine Resistenz gegenüber der Wirkstoffe Glyphosat und Glufisonat besitzt (BMBF, 2008). Im Jahr 2020 war Raps nach Weizen die meistangebaute Kultur in Kanada und die Pflanze mit dem insgesamt größten Produktionswert (FAOSTAT, 2022b).

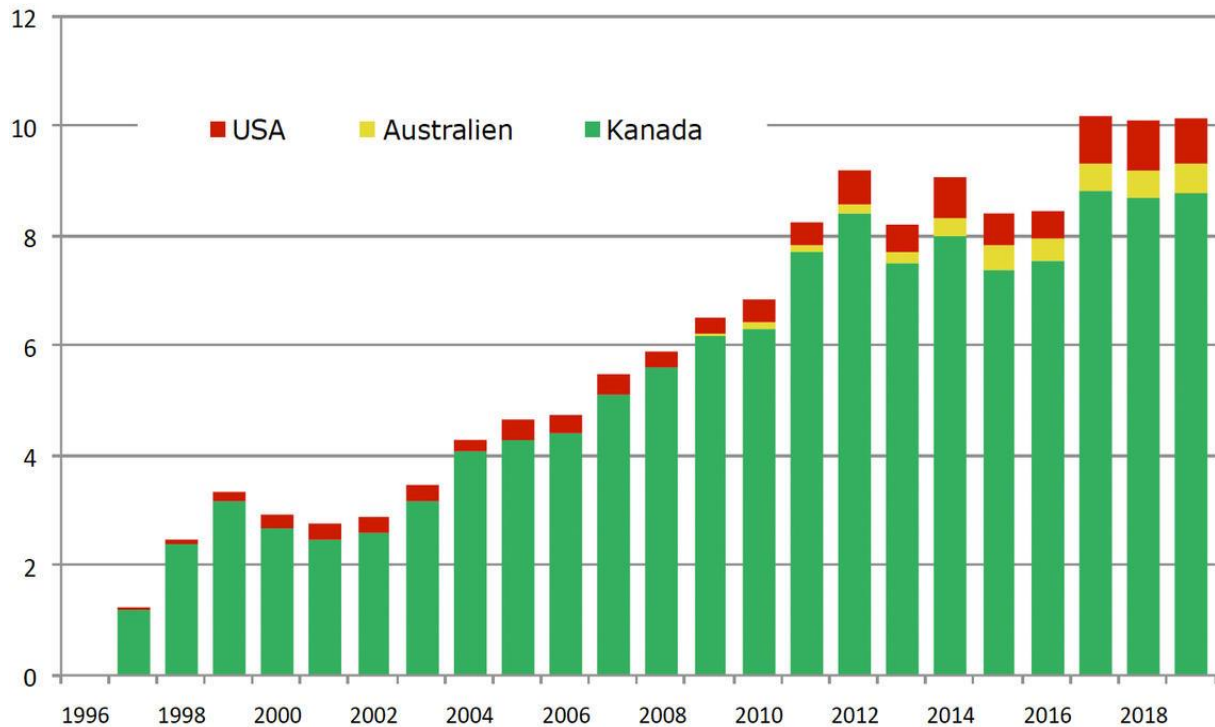


Abbildung 31: Gentechnisch veränderter Raps: Anbauflächen (in Mio. Hektar) (TRANSGEN, 2022b)

Vergleicht man die Entwicklung der Anbauflächen von GV-Raps mit den insgesamt in Kanada eingesetzten Herbiziden, lässt sich erkennen, dass es durch den vermehrten Anbau glyphosatresistenter Rapsorten zu einem seit Jahrzehnten ansteigenden Verbrauch an Herbiziden kommt (vgl. Abb. 32).

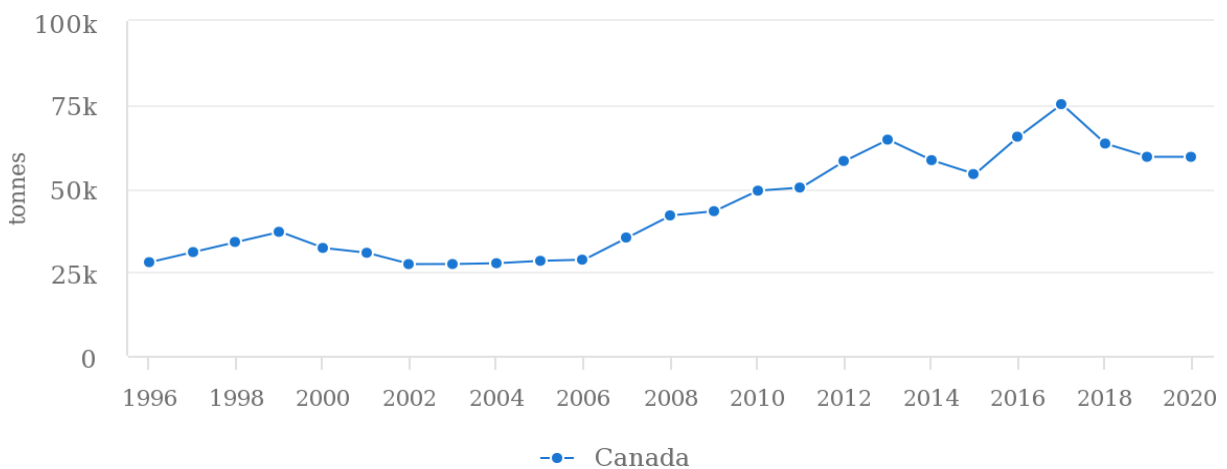


Abbildung 32: Herbizideinsatz in Kanada von 1996 – 2020 (in Tonnen) (FAOSTAT, 2022b)

In einer mehrjährigen Studie von BOHAN et al. (2005) zeigte sich, dass der Anbau herbizidresistenter Rapsorten und der damit einhergehende Einsatz von Totalherbiziden zu

einer Verschiebung im Artenspektrum der Unkräuter führt. Es wurde festgestellt, dass auf Flächen mit herbizidresistentem Raps die Samenproduktion von Blütenpflanzen (Dicotyle) lediglich einem Drittel der Samenproduktion der konventionell bewirtschafteten Rapsflächen entspricht. Die Samenproduktion von Gräsern (Monokotyle) war auf den mit GV-Raps bebauten Feldern hingegen fünfmal höher als auf den konventionellen Flächen. Insgesamt führte diese Verschiebung zu einem Rückgang der Agrobiodiversität: Auf den herbizidresistenten Rapsflächen wurden 42 % weniger Bienen und 59 % weniger Schmetterlinge (Kohlweißlinge) gesichtet. Langfristig wird daher damit gerechnet, dass durch den vermehrten Anbau von GV-Raps zu einer weiteren Abnahme der dikotylen Unkrautsamenbank in den betroffenen Flächen kommt. Hierdurch verschlechtern sich die Lebensbedingungen sowohl für Bestäuberorganismen als auch für Vögel, die sich von Blütensamen ernähren.

Weiterhin wird befürchtet, dass sich resistente Rapspflanzen durch eine unkontrollierte Verbreitung zu schwer bekämpfbaren Unkräutern entwickeln. In einer US-Studie von SCHAFFER et al. (2011) wurde untersucht, ob Rapspflanzen, die an Feldrändern und am Straßenrand gedeihen (z. B. durch Erntetransporte), Resistenzen gegen Glyphosat und Glufosinat aufweisen. Rund 80 % der untersuchten Pflanzen waren gentechnisch verändert. Man geht daher davon aus, dass durch diese Verbreitung GV-Raps auch in anderen Kulturarten zu einem unerwünschten Unkraut werden kann. Darüber hinaus könnten wild wachsende GV-Rapspflanzen ihre Resistenzgene auf verwandte Wildpflanzen übertragen. Hierdurch wird der Einsatz weiterer Herbizide notwendig.

Der Rapsanbau erfolgt in Kanada weitestgehend in engen Fruchtfolgen. Am häufigsten wird eine zweigliedrige Fruchtfolge angewendet (Weizen – Raps) (GILL, 2018).

In der EU ist der Anbau gentechnisch veränderter Rapsorten verboten, jedoch ist der Import von GV-Raps für die Nutzung im Futtermittel- und Lebensmittelbereich erlaubt (BVL, 2022). Für den Rapsanbau in der EU sind aufgrund anderer Grundlagen im Anbau langfristig keine negativen Auswirkungen auf die Umwelt zu erkennen und zu erwarten.

5.4.4 Sonnenblume

Trotz umfangreicher Literaturrecherchen konnten keine nennenswerten negativen ökologischen Auswirkungen durch den Sonnenblumenanbau gefunden werden.

6 Diskussion

In der vorliegenden Projektarbeit wurden die vier wichtigsten Ölpflanzen näher betrachtet und anhand verschiedener Aspekte miteinander verglichen. Zu Beginn stellte sich die Frage, welche wirtschaftliche Bedeutung die Ölpflanzenproduktion weltweit hat und in welchen Regionen der Welt der Anbau hauptsächlich stattfindet. Darüber hinaus wurden die gängigen Anbauverfahren sowie die Qualität und Nutzungsmöglichkeiten der verschiedenen Ölpflanzen und deren Koppelprodukte aufgezeigt. Ein weiteres Kriterium, unter dem der Anbau der Ölpflanzen betrachtet wurde, war die Ökologie bzw. Nachhaltigkeit des Anbaus.

Es zeigte sich, dass es sich bei der Ölpalme aufgrund des geringen Flächen- und Wasserverbrauchs und des immensen Ölertrags je Hektar, der von keiner anderen Kulturart erreicht wird, um die effizienteste Ölpflanze handelt (vgl. Tab. 14): Auf vergleichsweise wenig Fläche kann der weltweite Bedarf an Pflanzenöl gedeckt werden. Daher ist es nachvollziehbar, dass sich innerhalb der letzten Jahrzehnte der globale Anbau – vor allem in Südostasien – auch aufgrund einer weltweit steigenden Nachfrage nach dem günstigen Pflanzenöl massiv ausgedehnt hat. Die Ölpalme ist für den Welthandel und für die Wirtschaft in Malaysia und Indonesien extrem bedeutend. Palmöl ist heute in Milliarden von Lebensmitteln und non-food-Produkten enthalten, wird in Biokraftstoffen verwendet und ist aufgrund fehlender Alternativen vom globalen Markt kaum wegzudenken.

Tabelle 14: Vergleich der Ölpflanzen: Ertrag, Wasser- und Flächenverbrauch

Kulturart	Ertrag in kg Öl / ha	Wasserverbrauch in Liter je kg Öl	Flächenverbrauch in m ² je kg Öl
Ölpalme	3.800	6	2,42
Sonnenblume	800	1.008	17,66
Raps	800	238	10,63
Soja	500	415	10,52

Doch nicht nur die steigende Nachfrage nach Pflanzenölen trägt zur steigenden Produktion bei. Koppelprodukte, die bei der Pflanzenölproduktion entstehen, stellen einzigartige, wertvolle Futtermittel in Form von Extraktionsschrot dar, die in der Tierproduktion verwertet werden können. Aufgrund ihres hohen Proteingehalts liegt der Produktionswert der Sojabohne daher vor allem in der Futtermittelherstellung. Durch einen weltweit durch mehr Wohlstand wachsenden Fleischkonsum steigt auch der Bedarf an Sojaextraktionsschrot stetig an. In allen Erzeugerländern ist eine immer weiter zunehmende Produktion von Sojabohnen zu beobachten. Die Sojabohne ist auch für den menschlichen Verzehr geeignet. Dies ist bei Raps nicht der Fall. Raps wird vor allem für die technische und energetische Nutzung angebaut und ist in der EU die bedeutendste Alternative zu Mineralöl und fossilen Brennstoffen.

Rapsextraktionsschrot ist zudem ein wertvolles Eiweißfuttermittel, das eine heimische Alternative zu Sojaimporten aus Übersee darstellt. Der Sonnenblumenanbau hat seine größte Bedeutung in der Ukraine und in Russland. Der anhaltende Angriffskrieg Russlands auf die Ukraine sorgt für einen immensen Druck auf die Lebensmittelpreise, wodurch die Ernährungssicherheit vieler Nationen, die auf günstige Importe angewiesen sind, nicht mehr gewährleistet wird. Denn Sonnenblumenöl wird vor allem für die menschliche Ernährung verwendet. Die industrielle Nutzung erfolgt für die Herstellung von Seifen, Lacken und Farben. Ein direkter Verzehr der Sonnenblumensaart ist möglich. Zusätzlich fällt als Nebenprodukt in der Sonnenblumenölproduktion Sonnenblumenextraktionsschrot an, welches für die Tierernährung verwendet werden kann. Das Futtermittel hat global betrachtet allerdings nur eine geringfügige Bedeutung.

Wie aus dieser Arbeit hervorgeht, hat sich die Ölpflanzenproduktion in den letzten Jahrzehnten um ein Vielfaches ausgedehnt. Der Grund hierfür liegt in den zahlreichen Verwertungsmöglichkeiten der Ölpflanzen und deren Koppelprodukte sowie in dem dadurch verstärkten globalen Bedarf, der möglichst rasch gedeckt werden will. Grundsätzlich wird die Vergrößerung der landwirtschaftlichen Produktion durch züchterische Fortschritte (höhere Erntemengen, Züchtung auf Resistenzen) oder durch eine Ausweitung der Landnutzung erreicht. Bei der Ölpflanzenproduktion sind beide Faktoren für die gesteigerte Produktion verantwortlich. In den größten Anbauländern erfolgt die Ausweitung des Anbaus häufig auf Kosten von natürlichen Lebensräumen und damit auf Kosten von heimischer Flora und Fauna. In den betroffenen Regionen werden großflächig Wälder zerstört, um neue Ackerflächen oder Standorte für Plantagen zu schaffen. Vor allem in Südamerika und Südostasien ist diese Entwicklung seit Jahren zu beobachten. Durch die Rodung von Wäldern kommt es zu einem massiven Rückgang der Biodiversität und zu einem vermehrten Aufkommen von Treibhausgasemissionen, wodurch der Klimawandel weiter beschleunigt wird. Die Konsequenz aus diesem Handeln ist, dass zukünftig die Ertragssicherheit in der globalen Landwirtschaft durch vermehrte Extremwittersituationen und steigende Temperaturen nicht mehr gewährleistet sein wird. Um dem entgegenzutreten erfolgten bereits politische Reaktionen: Palmöl wird bis 2030 in europäischem Biodiesel verboten.

Als Gefahr für die Umwelt ist auch der intensive Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu betrachten. Der Anbau von transgenem Saatgut führt zu einem intensiven Einsatz von Totalherbiziden wie Glyphosat. Hierdurch werden Abhängigkeiten geschaffen und Resistenzen in Beikräutern gefördert, wodurch neue Wirkstoffe genutzt werden und die Pflanzenschutzintensität weiter erhöht werden muss. Hierdurch kommt es auch hier zu einem großen Biodiversitätsverlust auf landwirtschaftlichen Flächen, wodurch die Anzahl der heimischen Tier- und Pflanzenarten rückläufig wird. Weiterhin führt der Einsatz von Totalherbiziden auf Plantagen (u. a. Paraquat auf Ölpalmpflanzungen) zu einer extremen

Gesundheitsgefährdung für landwirtschaftliche Arbeiter*innen. Damit hat die Ausweitung des Anbaus in diesen Regionen nicht nur umweltliche, sondern auch soziale Konsequenzen. Genaue Pflanzenschutz- (Fungizide, Insektizide, Herbizide) und Düngeintensitäten konnten trotz umfangreicher Recherche für den südostasiatischen Raum aufgrund des fehlenden Monitorings durch die Regierungen nicht gefunden werden. Zum Ölpalmenanbau sind in der Literatur hauptsächlich kritische Beiträge zu finden. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich durch weiterhin fehlende Kontrollen und Dokumentationen nur wenig Änderungen ergeben und auch künftig keine wirksamen Vorgaben zum Schutz von Wäldern und der Arbeiter*innen durch die Regierungen veranlasst werden.

Der Anbau von Soja und Raps erfolgt in den größten Erzeugerregionen häufig in Monokulturen oder in engen Fruchtfolgen mit Mais oder Weizen, wodurch die Bodenfruchtbarkeit sinkt und ein vermehrter Einsatz von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln und Düngern stattfindet. Durch Erosion sinkt die Wasserhaltefähigkeit der Böden, wodurch häufig auf künstliche Bewässerung zurückgegriffen werden muss. Auf Ölpalmenplantagen wäre zwar der Anbau mit Mischkulturen denkbar, entsprechende Statistiken zur tatsächlichen Umsetzung konnten aber im Rahmen der Literaturrecherche nicht gefunden werden.

Insgesamt wurden die vier wichtigsten Ölpflanzen betrachtet. Diese machen 85 % der weltweiten Pflanzenölproduktion aus. Es muss berücksichtigt werden, dass auf die Bedeutung exotischer bzw. alternativer Ölpflanzen wie die Färberdistel (Saflor), Rizinus oder Lein nicht näher eingegangen wurde. Grundsätzlich haben diese Ölsaaten aufgrund niedrigerer Ölerträge am Weltmarkt aber nur eine geringe Bedeutung. Im Gesamtvergleich zeigt sich, dass die vorgestellten Ölpflanzen eine signifikante Bedeutung in der globalen Agrarproduktion haben. Es stellt sich die Frage, ob der weltweite Bedarf an Pflanzenölen und Extraktionsschrotten weiterhin steigen und auf Kosten des Klima- und Umweltschutzes gedeckt wird. Grundsätzlich gibt es bereits Initiativen, sowohl von Regierungen (z. B. Eiweißpflanzenstrategie des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft), als auch von NGOs (z. B. Donau Soja, Forum Nachhaltiges Palmöl), die die Problematik erkannt haben und sich weltweit für den nachhaltigen bzw. nachhaltigeren Anbau von Ölpflanzen einsetzen. Ob diese auf Freiwilligkeit der Erzeuger*innen basierenden Initiativen einen langfristigen Effekt auf die globale Ölpflanzenproduktion mit sich bringen, bleibt fraglich. Denn das Ende der Ära von fossilen, endlichen Brennstoffen wird eine tiefgreifende Veränderung in der Energieproduktion und Energienutzung mit sich bringen. Eine wachsende Abhängigkeit von Biokraftstoffen ist absehbar. Vor allem im Bereich des Gütertransports (LKWs, Schiffe) gibt es kaum Alternativen zum Dieselmotor. Im Bereich des öffentlichen Personennahverkehrs und der privaten KFZ-Nutzung ist hingegen bereits jetzt ein Trend hin zur Nutzung von elektrisch betriebenen Fahrzeugen zu erkennen. Der steigende Bedarf an Pflanzenölen wird weiterhin zu einer „Tank oder Teller“-Diskussion führen. Denn der vermehrte Einsatz von

landwirtschaftlich nutzbaren Flächen für die energetische Nutzung des Aufwuchses führt zu einer sinkenden Verfügbarkeit von Agrarprodukten für die menschliche Ernährung. Hierdurch ist mit weiteren Preissteigerungen bei Lebensmitteln zu rechnen. Das Hauptargument der Debatte besteht allerdings darin, dass es weltweit – vor allem in Entwicklungsländern – nach wie vor hungernde Menschen gibt. Daher sei es moralisch verwerflich Flächen zur alleinigen energetischen Nutzung, anstatt zur Produktion von Lebensmitteln zu verwenden.

Aufgrund dieser Debatte und dem derzeitigen Bestreben vieler Regierungen, sich von Importen fossiler Energieträger unabhängig zu machen, würden sich weitergehende Untersuchungen anbieten, die

1. global die tatsächliche Nutzung landwirtschaftlicher Flächen zur reinen Energienutzung betrachten.
2. neben Biokraftstoffen aus Pflanzenölen die weltweite Erzeugung und die Nutzungsmöglichkeiten von Bioethanol und Biogas einbeziehen.
3. die ökologischen Auswirkungen der energetischen Nutzung von Pflanzen im Vergleich zu fossiler Energie aufzeigen.
4. die ökonomischen und sozialen Aspekte der Energiepflanzennutzung prüfen.

Sollte der Angriff Russlands auf die Ukraine fortgesetzt werden und daraus ein langjähriger Konflikt entstehen, kann damit gerechnet werden, dass der Anbau von Ölpflanzen in anderen Erzeugerländern ausgeweitet wird, um den weltweiten Bedarf an Pflanzenölen decken zu können. Es besteht das Risiko, dass hierdurch weiterhin wertvolle Ökosysteme und großflächig tropische Regenwälder zerstört werden. Die einzige Möglichkeit, um diesem Umstand entgegenzutreten, ist ein Verzicht auf Importe aus solchen Regionen. Aufgrund des geringen Selbstversorgungsgrades vieler Länder mit Pflanzenölen und Extraktionsschrotten ist dieser Gedanke allerdings als unrealistisch einzustufen. Wichtig für die Zukunft wäre daher ein langfristig nachhaltiger Umgang mit endlichen Ressourcen, der voraussichtlich nur durch politische Entscheidungen und Aufklärung der Bevölkerung erreicht werden kann.

7 Zusammenfassung

85 % der weltweit produzierten Pflanzenöle stammen aus nur vier landwirtschaftlichen Kulturen: Ölpalme, Sojabohne, Raps und Sonnenblume. Der globale Anbau hat sich in den letzten Jahrzehnten stark ausgeweitet. Der Grund hierfür liegt im steigenden Bedarf von Pflanzenöl und Koppelprodukten aus der Pflanzenölproduktion sowie in den zahlreichen Verwertungsmöglichkeiten von Ölpflanzen. So kann Pflanzenöl nicht nur für den direkten menschlichen Verzehr bzw. im Lebensmittelbereich verwendet werden, sondern auch industriellen und technischen Zwecken oder zur Herstellung von Biokraftstoffen dienen. Das Koppelprodukt Extraktionsschrot ist ein wertvolles Eiweißfuttermittel in der Tierhaltung. Immer wieder steht der Anbau von Ölpflanzen aufgrund ökologischer Bedenken, die vor allem mit Landnutzungsänderungen und dem intensiven Einsatz von Totalherbiziden begründet werden, in der Kritik. Vor allem in Südostasien und Südamerika, wo hauptsächlich der Anbau von Ölpalmen auf Plantagen stattfindet bzw. große Flächen für den Sojaanbau benötigt werden, werden natürliche Lebensräume für die dortige Agrarproduktion zerstört. Die Folge daraus ist ein fortschreitender Verlust von Biodiversität und eine vermehrte Emission von Treibhausgasen, durch die der Klimawandel beschleunigt wird. Zukünftig wird sich der Bedarf an pflanzlichen Ölen voraussichtlich weiter erhöhen, da es für die beschriebenen Nutzungsmöglichkeiten kaum Alternativen unter den nachwachsenden Rohstoffen gibt, aus denen sowohl Öl als auch Eiweißfuttermittel produziert werden können. Zudem ist aufgrund des Überfalls Russlands auf die Ukraine derzeit vor allem in der westlichen Welt eine Abkehr von fossilen Energieträgern zu beobachten. Es kann daher damit gerechnet werden, dass die Nachfrage nach Kraftstoffen aus Pflanzenöl weiterhin steigen wird.

Literaturverzeichnis

- AGENCE FRANCE-PRESSE GMBH (20.4.2022): Preissteigerung für Ölprodukte: Ukraine-Krieg übertrifft Ölkrise. Die Rheinpfalz.
- AHRENS, S. (2022a): Produktion pflanzlicher Öle weltweit nach Art bis 2021/22 | Statista. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/28644/umfrage/erzeugung-pflanzlicher-oele-weltweit-seit-2000/>. (abgerufen am: 9.8.2022).
- AHRENS, S. (2022b): Hektarertrag von Sojabohnen in Europa nach ausgewählten Ländern 2021 | Statista. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1142573/umfrage/hektarertrag-von-sojabohnen-in-europa/>. (abgerufen am: 20.7.2022).
- AHRENS, S. (2022c): Produktion von Palmöl weltweit bis 2021/2022 | Statista. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/443045/umfrage/produktion-von-palmoel-weltweit/>. (abgerufen am: 26.7.2022).
- AHRENS, S. (2022d): Anbaufläche von Raps weltweit bis 2021/22 | Statista. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/443207/umfrage/anbauflaeche-von-raps-weltweit/>. (abgerufen am: 11.8.2022).
- AHRENS, S. (2022e): Hektarertrag verschiedener Ölsaaten im Vergleich weltweit 2019. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1143326/umfrage/hektarertrag-oelsaaten-weltweit/>. (abgerufen am: 23.8.2022).
- ALTIERI, M. A. und J. G. FARRELL (2018): Agroecology: The science of sustainable agriculture, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, London, New York.
- ARTHEY, T. (2020): Challenges and Perspectives in Global Rapeseed Production. URL: <http://www.agribenchmark.org/fileadmin/Dateiablage/B-Cash-Crop/Reports/RapseedReport-2020-complete.pdf>. (abgerufen am: 23.8.2022).
- AVILA-VAZQUEZ, M., F. S. DIFILIPPO, B. M. LEAN, E. MATURANO und A. ETCHEGOYEN (2018): Environmental Exposure to Glyphosate and Reproductive Health Impacts in Agricultural Population of Argentina. *Journal of Environmental Protection* 09, 241–253.
- BDB, OVID, UFOP und VDB (2021): Politikinformation Biokraftstoffe: Aktuelle Verbraucherumfrage, Fakten und Hintergründe. URL: https://www.bdbe.de/application/files/7716/3030/7619/Politikinformation_Biokraftstoffe.pdf. (abgerufen am: 15.8.2022).
- BECKMANN, H. (3.3.2022): Folgen für Landwirtschaft: Wie der Krieg das Brot verteuert. [tagesschau.de](https://www.tagesschau.de).

- BEESTEN, F. (2022): Reifegruppen – Sojaförderring. URL:
<https://www.sojafoerderring.de/anbauratgeber/sortenratgeber/reifegruppen/>. (abgerufen am: 20.7.2022).
- BELITZ, H.-D., W. GROSCH und P. SCHIEBERLE (2001): Lehrbuch der Lebensmittelchemie. 5. Aufl., Springer, Berlin, Heidelberg.
- BERTRAND, M. (2014): Fette und Öle: Grundlagenwissen und praktische Verwendung. Ernährungs Umschau, 162–170.
- BEWEKA (2022): Palmkernextraktionsschrot - Rohstofflexikon. URL:
<https://www.beweka.com/service/rohstoffe/eintrag/palmkernextraktionsschrot.html>. (abgerufen am: 25.8.2022).
- BINDRABAN, P. S., A. C. FRANKE, D. O. FERRAR, C. M. GHERSA und C. C. M. VAN DE WIEL (2009): GM-Related Sustainability: Agro-Ecological Impacts, Risks and Opportunities of Soy Production in Argentina and Brazil.
- BMBF (2008): Gentechnisch veränderter Raps in Kanada: Zehn Jahre Anbau - eine Bilanz - Aktuell - biosicherheit.de. URL:
<http://www.pflanzenforschung.de/biosicherheit/aktuell/569.gentechnisch-veraenderter-raps-kanada-jahre-anbau-bilanz.html>. (abgerufen am: 16.8.2022).
- BMEL (2022a): Ackerbau - Eiweißpflanzenstrategie des BMEL. URL:
<https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/pflanzenbau/ackerbau/eiweisspflanzenstrategie.html#doc10544bodyText6>. (abgerufen am: 21.7.2022).
- BMEL (2022b): BMEL-Statistik: Ölsaaten. URL: <https://www.bmel-statistik.de/ernaehrung-fischerei/versorgungsbilanzen/oelsaaten/>. (abgerufen am: 10.7.2022).
- BMEL (2022c): BMEL-Statistik: Winterrapsernte. URL: <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/ernte-und-qualitaet/winterrapsernte>. (abgerufen am: 23.8.2022).
- BOHAN, D. A., C. W. H. BOFFEY, D. R. BROOKS, S. J. CLARK, A. M. DEWAR, L. G. FIRBANK, A. J. HAUGHTON, C. HAWES, M. S. HEARD, M. J. MAY, J. L. OSBORNE, J. N. PERRY, P. ROTHERY, D. B. ROY, R. J. SCOTT, G. R. SQUIRE, I. P. WOIWOD und G. T. CHAMPION (2005): Effects on weed and invertebrate abundance and diversity of herbicide management in genetically modified herbicide-tolerant winter-sown oilseed rape. *Proceedings. Biological sciences* 272, 463–474.
- BÖTTCHER, J., N. HAMPL, M. KÜGEMANN und F. LÜDEKE-FREUND (Hrsg.) (2014): Biokraftstoffe und Biokraftstoffprojekte: Rechtliche, technische und wirtschaftliche Aspekte, Springer Gabler, Berlin & Heidelberg.

- BRÜGGEMANN, C. (2020): Deutsche Sojabohnenernte bricht Rekord. URL: https://www.topagrar.com/markt/news/deutsche-sojabohnenernte-bricht-rekord-12391502.html?utm_campaign=search&utm_source=topagrar&utm_medium=referral. (abgerufen am: 9.7.2022).
- BUNDESVERBAND BIOENERGIE E. V. (2022): Biokraftstoffe leisten unverzichtbaren Beitrag zur Versorgungssicherheit. URL: <https://www.bioenergie.de/presse/allgemeines/biokraftstoffe-leisten-unverzichtbaren-beitrag-zur-versorgungssicherheit>.
- BVL (2022): Produkte aus Raps - In der EU zugelassene Produkte aus gentechnisch verändertem Raps. URL: https://www.bvl.bund.de/DE/Arbeitsbereiche/06_Gentechnik/02_Verbraucher/03_Genehmigungen/01_Inverkehrbringen/04_Raps/gentechnik_inverkehrbringen_Raps_basepage.html. (abgerufen am: 18.8.2022).
- CARLSON, K. M. und R. D. GARRETT (2016): Environmental Impacts of Tropical Soybean and Palm Oil Crops. *In*: Shugart, H. H. (Hrsg.), Oxford research encyclopedia of environmental science, Oxford University Press, Oxford.
- COMTE, I., F. COLIN, J. K. WHALEN, O. GRÜNBERGER und J.-P. CALIMAN (2012): Agricultural Practices in Oil Palm Plantations and Their Impact on Hydrological Changes, Nutrient Fluxes and Water Quality in Indonesia. *In*: Sparks, D. L. (Hrsg.), Advances in agronomy, Elsevier/Academic Press, Amsterdam, Boston, 71–124.
- DEI, H. K. (2011): Soybean as a Feed Ingredient for Livestock and Poultry. *In*: Krezhova, D. (Hrsg.), Recent Trends for Enhancing the Diversity and Quality of Soybean Products, InTech.
- DEUTSCHE BUNDESBANK (2022): Ukraine-Krieg, Lieferengpässe und Inflation belasten deutsche Wirtschaft. URL: <https://www.bundesbank.de/de/aufgaben/themen/ukraine-krieg-lieferengpaesse-und-inflation-belasten-deutsche-wirtschaft-891386>. (abgerufen am: 5.7.2022).
- DEUTSCHE UMWELTHILFE E. V. (2019): EU verbant Palmöl aus dem Diesel - Deutsche Umwelthilfe wertet Entscheidung als Fortschritt für mehr. URL: <https://www.presseportal.de/pm/22521/4217781>. (abgerufen am: 24.8.2022).
- DEUTSCHLANDFUNKKULTUR (2022): Ukraine-Krieg - Dünger-Exportstopp Russlands belastet deutsche Bauern. URL: <https://www.deutschlandfunkkultur.de/russland-ukraine-krieg-duengemittel-preise-100.html>. (abgerufen am: 5.7.2022).
- DIEPENBROCK, W. (2014): Nachwachsende Rohstoffe: 43 Abbildungen, 44 Tabellen, Ulmer, Stuttgart.

DONAU SOJA (2022): Our Vision: A Sustainable, Safe and European Protein Supply. URL: <https://www.donausoja.org>. (abgerufen am: 21.7.2022).

DOWN TO EARTH (2005): Pesticide use in oil palm plantations. URL: <https://www.downtoearth-indonesia.org/story/pesticide-use-oil-palm-plantations>. (abgerufen am: 9.8.2022).

DUKE, S. O. (2018): Herbicide-Resistant Crops: Agricultural, Economic, Environmental, Regulatory, and Technological Aspects, CRC Press, Milton.

ERHARDSBERGER, M. (2020): Ökologie und Nachhaltigkeit. URL: https://www.hss.de/download/publications/PS_490_WELT_VON_MORGEN_04_Erhardberger.pdf. (abgerufen am: 15.7.2022).

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2022): Getreide, Ölsaaten, Eiweißpflanzen und Reis. URL: https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/cereals_de. (abgerufen am: 19.7.2022).

FAO (2020): Forest, biodiversity and people, FAO, Rome.

FAO (2021a): Crops and livestock products. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. (abgerufen am: 20.7.2022).

FAO (2021b): Oil palm fruit yields. URL: <https://ourworldindata.org/grapher/palm-oil-yields?tab=chart>. (abgerufen am: 9.8.2022).

FAO (2022a): Sunflower. URL: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/sunflower/en/>. (abgerufen am: 23.8.2022).

FAO (2022b): The importance of Ukraine and the Russian Federation for global agricultural markets and the risks associated with the war in Ukraine. URL: <https://www.fao.org/3/cb9013en/cb9013en.pdf>.

FAOSTAT (2022a). URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>. (abgerufen am: 20.7.2022).

FAOSTAT (2022b): Commodities by country - Canada. URL: https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/commodities_by_country. (abgerufen am: 16.8.2022).

FARGIONE, J., J. HILL, D. TILMAN, S. POLASKY und P. HAWTHORNE (2008): Land clearing and the biofuel carbon debt.

FAURÈS, J.-M., J. HOOGEVEEN und J. BRUINSMA (2002): The FAO irrigated area forecast for 2030. URL: <https://www.fao.org/3/I9278EN/i9278en.pdf>. (abgerufen am: 17.7.2022).

- FLACH, B., S. LIEBERZ, J. LAPPIN und S. BOLLA (2018): EU Biofuels Annual 2018. URL: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Biofuels%20Annual_The%20Hague_EU-28_7-3-2018.pdf. (abgerufen am: 18.8.2022).
- FNR (2022): Biokraftstoffe: Pflanzenölkraftstoff. URL: <https://biokraftstoffe.fnr.de/kraftstoffe/pflanzenoel>. (abgerufen am: 4.8.2022).
- FRANZKE, C. (Hrsg.) (1998): Allgemeines Lehrbuch der Lebensmittelchemie. 3. Aufl., Behr, Hamburg.
- FRIEDT, W. und W. LÜHS (2001): Perspektiven der Industriepflanzenzüchtung: Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft/ Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (HG): Nachwachsende Rohstoffe für die Chemie. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ Band 18, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster.
- FRY, J. (2022): Sonnenblumen: Das sind die wichtigsten EU-Anbauländer. URL: <https://www.agrarheute.com/pflanze/sonnenblumen-wichtigsten-eu-anbaulaender-594126>. (abgerufen am: 18.8.2022).
- GILL, K. S. (2018): Crop rotations compared with continuous canola and wheat for crop production and fertilizer use over 6 yr. *Canadian Journal of Plant Science* 98, 1139–1149.
- GIZ (2022): Was ist nachhaltige Landwirtschaft. URL: <https://www.giz.de/de/downloads/giz2015-de-nachhaltige-landwirtschaft.pdf>. (abgerufen am: 17.7.2022).
- GOEDERT, W. J. (1983): Management of the Cerrado soils of Brazil: a review. *Journal of Soil Science* 34, 405–428.
- GRANDA, C. B., L. ZHU und M. T. HOLTZAPPLE (2007): Sustainable liquid biofuels and their environmental impact. *Environmental Progress* 26, 233–250.
- HAECKEL, E. H. P. A. (1866): Generelle morphologie der organismen. Allgemeine grundzüge der organischen formen-wissenschaft, mechanisch begründet durch die von Charles Darwin reformirte descendenztheorie, von Ernst Haeckel, G. Reimer, Berlin.
- HEYLAND, K.-U., H. HANUS und E. R. KELLER (2006): Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen, Ulmer, Stuttgart.
- IMGRABEN, H.-J. (2021): Anbauanleitung für Sojabohnen 2021. URL: https://www.sojafoerderring.de/wp-content/uploads/2021/02/Anbauanleitung_fuer_Sojabohnen_2021_lang.pdf. (abgerufen am: 20.7.2022).

- KALTSCHMITT, M. und H. HARTMANN (2001): Produktion und Nutzung von Pflanzenölkraftstoffen. *In*: Kaltschmitt, M. und H. Hartmann (Hrsg.), Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, s.l., 537–583.
- KALTSCHMITT, M., K. MEYER und J. WEINBERG (2014): Verfahrenstechnik von Biokraftstoffanlagen (1. und 2. Generation). *In*: Böttcher, J., N. Hampl, M. Kügemann und F. Lüdeke-Freund (Hrsg.), Biokraftstoffe und Biokraftstoffprojekte: Rechtliche, technische und wirtschaftliche Aspekte, Springer Gabler, Berlin & Heidelberg, 157–184.
- KHOLOSHYN, I., S. MANTULENKO, A. S. JOYCE, D. SHERICK, T. UVALIEV und V. VEDMITSKA (2021): Geography of agricultural exports from Ukraine. E3S Web of Conferences 280.
- KOLE, C. (Hrsg.) (2012): Handbook of bioenergy crop plants, CRC Press, Boca Raton, Fla.
- KRIST, S. (2013a): Lexikon der Pflanzlichen Fette Und Öle. 2. Aufl., Springer Wien, Vienna.
- KRIST, S. (2013b): Palmkernöl/Palmöl. *In*: Krist, S. (Hrsg.), Lexikon der pflanzlichen Fette und Öle, Springer Vienna, Vienna, 577–585.
- KRIST, S. (2013c): Rapsöl. *In*: Krist, S. (Hrsg.), Lexikon der pflanzlichen Fette und Öle, Springer Vienna, Vienna, 665–673.
- KRIST, S. (2013d): Sojaöl. *In*: Krist, S. (Hrsg.), Lexikon der pflanzlichen Fette und Öle, Springer Vienna, Vienna, 751–758.
- KRIST, S. (2013e): Sonnenblumenöl. *In*: Krist, S. (Hrsg.), Lexikon der pflanzlichen Fette und Öle, Springer Vienna, Vienna, 759–768.
- LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2021): Gruber Tabellen zur Fütterung in der Rindermast und in der Milchviehhaltung. URL: https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/p_31941.pdf. (abgerufen am: 11.8.2022).
- LENDE, S. G. und G. VELÁZQUEZ (2018): Soybean Agribusiness in Argentina (1990–2015): Socio- Economic, Territorial, Environmental, and Political Implications. *In*: Egilmez, G. (Hrsg.), Agricultural value chain, IntechOpen, London, United Kingdom.
- LICHTFOUSE, E. (Hrsg.) (2010): Biodiversity, biofuels, agroforestry and conservation agriculture, Springer, Dordrecht, Heidelberg, London, New York.
- LUDWICZEK, N. (2017): Biokraftstoffe und Landkonkurrenz: Die sozial-ökologische Regulierung von Landnutzung in Brasilien und in der EU, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.

- LUSKIN, M. S., W. R. ALBERT und M. W. TOBLER (2017): Sumatran tiger survival threatened by deforestation despite increasing densities in parks. *Nature communications* 8, 1783.
- MARIA, M. de, E. ROBINSON, J. R. KANGILE, R. M. J. KADIGI, I. DREONI, M. COUTO, N. HOWAI, J. PECI und S. FIENNES (2020): Global Soybean Trade – The Geopolitics of a Bean.
- MARTIN, K. und J. SAUERBORN (2006): *Agrarökologie: 21 Tabellen*, Ulmer, Stuttgart.
- MATTHÄUS, B. (Hrsg.) (2009): *Warenkunde Ölpflanzen/Pflanzenöle: Inhaltsstoffe, Analytik, Reinigung, Trocknung, Lagerung, Vermarktung, Verarbeitung, Verwendung*, AgriMedia, Clenze.
- MEIJAARD, E., J. GARCIA-ULLOA, D. SHEIL, K. M. CARLSON, S. A. WICH, D. JUFFE-BIGNOLI und T. M. BROOKS (2018): Oil palm and biodiversity: a situation analysis by the IUCN Oil Palm Task Force, IUCN, International Union for Conservation of Nature.
- MILLER, N. L., K. BASHFORD E. und E. STREM (2001): Climate change sensitivity study of California hydrology: a report to the California Energy Commission.
- MYERS, N. (1989): Tropical Deforestation and Climatic Change. *In: Berger, A., S. Schneider und J. C. Duplessy (Hrsg.), Climate and Geo-Sciences*, Springer Netherlands, Dordrecht, 341–353.
- NAUMANN, M. (2019): Palmkernöl: Verwendung, Gewinnung und Öko-Bilanz. URL: <https://utopia.de/ratgeber/palmkernoel-verwendung-gewinnung-und-oeko-bilanz/>. (abgerufen am: 26.7.2022).
- NIGH, V. (2022): Ukraine, Russia, Volatile Ag Markets. URL: <https://www.fb.org/market-intel/ukraine-russia-volatile-ag-markets>. (abgerufen am: 14.7.2022).
- OBAIDEEN, K. (2020): Contribution of Vegetable Oils towards Sustainable Development Goals: A Comparative Analysis.
- PILORGÉ, E. (2020): Sunflower in the global vegetable oil system: situation, specificities and perspectives. *OCL* 27, 34.
- PIMENTEL, D. (1999): Ecological resources, agricultural sustainability, and the global human population.
- PIMENTEL, D., B. BERGER, D. FILIBERTO, M. NEWTON, B. WOLFE, E. KARABINAKIS, S. CLARK, E. POON, E. ABBETT und S. NANDAPOGAL (2004): *Water Resources, Agriculture and the Environment*. URL: https://ecommons.cornell.edu/bitstream/handle/1813/352/pimentel_report_04-

1.pdf;jsessionid=2F64CCE60D85F14AB4EB38252B119119?sequence=1. (abgerufen am: 17.7.2022).

PIMENTEL, D., C. WILSON, C. MCCULLUM, R. HUANG, P. DWEN, J. FLACK, Q. TRAN, T. SALTMAN und B. CLIFF (1997): Economic and Environmental Benefits of Biodiversity. *BioScience* 47, 747–757.

QAIM, M., K. T. SIBHATU, H. SIREGAR und I. GRASS (2020): Environmental, Economic, and Social Consequences of the Oil Palm Boom. *Annual Review of Resource Economics* 12, 321–344.

RABOANATAHIRY, N., H. LI, L. YU und M. LI (2021): Rapeseed (*Brassica napus*): Processing, Utilization, and Genetic Improvement. *Agronomy* 11, 1776.

REHM, S. und G. ESPIG (1984): Die Kulturpflanzen der Tropen und Subtropen: Anbau, wirtschaftliche Bedeutung, Verwertung. 2. Aufl., Ulmer, Stuttgart.

REIBER, S. (2021): Gentechnik in Lebensmitteln: Bekommt die EU neue Regeln? URL: <https://www.sueddeutsche.de/wissen/gentechnik-lebensmittel-pflanzen-eu-1.5283429>. (abgerufen am: 20.7.2022).

RINCKER, K., R. NELSON, J. SPECHT, D. SLEPER, T. CARY, S. R. CIANZIO, S. CASTEEL, S. CONLEY, P. CHEN, V. DAVIS, C. FOX, G. GRAEF, C. GODSEY, D. HOLSHOUSER, G.-L. JIANG, S. K. KANTARTZI, W. KENWORTHY, C. LEE, R. MIAN, L. MCHALE, S. NAEVE, J. ORF, V. POYSA, W. SCHAPAUGH, G. SHANNON, R. UNIATOWSKI, D. WANG und B. DIERS (2014): Genetic Improvement of U.S. Soybean in Maturity Groups II, III, and IV. *Crop Science* 54, 1419–1432.

RITCHIE, H. und M. ROSER (2020): Agricultural Production. URL: <https://ourworldindata.org/agricultural-production>.

RITCHIE, H. und M. ROSER (2021a): Forests and Deforestation. *Our World in Data*.

RITCHIE, H. und M. ROSER (2021b): Soy. URL: <https://ourworldindata.org/soy>.

ROTH, L. und K. KORMANN (2000): Ölpflanzen - Pflanzenöle: Fette, Wachse, Fettsäuren, Botanik, Inhaltsstoffe, Analytik, ecomed, Landsberg/Lech.

SCHAFER, M. G., A. A. ROSS, J. P. LONDO, C. A. BURDICK, E. H. LEE, S. E. TRAVERS, P. K. VAN DE WATER und C. L. SAGERS (2011): The establishment of genetically engineered canola populations in the U.S. *PLOS ONE* 6, e25736.

SCHÄFER, M. und G. HEITMANN (2021): Bericht zur Markt- und Versorgungslage: Ölsaaten, Öle und Fette - 2021. URL: <https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten->

Berichte/OeleFette/Versorgung/2021BerichtOele.pdf?__blob=publicationFile&v=2.
(abgerufen am: 9.7.2022).

ŠIKLOMANOV, I. A. (Hrsg.) (2004): World water resources at the beginning of the twenty-first century, Cambridge University Press, Cambridge.

STATISTA (2022): Ölsaaten im Welthandel. URL:
<https://de.statista.com/statistik/studie/id/29017/dokument/oelsaaten-im-welthandel-statista-dossier/>.

STATISTISCHES BUNDESAMT (2021): Bodennutzung der Betriebe (Landwirtschaftlich genutzte Flächen) - Fachserie 3 Reihe 3.1.2 - 2021.

THEN, C., J. MIYAZAKI, A. BAUER-PANSKUS und T. REICHERT (2018): Gentechnik-Soja in Südamerika: Flächenverbrauch, Pestizideinsatz und die Folgen für die globalen Ziele für nachhaltige Entwicklung. URL:
https://www.germanwatch.org/sites/default/files/Studie%20Gentechnik-Soja%20in%20S%C3%BCdamerika_0.pdf. (abgerufen am: 20.7.2022).

THOMAS, A. (2010): Fats and Fatty Oils, Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry, 7. Aufl., Wiley-VCH, Weinheim, Wiley online library.

TRANSGEN (2022a): Aussaat 2022: Anbau von Gentechnik-Pflanzen bleibt in den USA auf hohem Niveau - Anbau - transgen.de. URL:
<https://www.transgen.de/anbau/2581.gentechnik-pflanzen-usa-anbau.html>. (abgerufen am: 21.7.2022).

TRANSGEN (2022b): Raps | transGEN Datenbank - Pflanzen - transgen.de. URL:
<https://www.transgen.de/datenbank/pflanzen/1980.raps.html>. (abgerufen am: 16.8.2022).

TRANSPORT & ENVIRONMENT (2022): Why is palm oil bad? - Transport & Environment. URL: <https://www.transportenvironment.org/challenges/energy/biofuels/why-is-palm-oil-biodiesel-bad/>. (abgerufen am: 26.7.2022).

UFOP (2021): Bericht zur globalen Marktversorgung 2020/2021. URL:
https://www.ufop.de/files/2216/1357/6857/UFOP_Versorgungsbericht_A5_D_20_21_160221.pdf. (abgerufen am: 25.8.2022).

UMWELTBUNDESAMT (2022): Pflanzenschutzmittel in der Landwirtschaft. URL:
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/pflanzenschutzmittel-in-der-landwirtschaft>. (abgerufen am: 11.8.2022).

URBANSKY, F. (2018): HVO könnte hocheffizienter Ersatz für Heizöl sein. URL:
<https://www.springerprofessional.de/biomasse/energie/hvo-koennte-hocheffizienter-ersatz-fuer-heizoel-sein/15532308>. (abgerufen am: 12.7.2022).

USAID (2022): Agriculture Fact Sheet. URL:

https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/Agriculture_eng_May_2022.pdf.

(abgerufen am: 10.7.2022).

USDA (2022a): Crop Explorer for Major Crop Regions - United States Department of

Agriculture. URL: https://ipad.fas.usda.gov/rssiws/al/up_cropprod.aspx. (abgerufen am:

12.7.2022).

USDA (2022b): Ukraine Agricultural Production and Trade. URL:

<https://www.fas.usda.gov/sites/default/files/2022-04/Ukraine-Factsheet-April2022.pdf>.

VIJAY, V., S. L. PIMM, C. N. JENKINS und S. J. SMITH (2016): The Impacts of Oil Palm on Recent Deforestation and Biodiversity Loss. PloS one 11, e0159668.

VÖRÖSMARTY, C. J., P. GREEN, J. SALISBURY und R. B. LAMMERS (2000): Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. Science (New York, N.Y.) 289, 284–288.

WASKOW, F. (Hrsg.) (1998): Leitfaden nachwachsende Rohstoffe: Anbau - Verarbeitung - Produkte, C. F. Müller, Heidelberg.

WEINHAPPEL, M. und J. WASNER (2020): Sonnenblume. URL:

https://www.lko.at/media.php?filename=download%3D%2F2015.12.04%2F1449215393025316.pdf&rn=Kulturanleitung_Sonnenblume.pdf.

WILEY, J. (2008): The CRB commodity yearbook 2008, Commodity Research Bureau, Hoboken, N.J., Chichester.

WWF (2022): Soja – die Nachfrage steigt. URL: [https://www.wwf.de/themen-](https://www.wwf.de/themen-projekte/landwirtschaft/produkte-aus-der-landwirtschaft/soja)

[projekte/landwirtschaft/produkte-aus-der-landwirtschaft/soja](https://www.wwf.de/themen-projekte/landwirtschaft/produkte-aus-der-landwirtschaft/soja). (abgerufen am: 20.7.2022).

YARA MALAYSIA (2018): How to increase Oil Palm Yield | Yara Malaysia. URL:

<https://www.yara.my/crop-nutrition/oil-palm/how-to-increase-oil-palm-yield---understanding-nutrient-role/>. (abgerufen am: 24.8.2022).

YASHNEVSKA, O. (2021): Statistical Yearbook of Ukraine. URL:

https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/11/Yearbook_2020_e.pdf.

ZAK, A. (2022): Global Industry Analysts Predicts the World Palm Oil Market to Reach \$92.3

Billion by 2026. URL: [https://www.prnewswire.com/news-releases/global-industry-](https://www.prnewswire.com/news-releases/global-industry-analysts-predicts-the-world-palm-oil-market-to-reach-92-3-billion-by-2026--301508566.html)

[analysts-predicts-the-world-palm-oil-market-to-reach-92-3-billion-by-2026--301508566.html](https://www.prnewswire.com/news-releases/global-industry-analysts-predicts-the-world-palm-oil-market-to-reach-92-3-billion-by-2026--301508566.html). (abgerufen am: 26.7.2022).

ZOEBELEIN, H. und V. BÖLLERT (Hrsg.) (2001): Dictionary of renewable resources. 2.

Aufl., Wiley-VCH, Weinheim.