

# **Tendenzen, Probleme und Chancen des Anbaus von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland**

Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Naturwissenschaften  
(Dr. rer. nat.)

dem

Fachbereich Pharmazie der  
Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Bernd Hoppe  
geb. am 07.02.1943 in Erfurt

**Marburg/Lahn 2017**

Erstgutachter: Prof. Dr. Michael Keusgen

Zweitgutachter: Prof. Dr. Michael Henry Böhme

Eingereicht am 08.12.2017

Tag der mündlichen Prüfung am 07.02.2018

Hochschulkennziffer: 1180

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>4</b>	
1	Einleitung	5
1.1	Charakteristika von Arznei- und Gewürzpflanzen	5
1.1.1	Definition Arzneipflanzen	5
1.1.2	Definition Gewürzpflanzen	7
1.1.3	Definition und Charakteristik von Drogen	8
1.2	Situation des Anbaus von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland	9
2	Ziele und Aufgaben	12
3	Material und Methoden	13
<b>4</b>	<b>Ergebnisse und Diskussion</b>	<b>16</b>
<b>4.1</b>	<b>Stand des Arznei- und Gewürzpflanzenanbaus in Deutschland</b>	<b>16</b>
4.1.1	Entwicklung und Stand des Anbaus von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland	16
4.1.2	Anbauformen	18
4.1.2.1	Integrierter Anbau	18
4.1.2.2	Ökologischer Anbau	19
4.1.3	Im Anbau befindliche Arten	20
4.1.4	Anbauregionen	25
<b>4.2</b>	<b>Wissenschaftsvorleistungen für die Erhöhung des Anbauumfanges von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland</b>	<b>28</b>
4.2.1	Notwendige Wissenschaftsvorleistungen	28
4.2.1.1	Züchtung	28
4.2.1.2	Analytik	33
4.2.1.3	Phytopathologie	36
4.2.1.4	Optimierung von Anbauverfahrensschritten von existenzieller Bedeutung	38
4.2.1.4.1	Unkrautbekämpfung	38
4.2.1.4.2	Technische Trocknung	41
4.2.2	Voraussetzungen für die Erbringung der notwendigen Wissenschaftsvorleistungen	43
4.2.2.1	Aufbau eines Bundesforschungsinstitutes für Arznei- und Gewürzpflanzen	43
4.2.2.2	Personalausstattung und Nachwuchsförderung	43
4.2.2.3	Nutzung von Synergieeffekten	45
<b>4.3</b>	<b>Erhöhung der Artenvielfalt im Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen durch Inkulturnahme</b>	<b>48</b>
4.3.1	Gründe für eine Inkulturnahme neuer Arten	48
4.3.2	Forschungs- und Sammlungsreisen in außereuropäische Gebiete	49
4.3.3	Voraussetzungen für eine Inkulturnahme und Ausblick	50
<b>4.4</b>	<b>Erweiterung der Einsatzfelder von Arznei- und Gewürzdrogen</b>	<b>52</b>
4.4.1	Nutzung von Arznei- und Gewürzdrogen außerhalb der Pharma- und Gewürzmittelindustrie	52
4.4.1.1	Einsatz in Lebensmitteln	52
4.4.1.2	Einsatz in Haushaltsprodukten	54
4.4.1.3	Einsatz in Kosmetika	55
4.4.1.4	Einsatz in Nahrungsergänzungsmitteln	58

4.4.1.5	Nutzung als natürliche Farbstoffe	60
4.4.1.6	Einsatz als natürliche Fungizide und Insektizide	61
4.4.1.7	Einsatz als natürliche Vorratsschutzmittel	64
4.4.1.8	Einsatz als phyto gene Futterzusätze in der Tierernährung	65
4.4.2	Voraussetzungen für den Einsatz als Industriedrogen außerhalb der Pharma- und Gewürzmittelindustrie	67
<b>5</b>	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick</b>	<b>70</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>80</b>
	Abstract	82
	Literaturverzeichnis	84
	Verzeichnis der Abbildungen	103
	Verzeichnis der Tabellen	104
<b>Anhang</b>		
Anlage 1:	2003 in Deutschland angebaute Arznei- und Gewürzpflanzen [Hoppe 2005]	105
Anlage 2:	2003 in Deutschland ökologisch angebaute Arznei- und Gewürzpflanzen [Röhricht et al. 2003]	108
Anlage 3:	2011 in Deutschland angebaute Arznei- und Gewürzpflanzen [Plescher 2012]	111
Anlage 4:	Möglicher Arznei- und Gewürzdrogeneinsatz als Industrierohstoffe außerhalb der Pharma- und Gewürzmittelindustrie [Hoppe 2017]	114
Anlage 5:	Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen in Lebensmitteln	117
Anlage 6:	Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen in Haushaltsprodukten	121
Anlage 7:	Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen in Kosmetika	122
Anlage 8:	Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen in Nahrungsergänzungsmitteln	127
Anlage 9:	Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen als natürliche Farbstoffe	128
Anlage 10:	Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen als natürliche Fungizide und Insektizide	130
Anlage 11:	Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen als natürliche Vorratsschutzmittel	134
Anlage 12:	Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen als phyto gene Futterzusätze	135
	Glossar	136
	Lebenslauf	139
	Eidesstattliche Erklärung	141

## Abkürzungsverzeichnis

AiF	Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen
Akh/ha	Arbeitskraftstunden pro Hektar
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
BHKW	Blockheizkraftwerk
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
DC	Dünnschichtchromatographie
DDT	Dichlordiphenyltrichlorethan
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DNA	Deoxyribonucleic acid
E	EU-Kennzeichnung zugelassener Lebensmittelzusatzstoffe
EMA	European Medicines Agency (Europäische Arzneimittel-Agentur)
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe
g	Gramm
GC	Gaschromatographie
GHS	Global Harmonisiertes System
GPS	Global Positioning System (Globales Positionsbestimmungssystem)
ha	Hektar
HMPC	Herbal Medicinal Products Committee der europäischen Zulassungsagentur EMA
HPTLC	High Performance Thin Layer Chromatography (Hochleistungs-dünnschichtchromatographie)
HPLC	High Performance Liquid Chromatography (Hochleistungsflüssigkeitschromatographie)
IARC	International Agency for Research on Cancer (Internationale Agentur für Krebsforschung, eine Einrichtung der WHO mit Sitz in Lyon/Frankreich)
k. A.	keine Angaben
kJ/kg	Kilojoule pro Kilogramm
KMU	Klein- und mittelständische Unternehmen
LMFG	Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch
n	Anzahl
NIR	Nah-Infrarot-Spektroskopie
PA	Pyrrrolizidinalkaloide
t	Tonnen
TCM	Traditionelle chinesische Medizin
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
USEPA	United States Environmental Protection Agency, unabhängige Umweltschutzbehörde der Regierung der USA
ZAG	Zeitung für Arznei- und Gewürzpflanzen

## 1 Einleitung

In Deutschland werden zurzeit etwa 13.000 Hektar Arznei- und Gewürzpflanzen angebaut. Ausgehend von dem gegenwärtigen Stand des Arznei- und Gewürzpflanzenanbaus in Deutschland gilt es, die erforderlichen Voraussetzungen und Möglichkeiten für den Erhalt sowie die Erhöhung des gegenwärtigen Anbauumfanges von Arznei- und Gewürzpflanzen herauszuarbeiten.

### 1.1 Charakteristika von Arznei- und Gewürzpflanzen

Notwendig sind klare Definitionen für die weiteren Ausführungen. Für die Wirkung als Arznei- und Gewürzpflanzen sind ihre sekundären Pflanzeninhaltsstoffe verantwortlich. Grundsätzlich werden primäre und sekundäre Inhaltsstoffe unterschieden. Der Primärstoffwechsel ist der Stoffwechsel der essentiellen Bestandteile und führt über die Photosynthese zur Bildung von Kohlehydraten, Fetten und Proteinen.

Im Rahmen des Sekundärstoffwechsels können Pflanzen eine Fülle von Syntheseprodukten in bestimmten Zelltypen bilden (z.B. ätherische Öle im Zuge des Stoffwechsels in spezialisierten Zellen, den Öldrüsen) und im Pflanzengewebe speichern (in Blüten, Blättern, Samen, Fruchtschalen, Wurzeln, Harzen, Rinden oder im Holz) [Merz 2014]. Die wirksamen sekundären Pflanzeninhaltsstoffe von Arznei- und Gewürzpflanzen sind in alphabetischer Reihenfolge: ätherische Öle, Alkaloide, Anthocyane und Proanthocyanidine, Anthranoide und Naphthodianthrone, Bitterstoffe, Cannabinoide, Cumarine, Flavonoide, Gerbstoffe, Glucosinolate und cyanogene Glykoside, herzwirksame Glykoside, Lectine, Lipide, Phenolcarbonsäuren und Derivate, Phytamine, Phytosterole, Saponine und Schleimstoffe [Schilcher 2009]. Die wirksamen sekundären Inhaltsstoffe sind biogene Stoffe komplexer Natur [Teuscher et al. 2012].

Nicht immer lassen sich Arznei- und Gewürzpflanzen exakt trennen, da viele Pflanzen in beiden Bereichen eingesetzt werden und häufig erst nach der Ernte der endgültige Bestimmungszweck festgelegt wird. Typische Arzneipflanzen sind beispielsweise Baldrian (*Valeriana officinalis* L.) und Johanniskraut (*Hypericum perforatum* L.); typische Gewürzpflanzen beispielsweise Basilikum (*Ocimum basilicum* L.) und Bohnenkraut (*Satureja hortensis* L.). Giftpflanzen wie z.B. Wolliger Fingerhut (*Digitalis lanata* Ehrh.) können nur als Arzneipflanze verwendet werden. Viele Pflanzen können jedoch eine "Doppelfunktion" erfüllen, je nach der Art der Weiterverarbeitung und ihrem Verwendungszweck. Kümmel (*Carum carvi* L.) oder Melisse (*Melissa officinalis* L.) können sowohl als Arzneipflanze als auch als Gewürzpflanze verwendet werden.

#### 1.1.1 Definition Arzneipflanzen

Eine gesetzliche Definition für Arzneipflanzen gibt es in Deutschland nicht. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird als Arzneipflanze (synonym wird auch z.T. der ältere Begriff „Heilpflanze“ oder „Medizinalpflanze“ verwendet) eine Pflanze bezeichnet, die wegen ihres Gehaltes an Wirkstoffen zu Heilzwecken oder zur Linderung von Krankheiten verwendet wird. Arzneipflanze ist ein relativer Begriff, der ungeachtet der botanischen Zugehörigkeit oder Morphologie von der Anwendung eines oder mehrerer Teile aufgrund der wirksamen sekundären Inhaltsstoffe für therapeutische Zwecke ausgeht [Hoppe 2009, Hoppe 2010].

Das Pflanzenreich ist das älteste und traditionell am stärksten genutzte Reservoir für Arzneien. Seit den Anfängen der Menschheit sind Pflanzen ganz und in Teilen für die medikamentöse Therapie genutzt worden. Die Pflanzendrogen blieben von der Antike bis in die Neuzeit sowohl quantitativ als auch qualitativ bestimmend [Schmitz 1998]. Der Arzneischatz um 1800 aus den pflanzlichen, tierischen und mineralischen Naturreichen war das Resultat der Entwicklung der Arzneimitteltherapie vieler Jahrhunderte [Friedrich und Müller-Jahnke 2005]. In seinem „Handbuch der Pharmazie“ schrieb der Apotheker Trommsdorff 1831: „Das Pflanzenreich aber liefert noch immer unter allen drei Naturreichen die meisten, und auch zum Theil die wirksamsten Arzneimittel“ [Trommsdorff 1831].

Zu den Arzneipflanzen gehören auch sogenannte Giftpflanzen. Als Giftpflanzen bezeichnet man höhere Pflanzen, die aufgrund der von ihnen gebildeten, pharmakologisch aktiven chemischen Verbindungen, oberhalb bestimmter Mengen peroral aufgenommen, zu einer vorübergehenden oder dauernden Schädigung bzw. zum Tod von Tier und Mensch führen können [Teuscher 2010]. Die Bezeichnung eines Stoffes als Gift ist also nicht absolut aufzufassen, sondern ein Stoff kann in Abhängigkeit von den folgenden Faktoren ohne Wirkung, ein Arzneistoff oder ein Gift sein. Das Ausmaß der Schädigung durch ein biogenes Gift wird bestimmt durch: die Art des Stoffes, die Art der Aufnahme in den Organismus: peroral, percutan, intramuskulär, intravenös, intraarteriell, rektal, über die Atemluft, bei lokalen Effekten die Zeitdauer der Einwirkung, die resorbierte Menge des Stoffes (aus dem Magendarmtrakt, durch die Haut, aus den Alveolen), den zeitlichen Ablauf der Stoffaufnahme: einmalig, kann dann zu akuten Vergiftungen führen, oder in mehreren Dosen über einen längeren Zeitraum verteilt, kann dann zu chronischen Vergiftungen führen, die individuelle Empfindlichkeit des Lebewesens, z.B. die erheblichen Unterschiede in der Empfindlichkeit von Kindern und Erwachsenen, von unterschiedlichen Menschen oder von Mensch und Tier [Teuscher 2010].

Im Jahre 1804/1805 gelang es dem Apotheker Friedrich Wilhelm Sertürner als erstem aus dem Extrakt der Mohnpflanze, dem Opium, das Morphin rein zu isolieren und damit den Nachweis zu erbringen, dass es sich bei den Wirkungen von Arzneipflanzen um definierte Inhaltsstoffe einer Pflanze handelt [Ennet und Reuter 2004, Friedrich und Müller-Jahnke 2005]. Damit war der Gedanke des Pflanzenwirkstoffes geboren [Blaschek 2009]. Durch die pharmakologische Überprüfung der isolierten Pflanzenwirkstoffe konnte in den meisten Fällen die Jahrtausende alte Erfahrung bestätigt werden. Schwierig wird die Entscheidung, wenn es sich nur um milde Wirkungen handelt oder man den eigentlichen Wirkstoff erst noch ermitteln muss. Bei einem Teil der Pflanzen hat sich der vermutete Bestandteil als unwirksam erwiesen, während der Gesamtextrakt der Droge sich als wirksam erwies.

Eine Arzneipflanze besteht nicht nur aus einem Wirkstoff, sondern aus einer Vielzahl komplexer Inhaltsstoffe. In zahlreichen Versuchen hat sich herausgestellt, dass eine Arzneipflanze als ganzes Naturprodukt anders wirkt als eine isolierte Reinsubstanz. Die neben der Reinsubstanz vorhandenen Stoffe bedingen eine komplexe pharmakologische Wirkung, was ihre Überlegenheit gegenüber reinen Stoffen erklärt, indem noch unbekannte Verbindungen die Wirksamkeit erhöhen, die Resorption beeinflussen oder die Inhaltsstoffe stabilisieren können (Multi-Target-Effekt). Arzneipflanzen besitzen wirksamkeitsbestimmende und wirksamkeitsmitbestimmende sekundäre Inhaltsstoffe [Schilcher 2009].

Bei additiven pharmakologischen Wirkungen greifen Wirkstoffe an einem einzigen pharmakologischen Ziel (engl.: Target) an, so können sich ihre Wirkungen lediglich addieren. Greifen sie jedoch spezifisch an viele unterschiedliche Ziele an, kann sich ihre Wirkung gegenseitig verstärken (Abbildung 1) [Kelber 2007].

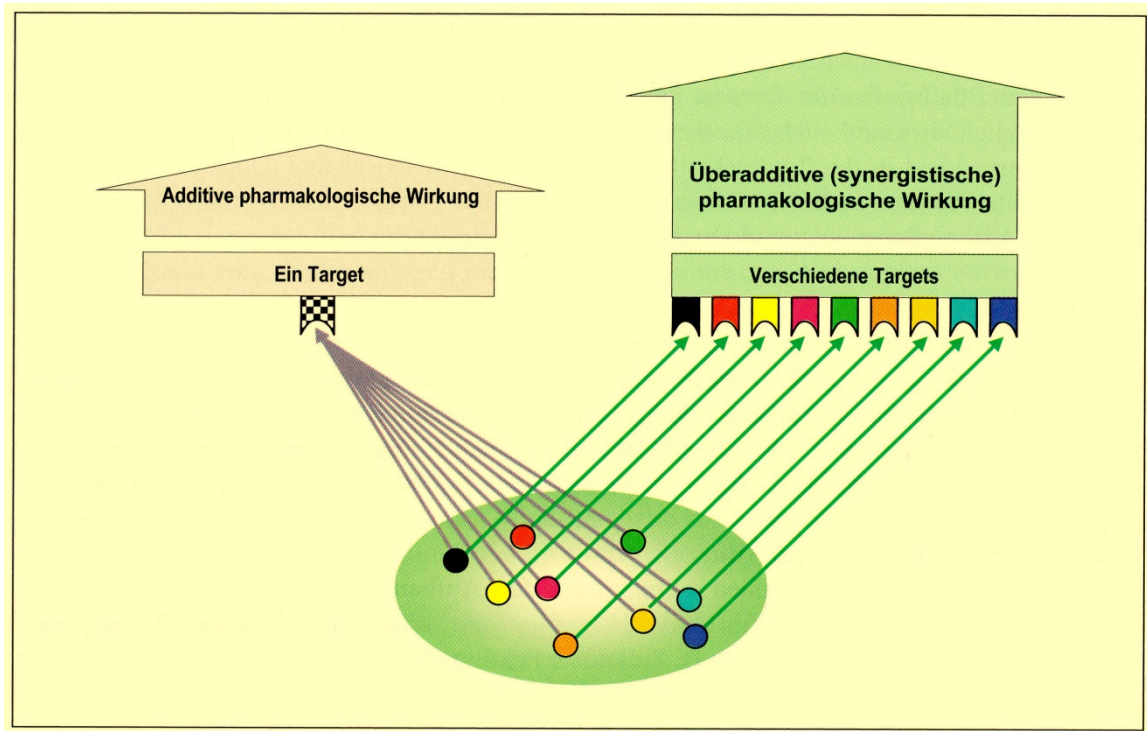


Abb.1: Überadditive (synergistische) Wirkung einer Multi-Target-Therapie [Kelber 2007 nach Wagner 2006 verändert]

Da der Mensch über die notwendigen Abbaumechanismen verfügt, sind biogene Arzneistoffe gegenüber synthetischen Präparaten in der Regel besser verträglich. Vor allem chronische Erkrankungen sind für die Behandlung mit pflanzlichen Arzneimitteln geeignet. Wichtige Einsatzgebiete sind dabei das Herz, der Magen-Darm-Trakt, die Leber und Galle, Bronchialerkrankungen und vor allem auch der Bereich der vegetativen und nervlichen Störungen.

### 1.1.2 Definition Gewürzpflanzen

Gewürzpflanzen sind Pflanzen, deren Bestandteile frisch oder verarbeitet aufgrund ihrer aromatischen oder scharfen Inhaltsstoffe in Samen, Blättern, Kraut, Blüten, Früchten, Rinden, Wurzeln, Wurzelstöcken oder Zwiebeln als Aromen oder Essenzen als würzende Zugabe zur menschlichen Nahrung, zur Aromatisierung von alkoholischen Getränken (Kräuterliköre, Magenbitter) oder zur Herstellung von Mitteln gegen Blähungen (Carminativa) oder Magenmittel (Stomachika) eignen [Teuscher 2003, Hoppe 2009]. Sie sind biogene Stoffe komplexer Natur [Teuscher 2012].

Die enthaltenen sekundären Inhaltsstoffe besitzen eine sensorische, pharmakologische und konservierende Wirkung. Sie dienen der Verbesserung des Geschmacks und/oder der Bekömmlichkeit von Speisen. Gewürze besitzen appetitanregende und verdauungsfördernde, antimikrobielle, carminative, antioxidative,

radikalfangende, antikarzinogene, antitumorale, hepatoprotektive, antihypercholesterolämische und antiarteriosklerotische sowie konservierende Wirkungen [Teuscher 2003]. Sie verleihen Speisen und Getränken nicht nur eine besondere geschmackliche Note, sondern wirken gleichzeitig reflektorisch auf die Funktion der Verdauungsorgane. Sie fördern die Speichel-, Magen- und Darmsaftausscheidungen sowie die Gallensaftproduktion. Appetit und Verdauung werden dadurch günstig beeinflusst.

Die Gewürze vermögen auch unangenehme Nebenwirkungen wie z.B. Blähungen, Aufstoßen, Gärungserscheinungen, die im Magen und Darm bei der Aufnahme bestimmter Speisen auftreten, zu verhindern. So erhöht beispielsweise Beifuß die Bekömmlichkeit fetter Speisen wie Gänsebraten. Kümmel wirkt vorbeugend gegen Blähungen nach Kohlgenuss. Majoran ist verdauungsfördernd, beruhigt den Magen, hat konservierende und antibakterielle Wirkung. Außerdem führen die Gewürze unserem Körper lebensnotwendige Stoffe wie Vitamine, Mineralien und Spurenelemente zu. Sie binden kein Wasser im Körper, sondern helfen es auszuschleiden. Besonders für Herz-, Nieren- und Blutdruckkranke ist das von Bedeutung.

### 1.1.3 Definition und Charakteristik von Drogen

Unter dem Begriff Droge(n) werden allgemein Rohstoffe aus dem Pflanzen- oder Tierreich verstanden, die u.a. zur Bereitung von Arzneimitteln, Gewürzen, Aromen oder Farbstoffen verwendet werden.

Für die sprachliche Herkunft des Wortes Droge gibt es mehrere Deutungen: im Mittellateinischen = *drogaria*, im Italienischen, Spanischen und Portugiesischen = *droga* [Schmitz 1998]; arabisch *dowa* = Heilmittel [Diener 1989]; niederdeutsch *dröge* = trocken, slawisch *doroga* = teuer, kostbar [Heeger 1956]; niederländisch *droog* = trocken; persisch *darui* = Droge [Wagner 1985]. „Mit Sicherheit lässt sich das Wort *drug* in England zu Beginn des 14. Jahrhunderts nachweisen (auch als *drogge*), und in der französischen Schreibweise *drogue* ... für Gewürzwaren und wohlriechende Produkte...“ [Diener 1989]. „Der deutsche (westgermanische) Ursprung ist auf das althochdeutsche *trucchan*, das altsächsische *drokno*, das angelsächsische *dryge*, das nordfriesische *dragg* zurückzuführen“ [Diener 1989].

Zu den pflanzlichen Drogen zählen getrocknete Pflanzen oder Pflanzenteile sowie die aus den Pflanzen gewonnenen Produkte, wie z.B. ätherische Öle, fette Öle.

Mehr als 90% der gehandelten Drogen aus deutschem Anbau sind Pflanzen oder Pflanzenteile, die durch Wasserentzug in der technischen Trocknung haltbar gemacht wurden. Damit ist die technische Trocknung die am meisten genutzte Art der Konservierung von Arznei- und Gewürzpflanzen. Die maximal zulässigen Temperaturen betragen für ätherischöl- und glykosidhaltige Drogen 35 bis 45°C (z.B. Baldrian max. 35°C, Pfefferminze 45°C, Wolliger Fingerhut < 50°C) und für schleimstoff- und alkaloidhaltige Drogen 65°C (z.B. Eibischwurzeln, Tollkirschenblätter) [Maltry et al. 1975]. Die Restfeuchte sollte 6% bis < 13% betragen.

Ätherische Öle sind flüssige, charakteristisch intensiv riechende und kräftig schmeckende, ölartige Flüssigkeiten, die aus pflanzlichem Material isoliert werden. Sie verflüchtigen sich schon bei Zimmertemperatur ohne Rückstand. Sie sind die



Aromaträger der Pflanze. Sie bestehen aus einer Vielzahl von Komponenten. Ätherische Öle bestehen größtenteils aus Gemischen verschiedener Terpene, Sesquiterpene oder aromatischer Verbindungen (z.B. Phenylpropan-Derivate) [Frohne und Jensen 1997]. Sie werden durch Wasserdampfdestillation, Frischpressverfahren oder Extraktion gewonnen. Fette Öle sind aus den Samen gepresste Öle.

## 1.2 Situation des Anbaus von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland

Etwa 90% der in Deutschland benötigten Arznei- und Gewürzdrogen werden importiert. 1.534 drogenliefernde Pflanzenarten, die aus allen Regionen der Erde stammen, werden in Deutschland verarbeitet [Lange 1996]. Deutschland ist der größte Importeur von Arznei- und Gewürzdrogen in Europa [Lewington 1993]. Der einheimische Arznei- und Gewürzpflanzenanbau deckt zurzeit nur etwa 10% des Eigenverbrauchs Deutschlands. Von 1999 bis 2017 gab es pro Jahr im deutschen Arznei- und Gewürzpflanzenanbau einen flächenmäßig geringen Zuwachs von 1,1% bzw. 122 Hektar; etwa 20% davon entfielen auf den ökologischen Anbau.

Infolge der Globalisierung ist die Verbesserung der Qualität bei gleichzeitiger Senkung der Produktionskosten derzeit die einzige Möglichkeit mit Importen konkurrieren zu können. Die entscheidenden Konkurrenten für den einheimischen Anbau sind u.a. Ungarn, Polen, Ägypten, Bulgarien, Spanien. Das dahinter stehende Potenzial ist erheblich. Die niedrigeren Löhne und Energiekosten vor allem in den osteuropäischen Ländern werden es noch eine geraume Zeit erlauben, die Preise für Drogen aus dem deutschen Anbau zu unterbieten. Höhere Marktpreise konnten in den letzten Jahren nur für spezielle Qualitäten, die unter kontrollierten Bedingungen auf Vertragsbasis angebaut wurden, erreicht werden. Für Produkte aus kontrollierter Anbauweise und qualifizierter Nacherntebehandlung könnte ein Preis, der bis um 20% höher liegt als vergleichbare ausländische Wettbewerbsprodukte, nach Einschätzung der Abnehmer noch akzeptiert werden.

Die Qualität der Drogen wird in entscheidender Weise durch die Produktionsbedingungen beim Erzeuger geprägt. Deshalb sind Industrie und Handel zunehmend am durch Schlagkarteien dokumentierten, kontrollierten Anbau interessiert. Der Vertragsanbau ist in Deutschland die Regel. Anbauverträge werden als positiv eingeschätzt, weil so von Anfang an auf die Qualität Einfluss genommen werden kann und unbekanntes Kontaminationen ausgeschlossen werden können. Letztendlich sind notwendige Nachernteaufbereitungsmaßnahmen beim Abnehmer kostenintensiver. Es ist ein Alleinstellungsmerkmal, wenn Verarbeitungsfirmen inhaltsstoffoptimierte Rohstoffe, die unter definierten Bedingungen in einem kontrollierten Umfeld erzeugt wurden, einsetzen. Deutlich wird diese Tendenz in dem in den letzten Jahren zunehmenden Exklusivanbau. Diese sogenannten Exklusivanbauverträge verbieten den weiteren Anbau (zumindest der gleichen Art) für andere Abnehmer sowie den Verkauf an andere. Anbauverträge regeln verbindlich Qualitätskriterien, garantieren Abnahmemengen und Preise. Diese Anbauverträge nehmen massiv Einfluss auf die qualitätsbestimmenden Anbauparameter. Über ein betriebliches Qualitätsmanagement muss gemeinsam mit dem Abnehmer Qualität geplant, geleitet und kontrolliert (Audits) werden.

Alle Arten unterliegen, da sie nicht subventioniert werden, Preisschwankungen in Abhängigkeit vom Weltmarkt. Hier gab es in den letzten Jahren relativ stabile, aber

stagnierende Preise trotz gestiegener Kosten beim Erzeuger. Bei Großhandel und Verarbeitung schlagen insbesondere die Kosten für Analytik und Lagerhaltung zu Buche. Daraus erwachsen Konzentrations- und Rationalisierungszwänge. Mit dem Überangebot bestimmter Arznei- und Gewürzdrogen wird die Qualität zum Teil mit überzogenen Anforderungen zum entscheidenden Kriterium für die Wettbewerbsfähigkeit. Entscheidend ist die weitere Qualitätsverbesserung der einheimischen Arznei- und Gewürzdrogen. Besser sein durch Qualität - darin besteht nach wie vor die Chance des deutschen Arznei- und Gewürzpflanzenanbaus [Krüger 1991]. Qualitätskontrolle beginnt bereits mit der Planung und Durchführung der landwirtschaftlichen Erzeugung [Hannig 1993].

Pflanzliche Arzneimittel werden heute im Wesentlichen in zwei Formen, als Tee- und in verarbeiteter Form als Phytopharmaka, angewendet [Blaschek 2016]. Phytopharmaka bestehen in der Regel aus einem komplexen Gemisch mehrerer Pflanzeninhaltsstoffe [Schilcher und Kammerer 2000]. In Deutschland basieren ca. 50% der heute gebräuchlichen Arzneimittel auf Arzneipflanzen bzw. deren Inhaltsstoffen [Falbe und Regitz 1989-1992]. Immerhin gehen ca. 25% der Arzneipflanzen in die Arzneimittelindustrie [Bajaj 1988]. Phytopharmaka erfreuen sich in Deutschland einer steigenden Beliebtheit. Während Anfang der 70er Jahre 52% der Bevölkerung Naturheilmittel nahmen, ergab eine Befragung des Instituts für Demoskopie Allensbach das es 2002 bereits 72% waren [FNR 2013a]. 2016 entfielen zu Apothekenverkaufspreisen im Rahmen der Selbstmedikation 1,1 Milliarden Euro auf rezeptfreie Phytopharmaka [BAH 2017].

Die Deutsche Homöopathie-Union Karlsruhe verarbeitet mehr als 800 pflanzliche Drogen, davon ca. 70% als Frischmaterial und 30% in getrockneter Form. Die Bedarfsmengen sind sehr variabel, sie bewegen sich in einer Größenordnung von wenigen Kilogramm bis hin zu mehreren Tonnen eines Ausgangsstoffes. Überwiegend liegen die benötigten Mengen im Bereich von 5 bis 50 kg. Der jährliche Bedarf an Arzneipflanzen für die Homöopathie in Deutschland wird auf ca. 100 Tonnen pro Jahr geschätzt [Riedl 2011]. 2016 wurden für Homöopathika im Rahmen der Selbstmedikation 457 Millionen Euro ausgegeben [BAH 2017].

Der Pro-Kopf-Verbrauch an Gewürzen betrug in Deutschland 1999 etwa 850 g und 2015 etwa 1.300 g [Rademacher 2017]. 35% aller Gewürze aus einheimischen Anbau und Importen werden im Haushalt verbraucht. Die am häufigsten in deutschen Haushalten verwendeten einheimischen Gewürze sind nach einer Umfrage von Paap: Basilikum (*Ocimum basilicum* L.), Bohnenkraut (*Satureja hortensis* L.), Dill (*Anethum graveolens* L.), Knoblauch (*Allium sativum* L.), Koriander (*Coriandrum sativum* L.), Kümmel (*Carum carvi* L.), Majoran (*Origanum majorana* L.), Oregano (*Origanum vulgare* L.), Petersilie (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nyman ex A. W. Hill), Rosmarin (*Rosmarinus officinalis* L.), Schnittlauch (*Allium schoenoprasum* L.) und Thymian (*Thymus vulgaris* L.) [Paap 1999]. Etwa 65% aller Gewürzdrogen, die vorwiegend aus Importen stammen, gehen in die Lebensmittelindustrie [Rademacher 2017].

Da Arznei- und Gewürzpflanzen durch ihre sekundären Inhaltsstoffe charakterisiert werden, spielt die Analytik hier eine besondere Rolle. Eine Arzneipflanze besteht nicht nur aus einem Wirkstoff, sondern aus einer Vielzahl komplexer Inhaltsstoffe. Daneben besitzen sekundäre Inhaltsstoffe ausgehend vom Wuchsstandort auch eine

große Variabilität in ihrer Zusammensetzung. Daraus ergibt sich, dass die Anforderungen an die Analytik sehr hoch sind, da neben hohen Konzentrationen auch sehr geringe erfasst werden müssen.

In den letzten Jahren wird ein dringender Forschungsbedarf im Bereich Phytopathologie sichtbar. Der feldmäßige Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen wird zunehmend durch Krankheiten gefährdet. Dabei sind es entweder neue Erreger oder durch Veränderungen im biologischen Gleichgewicht erhalten bislang phytopathologisch unbedeutende Mikroorganismen eine pathogene Bedeutung. Die Grundlagenforschung zu Schaderregern bei Arznei- und Gewürzpflanzen muss intensiviert werden, um anstehende Probleme im Pflanzenschutz adäquat lösen zu können. Für die Entwicklung guter Pflanzenschutzkonzepte ist die zukünftige Erforschung der einzelnen Pathosysteme eine der wichtigsten Voraussetzungen.

Betriebswirtschaftliche Aussagen zum Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen sind auf Grund der Artenvielfalt, der Weltmarktabhängigkeit der Preise und unterschiedlichsten Bedingungen in den Betrieben äußerst schwierig. In der Regel sind die Deckungsbeiträge je Hektar um ein Mehrfaches höher als bei Getreide. Aufgrund des höheren Arbeitsaufwandes können die Deckungsbeiträge pro Arbeitskraftstunde auch niedriger als bei Getreide sein. Nicht zuletzt dürfte auch eine stärkere betriebswirtschaftliche Durchdringung des Fachgebietes wünschenswert sein. Bietet sie doch Ansatzpunkte für die weitere Rationalisierung. Notwendig ist die Optimierung vom Anbauverfahrensschritt Unkrautbekämpfung, der mit bis zu 600 Akh/ha die Rentabilität des Anbaues gefährden kann. Auch die technische Trocknung, die bis 50% der gesamten Verfahrenskosten betragen kann, gefährdet die Wirtschaftlichkeit.

Mögliche Wege zur weiteren Erhöhung des Anbaus wären neben der Inkulturnahme weiterer Arzneipflanzen der verstärkte Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen als Industrierohstoffe außerhalb des Pharma- und Gewürzmittelbereiches.

## 2 Ziele und Aufgaben

Das Ziel dieser Dissertation besteht darin, Tendenzen und Chancen des deutschen Arznei- und Gewürzpflanzenanbaus herauszuarbeiten sowie Voraussetzungen und Bedingungen für die Erhöhung des Anbaus von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland auf wissenschaftlicher Basis zu erarbeiten. Dazu sind der Stand des Anbaus von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland nach Anbauformen, im Anbau befindlichen Arten und Anbauregionen zu erfassen.

Aus den Besonderheiten der Arznei- und Gewürzpflanzenproduktion, einerseits der großen Artenvielfalt und andererseits der geringen Flächenanteile, ergeben sich zahlreiche Fragen. Was sind die entscheidenden Voraussetzungen für den Erhalt sowie die Erhöhung des gegenwärtigen Anbauumfanges von Arznei- und Gewürzpflanzen? Welche Arznei- und Gewürzpflanzenarten besitzen diesbezüglich das größte Potenzial? Was muss unternommen werden, um dieses Potenzial auszuschöpfen?

Für den Erhalt sowie die Erhöhung des gegenwärtigen Anbauumfanges gilt es auch, mögliche Einsatzfelder von Arznei- und Gewürzdrogen außerhalb der Pharma- und Gewürzmittelindustrie zu ermitteln. Für den Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen im Lebensmittelbereich, in Haushaltsprodukten, in Kosmetika, in Nahrungsergänzungsmitteln sowie für die Nutzung als natürliche Farbstoffe, als natürliche Fungizide, als natürliche Insektizide und als natürliche Vorratsschutzmittel sowie durch den Einsatz in der Tierernährung gibt es zahlreiche theoretische, experimentelle und hypothetische Ansätze sowohl aus der traditionellen Anwendung als auch aus neueren Untersuchungen. Diese Details kompakt und übersichtlich als Ausgangspunkt für weitere wissenschaftliche Arbeiten darzustellen, ist ein Ziel dieser Arbeit. Dazu sind im Rahmen einer Literaturrecherche für bereits im Anbau befindliche Arznei- und Gewürzpflanzen mögliche Einsatzfelder außerhalb der Pharma- und Gewürzmittelindustrie zu ermitteln.

Diese Arbeit kann als strategisches Material für die Objektivierung zukünftiger Entscheidungsprozesse dienen. Sie umfasst eine komplexe Situationsdarstellung und Lösungsansätze. Mit dem Vorhaben werden wissenschaftlich begründete Aussagen zu den Erfolgsaussichten eines verstärkten Anbaus von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland dargelegt.

### 3 Material und Methoden

Methodisch erfolgt das durch Auswertung der vorhandenen wissenschaftlichen Literatur, darunter der Standardwerke Arznei- und Gewürzpflanzenbau, der wissenschaftlichen Zeitschriften Arznei- und Gewürzpflanzen und von Forschungsarbeiten des Fachgebietes sowie meiner wissenschaftlichen Ausarbeitungen.

#### **Auswertung der Standardwerke Arznei- und Gewürzpflanzenbau:**

Heeger, E. F. (1956): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaues.  
VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, ISBN 3-331-001191-0, 792 Seiten

Hoppe, B. (Hrsg.) (2009): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Band 1: Grundlagen des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus I. Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, ISBN 978-3-935971-54-6, 800 Seiten

Hoppe, B. (Hrsg.) (2010): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Band 2: Grundlagen des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus II. Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, ISBN 978-3-935971-55-3, 768 Seiten

Hoppe, B. (Hrsg.) (2007): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus Band 3: Krankheiten und Schädigungen an Arznei- und Gewürzpflanzen.  
Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, ISBN 978-3-935971-34-8, 416 Seiten

Hoppe, B. (Hrsg.) (2012): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Band 4: Arznei- und Gewürzpflanzen A – K. Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, ISBN 978-3-935971-62-1, 800 Seiten

Hoppe, B. (Hrsg.) (2013): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Band 5: Arznei- und Gewürzpflanzen L – Z. Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, ISBN 978-3-935971-64-5, 800 Seiten

#### **Auswertung der wissenschaftlichen Fachzeitschriften Arznei- und Gewürzpflanzen:**

DROGENREPORT. Mitteilungen über Arznei- und Gewürzpflanzen. Heft 1-30,  
1988-2003,  
ISSN 0863-1816

Herba Germanica. Beiträge über Arznei-, Gewürz-, Aroma und Farbstoffpflanzen zu Züchtung – Anbau – Verarbeitung – Vermarktung – Verwendung. Heft 1-3,  
1993-1995, ISSN 0944-8071

Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen. 1996-2017,  
ISSN 1431-9292

#### **Nutzung meiner wissenschaftlichen Ausarbeitungen:**

##### **a. Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus**

Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus (Initiator, Herausgeber und Lektor Band 1-5, 2007-2013): Autor bzw. maßgeblicher Mitautor bei folgenden Punkten bzw. Monografien:

**Band 1:**

Hoppe, B. (2009): Einleitung. Entwicklung, Stand und Perspektiven des Arznei- und Gewürzpflanzenanbaus

Hoppe, B.; Buckenhüskes, H. J.; Hammer, K.; Lange, D.; Steinhoff, B. und E. Teuscher (2009): 1.1 Einordnung, Definitionen, Charakteristika, Abgrenzung und Einteilung von Arznei- und Gewürzpflanzen

Hoppe, B. (2009): 1.5 Allergien durch Arznei- und Gewürzpflanzen

**Band 2:**

Hoppe, B. (2010): 3.1 Charakteristika der kontrollierten integrierten Produktion

Hoppe, B. (2010): 3.2.7.8.2 Sensor- und computergestützte Berechnungssteuerung

Hoppe, B.; Herold, M.; Kotte, M.; Pallutt, W. und F. Pank (2010):

3.2.9 Pflanzenschutz und hygienische Anforderungen an die Anbauflächen

Hoppe, B. (2010): 3.2.10.1 Grundsätze für die Ernte von Arznei- und Gewürzpflanzen

Berghold, H. und B. Hoppe (2010): 3.2.10.2 Optimale Erntezeitpunkte von Arznei- und Gewürzpflanzen

Müller, J.; Hoppe, B.; Gerber, H.; Shetty, S.; Kratzer, J. und E. Walther (2010): 3.2.10.3 Technische Verfahren und Erntetechnik

Hoppe, B.\* (2010): 5.1 Nachernteprozesse (\*unter Böttcher, H. veröffentlicht, da an Demenz erkrankt)

Heindl, A. und B. Hoppe (2010): 5.2 Aufbereitung vor der Trocknung

Hoppe, B. (2010): 8.2.2.1 Vermarktung nach Produktionsweisen. Kontrollierte integrierte Produktion

**Band 4:**

Bomme, U.; Blaschek, W.; Hoppe, B.; Lohwasser, U. und A. Ryser (2012): Monografie Alant (*Inula helenium* L.)

Fochler, U.; Gabler, J.; Gerber, H.; Hoppe, B.; Kreis, W. und U. Lohwasser (2012): Monografie Wolliger Fingerhut (*Digitalis lanata* Ehrh.)

**Band 5:**

Hoppe, B.; Blüthner, W.-D.; Dubiel, U. und E. Teuscher (2013): Monografie Majoran (*Origanum majorana* L.)

Bomme, U.; Honermeier, B.; Hoppe, B.; Kittler, J.; Lohwasser, U. und F. Marthe (2013): Monografie Melisse (*Melissa officinalis* L.)

Hoppe, B.; Marthe, F.; Böhme, M.; Kienast, A.; Schiele, E. und E. Teuscher (2013): Monografie Petersilie (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nyman ex A. W. Hill)

Pank, F.; Hoppe, B.; Blaschek, W.; Bomme, U.; Hammer, K.; Schliephake, E. und R. Schmatz (2013): Monografie Pfefferminze (*Menta x piperita* L.)

Hoppe, B.; Biertümpfel, A.; Echim, T. und T. Graf (2013): Monografie Schwarzkümmel (*Nigella sativa* L.)

## **b. Forschungsberichte**

### **Autor bzw. Mitautor folgender wissenschaftlicher Forschungsberichte:**

Schröder, H.; Dubiel, U.; Hoinka, A. und B. Hoppe (1967): Ausführlicher Abschlussbericht zur Forschungsarbeit "Produktionsverfahren bei Arznei- und Gewürzpflanzen, Teil I, Produktionsverfahren Kümmel". Hochschule Bernburg, 43 Seiten

Schröder, H.; Caesar, W.; Dubiel, E. und B. Hoppe (1967): Ausführlicher Abschlussbericht zur Forschungsarbeit "Produktionsverfahren bei Arznei- und Gewürzpflanzen, Teil I, Produktionsverfahren Pfefferminze". Hochschule Bernburg, 50 Seiten

Schröder H. und B. Hoppe (1967): Erfahrungen bei der künstlichen Trocknung von Majoran in der LPG Schackstedt. Hochschule Bernburg, 11 Seiten

Hoppe, B. und F. Pank (1995): Production of aromatic and medicinal plants in Germany. Concerted Action AIR 3 CT 94 2076. Final Report, Volume 2. Economic database Germany 27 Seiten

Hoppe, B. (2005): FNR-Abschlussbericht Studie zum Stand des Anbaues von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland (2003) und Abschätzung der Entwicklungstrends in den Folgejahren, FKZ: 22006604, 32 Seiten

### **Expertenkonsultationen:**

Kontakte mit Experten des Fachgebietes mittels E-Mail, Telefon und persönlich

### **Durchführung einer Internetrecherche**

## 4 Ergebnisse und Diskussion

### 4.1 Stand des Arznei- und Gewürzpflanzenanbaus in Deutschland

#### 4.1.1 Entwicklung und Stand des Anbaus von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland

Der Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen hat in Deutschland eine jahrhundertealte Tradition. Die Landgüterverordnung Karls des Großen verfügte im Jahr 812 den Anbau von 72 Nutzpflanzen, darunter 24 Heilkräuter, in den königlichen Gärten [Heeger 1956, Hiller und Melzig 1999].

Im Wesentlichen trugen die Klostergärten zum deutschen Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen sowie der Erkenntnis vom Heilwert bei [Heeger 1956]. Später haben Apotheker wildwachsende Heilpflanzen in den sogenannten Apothekergärten in Kultur genommen. Die Schleswig-Holstein-Dänische Apothekenordnung von 1672 schrieb den Kräutergarten bei Apotheken vor [Heeger 1956]. Die Entwicklung des Apothekerwesens hat die Erkenntnisse der Klostermedizin auf eine wissenschaftliche Basis gestellt [Schmitz 1998].

Im 16. Jahrhundert war der erwerbsmäßige Anbau von Arzneipflanzen bereits weit verbreitet. Vor 1650 wurde in der Umgebung Nürnbergs Alant (*Inula helenium* L.), Anis (*Pimpinella anisum* L.), Benediktenkraut (*Cnicus benedictus* L.), Eibisch (*Althaea officinalis* L.), Fenchel (*Foeniculum vulgare* L.), Koriander (*Coriandrum sativum* L.), Majoran (*Origanum majorana* L.) und Melisse (*Melissa officinalis* L.) angebaut und verarbeitet [Heeger 1956]. Der Anbau von Küchenkräutern ist im Erzgebirge seit 1716 nachweisbar [Meltzer 1716]. 1806 entwickelte sich der Pfefferminzanbau in Thüringen, ab 1845 in der Pfalz. Im Harz war bereits 1883 der Baldriananbau verbreitet. Seit 1883 wird der Anbau dokumentiert. 1890 begann der Anbau des Majorans im Gebiet um Aschersleben.

Traditionelle und prädestinierte Anbaugelände waren 1937 nach Heeger die Provinzen Sachsen, Hannover, Mecklenburg, Thüringen, Bayern, Schleswig-Holstein, Brandenburg und Anhalt. Mitteldeutschland war damals bei Arznei- und Gewürzpflanzen das Hauptanbaugelände Deutschlands [Heeger 1956]. In diesem Jahrhundert betrug in Deutschland nach Heeger die geringste Anbaufläche 1927 500 Hektar und die höchste 1941 10.373 Hektar [Heeger 1956].

Nach 1945 war in beiden Teilen Deutschlands die geringste Anbaufläche dieser Kulturen 1954 um 4.000 Hektar, die höchste 1989 mit 7.608 Hektar [Heeger 1956, Hoppe 1995]. Langerfeldt begründete das Auf und Ab im Anbau damit, dass das nicht nur von der Verwendungsmöglichkeit und Wirtschaftlichkeit abhängt, sondern auch von politischen Konstellationen und handelspolitischen Erwägungen [Langerfeldt 1982].

Bis 1989 gab es in Deutschland eine unterschiedliche Entwicklung. Im Osten Deutschlands produzierten 1950 13.000 Anbaubetriebe mit im Mittel 0,24 Hektar Sonderkulturen/Betrieb auf insgesamt 3.100 Hektar Arznei- und Gewürzpflanzen [Schröder 1990].



Ab den 60er Jahren vollzog sich dann eine gewaltige Konzentration und Spezialisierung (Tabelle 1). 1989 gab es nur noch 45 spezialisierte Abteilungen in Landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften und Volkseigenen Gütern, die auf 6.000 Hektar Arznei- und Gewürzpflanzen anbauten. Die mittlere Anbaufläche nur dieser Sonderkulturen lag bei 133 Hektar je Betrieb, die höchste bei 335 Hektar.

Tab. 1: Entwicklung des Arznei- und Gewürzpflanzenanbaus in der ehemaligen DDR [Müllenberg 1989]

Jahr	Zahl der Anbaubetriebe	Anbaufläche ha
1958	ca. 12.000	ca. 3.000
1960	6.700	3.445
1965	1.000	4.927
1970	230	4.450
1975	100	5.345
1980	50	5.540
1985	45	5.749
1989	45	6.000

Schwerpunkte des Anbaus der ehemaligen DDR lagen in den Bezirken Halle mit 1.460 Hektar, Leipzig mit 800 Hektar, Magdeburg mit 675 Hektar, Erfurt mit 600 Hektar, Dresden mit 450 Hektar, Gera mit 440 Hektar, Schwerin mit 420 Hektar und Neubrandenburg mit 410 Hektar [Müllenberg 1989].

Von den insgesamt im Anbau befindlichen 30 Arten waren 1988 Kümmel (*Carum carvi* L.) mit 3.000 Hektar, Pfefferminze (*Mentha x piperita* L.) mit 580 Hektar, Majoran (*Origanum majorana* L.) mit 550 Hektar, Kamille (*Matricaria chamomilla* L.) mit 530 Hektar, Fenchel (*Foeniculum vulgare* L.) mit 400 Hektar, Koriander (*Coriandrum sativum* L.) mit 240 Hektar, Thymian (*Thymus vulgaris* L.) mit 82 Hektar und Bohnenkraut (*Satureja hortensis* L.) mit 70 Hektar die bedeutendsten.

Nach drastischen Rückgängen in den Jahren 1990 bis 1992 im Ergebnis der Umstellung von der Plan- zur Marktwirtschaft in Ostdeutschland, ist wieder eine steigende Tendenz in den neuen Bundesländern zu verzeichnen. Lediglich der Majoran und Thymian waren unbeeinträchtigt von dieser Entwicklung. Als Vorteil in Ostdeutschland werden die großen Flächen eingeschätzt, die es ermöglichen, große einheitliche Chargen zu produzieren. Im Gegensatz zum kleinflächigen Anbau erlauben sie entsprechende Rationalisierungs- und Mechanisierungsmöglichkeiten.

Im Westen Deutschlands, wo sich der Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen unter den Bedingungen der Marktwirtschaft und des offenen Welthandels entwickelte, gab es eine alternierende Entwicklung. Betrachtet man sich die offiziellen Zahlen des Statistischen Bundesamtes so ist bis 1990 ein Auf und Ab im Anbau zu verzeichnen. Dazu muss allerdings festgestellt werden, dass die vorliegenden Zahlen zwar Tendenzen, nicht aber den tatsächlichen Anbau widerspiegeln. In den alten Bundesländern lag laut offizieller Statistik in diesem Zeitraum der geringste Anbau 1954 bei 731 Hektar, der höchste 1989 bei 1.608 Hektar.

Der Trend beim Arznei- und Gewürzpflanzenanbau in Deutschland ist insgesamt gesehen seit 1995 in Folge positiv (Abbildung 2).

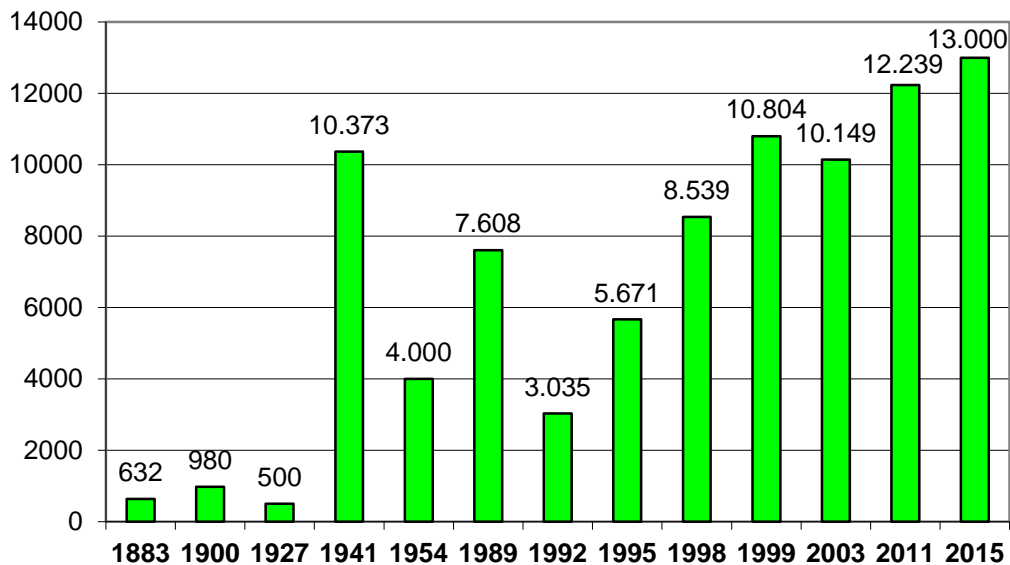


Abb. 2: Der Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland 1883 bis 2015 in Hektar [Hoppe 2017]

Ging Heeger [Heeger 1956] in seinem „Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus“ noch von einem Anteil der Gewürzpflanzen an der gesamten mit Arznei- und Gewürzpflanzen bestellten Anbaufläche von 75% aus, so konnte für 2003 nur noch ein Anteil von 50% ermittelt werden (Abbildung 3) [Hoppe 2005].

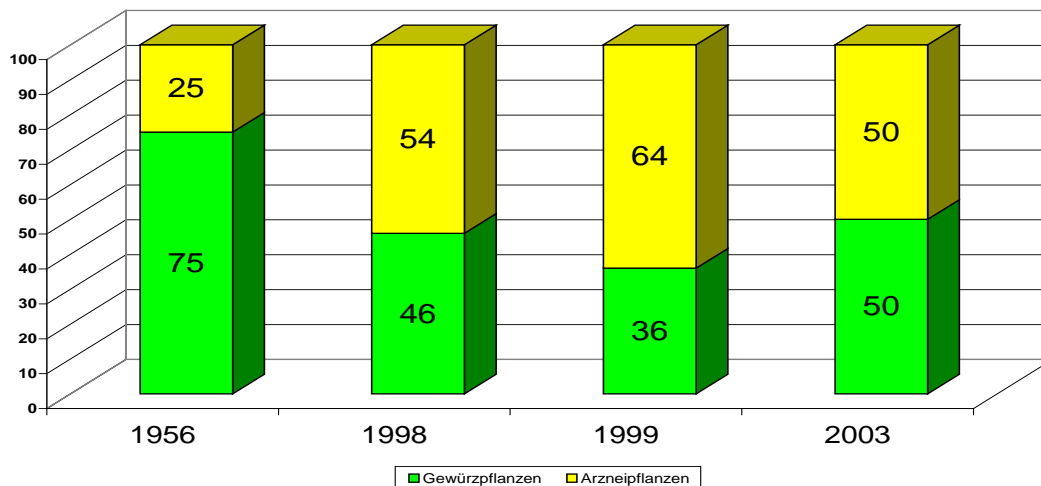


Abb. 3: Prozentuale Entwicklung des Verhältnisses Arznei- zu Gewürzpflanzen in Deutschland 1956 - 2003 [Hoppe 2005]

#### 4.1.2 Anbauformen

##### 4.1.2.1 Integrierter Anbau

Auf 94% der Gesamtanbaufläche dominiert der integrierte Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen. Der integrierte Anbau umfasst sowohl produktionstechnische als

auch biologische bzw. biotechnische Maßnahmen. Zielsetzung des integrierten Anbaues ist es, mit den vorgegebenen produktionstechnischen und biologischen Maßnahmen Acker- und Pflanzenschädlinge unter den Schadensgrenzen zu halten [Imhof 1991]. Das beginnt bereits bei der Anbauplanung. Im integrierten Anbau tritt die Prozesskontrolle an die Stelle der Endproduktkontrolle. Ein wichtiger Grundsatz dabei ist neben der Anbauplanung die Anbaudokumentation mittels Schlagkarten.

In Deutschland bauen derzeit etwa 750 Betriebe auf ca. 12.300 Hektar Arznei- und Gewürzpflanzen im integrierten Anbau an. Im Mittel sind das 16 Hektar Arznei- und Gewürzpflanzen je Betrieb. In den neuen Bundesländern dominiert noch der Anbau der Arznei- und Gewürzpflanzen in 2.000 bis 4.000 Hektar großen Genossenschaften als relativ selbstständige Abteilungen. In den alten Bundesländern ist der kleinbäuerliche Betrieb vorherrschend.

Der Arznei- und Gewürzpflanzenanbau ist aus fruchtfolge-technischen Gründen ausnahmslos mit landwirtschaftlichen oder gärtnerischen Kulturen kombiniert. Maximal 33% der landwirtschaftlichen Fläche des Einzelbetriebes wird für die Arznei- und Gewürzpflanzenproduktion genutzt.

#### 4.1.2.2 Ökologischer Anbau

Der ökologische Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen umfasst in Deutschland ca. 6% der Gesamtanbaufläche von Arznei- und Gewürzpflanzen (Abbildung 4).

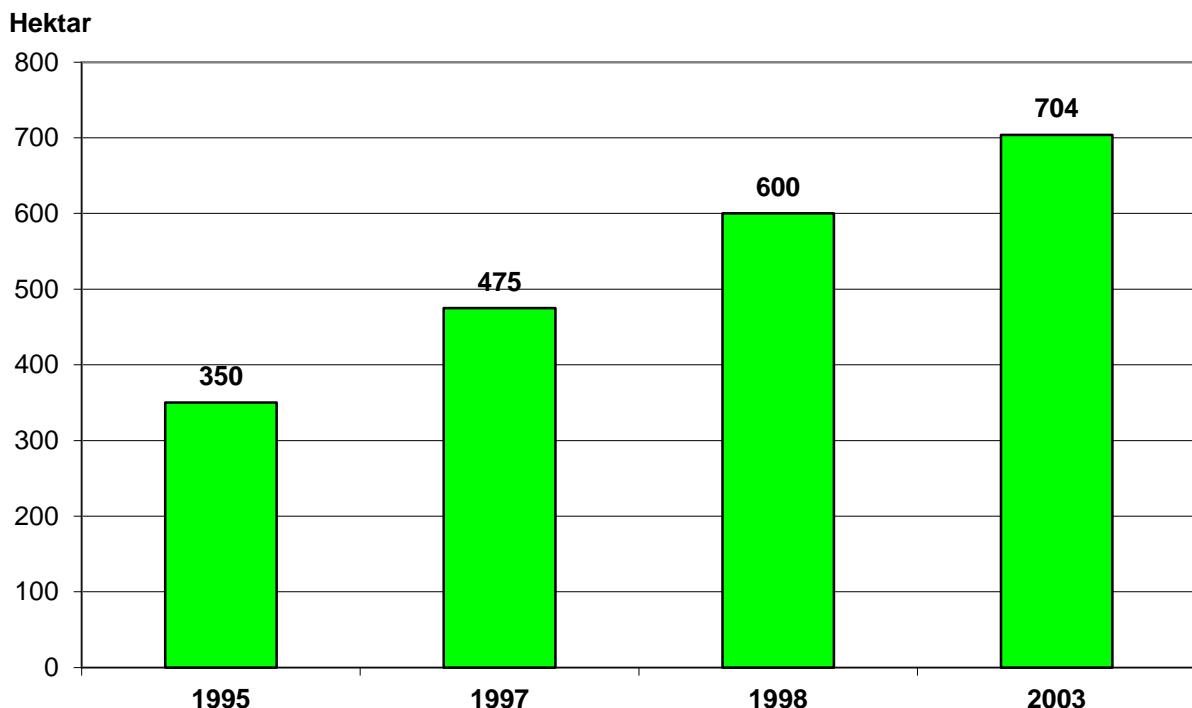


Abb. 4: Entwicklung des ökologischen Anbaus von Arznei- und Gewürzpflanzen in Hektar in Deutschland 1995 bis 2003 [Hoppe 2005]

Lück ermittelte 1995 einen ökologischen Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland von 350 Hektar [Lück 1995]. Dehe kam für 1997 auf 450 bis 500 Hektar [Dehe 1998]. Eigene Recherchen haben für 1998 eine Anbaufläche von 600 Hektar ergeben [Hoppe 1999a]. 2003 wurden 704 Hektar ermittelt [Röhricht et al. 2003]. Die

durchschnittliche Größe der Arznei- und Gewürzpflanzenanbaufläche betrug 2003 im ökologischen Anbau pro Betrieb 10,7 Hektar. Der mehrheitlich kleinflächige Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen dürfte vor allem der Absatzsituation geschuldet sein (Tabelle 2) [Röhricht et al. 2003].

Tab. 2: Umfang der betrieblichen Anbauflächen im ökologischen Arznei- und Gewürzpflanzenanbau [Röhricht, Karte und Schubert 2003]

Betriebsgröße Hektar	Betriebe		Anbaufläche	
	n	Prozent	Hektar	Prozent
< 0,5	5	7,57	1	0,14
0,5 - <1	4	6,06	3	0,43
1 - < 1,5	7	10,61	9	1,28
1,5 - < 3	9	13,64	23	3,27
3 - < 4	9	13,64	33	4,68
4 - < 10	15	22,73	114	16,19
10 - < 20	10	15,15	146	20,74
20 - < 40	3	4,54	86	12,22
> 40	4	6,06	289	41,05
<b>Summe</b>	<b>66</b>	<b>100,00</b>	<b>704</b>	<b>100,00</b>

Es wird eingeschätzt, daß ca. 50% des ökologischen Arznei- und Gewürzpflanzenbedarfs aus dem Inland gedeckt wird [Lück 1995]. Angeboten werden vor allem Frischkräuter und Drogen. Es ist ein stetig wachsender Markt, der im Wesentlichen von den Absatzmöglichkeiten bestimmt wird. Nach Braun sind 86% aller alternativen Betriebe Selbstvermarkter [Braun 1990]. Von den Abnehmern sind 27% Großhändler, 26% Genossenschaften, 21% Arzneimittelhersteller, 8% Getränke- und Nahrungsmittelhersteller, 2% Kosmetikhersteller sowie 16% Endverbraucher und sonstige [Röhricht et al. 2003].

#### 4.1.3 Im Anbau befindliche Arten

In Deutschland werden die in der Tabelle 3 aufgeführten 202 Arznei- und Gewürzpflanzen angebaut (basierend auf den Anlagen 1-3, Heuberger 2017, Plescher 2017a, Straub 2017 und eigenen Recherchen 2017).

Tab. 3: Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland [Hoppe 2017]

Ackerschachtelhalm	<i>Equisetum arvense</i> L.
Ackerstiefmütterchen	<i>Viola tricolor</i> L. ssp. <i>arvensis</i> (Murr.) Gaud.
Adonisröschen	<i>Adonis vernalis</i> L.
Alant	<i>Inula helenium</i> L.
Alraune, Herbst-	<i>Mandragora autumnalis</i> Bertol.
Amaranth	<i>Amaranthus spinosus</i> L.
Andorn	<i>Marrubium vulgare</i> L.
Angelika	<i>Angelica archangelica</i> L.
Anis	<i>Pimpinella anisum</i> L.
Anis-Ysop	<i>Agastache foeniculum</i> (Pursh) Kuntze
Apfelminze	<i>Mentha x rotundifolia</i> L.
Apfel-Rose	<i>Rosa villosa</i> L.
Arnika	<i>Arnica montana</i> L.
Aronia	<i>Aronia melanocarpa</i> (Michx.) Elliott

Artischocke	<i>Cynara scolymus</i> L.
Augentrost	<i>Euphrasia rostkoviana</i> Hayne
Ausdauerndes Bingelkraut	<i>Mercurialis perennis</i> L.
Baikalhelmkraut	<i>Scutellaria baicalensis</i> Georgi
Baldrian	<i>Valeriana officinalis</i> L.
Balsamkraut	<i>Tanacetum balsamita</i> L.
Bärentraube	<i>Arctostaphylus uva-ursi</i> (L.) Sprengel
Bärlauch	<i>Allium ursinum</i> L.
Bärwurz	<i>Meum athamanthicum</i> L.
Basilikum	<i>Ocimum basilicum</i> L.
Beifuß, einjährig	<i>Artemisia annua</i> L.
Beinwell	<i>Symphytum officinale</i> L.
Benediktenkraut	<i>Cnicus benedictus</i> L.
Berberitze	<i>Berberis vulgaris</i> L.
Besenbeifuß	<i>Artemisia scoparia</i> Waldst. et Kit.
Bibernelle, Kleine	<i>Pimpinella saxifraga</i> L.
Bockshornklee	<i>Trigonella foenum-graecum</i> L.
Bohnenkraut	<i>Satureja hortensis</i> L.
Borretsch	<i>Borago officinalis</i> L.
Brennnessel, Große	<i>Urtica dioica</i> L.
Brunnenkresse	<i>Nasturtium officinale</i> R. Br.
Buchweizen	<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench
Chinesisches Mutterkraut	<i>Leonurus japonicus</i> Houtt.
Dahurische Engelwurz	<i>Angelica dahurica</i> (Hoffm.) Benth. et Hook. f. ex Franch. et Sav.
Dill	<i>Anethum graveolens</i> L.
Diptam-Dost	<i>Origanum dictamnus</i> L.
Drachenkopf	<i>Dracocephalum moldavica</i> L.
Efeu	<i>Hedera helix</i> L.
Eibisch	<i>Althaea officinalis</i> L.
Eisenkraut	<i>Verbena officinalis</i> L.
Enzian, Gelber	<i>Gentiana lutea</i> L.
Erdbeere, Wald-	<i>Fragaria vesca</i> L.
Erdrauch	<i>Fumaria officinalis</i> L.
Estragon	<i>Artemisia dracunculus</i> L.
Falscher Indigo	<i>Baptisia tinctoria</i> (L.) Vent.
Fangfeng	<i>Saposhnikovia divaricata</i> (Turcz.) Schischk.
Färber-Resede	<i>Reseda luteola</i> L.
Federmohn	<i>Macleaya cordata</i> R. Br.
Fenchel	<i>Foeniculum vulgare</i> L.
Fingerhut, Wolliger	<i>Digitalis lanata</i> Ehrh.
Frauenmantel	<i>Alchemilla vulgaris</i> L.
Frühlings-Adonisröschen	<i>Adonis vernalis</i> L.
Gänseblümchen	<i>Bellis perennis</i> L.
Gänsefingerkraut	<i>Potentilla anserina</i> L.
Gartenkresse	<i>Lepidium sativum</i> L.
Gartenlattich	<i>Lactuca sativa</i> L.
Gartenpimpinelle	<i>Sanguisorba minor</i> Scop.
Geißraute	<i>Galega officinalis</i> L.
Gelbe Färberhülse	<i>Baptisia tinctoria</i> (L.) Vent.

Gelbwurz	<i>Curcuma longa</i> L.
Ginkgo	<i>Ginkgo biloba</i> L.
Ginseng	<i>Panax ginseng</i> C.A. Meyer
Glatter Beifuß	<i>Artemisia glabella</i> Kar. et Kir.
Goldfingerkraut	<i>Potentilla aurea</i> L.
Goldmelisse	<i>Monarda didyma</i> L.
Goldrute	<i>Solidago virgaurea</i> L.
Grüner Hafer	<i>Avena sativa</i> L.
Gundelrebe	<i>Glechoma hederacea</i> L.
Hanf	<i>Cannabis sativa</i> L.
Heilziest	<i>Betonica officinalis</i> L.
Herbstzeilose	<i>Colchicum autumnale</i> L.
Herzgespann	<i>Leonurus cardiaca</i> L.
Herzsame	<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.
Hirschzungenfarn	<i>Asplenium scolopendrium</i> L.
Hirtentäschel	<i>Capsella bursa pastoris</i> (L.) Med.
Holunder	<i>Sambucus nigra</i> L.
Hopfen	<i>Humulus lupulus</i> L.
Huflattich	<i>Tussilago farfara</i> L.
Hunds-Rose	<i>Rosa canina</i> L.
Johannisbeere, Rote	<i>Ribes rubrum</i> L.
Johanniskraut	<i>Hypericum perforatum</i> L.
Kalmus	<i>Acorus calamus</i> L.
Kamille	<i>Matricaria chamomilla</i> L.
Kanadischer Gelbwurz	<i>Hydrastis canadensis</i> L.
Kapuzinerkresse	<i>Tropaeolum majus</i> L.
Kerbel	<i>Anthriscus cerefolium</i> (L.) Hoffm.
Keulen-Enzian	<i>Gentiana acaulis</i> L.
Klette, Große	<i>Arctium lappa</i> L.
Knoblauch	<i>Allium sativum</i> L.
Knollenhahnenfuß	<i>Ranunculus bulbosus</i> L.
Königskerze, Großblütige	<i>Verbascum densiflorum</i> Bertol.
Koriander	<i>Coriandrum sativum</i> L.
Kornblume	<i>Centaurea cyanus</i> L.
Krainer Tollkraut	<i>Scopolia carniolica</i> Jacq.
Krapp	<i>Rubia tinctorium</i> L.
Kümmel	<i>Carum carvi</i> L.
Lavendel	<i>Lavandula angustifolia</i> L.
Lebensbaum	<i>Thuja occidentalis</i> L.
Lein, Diät-	<i>Linum usitatissimum</i> L.
Leuzea	<i>Leuzea carthamoides</i> (Wild.) DC.
Liebstock	<i>Levisticum officinale</i> W.D.J. Koch
Löffelkraut	<i>Cochlearia officinalis</i> L.
Löwenzahn	<i>Taraxacum officinale</i> Web. ex Wigg.
Lungenkraut	<i>Pulmonaria officinalis</i> L.
Mädesüß, Echtes	<i>Filipendula vulgaris</i> L.
Maiglöckchen	<i>Convallaria majalis</i> L.
Majoran	<i>Origanum majorana</i> L.
Malve, Blaue	<i>Malva sylvestris</i> L.
Mariendistel	<i>Silybum marianum</i> L.

Mauerpfeffer, Purpurroter	<i>Sedum purpureum</i> L.
Mäusedorn	<i>Ruscus aculeatus</i> L.
Medizinalrhabarber	<i>Rheum officinale</i> Baill., <i>R. palmatum</i> L.
Meerrettich	<i>Armoracia rusticana</i> Gottfr. Gärtn., B. Mey. et Scherb.
Meisterwurz	<i>Peucedanum ostruthium</i> (L.) W.D.J. Koch
Melisse	<i>Melissa officinalis</i> L.
Mohn	<i>Papaver somniferum</i> L.
Mönchspfeffer	<i>Vitex agnus-castus</i> L.
Mongolischer Tragant	<i>Astragalus mongholicus</i> Bunge var. <i>dahuricus</i> (DC.) Podlech
Mutterkorn	<i>Claviceps purpurea</i> (Fr.) Tul.
Mutterkraut	<i>Chrysanthemum parthenium</i> (L.) Bernh.
Nachtkerze	<i>Oenothera biennis</i> L.
Nachtschatten, Bittersüßer	<i>Solanum dulcamara</i> L.
Ölkürbis	<i>Cucurbita pepo</i> L.
Orangenminze	<i>Mentha x piperita</i> L. var. <i>citrata</i> (Ehrh.) Briq.
Oregano	<i>Origanum vulgare</i> L.
Passionsblume, Winterharte	<i>Passiflora incarnata</i> L.
Pastinak	<i>Pastinaca sativa</i> L.
Pestwurz	<i>Petasites hybridus</i> (L.) Gottfr. Gaertn., B. Mey. et Scherb.
Petersilie	<i>Petroselinum crispum</i> (Mill.) Nyman ex A. W. Hill
Pfefferminze	<i>Mentha x piperita</i> L.
Pfingstrose	<i>Paeonia officinalis</i> L.
Pharmaweide	<i>Salix daphnoides</i> Vill.
Preiselbeere	<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.
Primel	<i>Primula veris</i> L.
Quecke	<i>Elymus repens</i> (L.) P. Beauv.
Quendel	<i>Thymus roegneri</i> K. Koch
Ringelblume	<i>Calendula officinalis</i> L.
Rosenwurz	<i>Rhodiola rosea</i> L.
Rosmarin	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.
Rotwurzelsalbei	<i>Salvia miltiorrhiza</i> Bunge
Rucola	<i>Eruca sativa</i> Mill.
Rundblättrige Minze	<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh.
Salbei	<i>Salvia officinalis</i> L.
Sanddorn	<i>Hippophae rhamnoides</i> L.
Sauerampfer	<i>Rumex acetosa</i> L.
Sauerklee	<i>Oxalis acetosella</i> L.
Schabziegerklee	<i>Trigonella coerulea</i> (L.) Ser.
Schafgarbe	<i>Achillea millefolium</i> L.
Schlehe	<i>Prunus spinosa</i> L.
Schlüsselblume	<i>Primula veris</i> L.
Schnittlauch	<i>Allium schoenoprasum</i> L.
Schnittsellerie	<i>Apium graveolens</i> L.
Schöllkraut	<i>Chelidonium majus</i> L.
Schwarzer Rettich	<i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>niger</i> (Mill.) Kerner
Schwarzkümmel	<i>Nigella sativa</i> L.
Seifenkraut	<i>Saponaria officinalis</i> L.

Senf, Weißer	<i>Sinapis alba</i> L.
Siegesbeckia	<i>Sigesbeckia pubescens</i> Makino
Silberblatt	<i>Senecio bicolor</i> (Willd.) Tod.
Sonnenhut, Blaßfarbener	<i>Echinacea pallida</i> Nutt.
Sonnenhut, Roter	<i>Echinacea purpurea</i> (L.) Moench
Sonnenhut, Schmalblättriger	<i>Echinacea angustifolia</i> DC.
Sonnentau	<i>Drosera rotundifolia</i> L.
Spitzwegerich	<i>Plantago lanceolata</i> L.
Stechapfel	<i>Datura stramonium</i> L.
Steinbrech, Körniger	<i>Saxifraga granulata</i> L.
Steinklee, Gelber	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Lam.
Steinklee, Weißer	<i>Melilotus albus</i> Medik.
Stevie	<i>Stevia rebaudiana</i> (Bertoni) Hemsl.
Stockrose	<i>Alcea rosea</i> L. var. <i>nigra</i> hort.
Sumpfporst	<i>Ledum palustre</i> L.
Süßholz	<i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch. ex DC.
Tausendgüldenkraut	<i>Centaurium erythraea</i> Rafin.
Teichschachtelhalm	<i>Equisetum fluviatile</i> L.
Thymian	<i>Thymus vulgaris</i> L.
Tollkirsche	<i>Atropa bella-donna</i> L.
Topinambur	<i>Helianthus tuberosus</i> L.
Traubensilberkerze	<i>Cimicifuga racemosa</i> (L.) Nutt.
Wacholder	<i>Juniperus communis</i> L.
Waid	<i>Isatis tinctoria</i> L.
Waldmeister	<i>Galium odoratum</i> L.
Wasserminze	<i>Mentha aquatica</i> L.
Wegwarte	<i>Cichorium intybus</i> L.
Weide	<i>Salix alba</i> L.
Weidenröschen, Kleinblütiges	<i>Epilobium parviflorum</i> Schreb.
Weinlaub	<i>Vitis vinifera</i> L. ssp. <i>vinifera</i>
Weinraute	<i>Ruta graveolens</i> L.
Weißdorn	<i>Crataegus laevigata</i> (Poir.) DC., <i>C. monogyna</i> Jacq.
Weißer Taubnessel	<i>Lamium album</i> L.
Wermut	<i>Artemisia absinthium</i> L.
Winterheckenzwiebel	<i>Allium fistulosum</i> L.
Winterschachtelhalm	<i>Equisetum hyemale</i> L.
Wolfstrapp	<i>Lycopus virginicus</i> L.
Wundklee	<i>Anthyllis vulneraria</i> L.
Ysop	<i>Hyssopus officinalis</i> L.
Zaubernuss	<i>Hamamelis virginiana</i> L.
Zaunrübe	<i>Bryonia dioica</i> Jacq.
Zwiebel	<i>Allium cepa</i> L.

Die deutliche Erhöhung der Anzahl von Arznei- und Gewürzpflanzen gegenüber bisherigen Erhebungen (Anlage 1 bis 3) ist vor allem auf die verstärkte Inkulturnahme der letzten Jahre zurückzuführen. Zu den Gründen für eine Inkulturnahme zählen vor allem die Versorgungssicherheit in Quantität und Qualität bei steigendem Bedarf der Industrie an standardisierten Rohstoffen und gestiegenen Anforderungen an die Dokumentation und Rückverfolgbarkeit der Chargen [Bohr 1997, Franke 1997].



Nachfolgend werden in der Tabelle 4 die in Deutschland angebauten Arznei- und Gewürzpflanzenarten nach dem derzeitigen Anbauumfang beginnend ab 1 Hektar (ha) klassifiziert.

Tab. 4: Klassifikation der Arten im deutschen Anbau ab 1 Hektar (ha) [Hoppe 2017]

Gruppe 1: 1 - 10 ha

Andorn (1,0 ha), Apfelminze (1,0 ha), Beinwell (1,0 ha), Drachenkopf (1,0 ha), Kalmus (1,0 ha), Kleine Bibernelle (1,0 ha), Kleinblütiges Weidenröschen (1,0 ha), Medizinalrhabarber (1,0 ha), Rote Johannisbeere (1,0 ha), Walderdbeere (1,0 ha), Wundklee (1,0 ha), Ysop (1,0), Ackerstiefmütterchen (1,2 ha), Bärlauch (1,2 ha), Knoblauch (1,6 ha), Silberblatt (1,8 ha), Alant (2,0 ha), Amaranth (2,0 ha), Gänseblümchen (2,0 ha), Lebensbaum (2,0 ha), Malve (2,0 ha), Wermut (2,0 ha), Tausendgüldenkrout (2,2 ha), Eisenkraut (2,5 ha), Schwarzkümmel (2,5 ha), Waid (2,6 ha), Eibisch (2,8 ha), Goldrute (4,4 ha), Schlüsselblume (3,0 ha), Estragon (4,0 ha), Gundelrebe (4,0 ha), Rosenwurz (4,7 ha), Schwarzer Rettich (5,0 ha), Weißdorn (6,0 ha), Rucola (6,5 ha), Hanf (7,0 ha), Tollkirsche (7,1 ha), Pharmaweide (7,9 ha), Buchweizen (9,5 ha), Gelbe Färberhülse (10,0 ha), Gelber Enzian (10,0 ha), Ginseng (10,0 ha)

Gruppe 2: > 10 - 100 ha

Angelika (11 ha), Nachtkerze (12 ha), Borretsch (13 ha), Gartenpimpinelle (13 ha), Grüner Hafer (13 ha), Arnika (14 ha), Federmohn (15 ha), Falscher Indigo (16 ha), Schabziegerklee (18 ha), Löwenzahn (19 ha), Große Brennnessel (20 ha), Ringelblume (22 ha), Traubensilberkerze (25 ha), Pestwurz (27 ha), Kapuzinerkresse (28 ha), Oregano (29 ha), Baldrian (29 ha), Wolliger Fingerhut (30 ha), Sauerampfer (32 ha), Anis (35 ha), Bohnenkraut (36 ha), Spitzwegerich (41 ha), Tobinambur (45 ha), Gartenkresse (48 ha), Liebstock (48 ha), Salbei (51 ha), Sonnenhut (54 ha), Wildrosen (58 ha), Schafgarbe (59 ha), Winterheckenzwiebel (60 ha), Artischocke (71 ha), Holunder (85 ha), Rotklee (85 ha), Basilikum (87 ha), Meerrettich (91 ha), Schnittsellerie (94 ha)

Gruppe 3: > 100 - 500 ha

Kerbel (102 ha), Johanniskraut (108 ha), Melisse (113 ha), Mariendistel (117 ha), Koriander (154 ha), Thymian (174 ha), Kümmel (282 ha), Pfefferminze (312 ha), Senf (349 ha), Majoran (402 ha), Fenchel (426 ha)

Gruppe 4: > 500 – 1.000 ha

Sanddorn (552 ha), Dill (556 ha), Schnittlauch (580 ha)

Gruppe 5: > 1.000 ha

Kamille (1.200 ha), Petersilie (1.840 ha), Diätlein (2.585 ha)

#### 4.1.4 Anbauregionen

Die im Anbau befindlichen Körner-, Blüten-, Kraut-, Frucht- und Wurzeldrogen stellen besondere Anforderungen an die Sortenwahl, Fruchtfolge, Anbautechnologie und speziell an das Klima und den Standort. Klimatische und edaphische Faktoren beeinflussen dabei den Ertrag und den Gehalt sekundärer Inhaltsstoffe der Arznei- und Gewürzpflanzen entscheidend. Das Klima wirkt durch entsprechende Luftfeuchte, Niederschläge (vor allem deren Menge und Verteilung) und entsprechende Luft-

temperatur. Ätherisch-Ölpflanzen weisen im Allgemeinen in wärmeren Klimagebieten höhere Ölgehalte auf. Der Boden wirkt durch seine mineralische Zusammensetzung, Struktur, Textur, organische Substanz, Bodenwasser, pH-Wert und die Nährstoffgehalte (edaphische Faktoren).

Neben Arten mit breiter ökologischer Streubreite wie Kamille, Kümmel, Malve, Pfefferminze, Schafgarbe, Spitzwegerich gibt es Arten, die besondere Klima- und Standortansprüche stellen. Beispielhaft sei hier Majoran (*Origanum majorana* L.) angeführt. Der im Gebiet um Aschersleben erzeugte Majoran zeichnet sich durch einen sehr hohen Gehalt an ätherischem Öl und ein sehr gutes Aroma aus. Langjährige Untersuchungen belegen, dass die klimatischen Bedingungen im Ascherslebener Raum (im Regenschatten des Harzes) ein Grund für die hervorragenden Qualitäten sind, die in diesem Anbaugebiet produziert werden. Schröder errechnete für Aschersleben im 30jährigen Mittel von Mai bis August 1,85 mm Niederschlag pro Tag in der Vegetationszeit und eine Durchschnittstemperatur von +16°C als Optimum [Schröder 1957].

2011 betragen die Anbauflächen in den Bundesländern Brandenburg 2.706 Hektar (22%), Thüringen 2.303 Hektar (19%), Bayern 1.886 Hektar (15%), Hessen 1.100 Hektar (9%), Sachsen-Anhalt 1.015 Hektar (8%), Niedersachsen 953 Hektar (7,8%), Nordrhein-Westfalen 763 Hektar (6%), Baden-Württemberg 615 Hektar (5%), Rheinland-Pfalz 424 Hektar (3%), Mecklenburg-Vorpommern 212 Hektar (1,7%), Sachsen 201 Hektar (1,6%), Schleswig-Holstein 26 Hektar (0,2%), Berlin, Hamburg, Bremen 11 Hektar (0,09%) und im Saarland 2 Hektar (0,02%), wobei die Prozentzahlen den Anteil am gesamten deutschen Anbau dokumentieren [Plescher 2012]. Die wirtschaftlich bedeutendsten Arten im integrierten Anbau in den Bundesländern zeigt Tabelle 5.

Tab. 5: Die wirtschaftlich bedeutendsten Arten im integrierten Anbau in den Bundesländern [Plescher 2012]:

- Baden-Württemberg: Petersilie, Schnittlauch
- Bayern: Petersilie, Dill
- Brandenburg: Diätlein, Sanddorn
- Hessen: Petersilie, Fenchel
- Mecklenburg-Vorpommern: Sanddorn
- Niedersachsen: Petersilie, Schnittlauch, Mariendistel
- Nordrhein-Westfalen: Petersilie, Dill, Schnittlauch
- Rheinland-Pfalz: Petersilie
- Sachsen: Fenchel, Kamille, Salbei
- Sachsen-Anhalt: Majoran, Kümmel, Thymian, Fenchel, Wolliger Fingerhut
- Schleswig-Holstein: Sanddorn
- Thüringen: Kamille, Diätlein, Pfefferminze, Senf.

Die Hauptanbaugebiete des ökologischen Anbaus von Arznei- und Gewürzpflanzen liegen in Sachsen (159 Hektar), Bayern (112 Hektar), Brandenburg (108 Hektar), Mecklenburg-Vorpommern (98 Hektar), Hessen (79 Hektar), Rheinland-Pfalz (49 Hektar), Baden-Württemberg (42 Hektar), Sachsen-Anhalt (29 Hektar), Thüringen (22 Hektar), Niedersachsen (3 Hektar) und Nordrhein-Westfalen (2 Hektar) [Röhrich, Karte und Schubert 2003]. Die wirtschaftlich bedeutendsten Arten im ökologischen Anbau in den Bundesländern zeigt Tabelle 6.

Tab. 6: Die wirtschaftlich bedeutendsten Arten im ökologischen Anbau in den Bundesländern [Röhricht, Karte und Schubert 2003]:

- Baden-Württemberg: Brennnessel, Kümmel, Sonnenhut
- Bayern: Arnika, Pfefferminze, Sonnenhut
- Brandenburg: Nachtkerze, Topinambur, Sanddorn
- Hessen: Schnittlauch, Salbei, Koriander, Fenchel
- Mecklenburg-Vorpommern: Schafgarbe, Thymian, Sanddorn
- Rheinland-Pfalz: Brennnessel, Koriander, Petersilie, Fenchel,
- Sachsen: Baldrian, Kamille, Wildrosen, Salbei, Johanniskraut
- Sachsen-Anhalt: Fenchel, Majoran
- Thüringen: Kümmel.

Die Gesamtzahl der in den Bundesländern angebauten Arznei- und Gewürzpflanzenarten beträgt in Baden-Württemberg 74, in Hessen 50, in Bayern 40, in Thüringen 30, in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen jeweils 17, in Brandenburg 12, in Rheinland-Pfalz und Sachsen-Anhalt jeweils 9, in Sachsen 8 sowie in Mecklenburg-Vorpommern 6 [Plescher 2012].

An traditionelle Standorte bestimmter Arten sollte aus klimatischen und edaphischen Gründen unter ökonomischen Gesichtspunkten angeknüpft werden.

## 4.2 Wissenschaftsvorleistungen für die Erhöhung des Anbauumfanges von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland

### 4.2.1 Notwendige Wissenschaftsvorleistungen

#### 4.2.1.1 Züchtung

Eine unverzichtbare Voraussetzung für die Erzeugung von standardisierten Qualitätsdrogen und damit für den wirtschaftlichen Erfolg bildet der Einsatz von hochwertigen Sorten. Die Arznei- und Gewürzpflanzenzüchtung ist aufgrund der Artenvielfalt erst in den Anfängen. Dabei ist die vorwettbewerbliche Forschung aufgrund der geringen Anbauflächen von Arznei- und Gewürzpflanzen im Vergleich zu anderen Kulturarten eine grundlegende Voraussetzung, da sich die Züchtungsaufwendungen für klein- und mittelständische Unternehmen in der Regel nicht tragen.

Zuchtsorten sind die Garantie für optimale innere und äußere Eigenschaften. Zu den inneren Eigenschaften gehört vor allem der Gehalt an sekundären Inhaltsstoffen. Äußere Eigenschaften sind Einheitlichkeit des Bestandes, hohe Keimfähigkeit und Triebkraft, Wuchsfreudigkeit, hohe Erträge, Winterfestigkeit, rasches Nachwachsen nach dem ersten Schnitt und Toleranz gegen abiotischen Stress (Wasser, Temperatur, Nährstoffversorgung). Notwendig ist u.a. die Verbesserung der Frostresistenz, z.B. bei Thymian (*Thymus vulgaris* L.) und Oregano (*Origanum vulgare* L.).

An die Reinheit von Arznei- und Gewürzpflanzendrogen werden höchste Ansprüche gestellt, so dass Krankheits- und Schaderregerresistenz zu wichtigen Zuchtzielen gehören. Diese Notwendigkeit ergibt sich auch aus der vermehrten Anwendung umweltschonender Produktionsweisen und der ständigen Abnahme der Zahl verfügbarer Pflanzenschutzmittel. Beim Auftreten neuer relevanter Schaderreger muss die Züchtung auf Resistenz von Beginn an erfolgen.

Ziel der Züchtung ist es, die ökologische Streubreite einzuschränken (Abb. 5). Ausgangspunkt der Züchtung ist die Nutzung der natürlichen Variabilität, die von der Natur durch die Formenmannigfaltigkeit der Arten geboten wird. Die Kenntnis der Reproduktionsbiologie des züchterisch zu bearbeitenden Zuchtobjektes ist eine Grundvoraussetzung für die Wahl geeigneter Zuchtmethoden. Folgende Zuchtmethoden werden bei Arznei- und Gewürzpflanzen angewendet: Selektion (Individualauslese, Massenauslese, Klonauslese), Kombination (einfache Kreuzung, Rückkreuzung, Hybridzüchtung) und Mutation [Franz 2010]. Bei der Mutation werden Samen Röntgen- oder Neutronenstrahlen, Kälte- oder Wärmeschocks, mutagenen Chemikalien wie z.B. Colchicin ausgesetzt. Die mutierten Pflanzen müssen in leistungsfähige Zuchtlinien zurückgekreuzt werden, um neue positive Eigenschaften in diese zu überführen. Nur ein geringer Teil der Mutanten ist infolge von Defekten für die Weiterzucht geeignet [Gassen und Kemme 1996, Pank und Heine 1998].

Die Evaluierung pflanzengenetischer Ressourcen mit nachfolgender Selektion ist die am weitesten verbreitete Methode der züchterischen Bearbeitung von Arznei- und Gewürzpflanzen. Da sich viele Pflanzen noch im Wildartenstadium befinden und eine hohe natürliche Variabilität aufweisen, können auf diese Weise neue Sorten mit einem vertretbaren Aufwand gezüchtet werden [Pank und Heine 1998]. Eine Sonderform der Selektion ist die Klonauslese. Hier werden selektierte Pflanzen

konventionell oder mittels In-vitro-Methoden vegetativ vermehrt. Klone haben den Vorteil der absoluten Homogenität [Franz 2010].

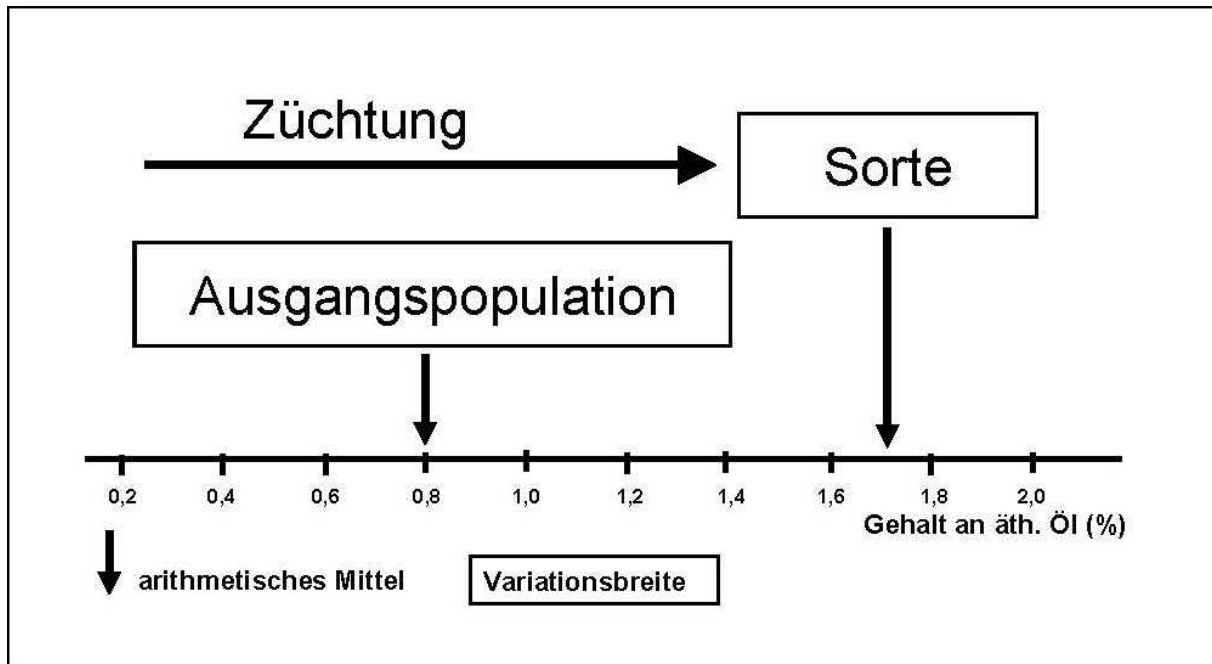


Abb. 5: Veränderungen der Reaktionsnorm von Populationen durch Züchtung [Pank 2009c]

Der Selektionsfortschritt und damit die Dauer der Züchtung einer neuen Sorte, die in der Regel 10 bis 15 Jahre in Anspruch nimmt, kann durch spezielle Techniken wesentlich beschleunigt werden, wie z.B. durch Nutzung der artenspezifischen Reproduktionsbiologie wie Apomixie [Pank 2002], durch Beschleunigung der Generationsfolge durch Vernalisation und Wintergenerationen im Gewächshaus [Pank und Schwarz 2005, Pank 2009b], Frühselektion [Ulrich und Pank 1996], durch Nutzung von Resistenztests und kostensparenden analytischen Schnellmethoden [Pank und Pfefferkorn 2005, Schulz et al. 1999, Schulz et al. 2002, Schulz und Krüger 2007].

Bei der Hybridzüchtung werden geeignete, gesondert gezüchtete Inzuchtlinien einmalig miteinander gekreuzt (Einfachhybride). Die Nachkommen der ersten Generation (F1) einer solchen Kreuzung haben gegenüber der Elterngeneration eine gesteigerte Leistung (Heterosiseffekt). Zudem findet eine Kombination der gewünschten Eigenschaften der Ausgangszuchtlinien statt. Der Heterosiseffekt tritt nur in der F1-Generation auf und geht danach verloren. Die Leistung übertrifft aufgrund der Heterosis die der Eltern. Die als F1 genutzte Sorte weist eine hohe Homogenität auf. Wegen des Aufspaltens nachgebauter Generationen verfügt der Züchter über einen natürlichen Sortenschutz [Pank und Heine 1998]. Hybridsorten bringen höhere Leistungen und liefern einen homogeneren Rohstoff. Da bei vielen Arten (Umbelliferen, Labiaten) die männliche Sterilität als Voraussetzung für eine rationelle, kontrollierte Bestäubung weit verbreitet ist, bestehen gute Aussichten auf Erfolg. Bisher wurde lediglich für Majoran (*Origanum majorana* L.) ein Hybridsortensystem entwickelt. Thymian ist zurzeit in Erarbeitung. Diese Arbeiten könnten fortgesetzt werden z.B. Petersilie (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nyman ex A. W. Hill), Fenchel (*Foeniculum vulgare* Mill.) und Oregano (*Origanum vulgare* L.) [Hoppe 2005].

Auf Grund der Apomixie selektierter Pflanzen gelang die Züchtung von Linien des Johanniskrautes (*Hypericum perforatum* L.) mit fast vollständiger Resistenz gegen *Colletotrichum gloeosporioides* bereits nach zwei Selektionszyklen [Pank 2009a].



Abb. 6: Kamille (*Matricaria chamomilla* L.) [Foto B. Hoppe]

Fortschritte im deutschen Anbau gab es in den letzten Jahren überall dort, wo neue Sorten wie z.B. die (-)- $\alpha$ -bisabololhaltigen Kamillensorten (*Matricaria chamomilla* L.) 'Mabamille', 'Manzana', 'Robumille' in Verbindung mit neuen Anbautechnologien für eine reproduzierbare, standardisierte Qualität zur Verfügung stehen. Die weltweit gehandelte Kamille besitzt im Mittel einen (-)- $\alpha$ -Bisabolol-Gehalt von 25 mg/100 g Droge, während die oben angeführten Neuzüchtungen einen (-)- $\alpha$ -Bisabolol-Gehalt von mindestens 150 mg/100 g Droge beinhalten [Hannig 2017]. Mittlerweile werden in Deutschland 1.200 Hektar Kamille angebaut (Abbildung 6). 1993 waren es nur 276 Hektar Kamille [BLE 1998].

Die vorwettbewerblichen Züchtungsvorleistungen für die tetraploiden (-)- $\alpha$ -bisabololhaltigen Kamillensorten wurden von 1986 bis 1990 durch die Forschungsstationen Artern und Bernburg des VEB Pharmazeutischen Werkes Halle erbracht. Die Firma Martin Bauer Vestenbergsgreuth erwarb 1990 das Basismaterial käuflich und führte die Sortenzüchtung und -zulassung und seitdem auch die Erhaltungszüchtung durch.

Mit der zur Firma Martin Bauer gehörenden Laborfirma PhytoLab Vestenbergsgreuth wurde die züchtungsbegleitende Analytik abgesichert.



Abb. 7: Kümmel (*Carum carvi* L.) [Foto B. Hoppe]

Nach Erhöhung des Ätherischölgehaltes von einjährigem Kümmel (*Carum carvi* L. var. *annuum* hort.) im Verlauf von fast 15 Jahren durch Selektion wurden die Voraussetzungen für die Züchtung ertragreicher synthetischer Sorten durch die Entwicklung von Inzuchtlinien geschaffen (Abbildung 7). Die vorwettbewerblichen Züchtungsleistungen wurden bereits 1986 an der Forschungsstelle Bernburg des VEB Pharmazeutischen Werkes Halle begonnen und 1992 am heutigen Julius Kühn-Institut fortgeführt.

Neben der Sortenentwicklung war die Bekämpfung von *Sklerotinia* ein wichtiges anbaubestimmendes Kriterium. Eine effiziente Resistenz gegen *Sklerotinia* ist mit entscheidend für eine Anbauausweitung. Die Sorte 'Sprinter' besitzt im Ergebnis der positiven Massenauslese im Zeitraum 1986 bis 2000 Resistenz gegen einige pilzliche Erkrankungen [Pank 2012].

Das von der Firma Chrestensen Erfurt käuflich erworbene Basismaterial wird seit 1998 in Erfurt züchterisch weiter bearbeitet [Pank et al. 2001]. Mit der Sorte 'Sprinter' mit 4 bis 5% ätherischem Ölgehalt ist es gelungen, einen einjährigen Kümmel in Arzneibuchqualität auf den Markt zu bringen. Erreicht wurde im Vergleich mit zweijährigem Kümmel mit im Mittel 8-15 dt/ha ein Ertragsniveau von 10-14 dt/ha. Die Zeitspanne zwischen Saat und Ernte beträgt reichlich 5 Monate, bei zweijährigem Kümmel 15 Monate, was verringerte Produktionskosten bedeutet.

Mit der Einführung der Sorte 'Sprinter' ist eine Verdopplung des Anbaus innerhalb der nächsten Jahre realistisch [Pank et al. 2001].



Abb. 8: Baldrian (*Valeriana officinalis* L.) [Foto K.Hoppe]

Das Institut Pharmakologie und Toxikologie der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg und das Institut Biotechnology der University of Applied Sciences Wädenswil entdeckten für Baldrian (*Valeriana officinalis* L.) ein zweites aktives Wirkprinzip. 18 bis 23% der Bevölkerung erleben gelegentlich Angststörungen. Am häufigsten werden Benzodiazepine verordnet. Benzodiazepine dürfen wegen ihrer Nebenwirkungen nur kurzzeitig verschrieben werden. In den üblichen Baldrianzubereitungen sind Valerensäure und Acetoxyvalerensäure im Verhältnis 1:1 enthalten. Zielstellung war es deshalb einen Baldrianextrakt mittels Pflanzenselektion herzustellen, in dem das Verhältnis von Valerensäure zu Acetoxyvalerensäure deutlich zu Gunsten von Valerensäure verschoben wurde. Geprüft wurde ein Extrakt mit einem Verhältnis von Valerensäure zu Acetoxyvalerensäure von 12:1. Dieser Extrakt erbrachte eindeutig anxiolytische Aktivität. Mit diesem Extrakt kann ein angstlösendes Präparat auf natürlicher Basis hergestellt werden (Phytotherapeutikum). Der verwendete Baldrianextrakt entspricht der Standardzulassung für Baldrianpräparate, d.h. er ist in der vorliegenden Form verkehrsfähig [Felgentreff et al. 2013].

Die Dr. Junghanns GmbH Aschersleben hat die Arbeiten des Institutes Pharmakologie und Toxikologie der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg und des Institutes Biotechnology der University of Applied Sciences Wädenswil finanziell unterstützt. Auf Basis der wissenschaftlichen Vorleistungen der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg und der University of Applied Sciences Wädenswil erfolgte eine jahrelange Auslesezüchtung von Baldrian (Abbildung 8) durch die Firma Dr. Junghanns Aschersleben. Die züchtungsbegleitende Analytik wurde über die Labortechnik einer Universität abgesichert. Dadurch könnte sich der gegenwärtige



Anbau von Baldrian in Deutschland, der bei 29 Hektar liegt, in den nächsten Jahren mindestens verzehnfachen [Junghanns 2017].

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Neuzüchtung zur Schaffung von hochwertigen Sorten ein entscheidender Faktor für die Erweiterung des einheimischen Anbaus ist. Da es bei Arznei- und Gewürzpflanzen um die sekundären Inhaltsstoffe geht, ist die züchtungsbegleitende Analytik Voraussetzung. Notwendig ist der Ausbau der vorwettbewerblichen Züchtungsarbeiten mit projektbegleitender Analytik zur Erreichung standardisierter sekundärer Inhaltsstoffe und projektbegleitender Phytopathologie wegen des erheblichen Risikos von Rückständen im Erntegut beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln. Beim Auftreten neuer relevanter Schaderreger muss von Beginn an die Züchtung auf Resistenz erfolgen. Das schließt die Evaluierung aktueller Sorten und das Screening von Zuchtmaterial ein.

Die Entwicklung des Arznei- und Gewürzpflanzenanbaus beweist, dauerhafte Fortschritte im einheimischen Anbau gibt es überall dort, wo „maßgeschneiderte“ Sorten in Verbindung mit neuen Anbautechnologien für eine reproduzierbare, standardisierte Qualität zur Verfügung stehen.

#### 4.2.1.2 Analytik

Da Arznei- und Gewürzpflanzen durch ihre sekundären Inhaltsstoffe charakterisiert werden, spielt die Analytik dieser Komponenten eine besondere Rolle. Eine Arzneipflanze besteht nicht nur aus einem Wirkstoff, sondern aus einem Wirkstoffkomplex. Daneben besitzen sekundäre Inhaltsstoffe ausgehend vom Wuchsstandort und weiteren Faktoren auch eine große Variabilität in ihrer Zusammensetzung. Daraus ergibt sich, dass die Anforderungen an die Analytik sehr hoch sind, da neben Substanzen mit hohen Konzentrationen auch solche mit niedriger Konzentration erfasst werden müssen.

Die Analytik kann auch dazu beitragen für Arznei- und Gewürzpflanzen, ausgehend von den sekundären Inhaltsstoffen, optimale Erntezeitpunkte zu definieren. Der optimale Erntezeitpunkt von Arznei- und Gewürzpflanzen ist dann gegeben, wenn die erwünschten Inhaltsstoffe den optimalen Gehalt erreicht haben. Die qualitätsabhängige Preisgestaltung nach Inhaltsstoffen ist bei einigen Arten bereits Praxis (z.B. bei Wolligem Fingerhut (*Digitalis lanata* Ehrh.) nach dem Lanatosid C-Gehalt, einer Vorstufe des herzwirksamen Glykosids Digoxin).

Die Zusammensetzung z.B. des ätherischen Öles ist genetisch determiniert, wird aber auch von der Entwicklung der Pflanze beeinflusst. Im Allgemeinen ist ein deutlicher Verlauf der Entwicklung der sekundären Pflanzeninhaltsstoffe zu verzeichnen, der mit dem phänologischen Entwicklungsstadium der Pflanzen zusammenhängt (Abbildung 9). Im Verlauf der Pflanzenentwicklung verändert sich sowohl die inhaltsstoffliche Zusammensetzung als auch dessen absoluter Gehalt. Zum Beispiel wird bei Pflanzen, deren Blätter ätherisches Öl aufweisen, der Höchstwert in den meisten Fällen zu Blühbeginn erreicht. Danach sinkt der Gehalt wieder.

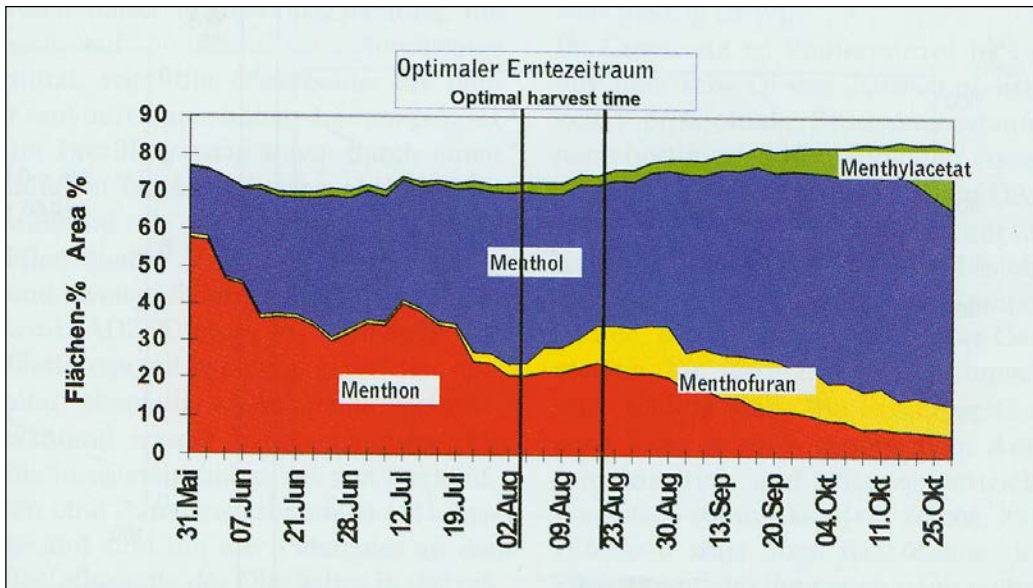


Abb. 9: Wechselnde Anteile der Hauptkomponenten des ätherischen Öles in frischem Pfefferminzkraut während der Vegetationsperiode 1996 (Sorte 'Murray Mitcham') [Bomme 1996]

Verschiedene Stoffwechselforgänge in Pflanzen, wie das Photosynthesevermögen, die Atmungsaktivität, der zelluläre und organische Stofftransport unterliegen einem Tageszeitenrhythmus. Auch ein tageszeitlicher Rhythmus der Inhaltsstoffgehalte ist vorhanden.

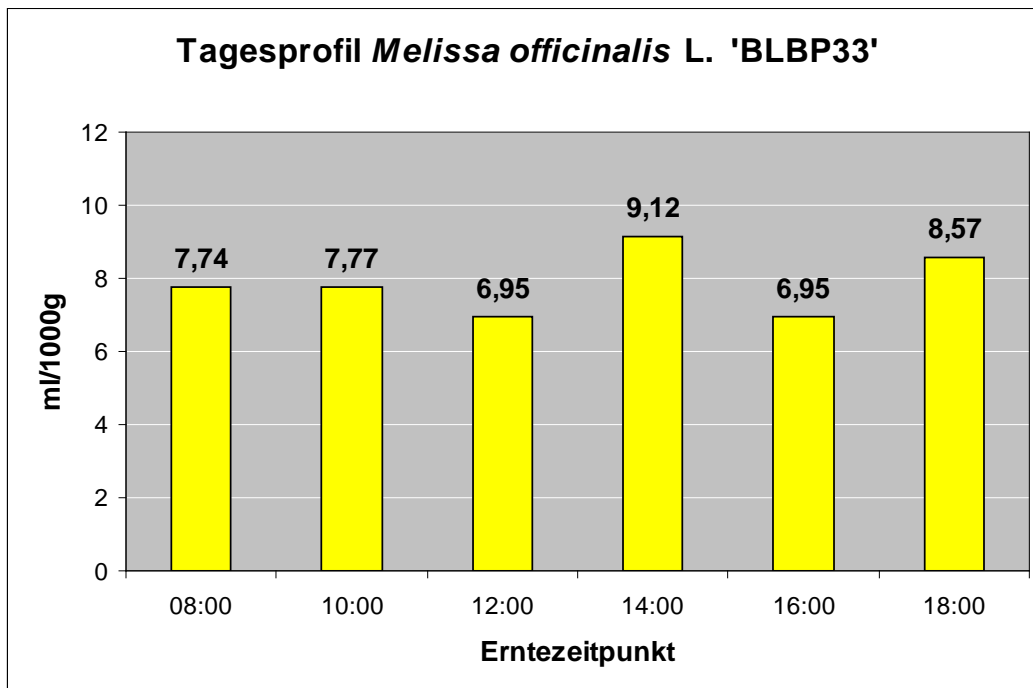


Abb. 10: Tagesverlauf des ätherischen Ölgehalts in Milliliter pro 1.000 Gramm Melisse der Sorte 'BLBP 33' [Bomme 1996]

Der Tageszeitrhythmus hat wie Abbildung 10 zeigt auch Auswirkungen auf die Einlagerung von sekundären Pflanzeninhaltsstoffen bei Arznei- und Gewürzpflanzen,

die quantitativ einen Tagesverlauf erkennen lassen und zu bestimmten Tageszeiten eine besonders hohe Konzentration erreichen [Berghold und Hoppe 2010].

Den in den letzten Jahrzehnten weiter entwickelten chromatographischen Methoden (HPTLC, HPLC, GC) kommt dabei insbesondere in der züchtungsbegleitenden Analytik eine besondere Bedeutung zu. Mit der modernen Hochleistungs-Dünnschicht-Chromatographie (High Performance Thin Layer Chromatography HPTLC) kann eine qualitative und quantitative Bestimmung von Wirkstoffen bzw. Leitsubstanzen in Drogen erfolgen. Die HPTLC bietet sich für die Analyse von Arznei- und Gewürzpflanzen besonders durch ihre einzigartige Möglichkeit an, die erhaltenen Chromatogramme schnell und kostengünstig zu dokumentieren und auswerten zu können. Diese Chromatographie-Technik gewährleistet darüber hinaus vor allem eine vergleichsweise hohe Trennleistung durch Verwendung feinkörniger stationärer Phasen von hoher Qualität mit deutlich verbesserten Nachweisgrenzen [Reich und Blatter 2002].

Die Kenntnis über die Zusammensetzung der ätherischen Öle ist für die Züchtung von Hochleistungssorten besonders entscheidend. Um diese Zielstellung zu erreichen, erfolgt oftmals eine Kombination aus klassischer Humansensorik, Gaschromatographie-Olfaktometrie, Gaschromatographie-Massenspektrometrie und der Verknüpfung der mit dieser Methode generierten Daten mittels geeigneter multivariater Statistik zur sensorischen Charakterisierung von Kräutern. Die Methode ist für die Untersuchung stark aromatischer Kräuter wie Majoran (*Origanum majorana* L.), Thymian (*Thymus vulgaris* L.), Bohnenkraut (*Satureja hortensis* L.), Estragon (*Artemisia dracunculus* L.) und Borretsch (*Borago officinalis* L.) geeignet. Die Ermittlung aromarelevanter flüchtiger Verbindungen von diesen Kräutern ist mit der Methode sehr gut möglich [Bansleben et al. 2010]. Ein wesentlicher Vorteil des Verfahrens ist die Zeit- und Kostenersparnis für den Züchter.

Die in den letzten 20 Jahren vermehrt eingesetzte Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) zur schnellen, zumeist zerstörungsfreien Bestimmung wertgebender sekundärer Inhaltsstoffe in Verbindung mit geeigneten chemometrischen Auswerteverfahren liefert in der Regel ebenfalls gute Vorhersagen für individuelle Pflanzeninhaltsstoffe. Neue Anwendungen der Nah-Infrarot-Spektroskopie ermöglichen darüber hinaus die rasche Analyse von Inhaltsstoffen im Produktionsprozess und bei der Massenselektion in der Züchtung [Koudous et al. 2014]. Mit Hilfe der NIRS-Methode kann die Selektion geeigneter Hochleistungspflanzen bedeutend unterstützt werden. Für Kümmel (*Carum carvi* L.) und Fenchel (*Foeniculum vulgare* L.) erfolgten mit entwickelten Kalibrationsmodellen sehr zuverlässige Vorhersagen zum Gehalt an ätherischem Öl [Schulz et al. 2001, Schulz und Baranska 2007, Gudi et al. 2015a, Gudi et al. 2015b].

Die Entwicklung spezifischer Analysenmethoden für Arznei- und Gewürzpflanzen zur Erforschung der spezifischen Wirkungen der sekundären Pflanzeninhaltsstoffe und deren wirksamer Konzentration sind auch für die Absicherung der umfangreichen züchtungsbegleitenden Analysen Voraussetzung. Dabei sollten durch Normen festgelegte Verfahren zur Anwendung kommen. Die Ergebnisse sind in standardisierten Dokumentationen für die einzelnen sekundären Inhaltsstoffe darzustellen.

#### 4.2.1.3 Phythopathologie

Der feldmäßige Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen auf gleichen bzw. nebeneinander liegenden Ackerflächen wird zunehmend auch durch Krankheiten und Schädlinge gefährdet. Durch neue Erreger oder durch eine erfolgte Veränderung im biologischen Gleichgewicht erhalten bislang phytopathologisch unbedeutende Mikroorganismen eine pathogene Bedeutung, wobei die Verbreitung entweder schleichend oder aber auch schlagartig erfolgen kann. Der zunehmende Handel und Personenverkehr in einer globalisierten Welt führt heute dazu, dass Schaderreger unbemerkt häufiger und schneller über große Distanzen transportiert und dabei auch in neue Gebiete eingeschleppt werden. Die Folge sind erhebliche wirtschaftliche Verluste, weil kurzfristige Lösungen meist nicht vorhanden sind. Im Extremfall ist der Anbau einzelner Kulturarten in bestimmten Regionen nicht mehr möglich. Pflanzenarten können in der Folge sogar aussterben [Gärber et al. 2017].

Krankheiten und Schädlingsbefall können den Nutzungswert von Arznei- und Gewürzpflanzen stark beeinträchtigen und den Anbau gefährden. Deshalb ist es wichtig, vorausschauend zu handeln, d.h. bei einem Auftreten unbekannter Schadensursachen in einem frühzeitigen Stadium Analysen zum Vorkommen und zur potenziellen Gefährdung zu erstellen, um darauf aufbauend geeignete Strategien zur Schadensminimierung oder -verhinderung entwickeln zu können. Für eine erfolgreiche Überwachung der Schaderreger sind schnelle und sichere Diagnoseverfahren Voraussetzung.

Die phytopathologische Forschung hat wertvolle Erkenntnisse geliefert, u.a. die Identifizierung von *Colletotrichum cf. gloeosporioides* als Erreger der Johanniskrautwelke einschließlich Lösungen zur Bekämpfung, Nachweis der Samenübertragbarkeit der Fenchelanthraknose an Fenchel (*Foeniculum vulgare* L.), Identifizierung der Erreger der Doldenbräune an einjährigem Kümmel (*Carum carvi* L. var. *annuum* hort.), der Virosen an Dill (*Anethum graveolens* L.), der Auflaufkrankheiten und Welke an Oregano (*Origanum vulgare* L.), des Falschen Mehltaus an Bohnenkraut (*Satureja hortensis* L.) und Salbei (*Salvia officinalis* L.) sowie aktuell die Aufklärung von Schadursachen an Kamille (*Matricaria chamomilla* L.) [Gärber et al. 2013]. Eine Screeningmethode wurde nach Marx und Gärber so weit entwickelt und verifiziert, dass es möglich ist, Petersilienmaterial effizient auf das Merkmal Resistenz gegen Echten und Falschen Mehltau zu prüfen [Marx et al. 2012, Marx und Gärber 2014].

Der Salbeianbau in Deutschland wird seit einigen Jahren durch einen neu aufgetretenen Falschen Mehltaupilz (*Peronospora salviae-officinalis* Y.J. Choi, Thines et H.D. Shin) gefährdet. In einigen Salbeibeständen wurde darüber hinaus ein weiterer, zunächst nicht als relevante Schadensursache erkannter Erreger nachgewiesen [Hoffmeister und Maier 2017]. Dabei handelt es sich um den Stängel- und Wurzelfäuleerreger *Boeremia exigua* (Desm.) Aveskamp, Gruyter et Verkley. Da Salbeibestände bis zu 5 Jahren bewirtschaftet werden, konnte sich dieses Pathogen in hohem Maße etablieren. Beide Schaderreger hatten wesentlichen Anteil am 2009 festgestellten, schlechten Zustand der Salbeibestände [Grunert 2017]. Mit der Identifizierung der Krankheitserreger wurde eine wichtige Voraussetzung für die gezielte Entwicklung von Abwehrstrategien geschaffen, was letztendlich zur Sicherung des etablierten Salbeianbaus beitrug.

Bei Johanniskraut (*Hypericum perforatum* L.) kam mit der Ausdehnung des Anbauumfanges in den 90er Jahren der Anbau durch das Auftreten der Rotwelke durch den Erreger *Colletotrichum gloeosporioides* (Abbildung 11) fast zum Erliegen. Mit der Aufklärung der Krankheitsursache und den Untersuchungen zur Biologie und Epidemiologie des Erregers konnten für die Praxis gute Lösungsansätze zur Bekämpfung erarbeitet werden. Diese beinhalten in erster Linie Möglichkeiten zur Befallsminderung, die sich aus der Kenntnis zur Epidemiologie heraus ergeben und es ermöglichen, den Infektionszyklus des Erregers gezielt zu unterbrechen [Schenk und Gärber 2002, Schenk et al. 2002, Gärber und Schenk 2002a-c, Gärber und Schenk 2003a-b]. Auf Grund der Apomixie selektierter Pflanzen gelang die Züchtung von Linien des Johanniskrautes (*Hypericum perforatum* L.) mit fast vollständiger Resistenz gegen *Colletotrichum gloeosporioides* bereits nach zwei Selektionszyklen [Pank 2009a].



Abb. 11: Rotwelke im Johanniskraut (*Hypericum perforatum* L.) durch den Erreger *Colletotrichum gloeosporioides* [Foto R. Schenk]

Kamille (*Matricaria chamomilla* L.) galt hinsichtlich des Auftretens von Krankheiten und Schädlingen lange Zeit als unproblematisch. Neben Falschem Mehltau, der in Kamillebeständen immer wieder sporadisch auftrat und dann auch stark ertragsgefährdend ist, führen die neuen Erkrankungen zu einer Bedrohung des deutschen Kamilleanbaus. Krankheitserscheinungen, die man im konzentrierten Anbau seit 2007 beobachtete, wurden zunächst als Frostschäden angesehen. Bei Herbstsaaten traten erste Symptome im Februar im kleinen Rosettenstadium auf und im April waren die chlorotischen Blattflächen der älteren Rosettenblätter nekrotisiert, die Blattfiedern wurden braun, vertrockneten und starben ab. Bei Frühljahrsaussaaten wurden erste Symptome Mitte Mai festgestellt, so dass nach dem ersten Pflückvorgang die Pflanzen meist so geschwächt waren, dass sie keinen zweiten

Blütenflor mehr bildeten und es in Folge zu erheblichen Ertragseinbußen kam. Im Juni waren langgezogene braune Stängelflecke bis zu den Blütenstielen hinauf zu verzeichnen und auf den Kelchblättern der Blüten entstanden braune Flecke. Die Pflanzen entblätterten und bildeten nach der ersten Pflücke lediglich kleine Notblüten aus. Die Krankheit trat flächendeckend auf. Zusätzlich wurden verstärkt Fraßschäden im Mark der Kamillestängel durch Larven festgestellt, infolge dessen die Stängel abknickten. Bei den pilzlichen Schaderregern wurde neben *Septoria matricariae* ein Pilz nachgewiesen, der an Naturmaterial als *Entylomella traillii* (*Basidiomycota*) identifiziert wurde und der den Schlauchpilzen (*Ascomycota*) zuzuordnen ist. Er erwies sich in Infektionsversuchen als pathogen. Bei den tierischen Schaderregern wurden *Microplontus rugulosus* (Rüsselkäfer), *Pseudostyphlus pillumus* (Rüsselkäfer), *Olibrus aeneus* (Glattkäfer) identifiziert. [Gärber et al. 2013, Gärber und Sommerfeld 2016a-b, Sommerfeld et al. 2017a-b]. Die Komplexität des Schaderregerauftretens im Kamilleanbau ist ein Beispiel dafür, dass dieses Problem nur fachübergreifend zu lösen ist. Hier kommt es auf das Zusammenspiel verschiedener Fachbereiche wie Mykologie und Entomologie an.

Das Wissen über Infektionsquellen, Infektionsketten, Überdauerung, optimale Entwicklungsbedingungen und Wirtspflanzenkreise der Schaderreger ist eine Grundvoraussetzung für die Erarbeitung nachhaltiger Pflanzenschutzstrategien, da die chemische Bekämpfung aufgrund der Situation der Pflanzenschutzmittelzulassung im Arznei- und Gewürzpflanzenbereich, vor allem aber wegen des erheblichen Risikos von Rückständen im Erntegut, nur sehr begrenzt Anwendung finden kann.

Mit Zunahme des feldmäßigen Anbaus von Arznei- und Gewürzpflanzen in den letzten Jahren wird dringender Forschungsbedarf im Bereich der Phytopathologie deutlich, wie Diagnose und Biologie wichtiger Schaderreger, Erarbeitung alternativer Pflanzenschutzmaßnahmen (biologisch, physikalisch, z.B. Elektronenbeizung), Untersuchungen zur Sortenanfälligkeit, Erarbeitung und Entwicklung geeigneter Prognoseverfahren. Für die Entwicklung guter Pflanzenschutzkonzepte ist die zukünftige Erforschung der einzelnen Pathosysteme eine der wichtigsten Voraussetzungen. Die Ergebnisse müssen auch in die Züchtung widerstandsfähiger Sorten einfließen. Die Züchtung auf Resistenz ist ein entscheidender Baustein im Pflanzenschutz.

#### 4.2.1.4 Optimierung von Anbauverfahrensschritten mit existenzieller Bedeutung

##### 4.2.1.4.1 Unkrautbekämpfung

Die erfolgreiche Unkrautbekämpfung zählt zu einer der wichtigsten Voraussetzungen für die wirtschaftliche und nachhaltige Produktion von Arznei- und Gewürzdrogen in hoher Qualität. Sie entscheidet in vielen Fällen über die Wettbewerbsfähigkeit und ist damit von existenzieller Bedeutung für den Fortbestand des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus [Pank 1993]. Sie können erhebliche Ertragsminderungen verursachen und im Extremfall sogar zum Totalverlust führen, wenn die Bestände umgebrochen werden müssen [Hoppe 2010, Pank 2010].

Unkräuter konkurrieren mit den Kulturpflanzen um Standraum, Nährstoffe, Wasser und Licht, übertragen Schaderreger, behindern die Ernte, verunreinigen die Ernteprodukte, verursachen erhöhte Aufwendungen bei der Nacherntebehandlung und gefährden die Gesundheit, wenn ein Besatz des Erntegutes mit giftigen Unkrautarten

vorliegt [Pank 2010]. Unkräuter wie Gewöhnliches Greiskraut (*Senecio vulgaris* L.), Acker-Vergissmeinnicht (*Myosotis arvensis* (L.) Hill), Sand-Vergissmeinnicht (*Myosotis stricta* Link ex Roem et Schult), Huflattich (*Tussilago farfara* L.), Gewöhnlicher Acker-Krummhals (*Anchusa arvensis* (L.) M. Bieb.), Schmalblättriges Greiskraut (*Senecio inaequidens* DC.), Frühlings-Greiskraut (*Senecio vernalis* Waldst. et Kit.), Klebriges Greiskraut (*Senecio viscosus* L.) und Gewöhnlicher Beinwell (*Symphytum officinale* subsp. *officinale* L.) enthalten Pyrrolizidinalkaloide [Plescher 2017b]. Pyrrolizidinalkaloide sind sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, die von Pflanzen zur Abwehr von Fressfeinden gebildet werden.

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) machte 2013 zum Vorkommen von Pyrrolizidinalkaloiden in Handelsproben von Lebensmitteltees und zum Teil Arzneitees deutlich, dass Pyrrolizidinalkaloide als durch Unkräuter verursachte Kontamination in pflanzlichem Material auftreten können [BfR 2013]. Das Herbal Medicinal Products Committee (HMPC) der europäischen Zulassungsagentur European Medicines Agency (EMA) kam 2014 zu dem Schluss, dass wegen möglicher Vergiftungen und aufgrund eines Kanzerogenitätsrisikos die Exposition gegenüber Pyrrolizidinalkaloiden so gering wie möglich zu halten ist [HMPC 2014]. Die pharmazeutischen Unternehmer müssen damit sicherstellen, dass der Grenzwert von 1,0 µg Pyrrolizidinalkaloide pro Tag in den Endprodukten eingehalten wird und sie deshalb entsprechende Maximalgehalte in ihren Ausgangsstoffen definieren müssen [Steinhoff 2016].

Die Ertragshöhe wird besonders stark durch Unkräuter beeinträchtigt. In Europa werden 650 Pflanzenarten zu den Ackerunkräutern gezählt. Überproportional ist der Anteil der Gänsefuß-, Fuchsschwanz- und Knöterichgewächse [Wilmanns 1993]. Entscheidend für die negativen Auswirkungen sind die zeitliche Abfolge im Auflaufen von Unkräutern und Kulturpflanzen, die Unkrautdicke und die Konkurrenzkraft der Kultur selbst. Unkräuter sind wegen ihrer hohen Reproduktionsrate und Wachstumsgeschwindigkeit den Kulturpflanzen um ein Vielfaches überlegen. Samenunkräuter haben eine kurze Generationsdauer und zum Teil mehrere Generationen pro Jahr. Beim Gewöhnlichen Hirtentäschel (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.) kann eine Pflanze bis 40.000 Samen/Saison entwickeln, die bei Temperaturen von 2 bis 35°C keimen und aus geringer Tiefe von max. 2 cm auflaufen [Partzsch et al. 2006]. Man rechnet mit bis zu 300.000 Unkrautsamen pro m<sup>2</sup> Ackerkrume, die zum Teil jahrzehntelang keimfähig sind [Wonneberger 2004]. Unkräuter stellen auch eine mögliche Infektionsquelle als Herde für Schadorganismen dar [Franz 2000]. Aber auch nach Bestandesschluss muss auf Unkrautfreiheit geachtet werden, da an die Produktqualität von Arznei- und Gewürzdrogen in Bezug auf die Reinheit des Erntegutes hohe Anforderungen gestellt werden. Der manuelle Pflegeaufwand ohne Herbizideinsatz kann im Arznei- und Gewürzpflanzenbau 200 bis 600 Akh/ha betragen [Pank 1990].

Im besonderen Maße gilt das im ökologischen Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen. Der Pflegeaufwand beträgt 6 bis 23 Arbeitsgänge in einzelnen Kulturen. Die Aufwendungen der Handarbeitspflege betragen im Mittel aller untersuchten 66 ökologischen Betriebe in Deutschland 302 Akh/ha [Röhricht et al. 2003]. Das bedeutet für den Anbau eine existenzgefährdende Kostenbelastung. Es besteht ein großer Handlungsbedarf für die Entwicklung kostengünstiger Verfahren der Unkrautregulierung im ökologischen Arznei- und Gewürzpflanzenanbau [Röhricht 2010].

Die langsame Jugendentwicklung von Drillkulturen erschwert die mechanische Pflege. In Abbildung 12 ist die Entwicklung des Bodenbedeckungsgrades von Majoran (*Origanum majorana* L.) im Verlauf der Vegetationsperiode dargestellt. Die Trendlinie wurde anhand von 358 Wertepaaren aus Feldversuchen in einem Zeitraum von 18 Jahren im Anbaubereich der Magdeburger Börde berechnet. Der Zeitraum der besonders geringen Konkurrenzkraft des Majorans zwischen der Aussaat am 22. April und bis zum Erreichen eines Deckungsgrades von 60% am 17. Juli betrug 86 Tage. Auf Grund dieser langen Zeitspanne ist ein ungewöhnlich hoher Pflegeaufwand erforderlich [Pank 1997].

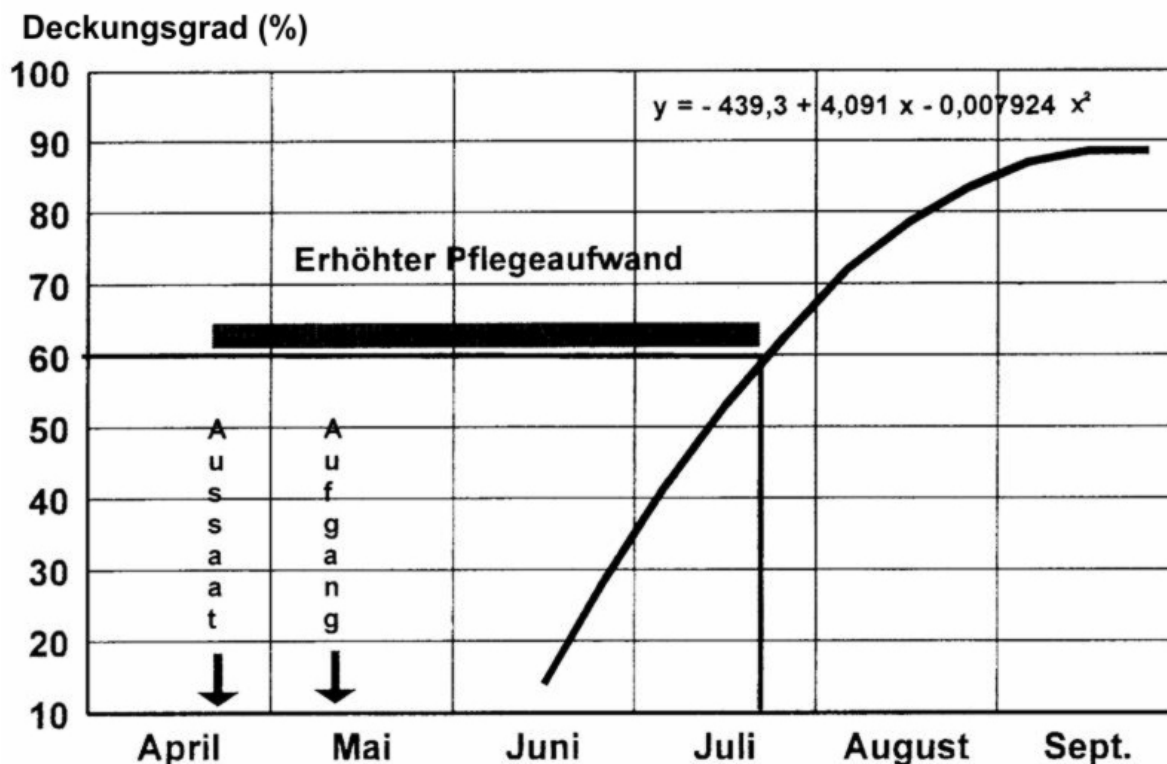


Abb. 12: Dynamik des Bodenbedeckungsgrades des Majorans im Verlauf der Vegetationsperiode [Pank 1997]

In Drillkulturen mit langsamer Jugendentwicklung ist neben dem Herbizideinsatz die Handhacke unumgänglich. Der Einsatz von Herbiziden mindert den manuellen Pflegeaufwand, sichert die Qualität des Erntegutes bezüglich Reinheit und trägt damit durch Kostenersparnis zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit bei. Andererseits führt der Einsatz von Herbiziden zu einer einseitigen Selektion resistenter Unkrautarten und stellt eine potenzielle Gefährdung von Anwender, Verbraucher und Umwelt dar.

Der feldmäßige Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen auf den gleichen Flächen zeigt am Beispiel der Kamille (*Matricaria chamomilla* L.), dass sich hier in den letzten Jahren wilde Kamillen in den gedrillten Beständen in Thüringen entwickeln, so dass dadurch bedingt in der geernteten Kamille ein deutlich geringerer (-)- $\alpha$ -Bisabolol-Gehalt als 150 mg/100 g Droge zu verzeichnen ist. Angeregt wurde, dass ab 2018 ein Verfahren Hackkultur Kamille entwickelt wird, um dem entgegenzuwirken [Hoppe 2017].



Ziel ist es, mit einer effektiven Unkrautregulierung den hohen Handarbeitsaufwand zu reduzieren. Neben mechanischen sind auch thermische Verfahren der Unkrautbekämpfung weiter zu entwickeln. Die Geräte zur thermischen Pflege müssen in ihrer Flächenleistung und im Energieverbrauch verbessert werden [Zwinger und Ammon 2002].

Die Erhöhung der Effektivität von Unkrautbekämpfungsmaßnahmen erfordert auch die Fortentwicklung optischer Systeme. Durch bildgebende großflächige Kartierungen können Feldheterogenitäten wie die flächenmäßig ungleichmäßige Unkrautverteilungen und Unkrautnester erfasst und berücksichtigt werden [Timmermann 2001, Zwinger und Ammon 2002, Krohmann 2003, Dicke 2005, Oebel 2006].

Die Kenntnisse über Unkrautpopulationen einer Fläche und die Unkrauterkenner sind wichtige Voraussetzungen für gezielte Unkrautmanagementstrategien. Als Erkennungsmerkmal der Unkräuter werden Form, Größe sowie beschreibende Parameter der äußeren Kontur verwendet [Gerhards et al. 1998, Sökefeld et al. 2000, Dicke 2005, Weis et al. 2008, Blum et al. 2017]. Autonome Robotersysteme mit dem Ziel der Unkrauterkenner und einer automatischen Unkrautregulierung stellen ein enormes Innovationspotenzial dar [Lottes 2017]. Notwendig ist eine universell einsetzbare Software zur Unterscheidung von Nutzpflanzen und Unkräutern als Voraussetzung für den Einsatz eines Agrarroboters sowie der Drohne.

#### 4.2.1.4.2 Technische Trocknung

Die technische Trocknung ist die häufigste Art der Konservierung von Arznei- und Gewürzpflanzen [Müller und Heindl 2010]. Trockner für Arznei- und Gewürzpflanzen haben einen hohen thermischen Energieverbrauch von 5.000 bis 12.500 kJ/kg verdunsteten Wassers [Böhner et al. 2012]. Der spezifische Energiebedarf wird sehr viel stärker von der Betriebsweise der Trocknungsanlage beeinflusst als von dem produktspezifischen Trocknungsverhalten der einzelnen Arznei- und Gewürzpflanzenarten [Ziegler 2017b].

Auf Grund des hohen Investitions- und Energiebedarfs ist die Trocknung das kostenintensivste Glied in der Verfahrenskette. So betragen die Trocknungskosten unter Berücksichtigung des Fixkostenanteils oft mehr als 50% der gesamten Produktionskosten [Müller 1998].

Eine sinnvolle Palette verschiedener Arznei- und Gewürzpflanzen, die unterschiedliche Arbeitsspitzen der Kulturen, aber auch unterschiedliche Ernte- und Trocknungstermine berücksichtigt, führt zu einer erheblich besseren Auslastung der kostenintensiven Trocknungsanlagen. Eine Auslastung von 5 bis 6 Monaten/Jahr ist für Trocknungen anzustreben [Schröder und Hoppe 1967, Hoppe 2010].

Die maximale Auslastung von Trocknungsanlagen während der Erntezeiträume besitzt absolute Priorität wie das beispielhaft aus der Abbildung 13 hervorgeht [Ziegler 2017a].



Trocknungsphase mit konventioneller Luftherwärmung sind weitere Energieeinsparungen durch Abwärmenutzung von Blockheizkraftwerken (BHKW) möglich [Mellmann und Füll 2008]. Durch Einbinden von Wärmepumpen, Optimierung der Luftführung und Verbesserung der Trocknungssteuerung konnten Energieeinsparungen bis zu 30% erzielt werden [Ziegler et al. 2009].

Durch steigende Energiepreise ist der hohe Energiebedarf eine der drängendsten Herausforderungen der Trocknung von Arznei- und Gewürzpflanzen [Heindl 2003].

#### 4.2.2 Voraussetzungen für die Erbringung der notwendigen Wissenschaftsvorleistungen

##### 4.2.2.1 Aufbau eines Bundesforschungsinstitutes für Arznei- und Gewürzpflanzen

Die Förderung des Anbaus durch Forschungsvorleistungen ist der Hauptweg der weiteren Intensivierung. Deshalb ist der Aufbau eines Institutes für Arznei- und Gewürzpflanzen notwendig, um dauerhaft die Erhaltung einer Kernkompetenz auf diesem sehr speziellen Sektor der Pflanzenproduktion zu sichern. Damit gilt es in der deutschen Forschungslandschaft die Expertise auf diesem speziellen Zweig der Pflanzenproduktion kontinuierlich zu sichern. Die Vielzahl von Arznei- und Gewürzpflanzenarten (Körner-, Blüten-, Kraut-, Frucht- und Wurzeldrogen) stellen spezielle Anforderungen an die Sortenwahl, Standortwahl, Fruchtfolge und Anbautechnologie.

Der Sitz sollte im Julius Kühn-Institut Quedlinburg (JKI) des Bundes angesiedelt werden. Das JKI bildet durch seine vielfältigen Ausrüstungen und Fachbereiche eine gute Grundlage für kooperative Arbeiten auf hohem Niveau (Analytik, Biotechnologie, Molekularbiologie, Zytologie, Klimakammern, Gewächshäuser, Versuchsfelder). Die Landesforschung ist erfahrungsgemäß dazu nicht in der Lage. Hinzu kommt, dass das Julius Kühn-Institut richtungsweisende Forschungsfragen langfristig und kontinuierlich bearbeitet.

##### 4.2.2.2 Personalausstattung und Nachwuchsförderung

Um einen festen Stamm erfahrener Wissenschaftler mit entsprechenden speziellen Fachkenntnissen (Anbau, Züchtung, Analytik und Phytopathologie) können dann je nach Bedarf temporär Doktoranden oder Projektbearbeiter gewonnen werden. Die Ansiedlung der Spezialexperten in der Bundesforschung ist erforderlich, um eine Kapazität oberhalb der für eine effektive Arbeit notwendigen kritischen Masse zu erhalten.

Notwendig ist die Etablierung einer fünfköpfigen wissenschaftlichen Arbeitsgruppe Anbau mit dem Aufgabengebiet Schaffung wissenschaftlicher Grundlagen für eine umweltschonende und wirtschaftliche Produktion von qualitativ hochwertigen Arznei- und Gewürzpflanzen einschl. eines Versuchsanbaues am Standort Quedlinburg. Sie ist für die Bereitstellung von Informationen für Anbauer (Infoblätter, Homepage) verantwortlich und sichert die Archivierung aller das Fachgebiet betreffenden Daten national und international (print und digital).

Die Schaffung einer Arbeitsgruppe Züchtung mit mindestens 5 Mitarbeitern zur Erbringung von Wissenschaftsvorleistungen wie Maßnahmen der vorwett-

bewerblichen Züchtung mit projektbegleitender Analytik und Phytopathologie. Dabei geht es um die Entwicklung züchtungsspezifischer Analysemethoden für Arznei- und Gewürzpflanzen und die Absicherung der umfangreichen züchtungsbegleitenden Analysen an Zuchtmaterial, die sich aufgrund des Anbauumfangs von Arznei- und Gewürzpflanzen und der Züchtungsaufwänden nicht selbst tragen können.

Das erfordert auch eine mindestens vierköpfige Arbeitsgruppe Analytik. Ihre Aufgabe besteht im Screening von wirksamen sekundären Inhaltsstoffen aus Arznei- und Gewürzpflanzen und deren Dokumentation sowie Erforschung traditioneller Anwendungen als Ausgangspunkte für gezielte Untersuchungen. Dabei sollten durch Normen festgelegte Verfahren zur Anwendung kommen. Die Ergebnisse sind in standardisierten Dokumentationen für die einzelnen sekundären Inhaltsstoffe darzustellen.

Da die Wirtschaftlichkeit des Anbaus von Arznei- und Gewürzpflanzen auch durch Krankheiten und Schädlinge ernsthaft gefährdet werden kann, ist eine mehrköpfige Arbeitsgruppe Phytopathologie zu bilden (jeweils 3 für Mykosen, 3 für tierische Schaderreger und 2 für Virose einschl. Bakteriose und Phytoplasmose). Ihre Aufgaben bestehen in der Erarbeitung von Grundlagen zu Epidemiologie und Pathogendiagnostik für die Entwicklung nachhaltiger Methoden der Schaderregerkontrolle. Das Wissen über Infektionsquellen, Infektionsketten, Überdauerung, optimale Entwicklungsbedingungen und Wirtspflanzenkreise der Schaderreger ist Voraussetzung für die Erarbeitung nachhaltiger Pflanzenschutzstrategien.

Der gegenwärtig praktizierte Weg, beim Ausscheiden von Mitarbeitern die Stelle nicht mehr zu besetzen, beeinträchtigt zunehmend die Wettbewerbsfähigkeit im Fachgebiet sowie die Kontinuität der Forschung. Bei befristet tätigen wissenschaftlichen Mitarbeitern geht mit dem Ausscheiden nach der Beendigung der Projekte ein Teil des Wissens und der Erfahrungen verloren.

Sieht man sich die gegenwärtige Altersstruktur der Experten des Fachgebietes in Deutschland an, so wird deutlich, dass einer zielgerichteten Nachwuchsförderung ein entsprechender Stellenwert eingeräumt werden muss. Qualifizierte Diplomanden und Doktoranden auf dem Fachgebiet finden im Anschluss oft keine entsprechende Stelle und suchen sich artfremde Tätigkeiten.

Bereits in den entsprechenden Universitäten und Hochschulen sind während des Studiums zielgerichtet geeignete Studenten für ihre spätere Tätigkeit im Fachgebiet zu gewinnen. Auch können Studierende als studentische Hilfskraft an Forschungsprojekten mitwirken und somit wissenschaftliches Arbeiten erlernen, eigene Beiträge leisten und an Tagungen und Kongressen teilnehmen [DFG 2017].

#### 4.2.2.3 Nutzung von Synergieeffekten

Die gegenwärtige Forschung bei Arznei- und Gewürzpflanzen berücksichtigt nicht den Bedarf der Praxis. Basis für die angewandte Forschung und Entwicklung ist die Grundlagenforschung, die sich mit der Erweiterung und Ergänzung von bereits bekannten wissenschaftlichen Erkenntnissen befasst [DFG 2010]. Notwendig ist deshalb eine begründete Grundsicherung, die eine Abhängigkeit von der Dritt-

mittelfinanzierung im Interesse einer kontinuierlichen Grundlagenforschung ausschließt. Im Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland, Artikel 5, Absatz 3, steht: Wissenschaft und Forschung sind frei [Deutscher Bundestag 2014]. Der Staat besitzt daher die Aufgabe, Institutionen für einen freien Wissenschaftsbetrieb zu etablieren und sie mit angemessenen Finanzmitteln auszustatten. Es müssen diejenigen Personal- und Sachmittel zugewiesen werden, die es dem Hochschullehrer überhaupt erst ermöglichen, wissenschaftliche Forschung und Lehre zu betreiben [Bundesverfassungsgericht 2010, Sachs 2017].

Im Bereich des Julius Kühn-Institutes, der Universitäten aber auch der Leibniz-Institute ist der Drittmiteinsatz in den letzten Jahren stark angestiegen, da die Grundfinanzierung nicht im erforderlichen Maße gestiegen ist. Deshalb stellt auch die nationale Zusammenarbeit eine Quelle für das weitere Wirtschaftswachstum der Branche dar. Keiner ist in der Lage, entsprechende Fortschritte in einer angemessenen Zeit allein zu realisieren. Notwendig ist die stärkere Nutzung von Synergieeffekten durch eine bessere Abstimmung der begrenzten Kapazitäten. Daher muss das Julius Kühn-Institut mit den nachfolgend aufgeführten wissenschaftlichen Einrichtungen kooperieren. Dazu werden deren Schwerpunktaufgaben, die Arznei- und Gewürzpflanzen betreffen, kurz skizziert.

An der Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Fachbereich Nachwachsende Rohstoffe, wird zur mechanischen Unkrautregulierung in Arznei- und Gewürzpflanzen geforscht. Das EU-Forschungsprojekt »Flourish« hat das Ziel, neuartige landwirtschaftliche Roboter zu entwickeln, welche sich flexibel an die aktuelle Situation auf dem Feld anpassen können und zudem völlig autonom operieren. Im Zuge des Forschungsprojektes wird dafür zurzeit an der Universität ein Klassifikationssystem zur Unterscheidung von Nutzpflanzen und Unkräutern für den Agrarroboter sowie für die Drohne entwickelt. Die Roboter sind mit bildgebenden Sensoren ausgestattet, die die nötigen Informationen für die Algorithmen liefern, um die Pflanzentypen mittels Techniken der Mustererkennung zu bestimmen. Zudem sorgt weitere Sensorik und der Einsatz des satellitengestützten Positionierungssystems (GPS) dafür, dass die Roboter zu jedem Zeitpunkt ihre genaue Position und damit auch die der detektierten Pflanzen auf dem Feld erkennen. In einem weiteren Schritt erfolgt dann die automatische Entfernung der Unkräuter. Intensive Versuchsreihen laufen dazu auf den Versuchsfeldern am Campus Klein-Altendorf [Blum et al. 2017].

Die Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, befasst sich mit der Anbau- und Qualitätsforschung von Arznei- und Gewürzpflanzen. Schwerpunkte waren und sind: Einfluss von abiotischen Stressfaktoren (Wasser, Licht, Nährstoffmangel), Zusammensetzung und Beeinflussung von Phenolsäuren, Flavonoiden und Terpenen in Arznei- und Gewürzpflanzen, Interaktion zwischen Genotyp (Sorte) bzw. Varietät und der Umwelt, Einfluss agronomischer Maßnahmen auf Drogenenertrag und Qualität, genetische Untersuchungen (Verwandtschaftsanalysen, Enzym-Expression), Bioaktivität von sekundären Pflanzenstoffen sowie Beeinflussbarkeit von relevanten Enzymen durch agronomische Maßnahmen und Wachstumsfaktoren. Derzeit werden ein Projekt „Aroma-Minze“ (EU, Land) und ein Projekt Melisse (Land) bearbeitet. Pro Jahr werden 40 bis 50 Bachelor- und Masterarbeiten zu Arznei- und Gewürzpflanzen erarbeitet, die im Rahmen der

Forschung genutzt werden. Fest angestelltes Personal wird zukünftig reduziert [Honermeier 2017].

Im Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben ist eine verbesserte und zusätzliche Forschung im Bereich Langzeitlagerung und Langlebigkeit von Arznei- und Gewürzpflanzensaatgut notwendig. Auf diesem Gebiet ist noch sehr wenig bekannt. Für die Lösung dieser Problematik ist jedoch zusätzliches Personal Voraussetzung [Lohwasser 2017].

Die Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, ist auf dem Gebiet Schaffung wissenschaftlicher Grundlagen zum Trocknungsverhalten und zur Optimierung von Trocknungsverfahren für Arznei- und Gewürzpflanzen niveaubestimmend. Die besonderen Kompetenzen der Universität Hohenheim auf diesem Gebiet liegen in der Untersuchung des Trocknungsverhaltens bezüglich des Zeit- und Energiebedarfs sowie der Qualitätsveränderungen während der Trocknung. Hierzu stehen mehrere Präzisionslabortrocknungsanlagen zur Verfügung, wobei neben der konvektiven Trocknung auch die Vakuum- und Gefrietrocknung untersucht werden kann. Darüber hinaus wurde eine automatische Anlage zur Bestimmung von Sorptionsisothermen entwickelt, mit welcher die Absorptions- und Desorptionskinetik von Arznei- und Gewürzpflanzen erstmalig in kontinuierlichen Messungen erfasst werden kann. Die Laborergebnisse werden in Praxisanlagen validiert und dienen als Grundlage zur Verfahrensoptimierung per modellgestützter Regelstrategien. Die Strömungsverhältnisse werden durch rechnergestützte Strömungssimulation (CFD-Software FLUENT) abgebildet und durch rechnerische Variation optimiert. Optimale Geometrien werden dann auf der Grundlage des systematischen Entwerfens und der rechnergestützten Entwicklung (CAE-Software CATIA) realisiert und anschließend im Praxisversuch validiert. Derzeit sind es 2,5 wissenschaftliche Mitarbeiter. Ab 2018 wird im Rahmen der angewandten Forschung ein FNR-Projekt „Modulare Trockner“ bearbeitet [Müller 2017].

Das Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, Arbeitsgruppe Trocknung, besitzt mit ihrer verfahrenstechnischen und thermodynamischen Kompetenz ein Alleinstellungsmerkmal unter den agrartechnischen Forschungseinrichtungen Deutschlands. Zu den wichtigsten Arbeitsgebieten zählen die Optimierung bestehender Verfahren und Anlagen, beispielsweise durch Anwendung von Methoden der mathematischen Modellierung und Automatisierung, sowie die Entwicklung neuer energieeffizienter und kostengünstiger Trocknungsverfahren. Gegenwärtig konzentriert sich die Arbeitsgruppe Trocknung u.a. auf die Trocknung von Arznei- und Gewürzpflanzen nach dem Flächentrocknungsverfahren. Im Vordergrund steht die Steigerung der Energieeffizienz. Aufgrund der – gemessen an der Komplexität des Arbeitsgebietes – unbefriedigenden Personalsituation müssen dabei die meisten Projekte über Drittmittel realisiert werden, was für das Team einen erheblichen Arbeitsaufwand bedeutet [Mellmann 2017].

Dennoch kann die Drittmittelforschung im Rahmen der angewandten Forschung für die enge Kooperation zwischen wissenschaftlichen Einrichtungen und klein- und mittelständischen Unternehmen auf der Basis eingereicherter und bestätigter Forschungsprojekte – was den Bereich Arznei- und Gewürzpflanzen betrifft – positiv eingeschätzt werden, da die Ergebnisse praxisnah umgesetzt werden.

Die Förderung von Forschung und Entwicklung durch öffentliche Drittmittel bei Arznei- und Gewürzpflanzen erfolgt in Deutschland für das Fachgebiet Arznei- und Gewürzpflanzen vor allem durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Gülzow<sup>1</sup> und zum Teil auch durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“<sup>2</sup>. Öffentliche Mittel werden so eingesetzt, dass sie klein- und mittelständischen Unternehmen ohne Einflussnahme auf das wissenschaftliche Ergebnis zugutekommen. Demgegenüber haben Industriepartner einen großen Bedarf an Drittmittelprojekten, legen aber Wert auf Diskretion und Exklusivität, was von Nachteil ist.

---

<sup>1</sup> Die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Gülzow ist Projektträger des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Sie wurde 1993 auf Initiative der Bundesregierung mit der Maßgabe ins Leben gerufen, Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsprojekte im Bereich nachwachsender Rohstoffe zu koordinieren. Satzungsgemäßer Zweck der FNR ist es, einen wirksamen und kontinuierlichen Beitrag für die Entwicklung und den Einsatz nachwachsender Rohstoffe zu leisten. Die Fördermittel in Höhe von um die 60 Mio. Euro pro Jahr für die Umsetzung des Programms stehen aus dem Bundeshaushalt zur Verfügung. Hauptaufgabe der FNR ist die fachliche und administrative Betreuung von Forschungsvorhaben zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe [FNR 2017].

<sup>2</sup> Die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ ist eine nationale Organisation zur Förderung angewandter Forschung und Entwicklung für den Mittelstand. Die 1954 gegründete AiF hat das Ziel, Forschung für den Mittelstand zu initiieren sowie den Austausch über die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung zu organisieren. Aufgabe ist es als Dachverband von rund 100 Branchenverbänden mit 50.000 eingebundenen Unternehmen, die Volkswirtschaft Deutschlands in ihrer Wettbewerbsfähigkeit zu stärken. Pro Jahr werden rund 500 Mio. Euro öffentliche Mittel über die AiF für die vorwettbewerbliche Forschung bis zur Umsetzung von Forschungsergebnissen in die betriebliche Praxis der Mittelstandsunternehmen eingesetzt. Fördermittelgeber ist das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie [AiF 2016].

### 4.3 Erhöhung der Artenvielfalt im Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen durch Inkulturnahme

#### 4.3.1 Gründe für eine Inkulturnahme neuer Arten

Eine beträchtliche Zahl von Pflanzen ist zwischenzeitlich vom Aussterben bedroht oder steht unter Naturschutz. Für die Rote Liste der Pflanzen wurden von den etwa 28.000 in Deutschland beheimateten Arten 13.907 Arten (knapp 50%) auf ihre Gefährdung hin untersucht und bewertet. Rund 40% der untersuchten Arten stehen auf der Roten Liste, knapp 4% davon sind ausgestorben oder verschollen [Ludwig und Schnittler 1996]. Das Aussterben ist im Wesentlichen durch Habitatzerstörung durch menschliche Nutzung bedingt. Bei einigen wildgesammelten Arznei- und Gewürzpflanzen ist auch durch eine unkontrollierte Übersammlung in einigen Gebieten ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen.

Der Anteil von Arznei- und Gewürzpflanzen aus der Wildsammlung in Deutschland ist nach 1990 drastisch zurückgegangen. Lag er vor 1990 bei weit über 2.000 t/Jahr, so konnte für 1995 nur ein belegtes Aufkommen von 26 t ermittelt werden. Die ermittelten Arten waren Weißdorn 6 t, Ackerschachtelhalm 5 t, Birkenblätter 4 t, Johanniskraut 3 t, Große Brennnessel 2 t, Schlehen 2 t, Weidenröschen 2 t, Lindenblüten 1 t, Beifuß 0,5 t und Misteln 0,5 t [Hoppe 1999b].

Sammlungen erfolgen nachweislich in Rheinland-Pfalz, Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern. Arten und Menge schwanken von Jahr zu Jahr. Da die Erfassung äußerst kompliziert ist, wird geschätzt, dass sich das einheimische Aufkommen im Bereich von 50 bis 100 t pro Jahr bewegt. Sie stellen bei vorkostenfreier Verfügbarkeit eine Sortimentsbereicherung durch zum Teil nicht wirtschaftlich anbauwürdige Arten dar [Hoppe 2010].

Im Fokus der letzten Jahre bei der Inkulturnahme standen ausschließlich Arzneipflanzen. Damit ist eine deutliche Erhöhung der Anzahl von Arzneipflanzen im Anbau erfolgt. Firmen unternehmen derzeit intensive Anstrengungen, um bisher aus der Sammlung stammende Arten in Kultur zu nehmen und Anbauverfahren zu entwickeln. Zu den Gründen für eine Inkulturnahme zählen vor allem die Versorgungssicherheit in Quantität und Qualität bei steigendem Bedarf der Industrie an standardisierten Rohstoffen und gestiegene Anforderungen an die Dokumentation und Rückverfolgbarkeit der Chargen [Bohr 1997, Franke 1997].

„Streng genommen können die hohen Anforderungen des Arzneimittelgesetzes eigentlich nur noch durch einen kontrollierten, gezielten und planmäßigen Anbau erfüllt werden, da wildgesammelte Rohware im Hinblick auf unbekannte Kontaminationen (Pflanzenschutzmittel, Autoabgase, Industrieabgase usw.), Verfälschungen, Heterogenität im Wirkstoffgehalt durch unterschiedliche Entwicklungsstadien und verschiedene Ökotypen diesem Anspruch nicht gerecht werden“ [Bomme 1998].

Vömel, die sich mit Fragen der Domestikation von Arznei- und Gewürzpflanzen befasst hat, stellte u.a. bei der Art *Organum onites* L. eine Streubreite im ätherischen Ölgehalt von 0,5 bis 5,2% fest [Vömel 1990]. Daraus wird deutlich, hohe Qualitätsanforderungen lassen sich aus der Wildsammlung nicht garantieren.



Dabei wirken äußere Prozesse förderlich: steigende Rohstoffpreise, Forderungen des Umweltschutzes, Reinheitsforderungen des Gesundheitsschutzes und das Kaufverhalten der Konsumenten.

So hat bei Johanniskraut der sprunghaft angestiegene quantitative Bedarf, der nicht mehr allein von aus der Wildsammlung stammenden Importen abgedeckt werden konnte, einen hohen Anbau induziert. Mit der von Müller und Pank 1987 erarbeiteten Anleitung für den Anbau von Johanniskraut und der polnischen Sorte 'Topas' waren gute wissenschaftliche Vorleistungen gegeben [Müller und Pank 1987].

#### 4.3.2 Forschungs- und Sammlungsreisen in außereuropäische Gebiete

Weltweit sind weit über 400.000 Pflanzenarten bekannt. Davon gehören etwa zwei Drittel zu den Samenpflanzen, etwa 10.000 zu den Farnpflanzen und 24.000 zu den Moosen. Etwa 20.000 Arten werden als Nahrungs-, Genuss-, Arznei- und Gewürzmittel sowie für technische Zwecke genutzt [Hammer 1997].

Bekannte und bisher noch unbekannte sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe stellen immer noch ein enormes Potenzial für neue hochwirksame Medikamente dar. Weltweit werden 21.000 Pflanzenarten arzneilich verwendet [Ennet und Reuter 2004]. Die Ethnobotanik kann oft Aufschluss darüber geben, ob eine Pflanze laut überliefertem Wissen bei uns oder in anderen Kulturen bereits einen Ruf als Arzneipflanze hat.

Zielgerichtete Forschungs- und Sammlungsreisen in außereuropäische Gebiete stellen eine Option dar, den einheimischen Anbau zu erweitern. Ansatzpunkte gibt es bereits, so aus der Traditionellen Chinesischen Medizin (TCM). Die Jahrtausende alte Traditionelle Chinesische Medizin setzt Arzneipflanzen stets in Mischungen ein. Das Chinesische Arzneibuch kennt über 500 Arzneidrogen, die meist auf Arzneipflanzen zurückgehen; volksmedizinisch werden ca. 7.000 Pflanzenarten, d.h. ca. 20% der chinesischen Flora genutzt [FNR 2013a]. So werden durch die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft TCM-Pflanzen erprobt und zum Teil schon angebaut. Folgende Arten befinden sich in Süddeutschland im Anbau, wobei die Flächen jeweils ca. 0,5 ha betragen. Allerdings befinden sich die Arten nicht jedes Jahr im Anbau, da die Ware nur vom Apothekenmarkt aufgenommen wird [Heuberger 2017]: Dahurische Engelwurz (*Angelica dahurica* (Hoofm.) Benth. et Hook. f. ex Franch. et Sav.), Besenbeifuß (*Artemisia scoparia* Waldst. et Kit.), Mongolischer Tragant (*Astragalus mongholicus* Bunge var. *dahuricus* (DC.) Podlech), Süßholz (*Glycyrrhiza glabra* L. und *G. uralensis* Fisch.), Chinesisches Mutterkraut (*Leonurus japonicus* Houtt.), Rotwurzelsalbei (*Salvia miltiorrhiza* Bunge), Fangfeng (*Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schischk.), Baikalhelmkraut (*Scutellaria baicalensis* Georgi) und Siegesbeckia (*Sigesbeckia pubescens* Makino).

Besonders interessant erscheinen beispielsweise Arzneipflanzen mit antitumoralen Wirkstoffen [Keusgen 2016]. *Artemisia glabella* Kar. et Kir. ist eine endemische Art in Kasachstan, deren Verbreitungsgebiet vom Kasachgebiet bis zu Tarbagataya sehr begrenzt ist. Sie kommt außerdem noch in Russland, der Mongolei und China vor. Die meisten *Artemisia*-Arten enthalten eine Vielfalt von tricyclischen Sesquiterpenlactonen. *Artemisia glabella* enthält das Sesquiterpenlacton Arglabin, welches eine antitumorale und immunmodulierende Wirkung hat. Die antikanzero gene Wirkung wurde traditionell regional genutzt. Während der 80er Jahre in der Sowjetunion und

in den 90er Jahren in Kasachstan wurde sie weiter erforscht. Im Ergebnis dieser Arbeiten wurden 1997, 2006 und 2009 Patente von S.M. Adekenov angemeldet. Adekenov entwickelte ein Phytopharmaka als pflanzliches Antikanzergen mit dem Namen „Arglabin“. Arglabin als Präparat hat in der Republik Kasachstan eine Registrierung und Zulassung. Der Rohstoff als auch das Präparat dürfen nicht exportiert werden. Um die Rohstoffverfügbarkeit zu ermöglichen unternahm 2002 Junghanns eine Sammelreise in die Mongolei, bei der er über 2.500 km in Wüsten und Halbwüsten immer oberhalb 1.500 m Höhe und bei Temperaturen bis zu 46°C zurücklegte. Es wurden verschiedene *Artemisia glabella*-Herkünfte gefunden. Erst nach einer generativen Vermehrung und einer Analyse innerhalb der Nachkommenchaften wurden arglabinhaltige Pflanzen in Deutschland selektiert und nach 10jähriger Selektion konnte optimiertes Material in den Anbau gebracht werden. *Artemisia glabella* mit einem entsprechenden Gehalt an Arglabin ist damit für eine weitere Nutzung verfügbar [Junghanns 2014].

#### 4.3.3 Voraussetzungen für eine Inkulturnahme und Ausblick

Ausgangspunkt für die Evaluierung von Wildformen bekannter Arzneipflanzen sind ihre mögliche pharmazeutische Nutzung und die Eignung für den Anbau. Da sich Pflanzen einer Art in genetischen und morphologischen Merkmalen und Eigenschaften unterscheiden, sind sie auch unterschiedlich gut an ihre Umwelt angepasst. Dabei muss zwischen erblich bedingter Variabilität und Reaktionsnorm, von äußeren Faktoren beeinflusster Modifikation (Umweltmodifikation) und vom pflanzlichen Entwicklungsstadium abhängiger (ontogenetischer) Variabilität unterschieden werden [Schwanitz 1967].

Das Auffinden geeigneter Genotypen, die sekundäre Inhaltsstoffe in verwertbarer Konzentration enthalten und der Ermittlung entsprechender Bedingungen für einen Feldanbau sind jedoch erst der Anfang auf dem Weg zu einer Kulturpflanze. Die große Variabilität der Wildarten ist der Ansatzpunkt für eine Auslese. Beispielsweise zeigt die Abbildung 14 die Variabilität der Blütenform bei *Arnica montana* L. [Franke 2009].



Abb. 14: Variabilität der Blütenformen bei *Arnica montana* L. [Fotos H. Greither]

Die planmäßige Züchtung beginnt in der Regel als Massenauslese und setzt sich als Einzelauslese mit artspezifischer Optimierung fort. Erfahrungsgemäß sind für die Auslese der Pflanzen mit den erwünschten sekundären Inhaltsstoffen einschließlich der Entwicklung eines Anbauverfahrens 5 bis 15 Jahre erforderlich. Da die meisten

Wildpflanzen stark variieren, lassen sich Anhaltspunkte für eine zielgerichtete Auslese finden.

Die Probleme der Inkulturnahme und des Anbaus lassen sich auf Grund der Kenntnisse der Biologie der Pflanzen und ihrer Ansprüche an den Wildstandort sowie Analogieschlüssen von anderen Kulturpflanzen schrittweise durch eigene Versuchstätigkeit und nur in enger Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Einrichtungen lösen [Franke 2009].

So hat die Forschungseinrichtung Pharmaplant Artern anfangs mit einem eigenen Analytiklabor und später unter Nutzung der Analytik der Firma PhytoLab Vestenbergsgreuth im Auftrag von Pharmafirmen in den letzten Jahrzehnten Ackerschachtelhalm (*Equisetum arvense* L.), Bärentraube (*Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Sprengel), Erdrauch (*Fumaria officinalis* L.), Federmohn (*Macleaya cordata* R. Br.), Frühlings-Adonisröschen (*Adonis vernalis* L.), Goldrute (*Solidago virgaurea* L.), Herbst-Alraune (*Mandragora autumnalis* Bertol.), Krainer Tollkraut (*Scopolia carniolica* Jacq.), Krapp (*Rubia tinctorium* L.), Körniger Steinbrech (*Saxifraga granulata* L.), Pestwurz (*Petasites hybridus* (L.) Gottfr. Gaertn., B. Mey. et Scherb.), Rosenwurz (*Rhodiola rosea* L.), Tausendgüldenkraut (*Centaurium erythraea* Hill), Traubensilberkerze (*Cimicifuga racemosa* (L.) Nutt.) und Weißdorn (*Crataegus monogyna* Jacq.) in Kultur genommen [Plescher 2017a].

WELEDA Schwäbisch Gmünd hat von 1998 bis 2016 in Zusammenarbeit mit privaten und staatlichen Forschungseinrichtungen Knollenhahnenfuß (*Ranunculus bulbosus* L.), Weiße Taubnessel (*Lamium album* L.), Herbstzeitlose (*Colchicum autumnale* L.), Bärentraube (*Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Sprengel), Maiglöckchen (*Convallaria majalis* L.), Ausdauerndes Bingelkraut (*Mercurialis perennis* L.), Sauerklee (*Oxalis acetosella* L.), Echter Augentrost (*Euphrasia rostkoviana* Hayne), Meisterwurz (*Peucedanum ostruthium* (L.) W.D.J. Koch), Teichschachtelhalm (*Equisetum fluviatile* L.), Kanadischen Gelbwurz (*Hydrastis canadensis* L.) und Sumpfpfporst (*Ledum palustre* L.) in Kultur genommen [Straub 2017].

Dennoch wird Sammeltätigkeit an den Wildstandorten für bestimmte Pflanzen auch noch für eine gewisse Zeit Bedeutung haben, da nicht alle Arzneipflanzen wirtschaftlich angebaut werden können bzw. noch Kenntnisse über eine erfolgreiche Kultur fehlen. Niemand wird andererseits bei solchen traditionell wild gesammelten Drogen wie z.B. Birkenblätter (*Betula pendula* Roth), Lindenblüten der Winter- und Sommerlinde (*Tilia cordata* Mill. und *Tilia platyphyllos* Moench), Mistelkraut (*Viscum album* L., ein Halbschmarotzer auf nahezu allen Baumarten) oder Samen von Roßkastanie (*Aesculus hippocastanum* L.) ernsthaft in Erwägung ziehen, daß die Bäume bei ordnungsgemäßer Beerntung geschädigt werden [Hoppe 1999b, Hoppe 2010].

Andererseits ist eine natürliche Artenvielfalt aus ökologischer Sicht durch Reduzierung des Befallsdruckes artenspezifischer Krankheiten und Schädlinge als positiv einzuschätzen [Hoppe 1999b, Hoppe 2010]. Insgesamt wird sich jedoch der Trend zu einer kontrollierten Entnahme an Wildstandorten und einer verstärkten Inkulturnahme durchsetzen [Franke 1995, Hoppe 1999].

#### 4.4 Erweiterung der Einsatzfelder von Arznei- und Gewürzdrogen

##### 4.4.1 Nutzung von Arznei- und Gewürzdrogen außerhalb der Pharma- und Gewürzmittelindustrie

Aufgrund der in den letzten Jahrzehnten verbesserten analytischen Verfahren sowie von durchgeführten Versuchen/Untersuchungen haben sich vielfältige Ansatzpunkte für einen verstärkten Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen als Industrierohstoffe für die Bereiche Lebensmittel, Haushaltsprodukte, Kosmetika, Nahrungsergänzungsmittel, natürliche Farbstoffe, natürliche Fungizide, natürliche Insektizide und natürliche Vorratsschutzmittel sowie phyto gene Futterzusätze herauskristallisiert, die aber weiterer Forschungsarbeit bedürfen.

##### 4.4.1.1 Einsatz in Lebensmitteln

In Lebensmitteln werden die chemischen Farbstoffe E102, E104, E110, E122, E123, E124, E127, E129, E150, E151, E154, E155 eingesetzt (E steht für Europa. Die EU vergibt für jeden zugelassenen Lebensmittelzusatzstoff eine E-Nummer). Nicht alle sind unbedenklich, können Allergien auslösen, Organe schädigen oder stehen im Verdacht, Krebs zu erregen [Wehner 2017]. Das als Konservierungsmittel eingesetzte E220 (Schwefeldioxid) verursacht Kopfschmerzen, Übelkeit und Durchfall [Wehner 2017]. Das Süßungsmittel E951 Aspartam löste in Tierversuchen Krebs aus, kann zu Kopfschmerzen und Demenz führen [Wehner 2017].

Im Lebensmittelbereich geht es um die verstärkte Nutzungen von Arznei- und Gewürzdrogen als Antioxidantien, als Konservierungsmittel, als Fungistatika, als Farbstoffe, als Emulgatoren, als natürliche Aromastoffe und als natürliche Geschmackskorrigenzen. Erste Ansätze im Lebensmittelbereich zeigt Abbildung 15.



Abb. 15: Erste Ansätze im Lebensmittelbereich zeigen Hinweise auf Tiefkühlpizzas: 100% natürlicher Geschmack, ohne Geschmacksverstärker, ohne künstliche Aromen und ohne Farbstoffe [Foto B. Hoppe]

Bei der Produktion von Lebensmitteln haben Antioxidantien ein breites Anwendungsfeld. Technologischer Aspekt von Antioxidantien ist die Vermeidung des Fettverderbs. Sie haben gesundheitliche Aspekte wie Radikalfänger- und zellschützende Eigenschaften. Ein vergleichsweise hohes Potenzial weisen Rückstände von Salbei, Rosmarin, Melisse, Oregano, Thymian und Majoran (Gewürze mit hoher antioxidativer Aktivität) auf. Ausgewählte Extraktionsrückstände der Arznei- und Gewürzpflanzenverarbeitung sind als Rohstoffe für die Produktion von antioxidativ wirksamen Extrakten geeignet und stellen eine wertvolle Ressource für Antioxidantien dar [Bauermann und Thomann 2012].

Aromen sind vor allem chemische Verbindungen, die zur Klasse der Aldehyde, Alkylpyrazine, Ester, Ketone oder Terpene gehören [Isman 2006]. Nur natürliche Aromen werden aus natürlichen Stoffen gewonnen. Über den Ursprung des Aromas gibt die Bezeichnung Auskunft, d.h. natürliches Minzaroma ist aus Minze.

In der recherchierten Literatur waren für die aufgeführten Arznei- und Gewürzdrogen folgende belegte Einsatzmöglichkeiten im Lebensmittelbereich zu finden [Heeger 1956, Schröder 1963, Dörfler und Roselt 1989, Diener 1990, Dachler und Pelzmann 1999, Hiller und Melzig 1999, Hiller und Melzig 2000, Ennet und Reuter 2004, Bäumler 2007, Mielke und Schöber-Butin 2007, Rocksch 2011, Blaschek 2016, Junghanns und Hammer 2017, Teuscher 2017] als:

**Antioxidantien:**

Bohnenkraut (*Satureja hortensis* L.), Salbei (*Salvia officinalis* L.), Thymian (*Thymus vulgaris* L.), Rosmarin (*Rosmarinus officinalis* L.).

**Aromastoffe:**

Anis (*Pimpinella anisum* L.), Bohnenkraut (*Satureja hortensis* L.), Drachenkopf (*Dracocephalum moldavica* L.), Fenchel (*Foeniculum vulgare* Mill.), Kamille (*Matricaria chamomilla* L.), Koriander (*Coriandrum sativum* L.), Kümmel (*Carum carvi* L.), Krauseminze (*Mentha spicata* L. var. *crispa* Benth.), Pfefferminze (*Mentha x piperita* L.), Salbei (*Salvia officinalis* L.), Stevie (*Stevia rebaudiana* (Bertoni) Hemsl.), Thymian (*Thymus vulgaris* L.).

**Emulgatoren:**

Bockshornklee (*Trigonella foenum-graecum* L.).

**Geschmackskorrigenzen:**

Anis (*Pimpinella anisum* L.), Drachenkopf (*Dracocephalum moldavica* L.), Pfefferminze (*Mentha x piperita* L.), Wildrosen (*Rosa canina* L., *R. damascena* Mill., *R. rubiginosa* L.) und Ysop (*Hyssopus officinalis* L.).

**Konservierungsmittel:**

Oregano (*Origanum vulgare* L.), Petersilie (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nyman ex A. W. Hill), Rosmarin (*Rosmarinus officinalis* L.).

**Lebensmittelfarbstoffe:**

Fenchel (*Foeniculum vulgare* Mill.), Gewürzpaprika (*Capsicum annum* L. var. *annuum*), Holunder (*Sambucus nigra* L.), Malve (*Malva sylvestris* L.), Ringelblume (*Calendula officinalis* L.), Saflor (*Carthamus tinctorius* L.), Stockrose (*Alcea rosea* L. var. *nigra* hort.), Studentenblume (*Tagetes patula* L.).

#### 4.4.1.2 Einsatz in Haushaltsprodukten

Handelsübliche Haushaltsmittel enthalten oft Chemikalien, die Vergiftungen, Verätzungen, Allergien und Reizungen der Haut und Atemwege auslösen [TÜV Rheinland 2010].

Das in den letzten Jahren gewachsene Umweltbewusstsein spricht für ein Umdenken beim Einsatz chemischer Stoffe und Gemische. Die Vereinten Nationen (UNECE) haben mit dem Global Harmonisierten System (GHS) ein weltweit einheitliches System zur Kennzeichnung chemischer Stoffe und Gemische festgelegt (auszugsweise in Abbildung 16). Ab 1. Juni 2015 müssen diese Warnzeichen für Produkte, die mehr als einen Inhaltsstoff haben, verwendet werden [dpa-tmn].

Eine Alternative stellt der Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen dar. Die Einsatzmöglichkeiten von Extrakten in diesem Bereich sind äußerst vielfältig: Geschirrspülmittel, Möbelpflegeprodukte, Fußbodenreiniger, Oberflächenreiniger, Feinwaschmittel, Weichspüler usw. Wichtige Stammpflanzen sind u.a. Kamille (*Matricaria chamomilla* L.), Ringelblume (*Calendula officinalis* L.), Johanniskraut (*Hypericum perforatum* L.), Seifenkraut (*Saponaria officinalis* L.), Efeu (*Hedera helix* L.) und Rosmarin (*Rosmarinus officinalis* L.) [Ohrmann 1991].

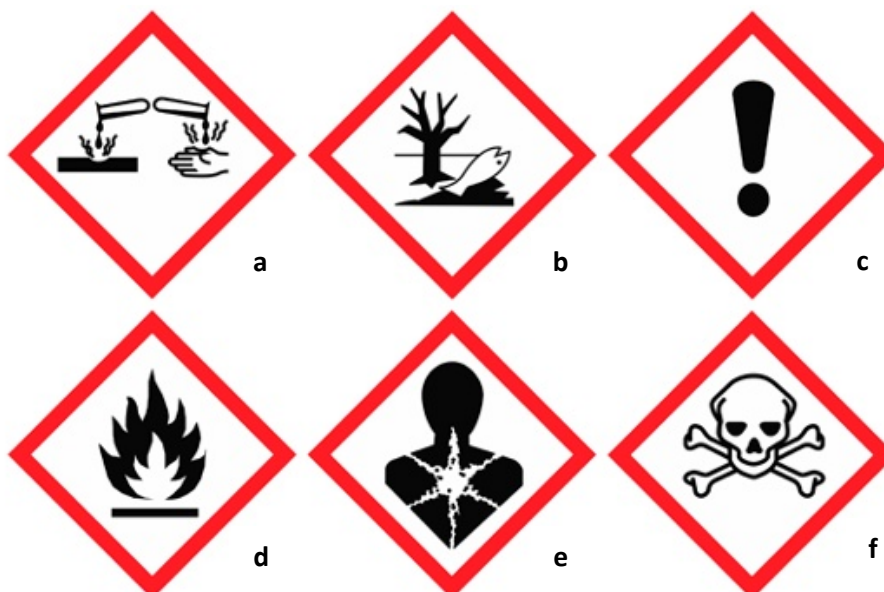


Abb. 16: Ausgewählte Warnhinweise laut UNECE auf Putzmitteln, Lacken und Sprays. **a** = ätzende Mittel, die zu Hautätzungen und Augenschäden führen; **b** = Umweltgefahr, **c** = Achtung reizende Substanzen, **d** = leicht- oder hochentzündlich, **e** = Gesundheitsgefahr beim Verschlucken des Mittels, **f** = giftig, sehr giftig [dpa-tmn].

Ein Beispiel für den Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen ist Rhabarber (*Rheum*). Die Nutzung von Rhabarber erfolgte früher ausschließlich für Heilzwecke. Die medizinisch wirksamen Inhaltsstoffe wurden aus den Wurzeln gewonnen, während die oberirdische Blatt- und Stielmasse keinerlei Beachtung fand. Neuere Untersuchungen der Inhaltsstoffe von Rhabarber zeigen, dass eine weitere vielfältige Verwertung dieser Pflanzen möglich ist, wobei die gesamte Pflanze (oberirdische und

unterirdische Biomasse) für die Herstellung von Industrieprodukten genutzt werden kann [Schellenberg et al. 1998]. An der Hochschule Anhalt Bernburg wurde ein Verfahren zur Extraktion der Gerbstoffe entwickelt. Dabei wurden Gerbextrakte gewonnen, die bis zu 50% Reingerbstoff enthalten. Diese können zur Ledergerbung eingesetzt werden. Es wurde ein Gerbverfahren entwickelt, das auf den Einsatz von Chromsalzen vollständig verzichtet. Die Rhabarberleder werden bereits zur Herstellung von Schuhkollektionen, Täschnerwaren und Möbeln eingesetzt [Schellenberg et al. 1996, Schellenberg und Kabrodt 1999].

Rhabarber enthält in der oberirdischen Biomasse Inhaltsstoffe, die für einen industriellen Einsatz geeignet sind. Blätter und Stiele enthalten die Fruchtsäuren Oxalsäure, Zitronensäure und Äpfelsäure, die entweder isoliert werden oder, als Rohextrakt durch Pressen gewonnen, im Gemisch für die Herstellung von unterschiedlichsten Reinigungsmitteln wie Geschirrspülmittel, Haushaltsallzweckreiniger, Sanitärreiniger oder Entkalker eingesetzt werden können [Schellenberg et al. 1996, Schellenberg und Kabrodt 1999].

Ein weiteres Beispiel ist die Nachtkerze (*Oenothera biennis* L.). Für Reinigungsprozesse im technischen und häuslichen Bereich werden weltweit sehr große Mengen Tenside hergestellt und eingesetzt. Dabei können pharmazeutisch nicht nutzbare Samenöle der Nachtkerze für die Tensidproduktion als Reinigungsmittel im häuslichen und technischen Sektor eingesetzt werden [Olschewski 2001].

In der recherchierten Literatur waren für die aufgeführten Arznei- und Gewürzdrogen folgende belegte Einsatzmöglichkeiten in Haushaltsprodukten zu finden [Dörfler und Roselt 1989, Thomann und Bauermann 1993, Ennet und Reuter 2004, Mielke und Schöber-Butin 2007]:

**Fleckentferner:**

Sauerampfer (*Rumex acetosa* L.), Seifenkraut (*Saponaria officinalis* L.).

**Reinigungsmittel:**

Ackerschachtelhalm (*Equisetum arvense* L.), Sumpfschachtelhalm (*Equisetum palustre* L.), Seifenkraut (*Saponaria officinalis* L.).

**Waschmittel:**

Seifenkraut (*Saponaria officinalis* L.), Kümmel (*Carum carvi* L.).

#### 4.4.1.3 Einsatz in Kosmetika

Aufgrund der in den letzten Jahrzehnten verbesserten analytischen Verfahren sowie von durchgeführten Versuchen/Untersuchungen haben sich vielfältige Ansatzpunkte, die für einen verstärkten Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen im Kosmetikbereich sprechen, herauskristallisiert. Folgende Fakten wurden recherchiert:

Untersuchte ausgewählte Kosmetika auf Mineralölbasis waren mit kritischen, teilweise potenziell krebserregenden Stoffen belastet; sie lagern sich in Lymphknoten, Leber und Milz ab. Sie kommen unter dem Namen Cera Microcristallina, Microcristallina Wax, Ceresin, Mineral Oil, Ozokerite, Paraffin, Paraffinum Liquidum, Petrolatum in Cremes, Lippenpflege und Vaseline vor [Stiftung Warentest 2015, Verbraucherzentrale 2016]. Mineralöle wie Paraffine können sich langfristig im

Körper anlagern, womöglich verursachen sie sogar Entzündungen in Organen wie der Leber [Gerhard 2016]. Besonders umstritten sind Aluminiumsalze, allerdings ist nicht endgültig geklärt, ob sie das Brustkrebsrisiko steigern oder Alzheimer begünstigen. Zudem wirkt Aluminium in höherer Konzentration wohl schädlich auf das Nervensystem, die Fruchtbarkeit und die Knochenentwicklung [Gerhard 2016, Pander und Soutschek 2016].

Die als Konservierungsmittel eingesetzten Parabene (Propyl- oder Butylparaben) stehen im Verdacht, hormonell auf den Körper einzuwirken. Sie können die Fruchtbarkeit von Männern einschränken und männliche Föten in der Entwicklung stören [Gerhard 2016].

Bei den kosmetischen Mitteln stehen vor allem Produkte zur Hautpflege im Mittelpunkt. Derzeit werden ca. 800 verschiedene Pflanzen und Pflanzenteile für kosmetische Zwecke verwendet bzw. ihre Verwendung diskutiert [IKW 1998]. Der Grund dafür ist die steigende Nachfrage nach Kosmetika mit natürlichen pflanzlichen Inhaltsstoffen. Kosmetika dienen der Körper- und Schönheitspflege. Sie reinigen, stabilisieren, vitalisieren, deodorieren und parfümieren die Haut, Nägel und Haare. Notwendig ist ein Verzicht auf Mineralöle, Silikone, Phthalate, Aluminiumsalze sowie synthetische Duft-, Farb- und Konservierungsstoffe (Abbildung 17).

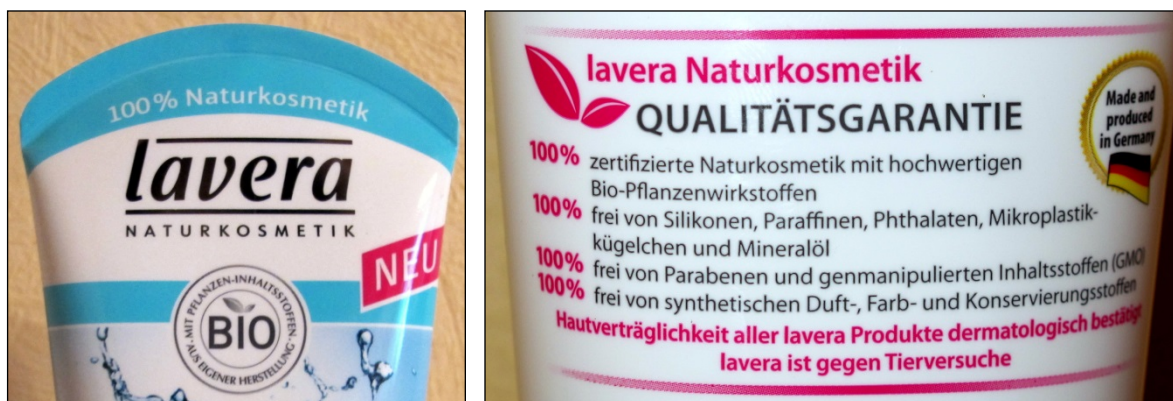


Abb. 17: Naturkosmetik [Foto B.Hoppe]

2016 bzw. 2007 (für Schminkmittel Lippen und Gesicht, Duschbäder und Schaum-/ Cremebäder wurde 2016 nur der Wert der produzierten Ware in Euro veröffentlicht, daher wurden die Werte in Tonnen aus 2007 übernommen) wurden in Deutschland folgende Mengen an Kosmetikprodukten hergestellt: Parfüm 301.086 Liter, Duftwässer 4.857.607 Liter, Schminkmittel (Augen) 1.374 Tonnen (2007), Schminkmittel (Lippen) 3.172 Tonnen (2007), Schminkmittel (Gesicht) 8.236 Tonnen, Handpflegemittel 12.568 Tonnen, Nagelpflegemittel 4.499 Tonnen, Fußpflegemittel 5.325 Tonnen, Sonnenschutzmittel 16.951 Tonnen, flüssige Haarwaschmittel 165.145.120 Liter, Haarsprays 44.376 Tonnen, Haarfärbemittel 43.179 Tonnen, Zahnputzmittel 79.580 Tonnen, Duschbäder 99.398 Tonnen (2007) und Schaum- und Cremebäder 42.383 Tonnen (2007) [Statistisches Bundesamt 2007 und 2017]. Die Pro-Kopf-Ausgaben für Kosmetika lagen in Deutschland 2007 bei etwa 153 Euro pro Jahr. Damit liegt Deutschland im westeuropäischen Mittelfeld. Der wirtschaftlich bedeutendste Sektor, die Haarpflegemittel, erzielten einen jährlichen Umsatz von über 3 Milliarden Euro, dicht gefolgt von der Hautkosmetik [Fischer et al. 2008].



In der Kosmetikindustrie werden jährlich über 10.000 Tonnen synthetische Verdicker auf petrochemischer Basis mit einem Marktvolumen von über 100 Millionen Euro eingesetzt, die darüber hinaus im Abwasser schlecht abbaubar sind. Notwendig wird die Entwicklung von Verdickern für Kosmetika auf Basis nachwachsender Rohstoffe als Ersatz für petrochemisch hergestellte Verdicker [Rettenmaier 2017].

Der Markt für Kosmetika lässt sich nach ihrem Verwendungsgebiet in 5 Segmente einteilen [haut.de 2017]:

**1. Reinigung, Pflege und Schutz:**

Reinigungsmittel zum Waschen, Baden und Duschen (Seife, Duschgel und Badezusätze); Pflegeprodukte für Gesicht, Körper, Hände oder Füße (Hautcreme, Lotion, Körpermilch, Gel, Maske); Rasier- und Haarentfernungsmittel (Rasierschaum, Rasierseife, Rasierwasser); Produkte zum Schutz vor UV-Strahlung (Sonnenmilch, Sonnencreme) und Mückenstichen (Repellent).

**2. Zahn- und Mundpflege:**

Zahnpasta, Mundwasser, Zungenreiniger und Mittel zur Pflege des Zahnersatzes (Reinigung, Haftung).

**3. Haarbehandlung:**

Haarwaschmittel (Shampoo), Haarverformungsmittel (Dauerwelle), Haarfestiger, Haarfärbemittel.

**4. Dekorative Anwendungen:**

Gesichts-Make-up (Rouge), Augenpflegemittel (Mascara, Lidschatten), Lippenpflegemittel (Lippenstift, Lipgloss), Nagellack sowie Selbstbräunungsmittel, Entfernung unerwünschter Körperhaare.

**5. Beeinflussung des Körpergeruchs:**

Parfüm, Eau de Toilette, Deodorant und Antitranspirant.

In der recherchierten Literatur waren für die aufgeführten Arznei- und Gewürzdrogen folgende belegte Einsatzmöglichkeiten für natürliche Kosmetika für die oben angeführten Segmente zu finden [Heeger 1956, Dörfler und Roselt 1989, Diener 1990, Dachler und Pelzmann 1999, Hiller und Melzig 1999, Hiller und Melzig 2000, Frohne 2002, Ennet und Reuter 2004, Mielke und Schöber-Butin 2007, Rocksche 2011, Merz 2013, Blaschek 2016, Teuscher 2017]:

**1. Reinigung, Pflege und Schutz:**

Ackerschachtelhalm (*Equisetum arvense* L.), Alant (*Inula helenium* L.), Anis (*Pimpinella anisum* L.), Angelika (*Angelica archangelica* L.), Baldrian (*Valeriana officinalis* L.), Bohnenkraut (*Satureja hortensis* L.), Borretsch (*Borago officinalis* L.), Brennessel (*Urtica dioica* L. und *Urtica urens* L.), Efeu (*Hedera helix* L.), Ehrenpreis (*Veronica officinalis* L.), Eibisch (*Althaea officinalis* L.), Eisenkraut (*Verbena officinalis* L.), Großer Wiesenknopf (*Sanguisorba officinalis* L.), Hopfen (*Humulus lupulus* L.), Johanniskraut (*Hypericum perforatum* L.), Kamille (*Matricaria chamomilla* L.), Kerbel (*Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm.), Kümmel (*Carum carvi* L.), Lavendel (*Lavandula angustifolia* L.), Lein (*Linum usitatissimum* L.), Majoran (*Origanum majorana* L.), Melisse (*Melissa officinalis* L.), Oregano (*Origanum vulgare* L.), Petersilie (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nyman ex A. W. Hill), Pfefferminze (*Mentha x piperita* L.), Ringelblume (*Calendula officinalis* L.), Rosmarin (*Rosmarinus*

*officinalis* L.), Sanddorn (*Hippophae rhamnoides* L.), Schafgarbe (*Achillea millefolium* L.), Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.) und Thymian (*Thymus vulgaris* L.).

## 2. Zahn- und Mundpflege:

Anis (*Pimpinella anisum* L.) Angelika (*Angelica archangelica* L.) Basilikum (*Ocimum basilicum* L.), Brennnessel (*Urtica dioica* L. und *Urtica urens* L.), Fenchel (*Foeniculum vulgare* Mill.), Kamille (*Matricaria chamomilla* L.), Krauseminze (*Mentha spicata* L. var. *crispa* Benth.), Majoran (*Origanum majorana* L.), Pfefferminze (*Mentha x piperita* L.), Salbei (*Salvia officinalis* L.), Sanddorn (*Hippophae rhamnoides* L.), Schwarzkümmel (*Nigella sativa* L.), Seifenkraut (*Saponaria officinalis* L.) und Thymian (*Thymus vulgaris* L.).

## 3. Haarbehandlung:

Ackerschachtelhalm (*Equisetum arvense* L.), Alant (*Inula helenium* L., Brennnessel (*Urtica dioica* L. und *Urtica urens* L.), Eisenkraut (*Verbena officinalis* L.), Gewürzpaprika (*Capsicum annuum* L. var. *annuum*), Große Klette (*Arctium lappa* L.), Kapuzinerkresse (*Tropaeolum majus* L.), Kornblume (*Centaurea cyanus* L.), Löffelkraut (*Cochlearia officinalis* L.), Pfefferminze (*Mentha x piperita* L.), Römische Kamille (*Chamaemelum nobile* (L.) All.), Oregano (*Origanum vulgare* L.), Rosmarin (*Rosmarinus officinalis* L.) und Thymian (*Thymus vulgaris* L.).

## 4. Dekorative Anwendungen:

Kamille (*Matricaria chamomilla* L.), Meerrettich (*Armoracia rusticana* Gottfr. Gärtner, B. Mey. et Scherb.), Ringelblume (*Calendula officinalis* L.) und Sanddorn (*Hippophae rhamnoides* L.).

## 5. Beeinflussung des Körpergeruchs:

Angelika (*Angelica archangelica* L.) Basilikum (*Ocimum basilicum* L.), Beifuß (*Artemisia vulgaris* L.), Bohnenkraut (*Satureja hortensis* L.), Estragon (*Artemisia dracuncululus* L.), Fenchel (*Foeniculum vulgare* Mill.), Hopfen (*Humulus lupulus* L.), Kamille (*Matricaria chamomilla* L.), Koriander (*Coriandrum sativum* L.), Kümmel (*Carum carvi* L.), Lavendel (*Lavandula angustifolia* L.), Mädesüß (*Filipendula vulgaris* L.), Melisse (*Melissa officinalis* L.), Muskatellersalbei (*Salvia sclarea* L.), Petersilie (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nyman ex A. W. Hill), Oregano (*Origanum vulgare* L.), Rosmarin (*Rosmarinus officinalis* L.), Salbei (*Salvia officinalis* L.), Schafgarbe (*Achillea millefolium* L.), Thymian (*Thymus vulgaris* L.), Wermut (*Artemisia absinthium* L.) und Ysop (*Hyssopus officinalis* L.).

### 4.4.1.4 Einsatz in Nahrungsergänzungsmitteln

Nahrungsergänzungsmittel sind Produkte, die durch eine gezielte und konzentrierte Zufuhr von konventionellen oder sonstigen Stoffen einen nützlichen Beitrag zur Ernährung leisten.

Die Ernährung ist hier im modernen ernährungsmedizinischen Sinne zu verstehen, nämlich nicht nur im Sinne einer Deckung stofflicher Bedürfnisse, sondern zusätzlich im Sinne einer Förderung möglichst guter Leistungsfähigkeit sowie zur Erhaltung von Gesundheit und Lebensqualität bis ins hohe Alter. Nahrungsergänzungsmittel sind typischerweise für den gesunden Konsumenten wie Sportler, Senioren bestimmt, jedoch können sie in besonderen Fällen auch einen erhöhten Bedarf durch besondere Belastungen, durch Lebensumstände oder Krankheit decken.



#### 4.4.1.5 Nutzung als natürliche Farbstoffe

Mit der Entwicklung der Anilinfarben gegen Ende des 19. Jahrhunderts kam der Anbau von Farbstoffpflanzen zum Erliegen [Langenbeck 1953, Schweppe 1992, Wittmeyer 1999]. In den vergangenen 30 Jahren hat das Interesse an natürlichen Farbstoffen wieder zugenommen. Steigendes Umweltbewußtsein, zunehmende Allergiebelastung führten zur erhöhten Nachfrage nach naturgefärbten Textilien [Biertümpfel et al. 2001].

Auch das Verbot einiger synthetischer Farbstoffe, z.B. Azofarbstoffe, im Farb-, Textil, Holz- oder Lebensmittelsektor wirkte sich dahingehend aus [Adam 2009]. Es gibt den Verdacht, dass alle Azofarbstoffe, die eine freisetzbare kanzerogene Arylamin-komponente enthalten, ein krebserzeugendes Potenzial haben. Azofarbstoffe, die aus mindestens einem dieser kanzerogenen Amine aufgebaut sind, sind in Gebrauchsmitteln in Deutschland verboten. Dieses Verbot gilt für Textilien und Leder, die mit der menschlichen Haut in Berührung kommen können. Zurzeit sind 24 solcher Amine verboten [BedGgstV 2016].

Tab. 7: Ausgewählte Anwendungsbereiche und Nutzungsvielfalt von Pflanzenfarbstoffen [Adam 2009]

Anwendungsbereiche	Nutzungsmöglichkeiten
Farben	Farbstoffextrakte, Pigmente, Anstrich- und Malerfarben, Künstlerfarben, analytische Reagenzien
Färberei	Textilien, Leder, Holz, Papier, Kinderspielzeug, Biokunststoffe, Zusätze bei Wachsen
Kosmetik	Schminken, Seifen, Cremes, Lotionen, Haarfarben
Nahrungs- und Genussmittel	Öle, Milchprodukte, Käse, Marmeladen, Fruchtsäfte, Liköre, Limonaden, Weine, Senf
Pharmazie	spezifische Inhaltsstoffe, Antioxidanzien
Haushaltsmittel	Trenn-, Gleitmittel, Firnis, Holz- und Bautenschutzmittel

Die in Tabelle 7 aufgeführten Anwendungsbereiche und Nutzungsrichtungen sind nicht in jedem Fall als praxisrelevant einzustufen.

Für die Anwendung von Pflanzenextrakten in Maßstäben der industriellen Färbereien ist die Weiterverarbeitung der Rohextrakte zu Standardextrakten notwendig, um hinsichtlich der Apparaturen und Färbeverfahren die Applizierbarkeit zu gewährleisten [Wähling 2001]. Die Herstellung von standardisierten Farbextrakten aus Pflanzenfarben ist für die Schaffung von geschlossenen Wertschöpfungsketten – vom Anbau bis zum Einsatz – unverzichtbar [Adam und Kuhlee 2003, Adam und Herntier 2004].

Eine Palette von Naturfarbstoffextrakten aus einheimischen Farbstoffpflanzen wird für technische Applikationen in der Textil- und Lederfärbung sowie der Herstellung von Anstrichfarben auf dem Markt angeboten [Wähling und Gimmler 2017]. Außer in Deutschland werden auch in den Niederlanden [van der Mheen 2008], Österreich [Geissler und Ganglberger 2003] Frankreich, Finnland, Italien und in England

Entwicklungsarbeiten zum Einsatz von Pflanzenfarbstoffen durchgeführt bzw. stehen in der Phase der Markteinführung [Adam 2009, Adam 2017].

Färber-Resede (*Reseda luteola* L.) und Krapp (*Rubia tinctorium* L.) sind für den deutschen Anbau einschließlich geklärter industrieller Farbherstellung von Bedeutung. Die in Färber-Resede enthaltenen Flavonoide, u.a. das Lutein, ergeben eine intensiv gelbe Farbe und vermögen indigogefärbte Stoffe grün zu färben. Die Krappwurzel enthält Anthrachione, die den roten Alizarinfarbstoff liefern. Durch eine nach der Ernte schnell erfolgende Trocknung wird ein höherer Farbstoffgehalt des wertstoffbestimmenden Alizarins erreicht. Nach Einschätzung von Experten besteht für die angeführten Färbepflanzen ein noch erhebliches Optimierungspotenzial, beispielsweise durch den Einsatz von züchterisch verbessertem Pflanzenmaterial [FNR 2013b].

Der Markt für Farbstoffpflanzen ist begrenzt, kann jedoch mit hohen Wertschöpfungspotenzialen verbunden sein [Meyer 2005, FNR 2006].

#### 4.4.1.6 Einsatz als natürliche Fungizide und Insektizide

149 von den in der EU gegenwärtig zugelassenen Pestizidwirkstoffen weisen nach den Bewertungen einer vorliegenden Studie ein hohes Gefährdungspotenzial für Gesundheit und Umwelt auf [Reuter et al. 2010].

Allein in Deutschland werden über 46.000 Tonnen Pestizide pro Jahr eingesetzt. Durch den übermäßigen Gebrauch und auch Missbrauch von Pestiziden geht laut UNO-Bericht die Artenvielfalt zurück, die natürlichen Schädlingsfeinde werden mitvernichtet und das Grundwasser wird kontaminiert [Umweltinstitut München 2017].

Das zur Hühnerstalldesinfektion eingesetzte Fipronil verseuchte Eier. Fipronil ist ein Insektizid, das gegen Läuse, Zecken, Milben und ähnliche Parasiten eingesetzt wird. Laut Bundesinstitut für Risikobewertung griff in Tierversuchen mit Ratten und Mäusen Fipronil bei hohen Dosierungen das Nervensystem und die Leber an. Es verursacht auch Schäden an Schilddrüse und Nieren [Clamann et al. 2017].

Das Insektizid DDT (Dichlordiphenyltrichlorethan) ist noch 40 Jahre nach dem Verbot in der Umwelt zu finden. Französische Forscher haben in einem See in Südostfrankreich DDT nachgewiesen. Die Ablagerungen sind nach Pierre Sabatier, Université de Savoie in Le Bourget du Lac, bis heute eine Schadstoffquelle [Sabatier 2014]. Im Boden bindet sich DDT stark an organische Bodenbestandteile und Tonminerale. Es gelangt daher kaum ins Grundwasser, kann aber bei starken Niederschlägen mit abgespülter Erde in Gewässer eingetragen werden. DDT besitzt eine hohe Persistenz. Die Persistenz einer Chemikalie beschreibt deren Langlebigkeit. Chemikalien mit hoher Persistenz weisen geringe biologische oder chemische Abbaubarkeit auf. Sie können sich in Böden, Organismen und/oder dem Sediment der Gewässer anreichern [Sabatier 2014].

Auch das Insektizid Dieldrin ist nach über 35 Jahren Anwendungsverbot in Deutschland immer noch in den Böden nachweisbar und kann von dort in Nahrungspflanzen übergehen [Reuter et al. 2010].

In den westlichen Ländern wird DDT heute hauptsächlich über Lebensmittel tierischer Herkunft aufgenommen. DDT reichert sich wegen seiner chemischen Stabilität und guten Fettlöslichkeit im Gewebe von Menschen und Tieren am Ende der Nahrungskette an (Bioakkumulation). Unter Bioakkumulation versteht man die Anreicherung von Stoffen in lebenden Organismen. Organochlorpestizide wie DDT oder Dieldrin lagern sich dort im Gewebe ab und werden über die Nahrungskette aufkonzentriert [Reuter et al. 2010]. Die biologische Halbwertszeit, also die Zeitspanne, die der Körper benötigt, bis die Hälfte des aufgenommenen DDT wieder abgebaut oder ausgeschieden wird, beträgt beim Menschen über ein Jahr [Gasteiger und Schunk 2001].

Davon ausgehend muss nach neuen Wegen im Pflanzenschutz gesucht werden. Viele Arznei- und Gewürzpflanzen verfügen über besonders wirksame Komponenten, um sich vor Pflanzenschädlingen unterschiedlichster Art zu schützen. Sie zeichnen sich durch einen intensiven pflanzenspezifischen wohlriechenden Duft der Blätter und Blüten aus. Die Blattdüfte haben verschiedene Funktionen: Anlockung von Insekten zur Bestäubung für die Samen- und Fruchtbildung; ätherische Ausdünstungen sind ein Schutz vor Fraßfeinden und vor Pilz- und Bakterieninfektionen [Dittrich 1988].

Der Einsatz ätherischer Öle im Pflanzenschutz gewinnt aufgrund ihrer umweltschonenden Eigenschaften zunehmend an Interesse. Die Funktionen ätherischer Öle bzw. deren Einzelkomponenten können sowohl zur Bekämpfung von Mikroorganismen als auch von pflanzenschädigenden Arthropoden Verwendung finden. Die Wirkung ausgewählter Komponenten aus den Gruppen der Monoterpene (Carvacrol, Thymol, Linalool, Terpinen-4-ol), der Phenylpropanoide (Eugenol, Anethol) als auch der Salicylate (Methylsalicylat, Salicylaldehyd) auf Schadorganismen und natürliche Gegenspieler (Nützlinge) lässt hoffen [Riefler, Novak und Koschier 2009]. Thymol und Carvacrol erscheinen als besonders effektiv bei der Unterdrückung der Schädlingsreproduktion. So lassen jüngere Studien eine neurotoxische Wirkung von einigen ätherischen Ölen auf Insekten vermuten [Kostyukovsky et al. 2002, Priestley et al. 2003, Enan 2005a, Enan 2005b].

Die biologische Aktivität von ätherischen Ölen kann wegen ihrer geringen Nebenwirkungen auf Warmblüter und andere Nicht-Zielorganismen für umweltschonende Pflanzenschutzstrategien genutzt werden [Deans und Watermann 1993, Stroh et al. 1998, Isman 2000, Isman 2006]. Durch den raschen Abbau ätherischer Öle kommt es zu keiner Anreicherung der Substanzen in der Umwelt [Rabenhorst 1996, Misra und Pavlostathis 1997].

Neben den vergleichsweise hohen Kosten stellt die starke Volatilität der Substanzen aufgrund ihrer niedermolekularen Struktur ein Problem dar, da die Wirkung somit nur über kürzere Zeiträume anhält [Stewart und Weatherstone 2002, Tung und Erler 2003].

Weiterführende Studien setzen zudem standardisierte Verfahren voraus, um die Wirkung der eingesetzten Substanzen zur Entwicklung effizienter Pflanzenschutzmittel vergleichbar zu machen. Als nachteilig erweisen sich die vergleichsweise hohen Kosten der Verwendung ätherischer Öle, die starke Volatilität der Substanzen und die kulturartenspezifische Phytotoxizität. Forschungsbedarf

besteht u.a. bei der Entwicklung geeigneter Formulierungen, Mischungen verschiedener Ätherischöl-Komponenten und der Ermittlung von Dosierungen, die bei der angestrebten Unterdrückung von Schadorganismen keine phytotoxischen Effekte an der Kulturpflanze zeigen [Riefler et al. 2009].

Der Extrakt von Rainfarn (*Tanacetum vulgare* L.) wirkt als Insektizid u. a. gegen den Kartoffelkäfer [Teuscher 2017] und gegen den Apfelwickler (*Cydia pomonella*) [Berghold et al. 2010]. Das ätherische Öl oder Extrakte von Dill (*Anethum graveolens* L.) sind zusammen mit Pyrethrinen zur Bekämpfung des Kartoffelkäfers (*Leptinotarsa decemlineata*) geeignet [Teuscher 2017]. Ätherisches Fruchtöl von Petersilie (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nyman ex A. W. Hill) tötete die Larven von *Pseudaletia unipuncta*, des Heerwurms (Lepidoptera), eines Schmetterlings, dessen Larven als Maisschädlinge bekannt sind [Teuscher 2017].

Durch Besprühen von mit der Weinschmierlaus (*Planococcus ficus*) besiedelten Weinblättern in Petrischalen mit wässrigen Lösungen von Pfefferminzöl (*Mentha x piperita* L.) wurde dieser weltweit in Weinbergen verbreitete Schädling abgetötet [Teuscher 2017].

Von 70 getesteten ätherischen Ölen erwies sich Meerrettichöl (*Armoracia rusticana* Gottfr. Gärt., B. Mey. et Scherb.) als bestes Fungizid. Seine Dämpfe töteten *Ascophaera apis*, den Erreger der Kalkbrut bei Bienen. Der Pilz befällt Bienenlarven, tötet sie wobei verkalkt aussehende Mumien entstehen [Teuscher 2017].

Die Aussicht ätherische Öle bzw. ihre Komponenten als natürliche Fungizide und Insektizide einzusetzen, ist vielversprechend und lässt in Zukunft entsprechende Zuwachsraten im Markt erwarten.

In der recherchierten Literatur waren für die aufgeführten Arznei- und Gewürzdrogen folgende belegte Einsatzmöglichkeiten als natürliche Insektizide und Fungizide zu finden [Heeger 1956, Hiller und Melzig 1999, Mielke und Schöber-Butin 2007, Berghold et al. 2010, Teuscher 2017]:

#### **Fungizide:**

Lavendel (*Lavandula angustifolia* L.), Majoran (*Origanum majorana* L.), Meerrettich (*Armoracia rusticana* Gottfr. Gärt., B. Mey. et Scherb.).

#### **Insektizide:**

Basilikum (*Ocimum basilicum* L.), Balsamkraut (*Chrysanthemum balsamita* L.), Dill (*Anethum graveolens* L.), Insektenpulverpflanze (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trv.) Vis.), Kümmel (*Carum carvi* L.), Lavendel (*Lavandula angustifolia* L.), (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nyman ex A. W. Hill), Pfefferminze (*Mentha x piperita* L.), Rainfarn (*Tanacetum vulgare* L.), Ysop (*Hyssopus officinalis* L.).

#### **Molluskizide:**

Kümmel (*Carum carvi* L.), Ysop (*Hyssopus officinalis* L.).

#### **Nematizide:**

Koriander (*Coriandrum sativum* L.), Meerrettich (*Armoracia rusticana* Gottfr. Gärt., B. Mey. et Scherb.), Petersilie (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nyman ex A. W. Hill).

#### 4.4.1.7 Einsatz als natürliche Vorratsschutzmittel

In Deutschland wird heute noch ein Teil der Ernte durch Vorratsschädlinge vernichtet. Bei Getreide betragen die Verluste durch spezialisierte Schädlinge 2012 mehr als eine Million Tonnen [Statist. Jahrbuch 2012].

Die durchgeführten Untersuchungen zu Wirkstoffen von Arznei- und Gewürzpflanzen auf ihre Schutzwirkung gegenüber Vorrats- und Lagerschädlingen sowie die antimikrobiellen und antioxidativen Wirkungen von Gewürzinhaltsstoffen weisen auf neue Einsatzfelder im Lebensmittelbereich hin [Bauermann, Thomann und Ehrich 1993, Thomann und Bauermann 1993, Thomann und Bauermann 1994, Thomann et al. 1995].

Das wissenschaftliche Interesse an pflanzlichen repellierenden Wirkstoffen nimmt zu, auch weil die Zahl der im Vorratsschutz einsetzbaren Wirkstoffe in den letzten Jahren deutlich abgenommen hat und sich bei intensiver Nutzung eines Wirkstoffes in einigen Fällen resistente Schädlingspopulationen entwickelten. In vielen Arznei- und Gewürzpflanzen sorgen die darin enthaltenen ätherischen Öle für eine Abwehr potenzieller Fraßfeinde, die schon durch den Geruch der mehr oder weniger flüchtigen Inhaltsstoffe abgehalten werden. Hier ergeben sich Erfolg versprechende Ansätze. Insgesamt dürften die volatilen Pflanzeninhaltsstoffe zukünftig im Sinne des Vorratsschutzes an Bedeutung gewinnen [Adler 2009].

Einige Inhaltsstoffe von Arznei- und Gewürzpflanzen (z.B. Bitter- und Scharfstoffe) sind wirksame Signalsubstanzen für Tiere, so dass diese den Verzehr dieser Pflanzen unterlassen. Das sind die als Antifeedant bzw. Repellent gekennzeichneten Pflanzeninhaltsstoffe. Ihr Einsatz wird dort vorgesehen, wo es gilt, lagernde, fressbare Stoffe (Vorräte an Lebens-, Futtermitteln und Saatgut, biologisch abbaubares Verpackungsmaterial und Dämmstoffe) ohne den Einsatz chemisch-toxischer Verbindungen vor Schadinsekten und Nagern zu schützen [Bauermann, Thomann und Ehrich 1993, Thomann und Bauermann 1993, Thomann und Bauermann 1994, Thomann et al. 1995].

Generell können nahezu alle gelagerten, trockenen pflanzlichen Erzeugnisse von vorratsschädlichen Insekten angegriffen werden. Bei der Lagerung trockener Lebens- und Futtermittel werden Insekten zu einer Gefahr, die sich, falls sie unentdeckt bleiben, massenhaft im Vorratsgut entwickeln und dieses vollständig zerstören können. Es wurde nachgewiesen, dass Schädlinge durch ihren Atem die Produkte so anfeuchten können, dass giftige Schimmelpilze auskeimen [Julius Kühn-Institut 2017].

Für die Anwendung als Vorratsschutzmittel muss auch eine gewisse Haltbarkeit des Wirkstoffs garantiert werden können. Weil viele ätherische Öle einen relativ hohen Dampfdruck haben und durch Oxidation und Lichteinwirkung abgebaut werden, wurde untersucht, ob das Untermischen pflanzlicher Öle die Lagerstabilität erhöht. Kokosnussöl, Sesamöl, Sonnenblumenöl und Senföl erhöhten in Versuchen die Wirksamkeit und erhielten die insektizide Wirkung auch 90 Tage nach Applikation [Obeng-Ofori et al. 1997, Adler 2009].



Verwendet man ätherische Öle als Reinkomponenten, so ergibt sich das Problem, dass die zu schützenden Vorräte nach der Behandlung keinen Geruch oder Geschmack angenommen haben dürfen [Adler 2009].

Eine praxisreife Anwendung liegt für das carvonreiche Kümmelöl vor. Die holländische Firma Luxan hat auf dieser Basis einen natürlichen Keimhemmer für Kartoffeln entwickelt. Das Mittel „TALENT“ hat eine Zulassung für Speisekartoffeln [Hartmann et al. 1993].

In der recherchierten Literatur waren für die aufgeführten Arznei- und Gewürzdrogen folgende belegte Einsatzmöglichkeiten für natürliche Vorratsschutzmittel zu finden [Thomann und Bauermann 1993, Teuscher 2017] :

**Antifeedant gegen Vorratsschädlinge:**

Angelika (*Angelica archangelica* L.), Basilikum (*Ocimum basilicum* L.), Dill (*Anethum graveolens* L.), Majoran (*Origanum majorana* L.).

**Antifeedant gegen Nagetiere:**

Gewürzpaprika (*Capsicum annuum* L. var. *annuum*).

**Fungistatikum:**

Thymian (*Thymus vulgaris* L.), Basilikum (*Ocimum basilicum* L.).

#### 4.4.1.8 Einsatz als phyto gene Futterzusätze in der Tierernährung

Auch das seit 2006 in der EU geltende Verbot des Einsatzes antibiotischer Leistungsförderer bei lebensmittelliefernden Tieren bietet eine Chance einer Anbauerweiterung. Der Einsatz pflanzlicher Arznei- und Gewürzdrogen als phyto gene Futterzusätze in der Tierernährung stellt einen Wachstumsmarkt dar. In der Tierernährung sind sie nicht nur imstande, die antibiotischen Leistungsförderer weitgehend zu ersetzen, sondern bringen auch noch einige Vorteile für Tier und Mensch bis hin zur Qualitätsverbesserung von Lebensmitteln tierischer Herkunft [Franz 2009].

Für den Einsatz in der Tierernährung spielen besonders Extrakte und/oder Destillate aus Bohnenkraut (*Satureja hortensis* L.), Majoran (*Origanum majorana* L.), Oregano (*Origanum vulgare* L.), Salbei (*Salvia officinalis* L.), Thymian (*Thymus vulgaris* L.) u.a. eine Rolle. Daraus ergibt sich, die mengenmäßig überwiegende Verwendung von Arznei- und Gewürzdrogen in der Tierhaltung liegt in den Bereichen Futterzusätze und Ergänzungsfuttermittel. Gerade bei den sekundären Pflanzenstoffen zeigt sich mittlerweile, dass diese als Futterbestandteile bzw. als Zusatzstoffe neben der Verbesserung der Futteraufnahme, Wachstums- und Leistungsförderung, Verringerung der Methangas-Produktion bei Wiederkäuern mehr Effekte entfalten können als zunächst angenommen, wie Stressreduktion, Schmackhaftigkeit des Futters, Verminderung bzw. Verbesserung des Stallgeruchs oder Erhöhung des Wohlbefindens der Tiere [Franz 2009].

Arznei- und Gewürzpflanzendrogen werden derzeit von der Futtermittelindustrie in großem Umfang als sensorische Zusatzstoffe, Aromen und appetitanregende, verdauungsfördernde Stoffe verwendet [Ehrlinger 2007]. So ist in der EU allein der

Verbrauch an ätherischen Ölen als funktionelle Futterzusätze zwischen 1996 und 2008 von weniger als 100 auf nahezu 1.000 t/Jahr gestiegen.

In der für die Lebensmittelproduktion (vor allem Fleisch- und Milcherzeugung) betriebenen Tierhaltung stehen aus wirtschaftlichen Gründen die Leistungsparameter Futteraufnahme, Tageszunahme und Futterverwertung im Vordergrund. Zahlreiche Versuche mit Kräutern, Extrakten und ätherischen Ölen in kommerziellen Fertigmischungen wurden in den letzten Jahren durchgeführt, die im Durchschnitt eine Gewichtszunahme um etwa 2% und eine verbesserte Futterverwertung von ca. 3% erreichten [Franz 2009].

Mit der Verwendung antimikrobieller bzw. antioxidativer Zusatzstoffe lässt sich auch die Qualität und Lagerstabilität der Lebensmittel tierischer Herkunft verbessern. Nach Zufütterung von 1% getrocknetem Oregano in der Endmast von Schweinen wurde der Speck sofort nach der Schlachtung und nach 6monatiger Lagerung untersucht. In der unbehandelten Variante stieg der Gehalt an unerwünschten toxischen Cholesterinoxiden deutlich an, während die Bildung der Oxide in der Oregano-Variante weitgehend unterblieb [Bauer et al. 2001].

In einem anderen Versuch wurden Schweine mit bis zu 1,2% Salbei gefüttert mit dem Ergebnis, dass sich der Stallgeruch erheblich verbesserte und das Fleisch beim Koch- und Brattest eine würzig-aromatische Note aufwies. Interessant ist auch die Beobachtung, dass antimikrobielle Futterzusätze wie z.B. ätherische Öle die Keimbelastung des Schlachtkörpers von Schweinen und vor allem von Geflügel verringern [Franz 2009]. Bei Verfütterung der Droge Oregano (*Origanum vulgare* L.) und dem ätherischen Öl an Schweine kam es u. a. zur Verringerung der Sterberate der Tiere und zur Zunahme der Rate gesund geborener Ferkel [Teuscher 2017].

Beim Einsatz ätherischer Öle als Futterzusatzstoff zur Leistungssteigerung in der Ferkel- und Broileraufzucht waren Beifuß-, Koriander-, Oregano- und Thymianöl wirksam. Weniger wirksam waren demgegenüber Knoblauch- und Kümmelöl. Als nicht wirksam erwiesen sich Anis- und Fenchelöl [Wald 2002].

Extrakte und ätherische Öle von Arznei- und Gewürzpflanzen bieten eine breite Palette von Anwendungsmöglichkeiten aufgrund ihrer Vielfalt an funktionellen Stoffen mit antioxidativer, antimikrobieller, verdauungsfördernder und leistungssteigernder Wirkung. Die komplexen Wirkungsweisen im tierischen Organismus entlang des gesamten Verdauungstraktes, angefangen von der verbesserten Futteraufnahme über die bakterielle Modulation bis hin zur Resorption und weiteren Wirkungen im Tierkörper sind jedoch erst ansatzweise bekannt und erfordern noch weitere umfangreiche Forschungsarbeit [Franz 2009].

Als phytogene Futterzusätze in der Tierernährung erwiesen sich in ersten Versuchen in Bezug auf die Futterverwertungsrate kg Futter/kg Körpergewichtszunahme erfolgversprechend: Beifuß (*Artemisia vulgaris* L.), Bohnenkraut (*Satureja hortensis* L.), Koriander (*Coriandrum sativum* L.), Knoblauch (*Allium sativum* L.), Majoran (*Origanum majorana* L.), Oregano (*Origanum vulgare* L.), Salbei (*Salvia officinalis* L.) und Thymian (*Thymus vulgaris* L.).

#### 4.4.2 Voraussetzungen für den Einsatz als Industriedrogen außerhalb der Pharma- und Gewürzmittelindustrie

Für den Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen außerhalb des Pharma- und Gewürzmittelbereiches wurden zahlreiche Ansätze sowohl aus traditionellen Anwendungen als auch aus neueren Untersuchungen herausgearbeitet. Neben dem Herausfiltern von wirksamen Stoffen aus vielfältigen Ausgangsmaterialien, bilden Überlieferungen aus dem Erfahrungsschatz verschiedener Völker den Ausgangspunkt für weitere gezielte Untersuchungen. Die recherchierten Fakten stellen dabei Ausgangspunkte für die wissenschaftliche Grundlagenforschung dar und bieten dafür ein breites Spektrum theoretischer, experimenteller und hypothetischer Ansätze.

Alle Arznei- und Gewürzpflanzen, die im Kapitel 4.3 Erweiterung der Einsatzfelder von Arznei- und Gewürzdrogen recherchiert worden sind, befinden sich in Deutschland im Anbau.

Arten, die ein hohes Einsatzpotenzial besitzen, sind Basilikum (*Ocimum basilicum* L.), Bohnenkraut (*Satureja hortensis* L.), Koriander (*Coriandrum sativum* L.), Kümmel (*Carum carvi* L.), Majoran (*Origanum majorana* L.), Meerrettich (*Amoracia rusticana* Gottfr. Gärtner, B. Mey. et Scherb.), Oregano (*Origanum vulgare* L.), Pfefferminze (*Mentha x piperita* L.), Rosmarin (*Rosmarinus officinalis* L.), Salbei (*Salvia officinalis* L.) und Thymian (*Thymus vulgaris* L.). Diese Arten erfordern eine weitere wissenschaftliche Bearbeitung.

In den Anlagen 4 bis 12 sind die recherchierten Einsatzmöglichkeiten von Arznei- und Gewürzdrogen außerhalb der Pharma- und Gewürzindustrie aufgeführt.

Voraussetzungen für die schnellere Umsetzung von möglichen Anwendungen von Arznei- und Gewürzdrogen außerhalb des Pharma- und Gewürzbereiches erfordern anhand der derzeit sichtbaren Tendenzen neben dem Ausbau entsprechender wissenschaftlicher Einrichtungen gemeinsame anwendungsorientierte Verbundforschungen zwischen wissenschaftlichen Einrichtungen und klein- und mittelständischen Unternehmen. Bei Lebensmitteln, Haushaltsmitteln, im Kosmetikbereich, Nahrungsergänzungsmitteln und bei natürlichen Farbstoffen stehen die Hersteller dieser Produkte in der Verantwortung. Im Interesse eines schnellen Ergebnisses und auch aufgrund der Vielzahl der Arznei- und Gewürzdrogen müssen auch Projekte über Drittmittel realisiert werden, z.B. über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) und über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF).

Es gilt bürokratische Hürden bei der Einwerbung von Drittmitteln soweit abzubauen, dass sich die Wissenschaftler auf das Grundlegende, den fachlichen Teil konzentrieren können und rein administrative Dinge über die Verwaltung geregelt werden. Zunehmend administrativer Aufwand, der auf die Wissenschaftler zum Teil umgelagert wird, bremst den wissenschaftlichen Fortschritt und die Durchsetzung innovativer Ideen. Bei der Bereitstellung von Drittmitteln muss es darum gehen, mehr Flexibilität zu zeigen. Es gilt administrative Formen zu finden, die mehr Forschungsfreiheit gewähren, d.h. bei Änderungen im Forschungsablauf Gelder flexibler einsetzen zu dürfen. Beim Projektstart gilt es zeitlich die laufende Vegetationsperiode zu berücksichtigen sowie eine ausreichende Vorbereitungszeit

zu gewähren. Notwendig ist eine fachübergreifende Forschung sowie die Forschung mit der Praxis für die Praxis zu intensivieren.

Das zwingend notwendige gründliche Literaturstudium vor Beginn der eigentlichen Versuche ist auch im Hinblick auf eine effektive Nutzung rarer Haushaltsmittel nur möglich, wenn bei einer Förderungsbewilligung ein entsprechender zeitlicher Vorlauf fester Bestandteil des Vorhabens wird. Forschungsprojekte mit umfangreichen Erhebungsuntersuchungen oder Versuchsanstellungen im Freiland müssen unbedingt mindestens drei volle Jahre (Vegetationsperioden) mit einem zusätzlichen Vierteljahr Literaturvorlauf umfassen. Kürzere Vorhaben sind für einen repräsentativen Erkenntnisgewinn weitestgehend wertlos. Bei Folgeprojekten gilt es einen fließenden Übergang zu gewährleisten. Um die erzielten Ergebnisse in der Praxis umzusetzen, wäre es zukünftig zweckmäßig, zur Schaffung von geschlossenen Wertschöpfungsketten eine Projektpflege von 2-3 Jahren zu konzipieren.

Dringend muss nach neuen Wegen im Pflanzenschutz gesucht werden: Viele der in der EU gegenwärtig zugelassenen Pestizidwirkstoffe weisen ein hohes Gefährdungspotenzial für Gesundheit und Umwelt auf. Durch den übermäßigen Gebrauch und auch Missbrauch von Pestiziden geht laut UNO-Bericht die Artenvielfalt zurück, die natürlichen Schädlingsfeinde werden mitvernichtet und das Grundwasser wird kontaminiert. Einige im Pflanzenschutz eingesetzte Chemikalien haben eine hohe Persistenz und können sich in Böden, Organismen und dem Sediment der Gewässer anreichern und sind wie beim Insektizid DDT oder Dieldrin nach über 35 Jahren Anwendungsverbot in Deutschland immer noch in den Böden nachweisbar und können von dort in Nahrungspflanzen übergehen. Organochlorpestizide wie DDT oder Dieldrin lagern sich wegen ihrer chemischen Stabilität und guten Fettlöslichkeit im Gewebe von Menschen und Tieren am Ende der Nahrungskette an und werden über diese aufkonzentriert. Die Zeitspanne, die der Körper benötigt, bis die Hälfte des aufgenommenen DDT wieder abgebaut wird, beträgt beim Menschen über ein Jahr. An Nagetieren konnte die kanzerogene Wirkung von DDT nachgewiesen werden. Für den Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen als natürliche Fungizide und Insektizide sind im Interesse von Gesundheit und Umwelt gesamtgesellschaftliche Wissenschaftsleistungen Voraussetzung. Deshalb stellt die nationale wie internationale Zusammenarbeit eine Quelle für das weitere Wirtschaftswachstum der Branche dar. Da nur der zuständige EU-Ausschuss über den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Europäischen Union im Interesse einer gemeinsamen Agrarpolitik entscheidungsbefugt ist, wäre ein neu zu gründendes wissenschaftliches EU-Institut der Lösungsansatz. Beispielsweise gibt es erste, aber noch nicht praxisrelevante Erkenntnisse zum Einsatz natürlicher Fungizide und natürlicher Insektizide an der Universität für Bodenkultur Wien, an die es anzuknüpfen gilt.

Für den Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen als phyto gene Futterzusätze in der Tierernährung aufgrund des in der EU seit 2006 geltenden Verbotes des Einsatzes antibiotischer Leistungsförderer bei lebensmittelliefernden Tieren sind ebenfalls noch umfangreiche gesamtgesellschaftliche Wissenschaftsleistungen Voraussetzung. Extrakte und ätherische Öle von Arznei- und Gewürzpflanzen bieten eine breite Palette von Anwendungsmöglichkeiten aufgrund ihrer Vielfalt an funktionellen Stoffen mit antioxidativer, antimikrobieller, verdauungsfördernder und leistungssteigernder Wirkung. Die komplexen Wirkungsweisen im tierischen Organismus entlang des gesamten Verdauungstraktes, angefangen von der verbesserten Futteraufnahme

über die bakterielle Modulation bis hin zur Resorption und weiteren Wirkungen im Tierkörper sind jedoch erst ansatzweise bekannt und erfordern noch weitere umfangreiche Forschungsarbeit über wissenschaftliche Einrichtungen. Federführend für den Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen als phytogene Futterzusätze ist die Veterinärmedizinische Universität Wien.

## 5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Der einheimische Arznei- und Gewürzpflanzenanbau deckt zurzeit nur etwa 10% des gegenwärtigen Eigenbedarfs Deutschlands. Infolge der Globalisierung ist die Verbesserung der Qualität bei gleichzeitiger Senkung der Produktionskosten derzeit die einzige Möglichkeit mit Importen konkurrieren zu können. Für die Erhaltung und Erhöhung des gegenwärtigen Anbaus ist eine Konzentration auf Marktsegmente mit hochwertigen Arznei- und Gewürzdrogen erforderlich.

Im Rahmen der Dissertation wurden erstmals 202 in Deutschland angebaute Arten Arznei- und Gewürzpflanzen nachgewiesen. Aufgrund der großen Artenvielfalt und der geringen Flächenanteile sind für die Erhaltung und den Ausbau des gegenwärtigen Arznei- und Gewürzpflanzenanbaus in Deutschland vorwettbewerbliche und anbaubegleitende Wissenschaftsleistungen entscheidend. Ein entsprechender Fortschritt ist nur durch Innovationen, die sich in Alleinstellungsmerkmalen (Gehalt und Zusammensetzung sekundäre Inhaltsstoffe, Ertrag, Qualität etc.) niederschlagen, erreichbar. Herausgearbeitet wurden die entscheidenden Voraussetzungen und Bedingungen für den Erhalt und die Erhöhung des derzeitigen Anbaues von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland.

**Folgende Wissenschaftsvorleistungen stellen dabei das größte Potenzial dar:**

### 1. Vorwettbewerbliche Züchtungsleistungen

Eine Voraussetzung für die Erzeugung von standardisierten Qualitätsdrogen und damit für den wirtschaftlichen Erfolg bildet der Einsatz von hochwertigen Sorten. Steigende Anbauflächen im einheimischen Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen gibt es überall dort, wo „maßgeschneiderte“ Sorten für eine reproduzierbare, standardisierte Qualität zur Verfügung stehen.

Vorwettbewerbliche Züchtungsleistungen sind aufgrund der Artenvielfalt sowie der geringen Anbauflächen von Arznei- und Gewürzpflanzen im Vergleich zu anderen Kulturarten eine grundlegende Voraussetzung, da sich die Züchtungsaufwändungen für klein- und mittelständische Unternehmen in der Regel nicht tragen. Durch die vorwettbewerblichen Züchtungsleistungen wird damit ein entscheidender Beitrag zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit im Arznei- und Gewürzpflanzenanbau geleistet.

Bei einzelnen Arznei- und Gewürzpflanzenarten können in Abhängigkeit von dem vorgesehenen Einsatz unterschiedliche Zuchtziele notwendig werden, wie die Höhe der gewünschten sekundären Inhaltsstoffe sowie deren Zusammensetzung, Eliminierung unerwünschter sekundärer Inhaltsstoffe, Verbesserung des Geschmacks und der Haltbarkeit, Erhöhung der wirksamen Komponenten, welche vor Pflanzenschädlingen unterschiedlichster Art schützen (Fraßfeinde, Pilz- und Bakterieninfektionen). Die Realisierung der Zuchtziele ist ohne züchtungsbegleitende Analytik nicht zu verwirklichen.

An die Reinheit von Arznei- und Gewürzpflanzendrogen werden höchste Ansprüche gestellt, so dass Krankheits- und Schaderregerresistenz zu wichtigen Zuchtzielen gehören, da der feldmäßige Anbau zunehmend durch Krankheiten und Schädlinge gefährdet ist. Diese Notwendigkeit ergibt sich auch aus der vermehrten Anwendung umweltschonender Produktionsweisen und der ständigen Abnahme der Zahl verfügbarer Pflanzenschutzmittel sowie wegen des erheblichen Risikos von

Rückständen im Erntegut beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln. Beim Auftreten neuer relevanter Schaderreger muss die Züchtung auf Resistenz von Beginn an erfolgen. Die Züchtung auf Resistenz gegen Krankheiten und Schädlinge ist ein entscheidender Baustein im Pflanzenschutz.

## **2. Ausbau der Analytik sekundärer Inhaltsstoffe**

Da Arznei- und Gewürzpflanzen durch ihre sekundären Inhaltsstoffe charakterisiert werden, spielt die Analytik hier eine besondere Rolle. Die Realisierung unterschiedlicher Zuchtziele bei einzelnen Arten in Abhängigkeit von dem vorgesehenen Einsatz, wie der Höhe der gewünschten sekundären Inhaltsstoffe sowie deren Zusammensetzung, Eliminierung unerwünschter sekundärer Inhaltsstoffe, Verbesserung des Geschmacks und der Haltbarkeit, Erhöhung der wirksamen Komponenten, welche vor Pflanzenschädlingen unterschiedlichster Art schützen, sind ohne züchtungsbegleitende Analytik nicht zu verwirklichen.

Die Analytik kann auch dazu beitragen für Arznei- und Gewürzpflanzen, ausgehend von den sekundären Inhaltsstoffen, optimale Erntezeitpunkte zu definieren. Der bestmögliche Erntezeitpunkt von Arznei- und Gewürzpflanzen ist dann gegeben, wenn die erwünschten Inhaltsstoffe den optimalen Gehalt erreicht haben. Die qualitätsabhängige Preisgestaltung nach Inhaltsstoffen ist bei einigen Arten bereits Praxis (z. B. bei Wolligem Fingerhut (*Digitalis lanata* Ehrh.) nach dem Lanatosid C-Gehalt, einer Vorstufe des herzwirksamen Glykosids Digoxin). Das heißt, einheimische Firmen setzen auf spezielle Qualitäten. Auch daraus resultieren Chancen für den einheimischen Anbau.

Sekundäre Inhaltsstoffe besitzen ausgehend vom Wuchsstandort auch eine große Variabilität in ihrer Zusammensetzung. Daraus ergibt sich, dass die Anforderungen an die Analytik sehr hoch sind. Die Entwicklung spezifischer Test- und Analysemethoden für Arznei- und Gewürzpflanzen zur Erforschung der spezifischen Wirkungen der sekundären Pflanzeninhaltsstoffe und deren wirksamer Konzentration sind auch für die Absicherung der umfangreichen züchtungsbegleitenden Analysen ein wesentlicher Schritt. Dabei sollten durch Normen festgelegte Verfahren zur Anwendung kommen. Die Ergebnisse sind in standardisierten Dokumentationen für die einzelnen sekundären Inhaltsstoffe darzustellen.

## **3. Ausbau der Phytopathologie**

Mit Zunahme des feldmäßigen Anbaus von Arznei- und Gewürzpflanzen und dem Klimawandel in den letzten Jahren wird dringender Forschungsbedarf im Bereich der Phytopathologie deutlich, wie Diagnose und Biologie wichtiger Schaderreger, Erarbeitung alternativer Pflanzenschutzmaßnahmen (biologisch, physikalisch, z.B. Elektronenbeizung), Untersuchungen zur Sortenanfälligkeit, Erarbeitung und Entwicklung geeigneter Prognoseverfahren.

Kenntnisse zu Epidemiologie und Pathogendiagnostik wichtiger Schaderreger an Arznei- und Gewürzpflanzen sind die Grundlage für die Entwicklung nachhaltiger Methoden der Schaderregerkontrolle und -bekämpfung. Das Wissen über Infektionsquellen, Infektionsketten, Überdauerung, optimale Entwicklungsbedingungen und Wirtspflanzenkreise der Schaderreger ist eine Grundvoraussetzung für die Erarbeitung nachhaltiger Pflanzenschutzstrategien, da die chemische Bekämpfung

aufgrund der Situation der Pflanzenschutzmittelzulassung im Arznei- und Gewürzpflanzenbereich, vor allem aber wegen des erheblichen Risikos von Rückständen im Erntegut, nur sehr begrenzt Anwendung finden kann.

Die Ergebnisse müssen auch in die Züchtung widerstandsfähiger Sorten einfließen, da die Züchtung auf Resistenz ein entscheidender Baustein im Pflanzenschutz ist.

#### **4. Entwicklung effizienter Unkrautbekämpfungsstrategien**

Aufgezeigt werden Ansatzpunkte für die Optimierung vom Anbauverfahrensschritt Unkrautbekämpfung, der mit bis zu 600 Arbeitskraftstunden pro Hektar die Rentabilität des Anbaues gefährden kann.

Die erfolgreiche Unkrautbekämpfung zählt zu einer der wichtigsten Voraussetzungen für die wirtschaftliche und nachhaltige Produktion von Drogen in hoher Qualität. Sie entscheidet in vielen Fällen über die Wettbewerbsfähigkeit und ist damit von existenzieller Bedeutung für den Fortbestand des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Unkräuter können erhebliche Ertragsminderungen verursachen und im Extremfall sogar zum Totalverlust führen.

Die Kenntnisse über Unkrautpopulationen einer Fläche und die Unkrauterkenntnis sind wichtige Voraussetzungen für gezielte Unkrautbekämpfungsstrategien. Als Erkennungsmerkmal der Unkräuter dienen Form, Größe sowie beschreibende Parameter der äußeren Kontur. Das setzt die Entwicklung eines Klassifikationssystems zur Unterscheidung von Nutzpflanzen und Unkräutern für die Drohne, für optische Systeme und für den Agrarroboter voraus.

Notwendig sind die Weiterentwicklung der Abflammentechnik, optischer Systeme, die Entwicklung effizienter Verfahren der mechanischen Unkrautregulierung unter Einsatz von Robotik. Autonome Robotersysteme mit dem Ziel der Unkrauterkenntnis und einer automatischen Unkrautregulierung stellen zukünftig ein enormes Innovationspotenzial dar.

#### **5. Optimierung der technischen Trocknung**

Aufgezeigt werden Ansatzpunkte für die Optimierung der technischen Trocknung, die bis 50% der gesamten Verfahrenskosten betragen können und damit ebenfalls die Rentabilität gefährden. Durch steigende Energiepreise ist der hohe Energiebedarf eine der drängendsten Herausforderungen der Trocknung von Arznei- und Gewürzpflanzen.

Die große Produktvielfalt der unterschiedlichen Arznei- und Gewürzpflanzen stellt besondere Anforderungen bezüglich der Optimierung bestehender Verfahren und Anlagen. Systematische Grundlagenuntersuchungen zu qualitätsbeeinflussenden Parametern wie Verluste an Inhaltsstoffen, Farbveränderungen und hohe Keimzahlen, die aus unterschiedlichen Trocknertypen, Trocknungsverfahren und Betriebsweisen der Trocknung resultieren sind notwendig.

Die Trocknung wird auch von strömungstechnischen Eigenschaften des Trocknungsgutes wesentlich beeinflusst, insbesondere vom Strömungswiderstand der einzelnen Arznei- und Gewürzpflanzenarten mit fortschreitender Trocknung. Die Strömungsverhältnisse können durch rechnergestützte Strömungssimulation abgebildet und



optimiert werden. Sie bilden die Grundlage für eine strömungstechnische Optimierung von Trocknungsgut und -anlagen.

Der spezifische Energiebedarf wird sehr viel stärker von der Betriebsweise der Trocknungsanlage beeinflusst als von dem produktspezifischen Trocknungsverhalten der einzelnen Arznei- und Gewürzpflanzenarten. Die Entwicklung anlagen- und betriebsspezifisch optimierter Regelungskonzepte erfordert die mathematische Modellierung und Simulation der Trocknungsprozesse von Arznei- und Gewürzpflanzen und verfahrenstechnische Analysen von Trocknungsverfahren bei unterschiedlichen Bedingungen zur Optimierung der Energieeffizienz.

### **Umsetzung 1. bis 5.:**

Voraussetzung für die Realisierung der unter 1. bis 5. aufgeführten Wissenschaftsvorleistungen ist der Aufbau eines Institutes für Arznei- und Gewürzpflanzen in Trägerschaft des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), um dauerhaft die Erhaltung einer Kernkompetenz auf diesem sehr speziellen Sektor der Pflanzenproduktion zu sichern. Sieht man sich die gegenwärtige Altersstruktur der Experten des Fachgebietes in Deutschland an, so wird deutlich, dass einer zielgerichteten Nachwuchsförderung ein entsprechender Stellenwert eingeräumt werden muss. Notwendig sind im zu gründenden Institut für Arznei- und Gewürzpflanzen die Etablierung der nachfolgend aufgeführten Arbeitsgruppen:

Die Arbeitsgruppe **Anbau** hat das Aufgabengebiet Schaffung wissenschaftlicher Grundlagen für eine umweltschonende und wirtschaftliche Produktion von qualitativ hochwertigen Arznei- und Gewürzpflanzen einschließlich der Durchführung von Anbauversuchen. Sie ist für die Bereitstellung von Informationen für Anbauer (Infoblätter, Homepage) und sichert die Archivierung aller das Fachgebiet betreffenden Daten national und international (print und digital).

Die Arbeitsgruppe **Züchtung** erbringt Leistungen der vorwettbewerblichen Züchtung. Dabei geht es um die Entwicklung züchtungsspezifischer Analysemethoden für Arznei- und Gewürzpflanzen und die Absicherung der umfangreichen züchtungsbegleitenden Analysen an Zuchtmaterial, die sich aufgrund des Anbauumfangs von Arznei- und Gewürzpflanzen und der hohen Züchtungsaufwendungen nicht selbst tragen können.

Die Aufgabe der Arbeitsgruppe **Analytik** besteht darin, Screenings von wirksamkeitsbestimmenden und wirksamkeitsmitbestimmenden sekundären Inhaltsstoffen aus Arznei- und Gewürzpflanzen sowie Erforschung traditioneller Anwendungen als Ausgangspunkte für gezielte Untersuchungen durchzuführen. Dabei sollten durch Normen festgelegte Verfahren zur Anwendung kommen. Die Ergebnisse sind in standardisierten Dokumentationen für die einzelnen sekundären Inhaltsstoffe darzustellen. Die Absicherung der züchtungsbegleitenden Analysen an Zuchtmaterial ist ein Schwerpunkt der Arbeitsgruppe.

Die Aufgaben der Arbeitsgruppe **Phytopathologie** bestehen in der Erarbeitung von Grundlagen zu Epidemiologie und Pathogendiagnostik für die Entwicklung nachhaltiger Methoden der Schaderregerkontrolle. Das Wissen über Infektionsquellen, Infektionsketten, Überdauerung, optimale Entwicklungsbedingungen und Wirtspflanzenkreise der Schaderreger ist Voraussetzung für die Erarbeitung nachhaltiger Pflanzenschutzstrategien und für die Züchtung widerstandsfähiger Sorten.

Arten, die für eine entsprechende Nutzung ein hohes Einsatzpotenzial besitzen, sind Basilikum (*Ocimum basilicum* L.), Bohnenkraut (*Satureja hortensis* L.), Koriander (*Coriandrum sativum* L.), Kümmel (*Carum carvi* L.), Majoran (*Origanum majorana* L.), Meerrettich (*Amoracia rusticana* Gottfr. Gärtner, B. Mey. et Scherb.), Oregano (*Origanum vulgare* L.), Pfefferminze (*Mentha x piperita* L.), Rosmarin (*Rosmarinus officinalis* L.), Salbei (*Salvia officinalis* L.) und Thymian (*Thymus vulgaris* L.). Diese Arten erfordern eine weitere wissenschaftliche Bearbeitung.

Die im Bereich Forschung bei Arznei- und Gewürzpflanzen stattgefundenen und stattfindenden strukturellen Veränderungen gefährden den einheimischen Arznei- und Gewürzpflanzenbau. Im Bereich der Universitäten aber auch des Julius Kühn-Institutes sowie der Leibniz-Institute ist der Drittmiteinsatz in den letzten Jahren stark angestiegen, da die Grundfinanzierung nicht im erforderlichen Maße gestiegen ist. Notwendig ist eine begründete Grundsicherung, die eine Abhängigkeit von der Drittmittelfinanzierung im Interesse einer kontinuierlichen Forschung ausschließt. Basis für die angewandte Forschung und Entwicklung ist die Kontinuität der wissenschaftlichen Grundlagenforschung.

### **Zielgerichtete Inkulturnahme neuer Arten:**

Auch die Erhöhung der Anzahl von Arzneipflanzen durch eine zielgerichtete Inkulturnahme neuer Arten stellt einen Weg dar, den Anbau in Deutschland zu erhöhen. Ausgangspunkt einer zielgerichteten Inkulturnahme ist die Sammlung unterschiedlichster Biotypen aus verschiedenen Regionen.

Zielgerichtete Forschungs- und Sammlungsreisen in außereuropäische Gebiete stellen eine weitere Option für die Erweiterung des einheimischen Anbaus dar. Die Ethnobotanik kann oft Aufschluss darüber geben, ob eine Pflanze laut überliefertem Wissen bei uns oder in anderen Kulturen bereits einen Ruf als Arzneipflanze hat. Notwendig ist die Evaluierung von Herkünften und Wildformen bekannter Arzneipflanzen auf ihre mögliche pharmazeutische Nutzung und die Eignung für den Anbau. Bekannte und bisher noch unbekannte Pflanzeninhaltsstoffe stellen immer noch ein enormes Potenzial für neue hochwirksame Medikamente dar. Besonders interessant erscheinen beispielsweise Arzneipflanzen mit antitumoralen Wirkstoffen.

Dennoch wird Sammeltätigkeit an den Wildstandorten für bestimmte Pflanzen auch noch für einen längeren Zeitraum Bedeutung haben, da nicht alle Arzneipflanzen wirtschaftlich angebaut werden können bzw. noch Kenntnisse über eine erfolgreiche Kultur fehlen. Insgesamt wird sich der Trend zu einer kontrollierten Entnahme an Wildstandorten und einer verstärkten Inkulturnahme schrittweise durch eine eigene Versuchstätigkeit und nur durch eine enge Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Einrichtungen durchsetzen.

Zielgerichtete Forschungs- und Sammlungsreisen in außereuropäische Gebiete sind soweit sie im gesamtgesellschaftlichen Interesse liegen, über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) Gülzow durch Bereitstellung von Fördermitteln zu unterstützen.

### **Einsatzfelder außerhalb des Pharma- und Gewürzmittelbereiches:**

Ein weiterer Weg den Arznei- und Gewürzpflanzenanbau in Deutschland zu stabilisieren und auszubauen besteht darin, für bereits im Anbau befindliche Arznei- und Gewürzdrogen mögliche Einsatzfelder außerhalb des Pharma- und Gewürzmittelbereiches zu ermitteln. Für den Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen außerhalb des Pharma- und Gewürzmittelbereiches wurden zahlreiche Ansätze sowohl aus traditionellen Anwendungen in Deutschland als auch aus neueren Untersuchungen herausgearbeitet. Daneben stellen auch Überlieferungen aus dem Erfahrungsschatz anderer Völker einen Ausgangspunkt für weitere gezielte Untersuchungen dar. In den Anlagen 4 bis 12 sind die recherchierten Einsatzmöglichkeiten von Arznei- und Gewürzdrogen außerhalb der Pharma- und Gewürzindustrie dargestellt.

Der mögliche Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen außerhalb des Pharma- und Gewürzmittelbereiches wird nachfolgend aufgezeigt.

### **Einsatz im Lebensmittelbereich**

In Lebensmitteln werden vielfach preiswertere chemische Substanzen eingesetzt. Nicht alle sind unbedenklich, können Allergien auslösen, Organe schädigen oder stehen im Verdacht, Krebs zu erregen.

Deshalb geht es im Lebensmittelbereich um die verstärkte Nutzung von Arznei- und Gewürzdrogen als Antioxidantien, als natürliche Konservierungsmittel, als natürliche Fungistatika, als natürliche Farbstoffe, als natürliche Emulgatoren, als natürliche Aromastoffe, als natürliche Duftstoffe und als natürliche Geschmackskorrigenzen.

### **Einsatz in Haushaltsmitteln**

Bei Haushaltsmitteln gibt es aufgrund des Einsatzes chemischer Stoffe und Gemische zunehmende Verätzungen, Allergien, Reizungen der Haut und Atemwege erfolgversprechende Ansätze für einen Arznei- und Gewürzdrogeneinsatz. Das in den letzten Jahren gewachsene Umweltbewusstsein spricht für ein Umdenken beim Einsatz chemischer Stoffe und Gemische.

Eine Alternative stellt der Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen dar. Die Einsatzmöglichkeiten von Extrakten in diesem Bereich sind äußerst vielfältig: Geschirrspülmittel, Möbelpflegeprodukte, Fußbodenreiniger, Oberflächenreiniger, Feinwaschmittel, Weichspüler usw. Wichtige Stammpflanzen sind u.a. Kamille (*Matricaria chamomilla* L.), Ringelblume (*Calendula officinalis* L.), Johanniskraut (*Hypericum perforatum* L.), Seifenkraut (*Saponaria officinalis* L.), Efeu (*Hedera helix* L.) und Rosmarin (*Rosmarinus officinalis* L.).

### **Einsatz im Kosmetikbereich**

Kosmetika auf Mineralölbasis sind zum Teil mit für die Gesundheit und Umwelt kritischen Stoffen belastet. Notwendig ist ein Verzicht auf Mineralöle, Silikone, Phthalate, Aluminiumsalze sowie synthetische Duft-, Farb- und Konservierungsstoffe. Derzeit werden verschiedene Pflanzen und Pflanzenteile für kosmetische Zwecke verwendet bzw. ihre Verwendung diskutiert. Der Grund dafür ist die steigende Nachfrage nach natürlichen Kosmetika. Aufgrund der steigenden Nachfrage nach

Kosmetika mit natürlichen Inhaltsstoffen und der Hochpreisigkeit der Produkte ist ein größerer Marktanteil bereits Realität.

In der Kosmetikindustrie werden jährlich über 10.000 Tonnen synthetische Verdicker auf petrochemischer Basis eingesetzt, die im Abwasser schlecht abbaubar sind. Notwendig wäre die Prüfung, ob eine Entwicklung von Verdickern für Kosmetika auf Basis von Arznei- und Gewürzdrogen als Ersatz für petrochemisch hergestellte Verdicker in Frage kommt.

### **Einsatz in Nahrungsergänzungsmitteln**

Der Einsatz von Arznei- und Gewürzpflanzen zur Herstellung von Nahrungsergänzungsmitteln stellt eine Alternative zur Produktion von Phytopharmaka dar, da hierfür keine Zulassung bzw. Registrierung der Produkte notwendig ist. In den vergangenen zwei Jahrzehnten hat die Verwendung von pflanzlichen Nahrungsergänzungen als „Gesundheitspflegemittel“ oft zu Lasten der klassisch-traditionellen Phytopharmaka stark zugenommen.

Der Markt bei Nahrungsergänzungsmitteln lässt aufgrund des vorhandenen hohen Angebotes keine großen Zuwächse für den weiteren Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen erwarten.

### **Einsatz als natürliche Farbstoffe**

Der Markt für natürliche Farbstoffe ist derzeit begrenzt, aber langfristig ausbaufähig. Steigendes Umweltbewußtsein und zunehmende Allergiebelastungen führen zu einer steigenden Nachfrage nach naturgefärbten Textilien und natürlichen Farbstoffen.

Das Verbot einiger synthetischer Farbstoffe, z.B. Azofarbstoffe, im Farb-, Textil-, Holz- oder Lebensmittelsektor ist für diesen Prozess förderlich. Azofarbstoffe, die eine freisetzbare kanzerogene Arylaminkomponente enthalten, stehen unter dem Verdacht ein krebserzeugendes Potenzial zu besitzen. Azofarbstoffe, die aus mindestens einem dieser kanzerogenen Amine aufgebaut sind, sind in Gebrauchsmitteln in Deutschland verboten und zwar für Textilien und Leder, die mit der menschlichen Haut in Berührung kommen können. Zurzeit sind 24 solcher Amine verboten.

Gegenwärtig sind nur Färber-Resede (*Reseda luteola* L.) und Krapp (*Rubia tinctorium* L.) für den deutschen Anbau aufgrund der geklärten industriellen Farbherstellung von wirtschaftlicher Bedeutung. Für die Anwendung von Pflanzenextrakten in Maßstäben der industriellen Färbereien ist die Weiterverarbeitung der Rohextrakte zu Standardextrakten unverzichtbar.

### **Einsatz als natürliche Fungizide und Insektizide**

Für den Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen als natürliche Fungizide und Insektizide liegen äußerst viele neue und aktuelle, aber noch keine praxisrelevanten Ergebnisse vor. Der Einsatz ätherischer Öle im Pflanzenschutz gewinnt aufgrund ihrer umweltschonenden Eigenschaften zunehmend an Interesse. Die biologische Aktivität von ätherischen Ölen kann wegen ihrer geringen Nebenwirkungen auf Warmblüter und andere Nicht-Zielorganismen für umweltschonende Pflanzenschutz-

strategien genutzt werden. Durch den raschen Abbau ätherischer Öle kommt es zu keiner Anreicherung der Substanzen in der Umwelt.

Als nachteilig erweisen sich die vergleichsweise hohen Kosten bei der Verwendung ätherischer Öle, die starke Volatilität der Substanzen und die kulturartenspezifische Phytotoxizität. Forschungsbedarf besteht u.a. bei der Entwicklung geeigneter Formulierungen, Mischungen verschiedener Ätherischöl-Komponenten und der Ermittlung von Dosierungen.

### **Einsatz als natürliche Vorratsschutzmittel**

Generell können nahezu alle gelagerten, trockenen pflanzlichen Erzeugnisse von Vorratsschädlingen angegriffen werden. Bei der Lagerung trockener Lebens- und Futtermittel werden Insekten zu einer Gefahr, die sich, falls sie unentdeckt bleiben, massenhaft im Vorratsgut entwickeln und dieses vollständig zerstören können. Es wurde nachgewiesen, dass Schädlinge durch ihren Atem die Produkte so anfeuchten können, dass giftige Schimmelpilze auskeimen.

Einige sekundäre Inhaltsstoffe von Arznei- und Gewürzpflanzen (z.B. Bitter- und Scharfstoffe) sind wirksame Signalsubstanzen für Tiere, so dass diese den Verzehr dieser Pflanzen unterlassen. Sie werden als Antifeedant bzw. Repellent bezeichnet. Das wissenschaftliche Interesse an pflanzlichen repellierenden Wirkstoffen nimmt zu, auch weil die Zahl der im Vorratsschutz einsetzbaren Wirkstoffe in den letzten Jahren deutlich abgenommen hat und sich bei intensiver Nutzung eines Wirkstoffes in einigen Fällen resistente Schädlingspopulationen entwickelten. Der Einsatz der in vielen Arznei- und Gewürzpflanzen enthaltenen ätherischen Öle für eine Abwehr potenzieller Fraßfeinde wird dort vorgesehen, wo es gilt, lagernde, fressbare Stoffe (Vorräte an Lebens-, Futtermitteln und Saatgut, biologisch abbaubares Verpackungsmaterial und Dämmstoffe) ohne den Einsatz chemisch-toxischer Verbindungen vor Schadinsekten und Nagern zu schützen.

Für die Anwendung als Vorratsschutzmittel muss auch eine gewisse Haltbarkeit des Wirkstoffs garantiert werden können. Weil viele ätherische Öle einen relativ hohen Dampfdruck haben und durch Oxidation und Lichteinwirkung abgebaut werden, müssen praxisrelevante Lösungen, die die Lagerstabilität erhöhen, gefunden werden. Verwendet man ätherische Öle als Reinkomponenten, so besteht das noch zu klärende Problem, dass die zu schützenden Vorräte nach der Behandlung keinen Geruch oder Geschmack angenommen haben dürfen.

### **Einsatz als phyto gene Futterzusätze**

Auch das seit 2006 in der EU geltende Verbot des Einsatzes antibiotischer Leistungsförderer bei lebensmittelliefernden Tieren bietet eine Chance einer Anbauerweiterung. Der Einsatz pflanzlicher Arznei- und Gewürzdrogen als phyto gene Futterzusätze in der Tierernährung stellt einen Wachstumsmarkt dar. In der Tierernährung sind sie nicht nur imstande, die antibiotischen Leistungsförderer weitgehend zu ersetzen, sondern bringen auch noch einige Vorteile für Tier und Mensch bis hin zur Qualitätsverbesserung von Lebensmitteln tierischer Herkunft .

Extrakte und ätherische Öle von Arznei- und Gewürzpflanzen bieten eine breite Palette von Anwendungsmöglichkeiten aufgrund ihrer Vielfalt an funktionellen Stoffen

mit antioxidativer, antimikrobieller, verdauungsfördernder und leistungssteigernder Wirkung.

### **Voraussetzungen für die Umsetzung der recherchierten Einsatzmöglichkeiten von Arznei- und Gewürzdrogen außerhalb der Pharma- und Gewürzindustrie:**

Im Lebensmittelbereich, im Bereich Haushaltsmittel und bei Kosmetika stehen die Hersteller dieser Produkte in der Verantwortung. Im Interesse eines schnellen Ergebnisergebnisses und auch aufgrund der Vielzahl der Arznei- und Gewürzdrogen müssen Projekte über Drittmittel realisiert werden, z.B. über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF).

Die Entwicklung von Verdickern für Kosmetika auf Basis von Arznei- und Gewürzdrogen als Ersatz für petrochemisch hergestellte Verdicker kann über Projekte mit Drittmittel realisiert werden, z.B. über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR).

Nach Einschätzung von Experten besteht für Färbepflanzen ein noch erhebliches Optimierungspotenzial, beispielsweise durch den Einsatz von züchterisch verbessertem Pflanzenmaterial. Im Interesse eines schnellen Ergebnisergebnisses und auch aufgrund der Vielzahl der Arznei- und Gewürzdrogen sollten Projekte über Drittmittel realisiert werden, z.B. über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) und die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF).

Für den Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen als natürliche Vorratsschutzmittel sollten Projekte über Drittmittel realisiert werden, z.B. über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF).

Dringend muss nach neuen Wegen im Pflanzenschutz gesucht werden: Viele der in der EU gegenwärtig zugelassenen Pestizidwirkstoffe weisen ein hohes Gefährdungspotenzial für Gesundheit und Umwelt auf. Durch den übermäßigen Gebrauch und auch Missbrauch von Pestiziden geht laut UNO-Bericht die Artenvielfalt zurück, die natürlichen Schädlingsfeinde werden mitvernichtet und das Grundwasser wird kontaminiert. Einige im Pflanzenschutz eingesetzte Chemikalien haben eine hohe Persistenz und können sich in Böden, Organismen und dem Sediment der Gewässer anreichern und sind wie beim Insektizid DDT oder Dieldrin nach über 40 Jahren Anwendungsverbot in Deutschland immer noch in den Böden nachweisbar und können von dort in Nahrungspflanzen übergehen. Organochlorpestizide wie DDT oder Dieldrin lagern sich wegen ihrer chemischen Stabilität und guten Fettlöslichkeit im Gewebe von Menschen und Tieren am Ende der Nahrungskette ab und werden über diese aufkonzentriert. An Nagetieren konnte die kanzerogene Wirkung von DDT nachgewiesen werden. Für den Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen als natürliche Fungizide und natürliche Insektizide sind im Interesse von Gesundheit und Umwelt gesamtgesellschaftliche Wissenschaftsleistungen Voraussetzung. Notwendig ist die stärkere Nutzung von Synergieeffekten durch eine bessere Abstimmung der begrenzten Kapazitäten. Deshalb stellt die nationale wie internationale Zusammenarbeit eine Quelle für das weitere Wirtschaftswachstum der Branche dar. Da nur der zuständige EU-Ausschuss über den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Europäischen Union im Interesse einer gemeinsamen Agrarpolitik entscheidungsbefugt ist, wäre ein neu zu gründendes wissenschaftliches EU-Institut der Lösungsansatz. Beispielsweise gibt es erste Erkenntnisse zum Einsatz natürlicher

Fungizide und natürlicher Insektizide an der Universität für Bodenkultur Wien, an die es anzuknüpfen gilt.

Auch das seit 2006 in der EU geltende Verbot des Einsatzes antibiotischer Leistungsförderer bei lebensmittelliefernden Tieren und der sich daraus ergebende mögliche Einsatz pflanzlicher Arznei- und Gewürzdrogen als phytogene Futterzusätze in der Tierernährung erfordert noch einen umfangreichen Forschungsbedarf. Die komplexen Wirkungsweisen der sekundären Pflanzeninhaltsstoffe auf die Verbesserung der Futteraufnahme, die Wachstums- und Leistungsförderung und die Verringerung der Methangasproduktion bei Wiederkäuern sind im tierischen Organismus erst ansatzweise bekannt und erfordern noch umfangreiche Forschungsarbeiten über wissenschaftliche Einrichtungen. Federführend für den Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen als phytogene Futterzusätze ist die Veterinärmedizinische Universität Wien.

Voraussetzungen für die schnellere Umsetzung von möglichen Anwendungen von Arznei- und Gewürzdrogen außerhalb des Pharma- und Gewürzbereiches sind anhand der derzeit sichtbaren Tendenzen der Ausbau entsprechender wissenschaftlicher Einrichtungen und die gemeinsame interdisziplinäre, anwendungsorientierte Verbundforschung zwischen wissenschaftlichen Einrichtungen und Unternehmen zur durchgängigen Entwicklung von neuen Produktlinien vom Anbau bis zum Einsatz. Der Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen als Industrierohstoffe außerhalb der Pharma- und Gewürzmittelindustrie ist in den meisten Fällen ohne Forschungs- und Wirtschaftsförderung durch die öffentliche Hand nicht realisierbar. Im Interesse eines schnellen Ergebnisergebnisses müssen auch Projekte über Drittmittel realisiert werden (AiF, FNR).

Diese Arbeit kann als strategisches Material für die Objektivierung zukünftiger Entscheidungsprozesse dienen. Sie umfasst eine komplexe Situationsdarstellung und mögliche Lösungsansätze. Mit der vorliegenden Dissertation werden wissenschaftlich begründete Aussagen zu den Erfolgsaussichten eines verstärkten Anbaus von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland dargelegt.

## 6 Zusammenfassung

Der einheimische Arznei- und Gewürzpflanzenanbau deckt zurzeit nur etwa 10% des Eigenbedarfs Deutschlands. Infolge der Globalisierung ist die Verbesserung der Qualität bei gleichzeitiger Senkung der Produktionskosten derzeit die einzige Möglichkeit, mit Importen konkurrieren zu können. Für die Erhaltung und Erhöhung des gegenwärtigen Anbaus ist eine Konzentration auf Marktsegmente mit hochwertigen Arznei- und Gewürzdrogen erforderlich. Ein entsprechender Fortschritt ist nur durch Innovationen erreichbar, die sich in Alleinstellungsmerkmalen (Gehalt und Zusammensetzung sekundäre Inhaltsstoffe, Ertrag, Qualität etc.) niederschlagen.

Im Rahmen der Dissertation wurden erstmals 202 in Deutschland angebaute Arten Arznei- und Gewürzpflanzen nachgewiesen. Aufgrund der großen Artenvielfalt und der geringen Flächenanteile sind für die Erhaltung und den Ausbau des gegenwärtigen Arznei- und Gewürzpflanzenanbaus in Deutschland vorwettbewerbliche und anbaubegleitende Wissenschaftsleistungen entscheidend. Notwendig sind Wissenschaftsvorleistungen wie der Ausbau der vorwettbewerblichen Züchtung, der Analytik, der Phytopathologie und der Optimierung von Anbauverfahrensschritten. Von herausragender Bedeutung sind dabei insbesondere vorwettbewerbliche Züchtungsleistungen. Die Entwicklung spezieller Test- und Analysemethoden für Arznei- und Gewürzpflanzen zur Erforschung der spezifischen Wirkungen der sekundären Pflanzeninhaltsstoffe ist auch für die Absicherung der umfangreichen züchtungsbegleitenden Analysen notwendig. Da der feldmäßige Anbau zunehmend auch durch Krankheiten gefährdet wird, sind Kenntnisse zu Epidemiologie und Pathogendiagnostik wichtiger Schaderreger an Arznei- und Gewürzpflanzen für die Entwicklung nachhaltiger Pflanzenschutzstrategien und als züchtungsbegleitende Maßnahme erforderlich. Notwendig ist darüber hinaus die Optimierung von Anbauverfahrensschritten mit existenzieller Bedeutung. Dies betrifft die mit bis zu 600 Arbeitskraftstunden pro Hektar die Rentabilität des Anbaues gefährdende mechanische Unkrautbekämpfung und die technische Trocknung, die mit bis zu 50% der gesamten Verfahrenskosten ebenfalls die Wirtschaftlichkeit des Anbaus gefährden kann. Voraussetzung für die Realisierung der herausgearbeiteten Wissenschaftsvorleistungen ist der Aufbau eines Institutes für Arznei- und Gewürzpflanzen, um dauerhaft die Erhaltung einer Kernkompetenz auf diesem sehr speziellen Sektor der Pflanzenproduktion zu sichern.

Auch die Erhöhung der Anzahl von Arznei- und Gewürzpflanzen durch eine zielgerichtete Inkulturnahme von aus der Wildsammlung stammender Arten stellt einen Weg dar, den Anbauumfang in Deutschland zu erhöhen. Ausgangspunkt ist die Sammlung unterschiedlichster Biotypen aus verschiedensten Regionen, die sekundäre Inhaltsstoffe in verwertbarer Konzentration enthalten. Darüber hinaus stellen auch zielgerichtete Forschungs- und Sammlungsreisen in außereuropäische Gebiete eine erfolgversprechende Option dar. Die Ethnobotanik kann oft Aufschluss darüber geben, ob eine Pflanze laut überliefertem Wissen bei uns oder in anderen Kulturen bereits einen Ruf als Arzneipflanze hat. Notwendig ist die Evaluierung von Herkünften und Wildformen bekannter Arzneipflanzen auf ihre mögliche pharmazeutische Nutzung und die Eignung für den Anbau. Bekannte und bisher noch unbekannte Pflanzeninhaltsstoffe stellen immer noch ein enormes Potenzial für neue hochwirksame Medikamente dar. Dennoch wird Sammeltätigkeit an den Wildstandorten für bestimmte Pflanzen auch noch für einen längeren Zeitraum Bedeutung haben, da nicht alle Arznei- und Gewürzpflanzen wirtschaftlich angebaut



werden können bzw. noch Kenntnisse über eine erfolgreiche Kultur fehlen. Insgesamt wird sich der Trend zu einer kontrollierten Entnahme an Wildstandorten und einer verstärkten Inkulturnahme schrittweise durch eine eigene Versuchstätigkeit und nur durch eine enge Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Einrichtungen durchsetzen.

Der verstärkte Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen außerhalb der Pharma- und Gewürzmittelindustrie in anderen Industriebereichen ist eine weitere Option, den Anbau zu stabilisieren und auszubauen. Für die Nutzung von Arznei- und Gewürzdrogen im Lebensmittelbereich, in Haushaltsprodukten, in Kosmetika, in Nahrungsergänzungsmitteln sowie die Nutzung als natürliche Farbstoffe, natürliche Fungizide und Insektizide, als natürliche Vorratsschutzmittel und durch den Einsatz in der Tierernährung werden zahlreiche Ansätze sowohl aus der traditionellen Anwendung als auch aus neueren Untersuchungen aufgezeigt. Sie stellen Ausgangspunkte für die wissenschaftliche Grundlagenforschung dar und bieten dafür ein breites Spektrum theoretischer, experimenteller und hypothetischer Ansätze. Voraussetzungen für die Umsetzung der derzeit sichtbaren Tendenzen sind gemeinsame anwendungsorientierte Verbundforschungen zwischen klein- und mittelständischen Unternehmen und wissenschaftlichen Einrichtungen zur durchgängigen Entwicklung von Produktlinien. Hier sind innovative Lösungen gefragt, welche entsprechend dem gestiegenen Umweltbewusstsein auf eine wachsende Nachfrage nach umweltfreundlichen Produkten ausgerichtet sind. Der Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen als Industrierohstoffe außerhalb der Pharma- und Gewürzmittelindustrie ist in den meisten Fällen ohne Forschungs- und Wirtschaftsförderung durch die öffentliche Hand nicht realisierbar. Im Interesse eines schnellen Ergebnisergebnisses müssen auch Projekte über Drittmittel realisiert werden. Präventiver Umweltschutz als Impuls für technologische Innovationen erfordert die langfristige Festlegung ökologischer Rahmenbedingungen, da die Produkt- und Verfahrensentwicklung Langfristigkeit erfordern. Notwendig ist die stärkere Nutzung von Synergieeffekten durch eine bessere Abstimmung der begrenzten Kapazitäten. Deshalb stellt die nationale wie internationale Zusammenarbeit eine Quelle für das weitere Wirtschaftswachstum der Branche dar.

## Abstract

The domestic cultivation of medicinal and aromatic plants at present covers only about 10 % of domestic demand. As a result of globalization, the improvement of quality combined with a reduction of production costs at present is the only possibility to compete effectively with imports. For maintenance and improvement of current cultivation a focus on market segments with high-quality herbal material from medicinal and aromatic plants is necessary. An equivalent progress can only take place through innovations characterized by unique selling propositions (content and composition of secondary plant metabolites, yield, quality, etc.)

Within the scope of this dissertation for the first time 202 species of medicinal and aromatic plants cultivated in Germany are documented. Due to a large variety of species and small cultivation areas, for the maintenance and improvement of the current cultivation of medicinal and aromatic plants in Germany it will be decisive to establish precompetitive and cultivation-accompanying scientific achievements. Necessary and of existential significance is preliminary scientific work including extension of breeding, of analytics, of phytopathology, and optimization of cultivation techniques. Of major importance in this context especially is pre-competitive breeding performance. The development of special analytical methods for medicinal and aromatic plants for the research on specific effects of secondary plant substances is also necessary in order to confirm the extensive analyses in breeding. As farm cultivation increasingly is at risk due to diseases, knowledge with regard to epidemiology and diagnostics of pathogens and diseases of medicinal and aromatic plants is of importance for the development of strategies for plant protection and as an activity in breeding. Moreover, necessary is the optimization of various cultivation practices, which are of existential significance. Examples include the up to 600 working hours per hectare for mechanical weed control thus endangering the profitability of cultivation as well as technically drying processes, which also can endanger the economic efficiency of cultivation due to procedural costs of up to 50 percent. Prerequisite for the realization of the results of preliminary scientific work is the establishment of an Institute for Medicinal and Aromatic Plants, in order to ensure permanently the core expertise in this specific sector of plant production.

Also an increase in the number of medicinal and aromatic plants by target-oriented culturing of species originating from wild plant collections is a way to enhance the amount of cultivation. Starting point is the collection of most diverse biotypes from different regions containing secondary plant metabolites in exploitable concentration. Furthermore a promising option is to carry out targeted scientific and collecting expeditions to non-European areas. Ethnobotany often can provide information, whether a plant according to traditional knowledge at home or in other cultures already is considered to be a medicinal plant. It is necessary to evaluate the origin and wild varieties of known medicinal plants with a view to possible pharmaceutical use and suitability for cultivation. Known and so far unknown natural ingredients still represent an enormous potential for new and highly effective drugs. Nevertheless collecting activities in the wild habitats still will remain significant for a longer period of time because not all medicinal and aromatic plants can be economically cultivated or because knowledge for a successful cultivation process is still missing. Altogether a trend will be widely accepted on the one hand for controlled harvesting in the wild

habitats and on the other for intensified cultivation achieved step by step by own experimentation and by close cooperation with scientific institutions.

The increased use of raw material from medicinal and aromatic plants outside the industries for pharmaceutical products and spices is another option to stabilize and enhance cultivation. For the use of raw material from medicinal and aromatic plants in the food sector, for house hold products, in cosmetics, for food supplements as well as for the use as natural coloring agents, as natural fungicides and insecticides, as natural preservatives and for the application in animal nutrition, numerous approaches resulting from traditional use as well as from recent studies can be identified. They give a starting point for basic scientific research and offer a wide range of theoretical, experimental and hypothetical approaches. Preconditions for the implementation of current trends are application-oriented joint research activities between small and medium-sized enterprises and scientific institutions for the end-to-end development of product lines. In this context, innovative solutions are required, which according to a general increase in environmental awareness respond to an increasing demand for environment-friendly products. The utilization of material from medicinal and aromatic plants as industrial raw material outside the industries for pharmaceutical products and spices in most cases will not be possible without public research funding and economic support. On behalf of a rapid realization of results also a number of projects should be supported by third-party funds. Preventive environmental protection as a stimulus for technological innovations requires a long-term ecological frame-work, because product and process development require long-term orientation. A more intensive use of synergy effects is necessary by a better coordination of limited capacities. Therefore a national and international cooperation provides a good source for future economic growth in this sector.

## 7 Literaturverzeichnis

Adam, L. und H. Kuhlee (2003): Färberpflanzen – Anbau und industrielle Textilfärbung. In: Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe, Landwirtschaftsverlag, Münster 22:180-195

Adam, L. und Ch. Herntier (2004): Verbundvorhaben: Industrieller Einsatz von Färberpflanzen. FKZ: 22013501 und 22007002, Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Land Brandenburg und Spremberger Tuche GmbH, Spremberg

Adam, L. (2009): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Band 1:483-498, Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, ISBN 978-3-935971-54-6

Adam, L. (2017): Persönliche Mitteilung

AiF (2016): Zahlen – Daten – Fakten. [www.aif.de](http://www.aif.de)

Adler, C. (2009): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Band 1:503-507, Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, ISBN 978-3-935971-54-6

Alexander, U. (1995): Waid, das blaue Wunderkraut. Tele-Prisma, Wochenmagazin zur Zeitung. Köln

BAH (2017): Der Arzneimittelmarkt in Deutschland. Zahlen und Fakten. Herausgeber und Redaktion: Bundesverband der Arzneimittel-Hersteller e.V. (BAH) Bonn, Redaktionsschluss April 2017

Bajaj, Y. P. S. (1988): Medicinal and aromatic plants 1. Biotechnology in agriculture and forestry 4. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York

Bansleben, A.-C.; Schellenberg, I.; Ulrich, D. und D. Bansleben (2010): A new and efficient sensory method for a comprehensive assessment of the sensory quality of dried aroma-intensive herbs using oregano as a reference plant. *Flav Fragr* 25:214-218

Bansleben, A.-C.; Schellenberg, I.; Ulrich, D.; Bansleben, D.; Einax, J.W. und K. Schaefer (2011): Möglichkeiten der Chemometrik bei der Unterstützung der olfaktorischen Bewertung von Oregano (*Origanum* spp.) durch Gaschromatographie und Humansensorik. *ZAG* 4:180-186

Bauer, F.; Siller, D.; Kleineisen, S.; Luf, W.; Pfannhauser, W.; Fenwick G. R. und S. Khokhar (2001): The influence of feeding sage and oregano on the oxidative stability of raw belly bacon. Biologically active phytochemicals in food: analysis, metabolism, bioavailability and function, Proceedings of the EUROFOODCHEM XI Meeting, Norwich, UK, 26-28 September 2001 Norwich, UK

Bauermann, U.; Thomann, R. J. und J. Ehrich (1993): Das antimikrobielle Potential der ätherischen Krautöle von Dill (*Anethum graveolens* L.), Petersilie (*Petroselinum*

*crispum* (Mill.) Nyman ex A. W. Hill), Sellerie (*Apium graveolens* L.) und Liebstock (*Levisticum officinale* Koch). Drogenreport, 10:24-30

Bauermann, U. und R. J. Thomann (2012): Koppelprodukte der Arznei- und Gewürzpflanzenverarbeitung - eine wertvolle Ressource für Antioxidantien. ZAG 2:88-92

Bäumler, S. (2007): Heilpflanzenpraxis heute. Porträts – Rezepturen – Anwendung. Elsevier, Urban & Fischer München, ISBN 978-3-437-57271-5

BfR (2013): Pyrrolizidinalkaloide in Kräutertees und Tees. Stellungnahme 018/2013 vom 5. Juli 2013. www.bfr.de

BedGgstV (2016): Bedarfsgegenständeverordnung, BGBL. I, S.198 in der Fassung vom 15. Februar 2016

Berghold, H. und B. Hoppe (2010): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Band 2:167-179, Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, ISBN 978-3-935971-55-3

Berghold, H.; Wagner, S.; Thaller, A. und F. Hadacek (2010): Einsatz von *Tanacetum vulgare* als Insektizid gegen Apfelwickler. Tagungsbroschüre 20. Bernburger Winterseminar Arznei- und Gewürzpflanzen, Hrsg. Saluplanta e.V. Bernburg, 10-11

Biertümpfel, A.; Wurl, G. und A. Vetter (2001): Färberpflanzenanbau und Qualität der Ernteprodukte. ZAG 3:169-173

Blaschek, W. (2009): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Band 1:313, Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, ISBN 978-3-935971-54-6

Blaschek, W. Hrsg. (2016): Wichtl - Teedrogen und Phytopharmaka. 6. Auflage. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, 800 Seiten, ISBN 978-3-8047-3068-7

BLE (1998): Anbau nachwachsende Rohstoffe auf stillgelegten Flächen 1993-1998. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung Frankfurt/M.

Blum, H.; Pude, R.; Staub, S.; Brell, S. und P. Lottes (2017): Mechanische Unkrautregulierung im Arznei- und Gewürzpflanzenanbau. 4. Feldtag am Campus Klein-Altendorf. ZAG 1:5-8

Böhner, M.; Heindl A., und J. Müller (2012): Reduktion des fossilen Energieverbrauchs eines Bandrockners für Arznei- und Gewürzpflanzen durch die Abwärmenutzung eines Biogasblockheizkraftwerkes. ZAG 3:115-121

Bohr, C. (1997): Inkulturnahme von bisher aus Wildsammlungen stammenden Wirkstoffpflanzen. Drogenreport 10:37-39

Bomme, U. (1995): Entwicklung der Anbauflächen bei Heil- und Gewürzpflanzen in Deutschland. Persönliche Mitteilung

Bomme, U. (1996): Neue Herkünfte bei Pfefferminze und Zitronenmelisse. ZAG 2:45-47

Bomme, U. (1998): Der feldmäßige Heil- und Gewürzpflanzenanbau in Bayern – ein Situationsbericht. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch 2:9-23

Braun, U. (1990): Arbeitszeitbedarf der Direktvermarktung im Ökologischen Landbau. In: bio-land, 17. Jg. Uhingen

Buckenhüskes, H. J. (2002): Funktionelle Lebensmittel. In: VFED e.V. (Hrsg.) Praxis der Diätetik und Ernährungsberatung. MVS Medizinverlage Hippokrates, Stuttgart 627-649

Clamann, A.; Gersmann, H.; Kranz, B. und K. Pries (2017): So erkennen Sie verseuchte Eier. Berliner Morgenpost 05.08.2017

Dachler, M. und H. Pelzmann (1999): Arznei- und Gewürzpflanzen Anbau – Ernte – Aufbereitung. Österreichischer Agrarverlag Klosterneuburg, ISBN 3-7040-1360-9

Deans, S. G. und P. G. Waterman (1993): Biological activity of volatile oils. In: Robert KM, Waterman PG, editors. Volatile oil crops: their biology, biochemistry and production. UK, Essex: Longman Scientific & Technical; p. 97-108

Dehe, M. (1998): Marktchancen ökologisch erzeugter Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland. Tagungsbroschüre 8. Bernburger Winterseminar Arznei- und Gewürzpflanzen, Hrsg. Saluplanta e.V. Bernburg, 10

Deutscher Bundestag Hrsg. (2014): Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland. Textausgabe Stand 2012. Deutscher Bundestag Berlin, 16

Diener, H. (1989): Fachlexikon ABC Arzneipflanzen und Drogen. 2. Auflage. Verlag Harri Deutsch, Thun und Frankfurt/Main 1989 (Lizenzausgabe des VEB Fachbuchverlag Leipzig)

Diener, H. (1990): Drogen in Übersichten. 6. Auflage. VEB Fachbuchverlag Leipzig, ISBN 3-343-00634-3

DFG (2010): Die Forschungsgruppe. Forschung. [www.dfg-bonn.de/forschung](http://www.dfg-bonn.de/forschung). Eingesehen 11.11.2017

DFG (2016): DFG-Jahresbericht 2016. [www.dfg.de](http://www.dfg.de). Eingesehen 16.11.2017

DFG (2017): Nachwuchsförderung. [www.dfg.de](http://www.dfg.de). Eingesehen 10.09.2017

Dicke, D. (2005): Lenkung teilschlagspezifischer Unkrautkontrollverfahren unter Berücksichtigung der Populationsdynamik von Unkräutern mit computergestützten Modellen. Inaugural-Diss. Lehrstuhl Allgemeiner Pflanzenbau, Universität Bonn  
Dittrich, B. (1988): Duftpflanzen für Garten, Balkon und Terasse. BLV Verlagsgesellschaft München, Wien, Zürich, ISBN 3-405-13583-4

Dörfler, H.-P. und G. Roselt (1989): Heilpflanzen gestern und heute. Urania-Verlag Leipzig, Jena, Berlin, ISBN 3-332-00112-4

dpa-tmn (2015 ): Global Harmonisiertes System (GHS). [www.dpa-tmn.t-online.de](http://www.dpa-tmn.t-online.de), 04.05.2015. Eingesehen 16.11.2017

Ehrlinger, M. (2007): Phytogene Zusatzstoffe in der Tierernährung. Dissertation an der tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

Enan, E. E. (2005a): Molecular response of *Drosophila melanogaster* tyramine receptor cascade to plant essential oils. Insect Biochem Molec 35:309-321

Enan, E. E. (2005b): Molecular and pharmacological analysis of an octopamine receptor from american cockroach and fruit fly in response to plant essential oils. Arch Insect Biochem 59:161-171

Ennet, D. und H. D. Reuter (2004): Lexikon der Heilpflanzen. Nikol Verlagsgesellschaft Hamburg, ISBN 3-933203-96-1

Erhardt, W.; Götz, E.; Bödeker, N. und S. Seybold (2002): Zander. Handwörterbuch der Pflanzennamen. 17. Auflage, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, ISBN 3-8001-3573-6

Falbe, J. und M. Regitz (1989-1992): Römpp Chemie Lexikon . 9. Auflage, Band 1-6. Thieme Verlag Stuttgart, New York

Felgentreff, F.; Becker, A.; Schröder, H.; Meier, B. und A. Brattström (2013): Baldrian – Valerensäure, ein zweites aktives Wirkprinzip. Tagungsbroschüre 23. Bernburger Winterseminar Arznei- und Gewürzpflanzen, Hrsg. Saluplanta e.V. Bernburg, 12-13

Fischer, R.; Fischer S. und L. Brud (2008): SÖFW-Journal 134, 12.2008:53. Verlag für chemische Industrie, H. Ziolkowsky GmbH Thannhausen

FNR (2006): Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. Gülzow 2006:329-332

FNR (2013a): Arzneipflanzen - Anbau - Nutzen. Bestell-Nr. 287, 3. Auflage

FNR (2013b): Färbepflanzen - Anbau, Farbstoffgewinnung und Färbeeignung. Bestell-Nr. 167, 3. Auflage

FNR (2017): Homepage FNR e.V. Gülzow. [www.fnr.de](http://www.fnr.de) 2017

Franke, R. (1995): Von der Wildsammlung von Wirkstoffpflanzen zum Anbau. Herba Germanica 3:5-19

Franke, R. (1997): Qualitätssicherung bei Arznei- und Gewürzpflanzen durch deutschen Anbau. Drogenreport 17:55-61

Franke, R. und H.-J. Hannig (2010): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Band 2:649-668, Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, ISBN 978-3-935971-55-3

Franz, Ch. (2000): Züchtung und Anbau von Arzneipflanzen und Drogen. In: Hiller, K. und M. F. Melzig : Lexikon der Arzneipflanzen und Drogen. Zweiter Band L bis Z:422-427. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin 2000, ISBN 3-8274-0388-X

Franz, Ch. (2009): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Band 1:438-472, Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, ISBN 978-3-935971-54-6

Franz, Ch. (2017): Qualität, Nutzen und Risiko pflanzlicher Nahrungsergänzungen – das PlantLIBRA-Projekt. Tagungsbroschüre 27. Bernburger Winterseminar Arznei- und Gewürzpflanzen, Hrsg. Saluplanta e.V. Bernburg, 13-15

Frohne D. und U. Jensen (1997): Systematik des Pflanzenreiches unter besonderer Berücksichtigung chemischer Merkmale und pflanzlicher Drogen. 4. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York, ISBN 3-437-20486-9

Friedrich, C. und W.-D. Müller-Jahncke (2005): Geschichte der Pharmazie. Band II: Von der frühen Neuzeit bis zur Gegenwart. Govi-Verlag Eschborn, ISBN 978-3-7741-1027-4

Frohne, D. (2002): Heilpflanzenlexikon. 7. Auflage, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, ISBN 3-8047-1897-3

Gabler, J. (2003): Breeding for Resistance to Biotic and Abiotic Factors in Medicinal and Aromatic Plants. General Situation and Current Results in Annual Caraway (*Carum carvi* L. var. *annuum*). Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants 9:1-11

Gärber, U. und R. Schenk (2002a): *Colletotrichum* cf. *gloeosporioides* an Johanniskraut (*Hypericum perforatum* L.), 1. Teil: Untersuchungen zur Biologie und Epidemiologie. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 54 (1):13-19

Gärber, U. und R. Schenk, R. (2002b): *Colletotrichum* cf. *gloeosporioides* an Johanniskraut (*Hypericum perforatum* L.), 2. Teil: Untersuchungen zu den Übertragungswegen des Erregers. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 54 (3):63-68

Gärber, U. und R. Schenk, R. (2002c): *Colletotrichum* cf. *gloeosporioides* an Johanniskraut (*Hypericum perforatum* L.), 3. Teil: Erarbeitung einer Resistenzprüfmethode. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 54 (4):81-85

Gärber, U. und R. Schenk (2003a): Johanniskrautwelke – Ergebnisse mehrjähriger Forschungsarbeiten im Überblick. Drogenreport 16 (30):23-28

Gärber, U. und R. Schenk (2003b) Untersuchungen zur Lokalisierung von *Colletotrichum* cf. *gloeosporioides* im Samen von *Hypericum perforatum* L.. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 55 (12), 282-287



Gärber, U.; Plescher, A. und G. Hagedorn (2013): Auftreten von Krankheiten und Schädigungen im Anbau von Kamille (*Matricaria chamomilla* L.). ZAG 3:124-131

Gärber, U. und K. Sommerfeld (2016a): First results of investigations into causes of diseases of cultivated chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) in Germany. 6<sup>th</sup> International Symposium Breeding Research on Medicinal and Aromatic Plants (Breedmap 6), Quedlinburg, Deutschland, 19.-23. Juni 2016. Julius Kühn-Archiv 453:44-46

Gärber, U. und K. Sommerfeld (2016b): Schäden im Kamilleanbau mit unbekannter Ursache. 60. Deutsche Pflanzenschutztagung, Halle/Saale, Deutschland, 20.-23. September 2016. DOI 10.5073/jki.poster.2016.003

Gärber, U.; Marx, P und M. Hommes (2010): Biologie und Epidemiologie von Schaderregern – dringender Forschungsbedarf an Arznei- und Gewürzpflanzen. Tagung „Arzneipflanzenanbau in Deutschland - mit koordinierter Forschung zum Erfolg“ am 25. - 26.10.2010 in Neustadt an der Weinstraße, Poster

Gassen, H. G. und M. Kemme (1996): Gentechnik. Die Wachstumsbranche der Zukunft. Fischer Taschenbuchverlag, ISBN 3-596-12291-0

Gasteiger, J. und A. Schunk (2001): BMBF-Leitprojekt Vernetztes Studium – Chemie. Universität Erlangen

Geissler, S. und E. Ganglberger (2003): Farbe & Stoff – Sustainable Development durch neue Kooperationen und Prozesse. Berichte aus Energie- und Umweltforschung, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, H. 25, Wien

Gerhard, S. (2016): Aluminium unterm Arm, Mineralöl auf der Haut. ZEIT ONLINE. [www.zeit.de/wissen/gesundheit/2016-02/kosmetik-check](http://www.zeit.de/wissen/gesundheit/2016-02/kosmetik-check)

Gerhards, R.; Sökefeld, M. und W. Kühbauch (1998): Einsatz der digitalen Bildverarbeitung bei der teilschlagspezifischen Unkrautkontrolle. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XVI:273-280

Gudi, G.; Krähmer, A.; Krüger, H. und H. Schulz (2015a): Attenuated Total Reflectance–Fourier Transform Infrared Spectroscopy on Intact Dried Leaves of Sage (*Salvia officinalis* L.): Accelerated Chemotaxonomic Discrimination and Analysis of Essential Oil Composition. Journal of Agricultural and Food Chemistry 63(39):8743-8750

Gudi, G.; Krähmer, A.; Koudous, I.; Strube, J. und H. Schulz (2015b): Infrared and Raman spectroscopic methods for characterization of *Taxus baccata* L. - Improved taxane isolation by accelerated quality control and process surveillance. Talanta 143:42-49

Grunert, C. (2017): Steigerung der Effizienz des Salbeianbaus in der Bombastus-Werke AG Freital. 3. Tagung Arzneipflanze in Schweinfurt. 3. Tagung Arznei-

pflanzenanbau in Deutschland - mit koordinierter Forschung zum Erfolg. 20./21. Juni 2017 in Schweinfurt. Tagungsunterlagen FNR:27-28

Hahn, A. (2009): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Band 1:406-438, Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, ISBN 978-3-935971-54-6

Hahn, A.; Ströhle A. und M. Wolters (2004): Qualifizierte Ernährungsberatung in der Apotheke. Deutsche Apotheker Zeitung 144:5111-5126

Hahn, A.; Ströhle A. und M. unter Mitarbeit von Hahn, D. und T. Lechler (2006): Ernährung – Physiologische Grundlagen, Prävention, Therapie. 2. Auflage, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart

Hammer, K. (1997): Genpools – Struktur, Verfügbarkeit und Bearbeitung für die Züchtung. Symposium „Züchterische Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen – Ergebnisse und Forschungsbedarf“, Gatersleben 29.9.-1.10.1997

Hannig, H.-J. (1993): Qualitätskontrolle von Drogen – vom Anbau bis zum Fertigprodukt. Herba Germanica 1:71-77

Hannig, H.-J. (2017): Persönliche Mitteilung

Hartmann K.; Diepenhorst P. und K. Vosterhaven (1993): Keimstopper der Fa. Luxan, Kartoffelbau 44, 12:493-496

haut.de (2017): Kosmetikprodukte: Wissenswertes zu Haut und Körperpflege. Health & media GmbH Darmstadt, [www.haut.de/basiswissen/kosmetikprodukte](http://www.haut.de/basiswissen/kosmetikprodukte)

Heeger, E. F. (1956): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaues. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, ISBN 3-331-00191-0

Heindl, A. (2003): Probleme und Lösungsmöglichkeiten bei der Aufbereitung und Trocknung von Arznei- und Gewürzpflanzen. ZAG 1:33-36

Heindl, A. und J. Müller (2010): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Band 2:239-294, Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, ISBN 978-3-935971-55-3

Heuberger, H. (2017): Anbau TCM-Drogen in Süddeutschland. E-Mail 08.09.2017

Hiller, K. und M. F. Melzig (1999): Lexikon der Arzneipflanzen und Drogen. Erster Band A bis K. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin, ISBN 3-8274-0387-1

Hiller, K. und M. F. Melzig (2000): Lexikon der Arzneipflanzen und Drogen. Zweiter Band L bis Z. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin, ISBN 3-8274-0388-X

Hoffmeister, M. und W. Maier (2017): Entwicklung von Strategien zur Abwehr pilzlicher Schaderreger in der Echten Salbei (*Salvia officinalis*). 3. Tagung Arzneipflanzenanbau in Deutschland – mit koordinierter Forschung zum Erfolg. 20./21. Juni 2017 in Schweinfurt. Tagungsunterlagen FNR:29-30

Honermeier, B. (2017): Mitteilung per E-Mail vom 02.11.2017

Hoppe, B. (1995): EU-Forschungsprogramm AIR 3 CT 94 2076. EU-Forschungsprojekt "Modell der technischen und ökonomischen Optimierung spezieller Sonderkulturen" Teilaufgabe: Ökonomische Datenbank (A 2 E). 15 Seiten

Hoppe, B. (1999a): Tendenzen, Probleme und Chancen des Anbaus und des Marktes von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland. Berichte über Landwirtschaft. Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft. Landwirtschaftsverlag Münster, ISSN 0005-9080

Hoppe, B. (1999b): Recherche zum Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland 1998

Hoppe, B. (1999c): Die Entwicklung des Anbaus und Preistendenzen bei Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland sowie sich daraus ergebende Konsequenzen dargestellt an ausgewählten Beispielen Arznei- und Gewürzpflanzen. Lehr- und Versuchsanstalt für Acker- und Pflanzenbau Bernburg, 1:3-13

Hoppe, B. (2005): Studie zum Stand des Anbaues von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland (2003) und Abschätzung der Entwicklungstrends in den Folgejahren. Abschlussbericht, Bundesministerium Für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, FKZ: 22006604. 32 Seiten

Hoppe, B. (2009): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Band 1:22-30, Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, ISBN 978-3-935971-54-6

Hoppe, B. (2010): Vorlesung Arznei- und Gewürzpflanzen 1998-2010. Hochschule Anhalt, Bernburg

Hoppe, B. und A. Plescher (2016): Der Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland. Zeitschrift für Phytotherapie 37:105-108

Hoppe, B. (2017): Antrag an die FNR, damit die Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft von 2018 bis 2020 das Verfahren „Hackkultur Kamille“ entwickelt. Der Antrag wurde genehmigt.

HMPC (2014): Public Statement on the Use of Herbal Medicinal Products Containing Toxic, Unsaturated Pyrrolizidine Alkaloids (PAs) vom 24. November 2014, [http://www.ema.europa.eu/docs/en\\_GB/document\\_library/Public\\_statement/2014/12/WC500179559.pdf](http://www.ema.europa.eu/docs/en_GB/document_library/Public_statement/2014/12/WC500179559.pdf)

Imhof, E. (1991): Integrierter Pflanzenbau – Inhalt und Ziele. Broschüre  
Fördergemeinschaft Integrierter Pflanzenbau e.V. Bonn. 32 Seiten

Isman, M. B. (2000): Plant essential oils for pest and disease management.  
Crop Protect 19:603-8

Isman, M. B. (2006): Botanical insecticides, deterrents and repellents in modern  
agriculture and an increasingly regulated world. Annu Rev Entomol 51:44-66

IKW (1998): Industrierverband Körperpflege- und Waschmittel e.V. (IKW)  
Verbraucherbroschüre Kosmetika – Inhaltsstoffe – Funktionen

Julius Kühn-Institut (2017): Vorratsschutz. Eingesehen 30.09.2017  
[www.julius-kuehn.de/pflanzenschutz/vorratsschutz/](http://www.julius-kuehn.de/pflanzenschutz/vorratsschutz/)

Junghanns, W. (2014): Inkulturnahme von *Artemisia glabella* Kar. et Kir.  
Tagungsbroschüre 24. Bernburger Winterseminar Arznei- und Gewürzpflanzen,  
Hrsg. Saluplanta e.V. Bernburg, 25

Junghanns, W. (2017): Baldrian - von der Züchtung bis zum Anwendungsprojekt.  
3. Tagung Arzneipflanzenanbau in Deutschland - mit koordinierter Forschung zum  
Erfolg. Fachtagung 20.-21.Juni, Schweinfurt. Gülzower Fachgespräche Band 56: 61-  
69, Hrsg. FNR Gülzow-Prüzen, Art.Nr. 922, ISBN 978-3-942147-36-1

Kelber, O. (2007): Überadditive (synergistische) Wirkung einer Multi-Target-Therapie.  
In: Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus, Band 1:34, Eigenverlag Verein  
für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, ISBN 978-3-935971-54-6

Keusgen, M. (2016): Ist gegen Krebs ein Kraut gewachsen? Tagungsbroschüre  
26. Bernburger Winterseminar Arznei- und Gewürzpflanzen, Hrsg. Saluplanta e.V.  
Bernburg, 20-22

Kostyukovsky M.; Rafaeli A.; Gileadi C.; Demchenko N. und E. Shaaya (2002):  
Activation of octopaminergic receptors by essential oil constituents isolated from  
aromatic plants: possible mode of action against insect pests.  
Pest Manag Sci 58:1101-1106

Koudous, I.; Both, S.; Gudi, G.; Schulz, H. und J. Strube (2014): Process design  
based on physiochemical properties for the example of obtaining valuable products  
from plant-based extracts. Comptes Rendus Chimie 17(3):218-231

Krohmann, P. (2003): Effizienz teilschlagspezifischer Unkrautkontrolle und räumlich-  
zeitliche Dynamik der Unkrautpopulationen in einer Felderfolge und Monokultur.  
Inaugural-Diss. Institut für Pflanzenbau, Universität Bonn

Krüger, H. (1991): Besser sein durch Qualität – Chance des deutschen Arznei- und  
Gewürzpflanzenanbaus. Drogenreport. Sonderausgabe zur Fachtagung  
„Arzneipflanzen '91“ in Erfurt, 9-16

Lange, D. (1996): Untersuchungen zum Heilpflanzenhandel in Deutschland. Hrsg. Bundesamt für Naturschutz Bonn, 160 Seiten, Landwirtschaftsverlag Münster, ISBN 3-89624-604-6

Langenbeck, W. (1953): Lehrbuch der organischen Chemie. Dresden und Leipzig, 419-420

Langerfeldt, J. (1982): Arzneipflanzen gestern und heute. Deutsche Apotheker Zeitung. 122:1419

Lewington, A. (1993): A review of the importation of medicinal plants and plants extracts into Europe. p. 37, Traffic Cambridge

LMFG (2017): Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 13. Juni 2013, zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 30.06.2017 (BGBl I S.2147)

Lohwasser, U. (2017): Persönliche Mitteilung

Lottes, P. (2017): Einsatz autonomer Roboter in der Landwirtschaft. Vortrag 4. Feldtag »Mechanische Unkrautregulierung im Arznei- und Gewürzpflanzenanbau« am Campus Klein-Altendorf. ZAG 1:6

Lück, L. (1995): Heil- und Gewürzpflanzen im Ökologischen Landbau. Diplomarbeit 120 S., 29 Anlagen. Humboldt-Universität Berlin

Ludwig, G. und M. Schnittler (Bearb.) (1996): Rote Liste gefährdeter Pflanzen Deutschlands. Schriftenreihe für Vegetationskunde 28, 744 S., ISBN 3-89624-001-3

Maltry, W.; Pötke E. und B. Schneider (1975): Trocknung von Arznei- und Gewürzpflanzen. Landwirtschaftliche Trocknungstechnik . VEB Verlag Technik Berlin

Marx, P.; Leinhos, G.; Gärber, U. und H.-J. Krauthausen (2012): Falscher und Echter Mehltau an Petersilie – Erarbeitung von Screeningmethoden für die Resistenzzüchtung. Innovationstage 29.10.-30.10.2012 Bonn. Forschungs- und Entwicklungsprojekte. Programm zur Innovationsförderung des BMELV, 21-23

Marx, P. und U. Gärber (2014): Echter Mehltau an Petersilie – Entwicklung einer Screeningmethode für die Resistenzzüchtung. ZAG 4:162-169

Mellmann, J. und C. Füll (2008): Trocknungsanlagen für Arznei- und Gewürzpflanzen - spezifischer Energieverbrauch und Optimierungspotenzial. ZAG 3:127-133

Mellmann, J. (2017): Persönliche Mitteilung

Meltzer, C. (1716): Historia Schneebergensis renovata. Erneuerte Stadt- u. Berg-Chronica. Der im Ober-Ertz-Gebürge des belobten Meißens gelegenen Wohlöbl. Freyen Berg-Stadt Schneeberg. Verlag Heinrich Fulde, Schneeberg

Merz, R. (2013): Kräuter und Gewürze in der Kosmetik – duftende Wirkung mit Tradition. ZAG 2:87-89

Merz, R. (2014): Ätherische Öle, Bitterstoffe, Scharfmacher & Co – Die Seele der Pflanzen. ZAG 1:41-44

Meyer, R. (2005): Alternative Kulturpflanzen und Anbauverfahren. Büro für Technikfolgen – Abschätzung beim Deutschen Bundestag, Nr. 103, Berlin

Mielke, H. und B. Schöber-Butin (2007): Heil- und Gewürzpflanzen – Anbau und Verwendung. bba Berlin und Braunschweig, Mitteilungen 411, 288 Seiten, ISBN 978-3-930037-33-9

Misra, G. und S. G. Pavlostathis (1997): Biodegradation kinetics of monoterpenes in liquid and soil-slurry systems. Appl Microbiol Biotechnol 47:572-577

Müllenberg, M. (1989): In Heeger, E.F.: Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaues. S.721-722, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 2. unveränderte Auflage, ISBN 3-331-001191-0

Müller, H.-R. und F. Pank (1987): Anleitung für den Anbau von Johanniskraut (*Hypericum perforatum* L.). Forschungsbericht, Zentralinstitut für Sonderkulturen, Bernburg

Müller, J. (1998): Trocknungsverfahren für Arznei- und Gewürzdrogen. Fachtagung Arznei- und Gewürzpflanzen Gießen. Kurzfassungen der Beiträge. Universität Gießen

Müller, J. (2017): Persönliche Mitteilung

Obeng-Ofori, D.; Adler, C. und Ch. Reichmuth (1997): Toxicity and Repellency of 1.8 cineole, eugenol and camphor against stored product insects. Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie, Vorträge der Entomologentagung in Bayreuth, 18-22 March 1997, 11:259-264

Oebel, H. (2006): Teilschlagspezifische Unkrautbekämpfung durch raumbezogene Bildverarbeitung im Offline- (und Online-)Verfahren (TURBO). Verlag Handpresse

Ohrmann, R. (1991): Pflanzenextrakte in Haushaltsprodukten. Dragoco Report 3:67-76, Holzminden

Olschewski, B. (2001): Nachtkerzenöl als Rohstoff für technische Produkte (Tenside), FKZ. 97NR203, Cycloclean BO Umweltchemie GmbH Berlin

Paap, U. (1999): Der Gewürzmarkt in Deutschland. Tagungsbroschüre 9. Bernburger Winterseminar Arznei- und Gewürzpflanzen, Hrsg. Saluplanta e.V. Bernburg, 10

Pander, C. und S. Soutschek (2016): Wie gefährlich ist Aluminium in Deos? Apotheken Umschau. [www.apotheken-umschau.de/Kosmetik](http://www.apotheken-umschau.de/Kosmetik)

Pank, F. (1990): Einfluss des Herbizideinsatzes auf Wachstum und Entwicklung der Kulturpflanzen, Qualität der Ernteprodukte und Effektivität der Unkrautbekämpfung im Arznei- und Gewürzpflanzenbau. Dissertation B, Humboldt-Universität zu Berlin

Pank, F. (1993): Methods of contemporary large scale cultivation of medicinal and aromatic plants. *Acta Horticulturae*, 331:89-108

Pank, F. (1997): Chemische Unkrautbekämpfung im Arznei- und Gewürzpflanzenbau. Erfahrungen und Perspektive. *ZAG* 1:24-38

Pank, F. und H. Heine (1998): Ziele und Methoden der Arznei- und Gewürzpflanzenzüchtung. *ZAG* 3: 125-138

Pank, F.; Blüthner, W. D.; Krüger H.; Junghanns W. und J. Overkamp (2001): Züchtungserfolg verhilft einjährigem Kümmel (*Carum carvi* L. var. *annuum* hort) zum Durchbruch. *ZAG* 3:109-114

Pank, F. (2002): Aktueller stand der Arznei- und Gewürzpflanzenzüchtung und Ableitung des Bedarfes in den Bereichen Züchtungsforschung und Züchtung. In: Workshop Arzneipflanzen als nachwachsende Rohstoffe, 6. und 7. März 2002 Bonn. Hrsg. Forschungsvereinigung der Arzneimittelhersteller e.V. Bonn

Pank, F. und A. Pfefferkorn (2005): Präzision und Treffgenauigkeit von Ätherischöl-Gehaltsbestimmungen bei Verwendung einer modifizierten Destillations-Apparatur für die Arznei- und Gewürzpflanzenzüchtung. *ZAG* 3:146-150

Pank, F. und S. Schwarz (2005): Cultivation of annual caraway (*Carum carvi* L. var. *annuum* hort.) in the greenhouse during winter to accelerate the breeding progress. *ZAG* 4:193-196

Pank, F. (2005): Experiences with descriptors for characterization of medicinal and aromatic plants. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization* 3:190-198

Pank, F. (2009a): 4. Internationales Symposium Züchtungsforschung Arznei- und Gewürzpflanzen. *ZAG* 3:138-144

Pank, F. (2009b). Bewährte Methoden der Arznei- und Gewürzpflanzenzüchtung an Beispielen. *ZAG* 4:150-159

Pank, F. (2009c): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Band 1:588-609, Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, ISBN 978-3-935971-54-6

Pank F. (2010): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Band 2:117-126, Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, ISBN 978-3-935971-55-3

Pank, F. (2012): Kümmel (*Carum carvi* L.). In: Handbuch Arznei- und Gewürzpflanzenbau, Band 4:728-762, Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, ISBN 978-3-935971-62-1

Partzsch, M.; Cremer, J.; Zimmermann, G. und H. Goltz (2006): Acker- und Gartenunkräuter. Agrimedia GmbH Bergen/Dumme, ISBN 978-3-86037-241-8

Plescher, A. (2012): Stand des Anbaus von Arznei-, Gewürz-, Aroma-, Diät- und Kosmetikpflanzen in der Bundesrepublik Deutschland 2011: Vergleich zum Stand von 2003. PHARMAPLANT Arznei- und Gewürzpflanzen Forschungs- und Saatzucht GmbH Artern

Plescher, A. (2017a): Arbeiten der PHARMAPLANT GmbH zur Inkulturnahme neuer Pflanzenarten. E-Mail vom 04.10.2017

Plescher, A. (2017b): Pflanzenliste PA-Unkrautdatenbank. E-Mail vom 12.10.2017

Priestley, C. M.; Williamson E. M.; Wafford, K. A. und D. B. Sattelle (2003): Thymol, a constituent of thyme essential oil, is a positive allosteric modulator of human GABA receptors and a homo-oligomeric GABA receptor from *Drosophila melanogaster*. *Brit J Pharmacol* 140:1363-1372

Rabenhorst, J. (1996): Production of methoxyphenol-type natural aroma chemicals by biotransformation of eugenol with a new *Pseudomonas* sp. *Appl Microbiol Biotechnol* 46:470-474

Rademacher, D. (2017): Prozentualer industrieller Verbrauch von Gewürzen. E-Mail vom 11.10.2017

Riefler, J.; Novak J. und E. H. Koschier (2009): Komponenten ätherischer Öle im Pflanzenschutz. *ZAG* 2:70-76

Reich, E. und A. Blatter (2002): Einsatzmöglichkeiten der HPTLC zur qualitativen und quantitativen Analyse von Arzneipflanzen. *ZAG* 4:416-421

Rettenmaier, J. (2017): Entwicklung von Verdickern für Kosmetika auf Basis nachwachsender Rohstoffe als Ersatz für petrochemisch hergestellter Verdicker. Abschlussbericht, Förderkennzeichen 14NR120 bzw. 22012014

Riedl, P. (2011): Sammlung und Anbau von Arzneipflanzen für die Homöopathie. *ZAG* 2:87-92

SÖFW-Journal (2008): IWK-Wirtschaftskonferenz, 134, 12.2008:53

Reuter, W. und L. Neumeister unter Mitarbeit M. Krautter (2010): Die Schwarze Liste der Pestizide II. Vergleichende Umwelt- und Gesundheitsbewertung von Pestizidwirkstoffen. Studie im Auftrag von Greenpeace e.V. Hrsg.: Greenpeace e.V. Hamburg



Rocksch, T. (2011): Sanddorn: vom Nischen- zum Trendprodukt. ZAG 1:1

Röhricht, C.; Karte, T. und M. Schubert (2003): Analyse der ökologischen Produktionsverfahren von Heil- und Gewürzpflanzen in Deutschland. Abschlussbericht Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft Leipzig, FKZ 02OE156 Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), 269 Seiten

Röhricht, C. (2010): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Band 2:217-220, Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, ISBN 978-3-935971-55-3

Sabatier, P. (2014): Pestizid DDT belastet Umwelt bis heute. Université de Savoie in Le Bourget du Lac im Fachmagazin Proceedings of the National Academy of Sciences

Sachs, M. (2017): Verfassungsrecht II – Grundrechte. §17, 3. Auflage, Springer Verlag Berlin, ISBN 978-3-662-50363-8

Schellenberg, I.; Kabrodt, K. und H. Werner (1996): Entwicklung eines Verfahrens zur effektiven und ökologischen Herstellung von Reinigungsmitteln zur Entfernung von Härtebildnern auf Basis fruchtsäurehaltiger nachwachsender Rohstoffe. Prof. Hellriegel Institut e. V., Bernburg

Schellenberg, I.; Kabrodt, K. und G. Schnüber (1998): Rhabarber. In: Leitfaden Nachwachsende Rohstoffe Anbau – Verarbeitung – Produkte. C.F. Müller-Verlag, Heidelberg

Schellenberg, I. und K. Kabrodt (1999): Abschlussbericht zum Verbundvorhaben Abfallvermeidung und -verwertung in der Lederindustrie. Entwicklung von schwermetallfreien Färbe- und Gerbmitteln und -verfahren. Rohstoffherzeugung und -charakterisierung. FKZ 14 810 22 8, Hochschule Anhalt Bernburg

Schenk, R. und U. Gärber (2002): *Colletotrichum* cf. *gloeosporioides* an Johanniskraut (*Hypericum perforatum* L.), 4. Teil: Resistenzprüfung von Johanniskrautsorten und -stämmen. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 54 (4):86-91

Schenk, R., Gärber, U. und A. Schreyer (2002): Verbreitung und Entwicklung der Johanniskrautwelke in der Jungpflanzenanzucht in Abhängigkeit von der Saatgutbelastung. 45. Jahrestagung vom 26. bis 28. September 2002 in Berlin. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 14:302-303

Schilcher, H. (1994): Wirkstoffe in Arznei- und Gewürzpflanzen im Wandel der Zeit – erläutert an einigen Beispielen. Herba Germanica 2:6-10

Schilcher, H. und S. Kammerer (2000): Leitfaden Phytotherapie. Unter Mitarbeit D. Volkman, 1. Auflage, Urban & Fischer Verlag München – Jena, ISBN 3-437-55240-2

Schilcher, H. (2009): Pflanzeninhaltsstoffe sowie deren Wirkung und Wirksamkeit. Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus, Band 1:30-74, Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, ISBN 978-3-935971-54-6

Schmitz, R. (1998): Geschichte der Pharmazie. Unter Mitarbeit F.-J. Kuhlen. Band I: Von den Anfängen bis zum Ausgang des Mittelalters. Govi-Verlag Eschborn, ISBN 978-3-7741-0706-9

Schröder, H. (1957): Die natürlichen Standortbedingungen für den Arznei- und Gewürzpflanzenanbau bei Aschersleben. Der Deutsche Gartenbau 4:93-94

Schröder, H. (1963): Arznei- und Gewürzpflanzen 1. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, Seite 1-68

Schröder, H. (1963): Arznei- und Gewürzpflanzen 2. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, Seite 69-236

Schröder, H. und B. Hoppe (1967): Erfahrungen bei der künstlichen Trocknung von Majoran in der LPG Schackstedt. Hochschule Bernburg, 11 Seiten

Schulz, H.; Krüger, H.; Steuer, B. und F. Pank (1999): Bestimmung von Inhaltsstoffen des Majorans (*Origanum majorana* L.) mittels Nahinfrarot-Spektroskopie. ZAG 2:62-67

Schulz, H.; Steuer, B.; Krüger, H. und W. Schütze (2001): Möglichkeiten und Grenzen NIR-spektroskopischer Qualitätsbestimmung pflanzlicher Drogen. ZAG 3:138-142

Schulz, H.; Pfeffer, S. und H. Krüger (2002): Potential of near infrared spectroscopy for supporting breeding and cultivation of medicinal and spice plants. NIR News 13:10-11

Schulz, H. und H. Krüger (2007): Analytical techniques for medicinal and aromatic plants. Stewart Postharvest Review 3:4:1-12

Schulz, H. und M. Baranska (2007): Identification and quantification of valuable plant substances by IR and Raman spectroscopy. Vib. Spectrosc.:13-25

Schwanitz, F. (1967): Die Evolution der Kulturpflanzen. Bayrischer Landwirtschaftsverlag München, Basel, Wien

Schweppe, M. (1992): Handbuch der Naturfarben. Vorkommen, Verwendung, Nachweis. ecomed Verlagsgesellschaft Landsberg/Lech

Sökefeld, M.; Gerhards, R. und W. Kühbauch (2000): Teilschlagspezifische Unkrautkontrolle – von der Unkrauterfassung bis zur Herbizidapplikation. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XVII:227-233

Sommerfeld, K., Gärber, U. und M. Hommes (2017a): Erkrankungen im Kamilleanbau – Erforschung der Ursachen und erste Lösungsansätze zur Bekämpfung. 15. Sitzung der Projektgruppe Heil-, Duft- und Gewürzpflanzen des Arbeitskreises Phytomedizin im Gartenbau der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft. ZAG 2:52-53

Sommerfeld, K.; Gärber, U. und M. Hommes (2017b): Schadorganismen an Echter Kamille (*Matricaria chamomilla* L.) – Identifizierung und Entwicklung von Pflanzenschutzstrategien. 3. Tagung Arzneipflanzenanbau in Deutschland - mit koordinierter Forschung zum Erfolg, Schweinfurt, Deutschland, 20./21. Juni 2017. Tagungsband FNR 56: 25-26, ISBN: 978-3-942147-36-1

Statistisches Bundesamt (2007): Fachserie 4, Reihe 3.1, Produzierendes Gewerbe 2007, Abschnitt Chemische Erzeugnisse

Statistisches Bundesamt (2017):  
[www.destatis.de/GPStatistik/receive/DESerie\\_serie\\_00000058](http://www.destatis.de/GPStatistik/receive/DESerie_serie_00000058). Eingesehen 23.09.2017

Steinhoff, B. (2016): Prüfung auf Kontaminationen von pflanzlichen Ausgangsstoffen und Wirkstoffen – aktuelle behördliche Anforderungen und Umsetzung in der Lieferkette. Tagungsbroschüre 26. Bernburger Winterseminar Arznei- und Gewürzpflanzen, Hrsg. Saluplanta e.V. Bernburg, 10-11

Stewart, R. R. und I. Weatherstone (2002): Plant volatiles in pest control - regulatory aspects. In: Savopoulou-Soultani M, editor. Congress abstracts of the 7th European Congress of entomology; 2002 Oct 7-13; Thessaloniki, Greece. Hellenic Entomological Society p. 147

Stiftung Warentest (2015): Stiftung Warentest prüft Kosmetika Nivea, Bebe, Penaten: Gefährliche Substanzen in Cremes. Focus online 26.05.2015, [www.focus.de/gesundheit](http://www.focus.de/gesundheit)

Straub, M. (2017): Besonderheiten und Potentiale des ökologischen Anbaus von Arznei- und Gewürzpflanzen. Gülzower Fachgespräche Band 56:33-56, ISBN 978-3-942147-36-1

Stroh, J.; Wan, M. T.; Isman, M. B. und D. J. Maul (1998): Evaluation of acute toxicity to juvenile pacific coho salmon and rainbow trout of some plant essential oils, a formulated product, and the carrier. Bull Environ Contam Toxicol 60:923-930

Teuscher, E. (2003): Gewürzdrogen. 1. Auflage, 468 Seiten. Wiss. Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, ISBN 3-8047-1867-1

Teuscher, E. und U. Lindequist (2010): Biogene Gifte. 3. Auflage. Wiss. Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, 963 Seiten, ISBN 978-3-8047-2438-9

Teuscher, E.; Melzig, M. F. und U. Lindequist (2012): Biogene Arzneimittel. 839 Seiten, 7. Aufl., Wiss. Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, ISBN 978-3-8047-2495-2

Teuscher, E. (2017): Gewürzdrogen. 2. Auflage. Wiss. Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, voraussichtliches Erscheinen 2018

Thomann, R. J. und U. Bauermann (1993): Anwendungsfälle von Arznei- und Gewürzpflanzen im Non-food-Bereich. *Herba Germanica* 1:56-62

Thomann, R. J. und U. Bauermann (1994): Neue Ergebnisse der Wirkstoffforschung bei Arznei- und Gewürzpflanzen. *Herba Germanica* 2:58-59

Thomann, R. J.; Bauermann, U. und J. Ehrich (1995): Untersuchungen zur Nutzung von Pflanzenwirkstoffen als Schutzkomponente für Biowerkstoffe.  
In: Fachtagung Heil- und Gewürzpflanzen Freising 12.9./13.9.1995, 32-33

Timmermann, C. (2001): Teilflächenspezifische Unkrautkontrolle im präzisen Pflanzenbau unter Berücksichtigung von Ertragsdaten und Bodenparametern. Inaugural-Diss. Institut für Pflanzenbau, Universität Bonn

Trommsdorff, J. B. (1831): Systematisches Handbuch der Pharmazie für Ärzte und Apotheker, zum Gebrauch akademischer Vorlesungen und zum Unterricht angehender Pharmazeuten. 4. mit Berücksichtigung der neuen preussischen Pharmacopöe völlig umgearb. Aufl., Erfurt 1831

Tung, I. und F. Erler (2003): Repellency and repellent stability of essential oil constituents against *Tribolium confusum*. *JPDP PflKrankh* 110:394-400

Ulrich, D. und F. Pank (1996): Methodical fundamentals for single seed selection of *Oenothera lamarckiana* L. Beiträge zur Züchtungsforschung. Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen 2:411-413

Umweltinstitut München [2017]: UNO warnt vor katastrophalen Auswirkungen von Pestizideinsatz. 09.03.2017. [www.umweltinstitut.org](http://www.umweltinstitut.org)

van der Mheen, H. (2008): Produktion von Krapp in den Niederlanden. 18. Bernburger Winterseminar Arznei- und Gewürzpflanzen und 5. Fachtagung Arznei- und Gewürzpflanzen, Bernburg, Tagungsband, 62

Verbraucherzentrale (2016): Kosmetik: So wirken die Inhaltsstoffe. Stand 17.11.2016. [www.verbraucherzentrale.de](http://www.verbraucherzentrale.de)

Vömel, A. (1990): Domestikation. Bericht 1-10. Universität Gießen

Wagner, H. (1985): Pharmazeutische Biologie. 2. Drogen und ihre Inhaltsstoffe. 3. Auflage, 496 Seiten, Verlag G. Fischer Stuttgart, New York

Wähling, A. (2001): Pflanzenfarbenextrakte – Durchbruch für die Industriefärberei!? Tagungsband Symposium „Naturfarben – Chancen für Produktinnovationen“, Güterfelde 60-64

Wähling, A. und G. Gimmler (2017): Naturfarbstoffe. [www.nig-magdeburg.de](http://www.nig-magdeburg.de), Eingesehen 30.09.2017

Wald, C. (2002): Untersuchungen zur Wirksamkeit verschiedener ätherischer Öle im Futter von Aufzuchtferkeln und Broilern. Shaker Verlag Aachen, ISBN 3-8322-0669-8

Wehner, D. (2017): Zusatzstoffe in Lebensmitteln. [www.focus.de/gesundheit/ernaehrung/zusatzstoffe](http://www.focus.de/gesundheit/ernaehrung/zusatzstoffe). Eingesehen 30.03.2017

Weis, M.; Gutjahr, C.; Rueda Ayala, V.; Gerhards, R.; Ritter, C. und F. Schöderle (2008): Precision farming for weed management: techniques. Gesunde Pflanzen 60:171-181

Wilmanns, O. (1993): Ökologische Pflanzensoziologie. Uni-Taschenbücher, Band 269: 130-148, 5. Auflage, Quelle & Meyer Heidelberg, ISBN 3-8252-0269-0

Wittmeyer, D. (1999): Naturfarbstoffe aus Sicht der chemischen Industrie. Gülzower Fachgespräche „Forum Färberpflanzen“ 38-45

Wonneberger, Ch.; Keller, F.; Bahn Müller, H.; Böttcher, H.; Geyer, B. und J. Meyer (2004): Gemüsebau. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart

Ziegler, Th.; Niebling, F.; Teodorov T. und J. Mellmann (2009): Wärmepumpentrocknung von Arznei- und Gewürzpflanzen – Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz. ZAG 4:160-166

Ziegler, Th. (2017a): Leitfaden Trocknung von Arznei- und Gewürzpflanzen. Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 94, ATB Potsdam, ISSN 0947-7314

Ziegler, Th. (2017b): Erstellung eines Leitfadens für die Trocknung von Arznei- und Gewürzpflanzen. 3. Tagung Arzneipflanzenanbau in Deutschland - mit koordinierter Forschung zum Erfolg. Fachtagung 20.-21.Juni, Schweinfurt. Gülzower Fachgespräche Band 56: 135-142, Hrsg. FNR Gülzow-Prüzen, Art.Nr. 922, ISBN 978-3-942147-36-1

Zwenger, P. und H. U. Ammon (2002): Unkraut – Ökologie und Bekämpfung. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart

#### Glossar:

Hoppe, B. Hrsg. (2009): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, Band 1, ISBN 978-3-935971-54-6

Hoppe, B. Hrsg. (2010): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, Band 2, ISBN 978-3-935971-55-3

Hoppe, B. Hrsg. (2012): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, Band 4, ISBN 978-3-935971-62-1

Hoppe, B. Hrsg. (2013): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg, Band 5, ISBN 978-3-935971-64-5

Duden (2005): Das Fremdwörterbuch. Duden Band 5, 8. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Dudenverlag Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich, ISBN 3-411-04058-0

Duden (2012): Wörterbuch medizinischer Fachbegriffe. 9. überarbeitete und ergänzte Auflage. Dudenverlag Mannheim, Zürich, ISBN 978-3-411-04619-5

Pschyrembel (2007): Klinisches Wörterbuch. 261. Neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Verlag Walter de Gruyter Berlin. New York. ISBN 978-3-11-018534-8

## Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Überadditive (synergistische) Wirkung einer Multi-Target-Therapie [Kelber 2007] .....	7
Abbildung 2: Der Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland 1883 bis 2015 in Hektar [Hoppe 2017] .....	18
Abbildung 3: Prozentuale Entwicklung des Verhältnisses Arznei- zu Gewürzpflanzen in Deutschland 1956 - 2003 [Hoppe 2005] .....	18
Abbildung 4: Entwicklung des ökologischen Anbaus von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland 1995 bis 2003 [Hoppe 2005] .....	19
Abbildung 5: Veränderungen der Reaktionsnorm von Populationen durch Züchtung [Pank 2009c] .....	29
Abbildung 6: Kamille ( <i>Matricaria chamomilla</i> L.) [Foto B. Hoppe] .....	30
Abbildung 7: Kümmel ( <i>Carum carvi</i> L.) [Foto B. Hoppe] .....	31
Abbildung 8: Baldrian ( <i>Valeriana officinalis</i> L.). [Foto K. Hoppe] .....	32
Abbildung 9: Wechselnde Anteile der Hauptkomponenten des ätherischen Öles des frischen Pfefferminzkrautes während der Vegetationsperiode 1996 (Sorte 'Murray Mitcham') [Bomme 1996] .....	34
Abbildung 10: Tagesverlauf des ätherischen Ölgehalts von Melisse der Sorte 'BLBP 33' [Bomme 1996] .....	34
Abbildung 11: Rotwelke im Johanniskraut ( <i>Hypericum perforatum</i> L.) durch den Erreger <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> [Foto R. Schenk] .....	37
Abbildung 12: Dynamik des Bodenbedeckungsgrades des Majorans im Verlauf der Vegetationsperiode [Pank 1997] .....	40
Abbildung 13: Priorität: Auslastung der Trocknungsanlage am Beispiel der Agrarprodukte Ludwigshof 2015 [Ziegler 2017] .....	42
Abbildung 14: Variabilität der Blütenformen bei <i>Arnica montana</i> L. [Fotos H. Greither] .....	50
Abbildung 15: Erste Ansätze im Lebensmittelbereich zeigen Hinweise auf Tiefkühlpizzas: 100% natürlicher Geschmack, ohne Geschmacksverstärker, ohne künstliche Aromen und ohne Farbstoffe [Foto B. Hoppe] .....	52
Abbildung 16: Ausgewählte Warnhinweise laut UNECE auf Putzmitteln, Lacken und Sprays: <b>a</b> = ätzende Mittel, die zu Hautätzungen und Augenschäden führen; <b>b</b> = Umweltgefahr, <b>c</b> = Achtung reizende Substanzen, <b>d</b> = leicht- oder hochentzündlich, <b>e</b> = Gesundheitsgefahr beim Verschlucken des Mittels, <b>f</b> = giftig, sehr giftig [dpa-tmn 2015] .....	54
Abbildung 17: Naturkosmetik [Foto B. Hoppe].....	56
Abbildung 18: Nahrungsergänzungsmittel mit Arzneidroge[n] [Foto B. Hoppe] .....	59

## Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Entwicklung des Arznei- und Gewürzpflanzenanbaus in der ehemaligen DDR [Müllenberg 1989] .....	17
Tabelle 2: Umfang der betrieblichen Anbauflächen mit ökologischen Arznei- und Gewürzpflanzen [Röhricht, Karte und Schubert 2003] .....	20
Tabelle 3: Anbau von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland [Hoppe 2017] .	20
Tabelle 4: Klassifikation der Arten im deutschen Anbau ab 1 Hektar [Hoppe 2017]	25
Tabelle 5: Die im integrierten Anbau wirtschaftlich bedeutendsten Arten in den Bundesländern [Plescher 2012] .....	26
Tabelle 6: Die im ökologischen Anbau wirtschaftlich bedeutendsten Arten in den Bundesländern [Röhricht, Karte und Schubert 2003] .....	27
Tabelle 7: Ausgewählte Anwendungsbereiche und Nutzungsvielfalt von Pflanzenfarbstoffen [Adam 2009] .....	60



Anlage 1: 2003 in Deutschland angebauten Arznei- und Gewürzpflanzen  
[Hoppe 2005]

Ackerstiefmütterchen	<i>Viola tricolor</i> L. ssp. <i>arvensis</i> (Murr.) Gaud.
Alant	<i>Inula helenium</i> L.
Amaranth	<i>Amaranthus spinosus</i> L.
Andorn	<i>Marrubium vulgare</i> L.
Angelika	<i>Angelica archangelica</i> L.
Anis	<i>Pimpinella anisum</i> L.
Apfelminze	<i>Mentha x rotundifolia</i> L.
Artischocke	<i>Cynara scolymus</i> L.
Arnika	<i>Arnica montana</i> L.
Arzneiweide	<i>Salix daphnoides</i>
Bärlauch	<i>Allium ursinum</i> L.
Baldrian	<i>Valeriana officinalis</i> L.
Basilikum	<i>Ocimum basilicum</i> L.
Beinwell	<i>Symphytum officinale</i> L.
Berberitze	<i>Berberis vulgaris</i> L.
Bibernelle, Kleine	<i>Pimpinella saxifraga</i> L.
Brennnessel, Große	<i>Urtica dioica</i> L.
Brennnessel, Kleine	<i>Urtica urens</i> L.
Buchweizen	<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench
Bohnenkraut	<i>Satureja hortensis</i> L.
Borretsch	<i>Borago officinalis</i> L.
Dill	<i>Anethum graveolens</i> L.
Diptam-Dost	<i>Origanum dictamnus</i> L.
Drachenkopf	<i>Dracocephalum moldavica</i> L.
Eibisch	<i>Althaea officinalis</i> L.
Enzian, Gelber	<i>Gentiana lutea</i> L.
Estragon	<i>Artemisia dracuncululus</i> L.
Federmohn	<i>Macleaya cordata</i> R. Br.
Fenchel	<i>Foeniculum vulgare</i> MILL.
Fingerhut, Wolliger	<i>Digitalis lanata</i> Ehrh.
Frauenmantel	<i>Alchemilla vulgaris</i> L.
Gänseblümchen	<i>Bellis perennis</i> L.
Gänsefingerkraut	<i>Potentilla anserina</i> L.
Gartenpimpinelle	<i>Sanguisorba minor</i> SCOP.
Geißraute	<i>Galega officinalis</i> L.
Gelbwurz	<i>Curcuma longa</i> L.
Ginseng	<i>Panax ginseng</i> C.A. Meyer
Goldmelisse	<i>Monarda didyma</i> L.
Goldrute	<i>Solidago virgaurea</i> L.
Grüner Hafer	<i>Avena sativa</i> L.
Gundelrebe	<i>Glechoma hederacea</i> L.
Hagebutte	<i>Rosa canina</i> L., <i>R. damascena</i> Mill., <i>R. rubiginosa</i> L.
Hanf	<i>Canabis sativa</i> L.
Herzsame	<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.
Hirtentäschel	<i>Capsella bursa pastoris</i> (L.) Med.
Holunder	<i>Sambucus nigra</i> L.

Huflattich	<i>Tussilago fanfara</i> L.
Johanniskraut	<i>Hypericum perforatum</i> L.
Kamille	<i>Matricaria chamomilla</i> L.
Kapuzinerkresse	<i>Tropaeolum majus</i> L.
Kerbel	<i>Anthriscus cerefolium</i> (L.) Hoffm.
Klette, Große	<i>Arctium lappa</i> L.
Knoblauch	<i>Allium sativum</i> L.
Koriander	<i>Coriandrum sativum</i> L.
Kornblume	<i>Centaurea cyanus</i> L.
Kümmel	<i>Carum carvi</i> L.
Lavendel	<i>Lavandula angustifolia</i> L.
Lein (Diät-)	<i>Linum usitatissimum</i> L.
Liebstock	<i>Levisticum officinale</i> W.D.J. Koch
Löffelkraut	<i>Cochlearia officinalis</i> L.
Löwenzahn	<i>Taraxacum officinale</i> Web. ex Wigg.
Majoran	<i>Origanum majorana</i> L.
Malve, Blaue	<i>Malva silvestris</i> L.
Mariendistel	<i>Silybum marianum</i> L.
Mauerpfeffer, Purpurroter	<i>Sedum purpureum</i> L.
Meerrettich	<i>Armoracia rusticana</i> Gottfr. Gärtn., B. Mey. et Scherb.
Medizinalrhabarber	<i>Rheum officinale</i> Baill., <i>R. palmatum</i> L.
Meisterwurz	<i>Peucedanum ostruthium</i> (L.) W.D.J. Koch
Melisse	<i>Melissa officinalis</i> L.
Mutterkorn	<i>Claviceps purpurea</i> (Fr.) Tul.
Mutterkraut	<i>Chrysanthemum parthenium</i> (L.) Bernh.
Nachtkerze	<i>Oenothera biennis</i> L.
Nachtschatten, Bittersüßer	<i>Solanum dulcamara</i> L.
Oregano	<i>Origanum vulgare</i> L.
Pestwurz	<i>Petasites hybridus</i> Gottfr. Gaertn., B. Mey. et Scherb.
Petersilie	<i>Petroselinum crispum</i> (Mill.) Nyman ex A. W. Hill
Pfefferminze	<i>Mentha x piperita</i> L.
Pfingstrose	<i>Paeonia officinalis</i> L.
Quecke	<i>Agropyron repens</i> L.
Ringelblume	<i>Calendula officinalis</i> L.
Rosmarin	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.
Rotklee	<i>Trifolium pratense</i> L. subsp. <i>pratense</i>
Rucola	<i>Eruca sativa</i> Mill.
Salbei	<i>Salvia officinalis</i> L.
Sanddorn	<i>Hippophae rhamnoides</i> L.
Sauerampfer	<i>Rumex acetosa</i> L.
Schabziegerklee	<i>Trigonella coerulea</i> (L.) Ser.
Schafgarbe	<i>Achillea millefolium</i> L.
Schlehe	<i>Prunus spinosa</i> L.
Schlüsselblume	<i>Primula veris</i> L.
Schnittlauch	<i>Allium schoenoprasum</i> L.
Schnittsellerie	<i>Apium graveolens</i> L.
Schöllkraut	<i>Chelidonium majus</i> L.
Schwarzer Rettich	<i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>niger</i> (Mill.) Kerner

Schwarzkümmel	<i>Nigella sativa</i> L.
Senf, Weißer	<i>Sinapis alba</i> L.
Silberblatt	<i>Senecio bicolor</i> (Willd.) Tod.
Sonnenhut, Schmalblättriger	<i>Echinacea angustifolia</i> DC.;
Sonnenhut, Roter	<i>Echinacea purpurea</i> (L.) Moench,
Sonnenhut, Bläufarbener	<i>Echinacea pallida</i> Nutt.
Spitzwegerich	<i>Plantago lanceolata</i> L.
Steinklee	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.
Tausendgüldenkraut	<i>Centaurium erythraea</i> Rafin.
Thymian	<i>Thymus vulgaris</i> L.
Tollkirsche	<i>Atropa bella-donna</i> L.
Topinambur	<i>Helianthus tuberosus</i> L.
Waid	<i>Isatis tinctoria</i> L.
Wegwarte	<i>Cichorium intybus</i> L.
Weidenröschen	<i>Epilobium montanum</i> L., <i>E. palustre</i> L., <i>E. roseum</i> Schreb. <i>E. obscurum</i> Schreb.
Weißdorn	<i>Crataegus laevigata</i> (Poir.) DC., <i>C. monogyna</i> Jacq.
Wermut	<i>Artemisia absinthium</i> L.
Winterheckenzwiebel	<i>Allium fistulosum</i> L.
Wolfstrapp	<i>Lycopus virginicus</i> L.
Ysop	<i>Hyssopus officinalis</i> L.
Zaubernuss	<i>Hamamelis virginiana</i> L.

Anlage 2: 2003 in Deutschland ökologisch angebaute Arznei- und Gewürzpflanzen  
[Röhricht, Karte und Schubert 2003]

Ackerstiefmütterchen	<i>Viola tricolor</i> L. ssp. <i>arvensis</i> (Murr.) Gaud.
Amaranth	<i>Amaranthus spinosus</i> L.
Andorn	<i>Marrubium vulgare</i> L.
Angelika	<i>Angelica archangelica</i> L.
Anis-Ysop	<i>Agastache foeniculum</i> (Pursh) Kuntze
Apfelminze	<i>Mentha x rotundifolia</i> L.
Arnika	<i>Arnica montana</i> L.
Artischocke	<i>Cynara scolymus</i> L.
Baldrian	<i>Valeriana officinalis</i> L.
Bärlauch	<i>Allium ursinum</i> L.
Basilikum	<i>Ocimum basilikum</i> L.
Beinwell	<i>Symphytum officinale</i> L.
Berberitze	<i>Berberis vulgaris</i> L.
Bibernelle	<i>Pimpinella saxifraga</i> L.
Birke	<i>Betula pendula</i> Roth
Bohnenkraut	<i>Satureja hortensis</i> L.
Borretsch	<i>Borago officinalis</i> L.
Brennnessel, Große	<i>Urtica dioica</i> L.
Brunnenkresse	<i>Nasturtium officinale</i> R. Br.
Dill	<i>Anethum graveolens</i> L.
Drachenkopf	<i>Dracocephalum moldavica</i> L.
Eibisch	<i>Althaea officinalis</i> L.
Erdbeere, Wald-	<i>Fragaria vesca</i> L.
Estragon	<i>Artemisia dracunculus</i> L.
Federmohn	<i>Macleaya cordata</i> R. Br.
Fenchel	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.
Frauenmantel	<i>Alchemilla vulgaris</i> L.
Gänseblümchen	<i>Bellis perennis</i> L.
Gänsefingerkraut	<i>Potentilla anserina</i> L.
Gartenkresse	<i>Lepidium sativum</i> L.
Geissraute	<i>Galega officinalis</i> L.
Gelber Enzian	<i>Gentiana lutea</i> L.
Gelbwurz	<i>Curcuma longa</i> L.
Goldmelisse	<i>Monarda didyma</i> L.
Goldrute	<i>Solidago virgaurea</i> L.
Grüner Hafer	<i>Avena sativa</i> L.
Gundelrebe	<i>Glechoma hederacea</i> L.
Hanf	<i>Cannabis sativa</i> L.
Herzsame	<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.
Hirtentäschel	<i>Capsella bursa pastoris</i> (L.) Med.
Hopfen	<i>Humulus lupulus</i> L.
Huflattich	<i>Tussilago farfara</i> L.
Johannisbeere, Rote	<i>Ribes rubrum</i> L.
Johanniskraut	<i>Hypericum perforatum</i> L.
Kamille	<i>Matricaria chamomilla</i> L.
Kapuzinerkresse	<i>Tropaeolum majus</i> L.
Kerbel	<i>Anthriscus cerefolium</i> (L.) Hoffm.

Klette, Große	<i>Arctium lappa</i> L.
Knoblauch	<i>Allium sativum</i> L.
Knollenfenchel	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.
Koreanische Minze	<i>Agastache rugosa</i> 'Alba'
Koreanischer Ginseng	<i>Panax ginseng</i> C.A. Mey.
Kornblume	<i>Centaurea cyanus</i> L.
Kümmel	<i>Carum carvi</i> L.
Kürbis	<i>Cucurbita pepo</i> L.
Lavendel	<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.
Lebensbaum	<i>Thuja occidentalis</i> L.
Liebstock	<i>Levisticum officinale</i> W.D.J. Koch
Limoneminze	<i>Viola tricolor</i> L.
Löffelkraut	<i>Cochlearia officinalis</i> L.
Löwenzahn	<i>Taraxacum officinale</i> Web. ex Wigg.
Majoran	<i>Origanum majorana</i> L.
Malve	<i>Malva silvestris</i> L.
Mauerpfeffer, Purpurroter	<i>Sedum purpureum</i> L.
Meisterwurz	<i>Imperatoria ostruthium</i> L.
Melisse	<i>Melissa officinalis</i> L.
Nachtkerze	<i>Oenothera biennis</i> L.
Nachtschatten, Bittersüßer	<i>Solanum dulcamara</i> L.
Orangenminze	<i>Mentha x piperita</i> v. <i>citrata</i> (Ehrh.) Briq.
Oregano	<i>Origanum vulgare</i> L.
Petersilie	<i>Petroselinum crispum</i> (Mill.) Nyman ex A.W. Hill
Pfefferminze	<i>Mentha x piperita</i> L.
Pfingstrose	<i>Paeonia officinalis</i> L.
Ringelblume	<i>Calendula officinalis</i> L.
Salbei	<i>Salvia officinalis</i> L.
Sanddorn	<i>Hippophae rhamnoides</i> L.
Sauerampfer	<i>Rumex acetosa</i> L.
Schabziegerklee	<i>Trigonella caerulea</i> (L.) Ser.
Schafgarbe	<i>Achillea millefolium</i> L.
Schlehe	<i>Prunus spinosa</i> L.
Schlüsselblume	<i>Primula veris</i> L.
Schnittknoblauch	<i>Allium tuberosum</i> Rottler ex Spreng.
Schnittlauch	<i>Allium schoenoprasum</i> L.
Schnittsellerie	<i>Apium graveolens</i> L.
Schöllkraut	<i>Chelidonium majus</i> L.
Schwarzer Rettich	<i>Raphanus sativus</i> var. <i>niger</i> (Mill.)
Senf	<i>Sinapis alba</i> L.
Silberblatt	<i>Senecio bicolor</i> (Willd.) Tod.
Sonnenhut, Blaßfarbener	<i>Echinacea pallida</i> Nutt.
Sonnenhut, Roter	<i>Echinacea purpurea</i> (L.) Moench
Sonnenhut, Schmalblättriger	<i>Echinacea angustifolia</i> DC.
Spitzwegerich	<i>Plantago lanceolata</i> L.
Steinklee	<i>Melilotus officinalis</i> L.
Thymian	<i>Thymus vulgaris</i> L.
Tollkirsche	<i>Atropa bella-donna</i> L.
Topinambur	<i>Helianthus tuberosus</i> L.
Wasserminze	<i>Mentha aquatica</i> L.

Wegwarte	<i>Cichorium intybus</i> L.
Weide	<i>Salix alba</i> L.
Weidenröschen, Kleinblütiges	<i>Epilobium parviflorum</i> Schreber
Weißdorn	<i>Crataegus laevigata</i> (Poiret) DC.
Wildrosen	<i>Rosa canina</i> L. <i>R. damascene</i> Mill., <i>R. rubiginosa</i> L.
Wermut	<i>Artemisia absinthium</i> L.
Ysop	<i>Hyssopus officinalis</i> L.
Zaubernuss	<i>Hamamelis virginiana</i> L.
Zaunrübe	<i>Bryonia dioica</i> Jacq.
Zinnkraut	<i>Equisetum arvense</i> L.

Anlage 3: 2011 in Deutschland angebaute Arznei- und Gewürzpflanzen  
[Plescher 2012]

Ackerstiefmütterchen	<i>Viola tricolor</i> L. ssp. <i>arvensis</i> (Murr) Gaud.
Alant	<i>Inula helenium</i> L.
Alraune, Herbst-	<i>Mandragora autumnalis</i> Bertol.
Amaranth	<i>Amaranthus spinosus</i> L.
Andorn	<i>Marrubium vulgare</i> L.
Angelika	<i>Angelica archangelica</i> L.
Anis	<i>Pimpinella anisum</i> L.
Apfelminze	<i>Mentha x rotundifolia</i> L.
Artischocke	<i>Cynara scolymus</i> L.
Arnika	<i>Arnica montana</i> L.
Arzneiweide, Pharmaweide	<i>Salix daphnoides</i> Villars.
Bärlauch	<i>Allium ursinum</i> L.
Baldrian	<i>Valeriana officinalis</i> L.
Balsamkraut	<i>Tanacetum balsamita</i>
Basilikum	<i>Ocimum basilicum</i> L.
Beinwell	<i>Symphytum officinale</i> L.
Berberitze	<i>Berberis vulgaris</i> L.
Bibernelle, Kleine	<i>Pimpinella saxifraga</i> L.
Brennnessel, Große	<i>Urtica dioica</i> L.
Brennnessel, Kleine	<i>Urtica urens</i> L.
Buchweizen	<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench
Bohnenkraut	<i>Satureja hortensis</i> L.
Borretsch	<i>Borago officinalis</i> L.
Dill	<i>Anethum graveolens</i> L.
Diptam-Dost	<i>Oreganum dictamnus</i> L.
Drachenkopf	<i>Dracocephalum moldavica</i> L.
Eibisch	<i>Althaea officinalis</i> L.
Eisenkraut	<i>Verbena officinalis</i> L.
Enzian, Gelber	<i>Gentiana lutea</i> L.
Erdrauch	<i>Fumaria officinalis</i> L.
Estragon	<i>Artemisia dracunculus</i> L.
Falscher Indigo	<i>Baptisia tinctoria</i> (L.) Vent.
Federmohn	<i>Macleaya cordata</i> R. Br.
Fenchel	<i>Foeniculum vulgare</i> L.
Fingerhut, Wolliger	<i>Digitalis lanata</i> Ehrh.
Frauenmantel	<i>Alchemilla vulgaris</i> L.
Frühlingsadonisröschen	<i>Adonis vernalis</i> L.
Gänseblümchen	<i>Bellis perennis</i> L.
Gänsefingerkraut	<i>Potentilla anserina</i> L.
Gartenlattich	<i>Lactuca sativa</i> L.
Gartenpimpinelle	<i>Sanguisorba minor</i> Scop.
Geißraute	<i>Galega officinalis</i> L.
Gelbwurz	<i>Curcuma longa</i> L.
Ginseng	<i>Panax ginseng</i> C.A. Meyer
Goldfingerkraut	<i>Potentilla aurea</i> L.
Goldmelisse	<i>Monarda didyma</i> L.
Goldrute	<i>Solidago virgaurea</i> L.

Grüner Hafer	<i>Avena sativa</i> L.
Gundelrebe	<i>Glechoma hederacea</i> L.
Hagebutte	<i>Rosa canina</i> L., <i>R. damascena</i> Mill., <i>R. rubiginosa</i> L.
Hanf	<i>Canabis sativa</i> L.
Herzsame	<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.
Hirtentäschel	<i>Capsella bursa pastoris</i> (L.) Med.
Holunder	<i>Sambucus nigra</i> L.
Huflattich	<i>Tussilago farfara</i> L.
Johanniskraut	<i>Hypericum perforatum</i> L.
Kalmus	<i>Acorus calamus</i> L.
Kamille	<i>Matricaria chamomilla</i> L.
Kapuzinerkresse	<i>Tropaeolum majus</i> L.
Kerbel	<i>Antriscus cerefolium</i> (L.) Hoffm.
Klette, Große	<i>Arctium lappa</i> L.
Knoblauch	<i>Allium sativum</i> L.
Koriander	<i>Coriandrum sativum</i> L.
Kornblume	<i>Centaurea cyanus</i> L.
Kresse, Garten-	<i>Lepidium sativum</i> L.
Kümmel	<i>Carum carvi</i> L.
Lavendel	<i>Lavandula angustifolia</i> L.
Lein Diät-	<i>Linum usitatissimum</i> L.
Liebstock	<i>Levisticum officinale</i> W.D.J. Koch
Löffelkraut	<i>Cochlearia officinalis</i> L.
Löwenzahn	<i>Taraxacum officinale</i> Web. ex Wigg.
Mädesüß, Echtes	<i>Filipendula vulgaris</i> L.
Majoran	<i>Origanum majorana</i> L.
Malve, Blaue	<i>Malva silvestris</i> L.
Mariendistel	<i>Silybum marianum</i> L.
Mauerpfeffer, Purpurroter	<i>Sedum purpureum</i> L.
Meerrettich	<i>Armoracia rusticana</i> Gottfr. Gärt., B. Mey. et Scherb.
Medizinalrhabarber	<i>Rheum officinale</i> Baill., <i>R. palmatum</i> L.
Meisterwurz	<i>Imperatoria ostruthium</i> L.
Melisse	<i>Melissa officinalis</i> L.
Mohn, Schlaf-/Opium-	<i>Papaver somniferum</i>
Mutterkraut	<i>Chrysanthemum parthenium</i> (L.) Bernh.
Nachtkerze	<i>Oenothera biennis</i> L.
Nachtschatten, Bittersüßer	<i>Solanum dulcamara</i> L.
Oregano	<i>Origanum vulgare</i> L.
Passionsblume	<i>Passiflora incarnata</i>
Pestwurz	<i>Petasites hybridus</i> (L.) Gottfr. Gaertn., B. Mey. et Scherb.
Petersilie	<i>Petroselinum crispum</i> (Mill.) Nyman ex A. W. Hill
Pfefferminze	<i>Mentha x piperita</i> L.
Pfingstrose	<i>Paeonia officinalis</i> L.
Quecke	<i>Agropyron repens</i> L.
Ringelblume	<i>Calendula officinalis</i> L.
Rosenwurz	<i>Rhodiola rosea</i>
Rosmarin	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.



Rotklee	<i>Trifolium pratense</i> L.
Rucola	<i>Eruca sativa</i> Mill.
Salbei	<i>Salvia officinalis</i> L.
Sanddorn	<i>Hippophae rhamnoides</i> L.
Sauerampfer	<i>Rumex acetosa</i> L.
Schabziegerklee	<i>Trigonella coerulea</i> (L.) Ser.
Schafgarbe	<i>Achillea millefolium</i> L.
Schlehe	<i>Prunus spinosa</i> L.
Schlüsselblume	<i>Primula veris</i> L.
Schnittlauch	<i>Allium schoenoprasum</i> L.
Schnittsellerie	<i>Apium graveolens</i> L.
Schöllkraut	<i>Chelidonium majus</i> L.
Schwarzer Rettich	<i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>niger</i> (Mill.) Kerner
Schwarzkümmel	<i>Nigella sativa</i> L.
Senf, Weißer	<i>Sinapis alba</i> L.
Silberblatt	<i>Senecio bicolor</i> (Willd.) Tod.
Sonnenhut	<i>Echinacea angustifolia</i> DC., <i>E. purpurea</i> (L.) Moench, <i>E. pallida</i> Nutt.
Spitzwegerich	<i>Plantago lanceolata</i> L.
Steinbrech, Körniger	<i>Saxifraga granulata</i> L.
Steinklee	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.
Tausendgüldenkraut	<i>Centaurium minus</i> Moench.
Thymian	<i>Thymus vulgaris</i> L.
Tollkirsche	<i>Atropa bella-donna</i> L.
Topinambur	<i>Helianthus tuberosus</i> L.
Traubensilberkerze	<i>Cimicifuga racemosa</i> (L.) Nutt.
Waid	<i>Isatis tinctoria</i> L.
Wegwarte	<i>Cichorium intybus</i> L.
Weidenröschen	<i>Epilobium montanum</i> L., <i>E. palustre</i> L., <i>E.</i> <i>roseum</i> Schreb., <i>E. obscurum</i> Schreb.
Weißdorn	<i>Crataegus laevigata</i> (Poir.) DC., <i>C. monogyna</i> Jacq.
Wermut	<i>Artemisia absinthium</i> L.
Winterheckenzwiebel	<i>Allium fistulosum</i> L.
Wolfstrapp	<i>Lycopus virginicus</i> L.
Wundklee	<i>Anthyllis vulneraria</i> L.
Ysop	<i>Hyssopus officinalis</i> L.
Zaubernuss	<i>Hamamelis virginiana</i> L.

Anlage 4: Möglicher Arznei- und Gewürzdrogeneinsatz als Industrierohstoffe außerhalb der Pharma- und Gewürzmittelindustrie [Hoppe 2017]

<b>Arznei- und Gewürzpflanze</b>	<b>Haushaltsprodukte</b>	<b>Kosmetikartikel</b>	<b>Lebensmittel</b>	<b>Nahrungsergänzung</b>	<b>Farbstoffe</b>	<b>Insektizide Fungizide</b>	<b>Vorratsschutz</b>	<b>Futterzusätze</b>
Ackerschachtelhalm	X	X						
Alant		X	X					
Angelika		X					X	
Anis		X	X			X		
Baldrian		X						
Balsamkraut						X		
Basilikum		X	X			X	X	
Beifuß		X				X		X
Beinwell						X		
Berberitze					X			
Bockshornklee			X					
Bohnenkraut	X	X	X					X
Borretsch		X						
Brennnessel		X				X		
Dill			X			X	X	
Drachenkopf			X					
Efeu		X						
Ehrenpreis		X						
Eibisch		X			X			
Eisenkraut		X						
Enzian						X		
Estragon		X	X					
Färberwaid					X			
Färber-Wau					X			
Fenchel		X	X		X	X		
Frauenmantel					X			
Ginkgo				X				
Ginseng				X				
Goldrute				X				
Große Klette		X						
Großer Wiesenknopf		X						
Herzgespann					X			
Holunder			X					
Hopfen		X						

Arznei- und Gewürzpflanze	Haushaltsprodukte	Kosmetikartikel	Lebensmittel	Nahrungsergänzung	Farbstoffe	Insektizide Fungizide	Vorratsschutz	Futterzusätze
Johanniskraut		X			X			
Kamille		X	X		X			
Kapuzinerkresse		X			X			
Knoblauch						X		
Koriander		X				X		X
Kornblume		X						
Krapp					X			
Krauseminze		X	X					
Kümmel	X	X	X			X	X	
Lavendel		X				X		
Lein	X	X			X			
Liebstock			X					
Löffelkraut		X						
Mädesüß		X			X			
Majoran		X	X			X	X	X
Malve			X					
Meerrettich		X			X	X		
Melisse		X				X		
Muskatellersalbei		X						
Oregano	X	X						X
Paprika		X	X				X	
Petersilie		X	X			X		
Pfefferminze		X	X			X		
Rainfarn	X				X	X		
Ringelblume		X	X		X			
Römische Kamille		X						
Rosmarin		X	X			X		
Rotes Weinlaub				X				
Safflor			X					
Salbei		X	X			X		X
Sanddorn		X	X	X	X			
Sauerampfer	X							X
Schafgarbe		X			X			
Schöllkraut					X			
Schwarzkümmel		X	X	X		X		
Seifenkraut	X	X						
Sonnenblume		X	X					

<b>Arznei- und Gewürzpflanze</b>	<b>Haushalts- produkte</b>	<b>Kosmetik- artikel</b>	<b>Lebens- mittel</b>	<b>Nahrungs- ergänzung</b>	<b>Farb- stoffe</b>	<b>Insektizide Fungizide</b>	<b>Vorrats- schutz</b>	<b>Futter- zusätze</b>
Spitzwegerich					<b>x</b>			
Stevie			<b>x</b>					
Stockrose			<b>x</b>					
Studentenblume			<b>x</b>					<b>x</b>
Sumpfschachtelhalm	<b>x</b>					<b>x</b>		
Thymian		<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>		<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
Weinraute					<b>x</b>	<b>x</b>		
Wermut		<b>x</b>				<b>x</b>		
Wildrosen			<b>x</b>					
Ysop		<b>x</b>	<b>x</b>			<b>x</b>		

X = aus Kapitel 4.5 und Abbildung 18

## Anlage 5: Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen in Lebensmitteln

In der recherchierten Literatur waren für die aufgeführten Arznei- und Gewürzdrogen folgende belegte Einsatzmöglichkeiten im Lebensmittelbereich zu finden:

- Alant (*Inula helenium* L.)

Alantwurzeln können zusammen mit Rosinen und Datteln zu einer Konfitüre verarbeitet werden. Wegen ihres Inulingehaltes sind die Wurzeln des Alants auch Bestandteile zahlreicher Diabetesnährmittel [Dörfler und Roselt 1989, Mielke und Schöber-Butin 2007].

- Anis (*Pimpinella anisum* L.)

Ätherisches Anisöl dient statt Anisfrüchten zum Aromatisieren von Back- und Süßwaren [Teuscher 2017]. Aufgrund seines süßaromatischen würzig-frischen Geschmackes wird der Anis vor allem bei der Herstellung von Backwaren, Süßspeisen und Einmachobst eingesetzt [Mielke und Schöber-Butin 2007]. Anisöl dient auch als Geschmackskorrigens [Diener 1990].

- Basilikum (*Ocimum basilicum* L.)

Wird zur Herstellung von Kräuteres sig und Kräuteröl genutzt [Mielke und Schöber-Butin 2007]. Wird häufig Fischkonserven zugesetzt [Blaschek 2016].

- Bockshornklee (*Trigonella foenum-graecum* L.)

Das Samenpulver wird als Zusatz zu Weizen- oder Maismehl bei der Herstellung von Brot, Pizzen und Plätzchen verwendet. Die Schleimstoffe werden in Lebensmitteln als Emulgatoren eingesetzt [Teuscher 2017].

- Bohnenkraut (*Satureja hortensis* L.)

Das Bohnenkrautöl dient zur Herstellung von Gewürzessenzen und zum Aromatisieren von Süßigkeiten und Backwaren. Es besitzt gute antimikrobielle Aktivität und verhindert in Konzentrationen von 0,1 bis 0,4% in gehacktem Fleisch bei 5°C die Vermehrung pathogener Bakterien ohne die sensorische Qualität in unzulässigem Maße zu verändern [Teuscher 2017]. Extrakte aus Bohnenkraut wirken wegen des Gehalts an Rosmarinsäure und diphenolischen Flavonoiden als Radikalfänger stark antioxidativ und können die Haltbarkeit von Fleischwaren erheblich verlängern [Bäumler 2007, Teuscher 2017].

- Dill (*Anethum graveolens* L.)

Das frische Kraut wird in der Konservenindustrie eingesetzt, z.B. Gurkeneinlage [Schröder 1963]. Das ätherische Öl des Dills wird in der Fischkonservenindustrie genutzt [Mielke und Schöber-Butin 2007].

- Drachenkopf (*Dracocephalum moldavica* L.)

Einsatz als Geschmackskorrigens [Dachler und Pelzmann 1999] und zur Aromatisierung von Lebensmitteln [Ennet und Reuter 2004].

- Estragon (*Artemisia dracunculus* L.)

Einsatz in der Konserven- und Kräuteres sigproduktion [Heeger 1956].

- Fenchel (*Foeniculum vulgare* Mill.)  
Fenchelfrüchte werden eingesetzt, z. B. zum Würzen von Roggenbrotteig (Fenchelbrot) und Gebäck. Das Chlorophyll der Blätter wird auch zum Färben von Nahrungsmitteln eingesetzt [Teuscher 2017].
- Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.)  
Einsatz des fetten Öls zur Margarineherstellung [Hiller und Melzig 1999].
- Gewürzpaprika (*Capsicum annum* L. var. *annuum*)  
Capsanthin und Capsorubin sind zum Färben von Lebensmitteln zugelassen [Teuscher 2017].
- Holunder (*Sambucus nigra* L.)  
Holunderbeeren sind Ausgangsmaterial für Lebensmittelfarben [Bäumler 2007, Blaschek 2016]. Einsatz in Marmeladen und Saft [Hiller und Melzig 2000].
- Kamille (*Matricaria chamomilla* L.)  
Kamillenöl wird als Aromaextrakt in Lebensmitteln eingesetzt [Ennet und Reuter 2004].
- Koriander (*Coriandrum sativum* L.)  
Das ätherische Öl wird in der Back- und Süßwarenindustrie verwendet. [Teuscher 2017]. Getrocknete Früchte werden ganz oder gemahlen in Brot, Wurst, Back- und Süßwaren und als Aromastoff in der Lebensmittelindustrie eingesetzt [Dachler und Pelzmann 1999].
- Krauseminze (*Mentha spicata* L. var. *crispa* Benth.)  
Das ätherische Öl wird in großem Umfang zum Aromatisieren von Kaugummis verwendet [Teuscher 2017].
- Kümmel (*Carum carvi* L.)  
Das aus Kümmelsamen gewonnene ätherische Öl würzt Süßigkeiten und Speiseeis [Dachler und Pelzmann 1999, Mielke und Schöber-Butin 2007].
- Liebstock (*Levisticum officinale* W.D.J. Koch)  
Das ätherische Öl der Früchte kann Komponente von Gewürzsenf und Gewürzessenzen sein [Dachler und Pelzmann 1999, Teuscher 2017].
- Majoran (*Origanum majorana* L.)  
Ätherisches Majoranöl wirkt antimikrobiell und fungistatisch. Neben Bohnenkraut und Schwarzem Kreuzkümmel ist Majoran gut zur Bekämpfung von Hefen geeignet, die zum Verderb von Butter beitragen [Teuscher 2017]. Gute antibakterielle Wirkung entwickelte Majoranöl in frischen Würsten [Teuscher 2017]. Aus der Majorandroge kann das Öl für die Kräuteressigfabrikation destilliert werden [Mielke und Schöber-Butin 2007].

- Malve (*Malva sylvestris* L.)

Die Blüte enthält das Anthocyanglykosid Malvin zum Färben von Lebensmitteln [Schröder 1963, Dachler und Pelzmann 1999, Mielke und Schöber-Butin 2007, Blaschek 2016].

- Oregano (*Origanum vulgare* L.)

Extrakte werden wegen der antioxidativen und antibakteriellen Wirkung in der Lebensmittelindustrie als Konservierungsmittel genutzt [Dachler und Pelzmann 1999, Teuscher 2017].

- Paprika (*Capsicum annuum* L.)

Geeignet für Tomatenketchup und Dressings [Dachler und Pelzmann 1999].

- Petersilie (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nyman ex A. W. Hill)

Extrakte aus Petersilie waren in der Lage die Gesamtanzahl von Bakterien auf Käse, von coliformen Bakterien, Hefen und Pilzen zu reduzieren. Das ätherische Öl kann statt synthetischer Konservativen zur Stabilisierung von Lebensmitteln eingesetzt werden [Teuscher 2017].

- Pfefferminze (*Mentha x piperita* L.)

Pfefferminzöl wird häufig als Geschmackskorrigens eingesetzt [Schröder 1963]. Die antibakterielle und antifungale Wirkung des Pfefferminzöls wurde wiederholt nachgewiesen. Es war unter u. a. in der Lage, in einigen als Modell verwendeten Nahrungsmitteln das Wachstum, z.B. von *Salmonella enteritidis* und *Listeria monocytogenes*, zu unterdrücken [Teuscher 2017]. Pfefferminzöl wird für Pfefferminzbonbons, Kaugummis, Schokolade und andere Süßwaren verwendet [Dachler und Pelzmann 1999, Teuscher 2017].

- Ringelblume (*Calendula officinalis* L.)

Einsatz als carotinoide Farbstoffe in Lebensmitteln [Dachler und Pelzmann 1999].

- Rosmarin (*Rosmarinus officinalis* L.)

Aufgrund des großen antioxidativen Potenzials werden Rosmarinextrakte in der Lebensmittelindustrie zur Konservierung von Ölen, tierischen Fetten, Soßen, Backwaren, Fleisch- und Fischprodukten eingesetzt [Blaschek 2016, Teuscher 2017]. Carnosolsäure ist eine der effektivsten natürlichen Antioxidantien im fettlöslichen Bereich. Mit ihr können fetthaltige Lebensmittel in ihrer Haltbarkeit positiv beeinflusst werden, da Fettabbauprozesse nach Zugabe von Carnosolsäure deutlich langsamer ablaufen. Schon eine Zugabe von 0,1% bis 0,3% carnosolsäurehaltiger Extrakte verlängert die Haltbarkeit einer Brühwurst deutlich [Junghanns und Hammer 2017].

- Saflor (*Carthamus tinctorius* L.)

Dient zur Färbung von Lebensmitteln. Für die Farbwirkung sind zwei Stoffe verantwortlich, das rote Carthamin (nur fettlöslich) und das Pigment Saflorgelb (in Wasser und Alkohol leicht löslich) [Dachler und Pelzmann 1999].

- Salbei (*Salvia officinalis* L.)

Salbeiextrakte wirken durch ihren Gehalt an Diterpendiphenolen, Rosmarinsäure und Flavonoiden, die in der Lage sind, als Wasserstoffdonatoren und Radikalfänger zu fungieren, stark antioxidativ und verhindern die Peroxidation von Lipiden. Damit sind

sie in der Lage, das Eintreten der Ranzidität von Fetten in Fleischprodukten zu verzögern [Teuscher 2017]. Zur Aromatisierung von Lebensmitteln [Hiller und Melzig 2000].

- Sanddorn (*Hippophae rhamnoides* L.)

Aus Sanddornsaft werden Säfte, Mischgetränke, Fruchtaufstriche, Kekse und Bonbons hergestellt [Ennet und Reuter 2004, Rocksch 2011].

- Stevie (*Stevia rebaudiana* (Bertoni) Hemsl.)

Ist ein nicht kariogener Süßstoff zum Süßen von Tees und Lebensmitteln [Blaschek 2016].

- Schwarzkümmel (*Nigella sativa* L.)

Einsatz in Backwaren [Heeger 1956, Ennet und Reuter 2004].

- Stockrose (*Alcea rosea* L. var. *nigra* hort.)

Farbstoffe aus den schwarzroten Blüten finden Anwendung als Lebensmittelfarbstoff (extrahierte Farbstoffe) [Dörfler und Roselt 1989, Mielke und Schöber-Butin 2007].

- Studentenblume (*Tagetes patula* L.)

Verwendung als Farbzusatz für Nudeln und Margarine [Dachler und Pelzmann 1999].

- Thymian (*Thymus vulgaris* L.)

Thymianextrakte, Thymianöl und Thymol wirken stark antimikrobiell. Extrakte aus Thymian hemmen, bedingt durch die antioxidative Wirkungen der Rosmarinsäure, des ätherischen Öls, der Flavonoide und anderer Komponenten das Ranzigwerden von Fetten und fettigen Fleischprodukten [Teuscher 2017]. Thymianöl wird eingesetzt zum Aromatisieren von Lebensmitteln [Teuscher 2017]. Als Fungistatikum zum Schutz vor Pilzbefall z.B. von Mais oder Linsensamen [Teuscher 2017]. Das Thymiankraut mit seinen Ölinhaltsstoffen eignet sich auch sehr gut als Darreichungsform für spezielle alkohol- und zuckerfreie Säfte und Sirupe [Mielke und Schöber-Butin 2007].

- Wildrosen (*Rosa canina* L., *R. damascene* Mill., *R. rubiginosa* L.)

Einsatz erfolgt als Geschmackskorrigens [Diener 1990].

- Ysop (*Hyssopus officinalis* L.)

Einsatz erfolgt als Geschmackskorrigens [Hiller und Melzig 1999].



## Anlage 6: Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen in Haushaltsprodukten

In der recherchierten Literatur waren für die aufgeführten Arznei- und Gewürzdrogen folgende belegte Einsatzmöglichkeiten in Haushaltsprodukten zu finden:

- Ackerschachtelhalm (*Equisetum arvense* L.)  
Wurde früher zum Putzen des Zinngeschirres genutzt [Ennet und Reuter 2004].
- Bohnenkraut (*Satureja hortensis* L.)  
Zur Parfümierung von Seifen und Waschmitteln [Hiller und Melzig 2000].
- Koriander (*Coriandrum sativum* L.)  
Das fette Öl (Petroselinensäure) dient als Synthesegrundstoff für die Adipinsäure (Faserproduktion) [Thomann und Bauermann 1993].
- Kümmel (*Carum carvi* L.)  
Fettes Öl dient als Waschmittel (Seifengrundstoff) [Thomann und Bauermann 1993].
- Lein (*Linum usitatissimum* L.)  
Anwendung für technische Zwecke wie Linoleum [Dachler und Pelzmann 1999].
- Rainfarn (*Tanacetum vulgare* L.)  
Rainfarndroge wird in Form von Mottensäckchen zum Fernhalten von Motten aus Wäsche und Kleidern verwendet [Teuscher 2017].
- Sauerampfer (*Rumex acetosa* L.)  
Wurde früher als Fleckentferner eingesetzt (Tinte, Schimmel) [Mielke und Schöber-Butin 2007].
- Seifenkraut (*Saponaria officinalis* L.)  
Technisch wurde die Seifenwurzel als Waschmittel gebraucht. Sie wird Fleckenwässern und sonstigen Reinigungsmitteln wegen ihrer stark schäumenden Wirkung zugesetzt [Dörfler und Roselt 1989, Hiller und Melzig 2000].
- Sumpfschachtelhalm (*Equisetum palustre* L.)  
Wurde wegen seines hohen Gehaltes an Kieselsäure zum Reinigen von Zinngefäßen, Möbeln und Parkettfußböden verwendet [Hiller und Melzig 1999].

## Anlage 7: Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen in Kosmetika

In der recherchierten Literatur waren für die aufgeführten Arznei- und Gewürzdrogen folgende belegte Einsatzmöglichkeiten für natürliche Kosmetika zu finden:

- Ackerschachtelhalm (*Equisetum arvense* L.)

Einsatz der Droge bei rissigen Fingernägeln und Haarausfall [Hiller und Melzig 1999]. Aufgrund des hohen Gehalts an Kieselsäure ist es in vielen Produkten zur Haut- und Haarpflege zu finden [Blaschek 2016].

- Alant (*Inula helenium* L.)

Auszüge von Alantwurzeln werden z.B. zur Kräftigung der Haarstruktur empfohlen und aus Alantwurzeln lässt sich auch ein Badezusatz herstellen [Mielke und Schöber-Butin 2007].

- Anis (*Pimpinella anisum* L.)

Ätherisches Anisöl dient als Geruchskomponente von Zahnpasten, Mundwässern, Seifen, Parfüms, Cremes und Lotionen [Teuscher 2017]. Anisfrüchte werden auch als Duftträger z.B. bei der Herstellung von Zahnpasta und Mundwässern eingesetzt [Mielke und Schöber-Butin 2007].

- Angelika (*Angelica archangelica* L.)

Ätherisches Angelikaöl aus der Wurzel dient als Bestandteil von Parfüms, Seifen, Lotionen und Cremes [Teuscher 2017]. Als Duftstoff für Parfüms und Seifen [Hiller und Melzig 1999; Mielke und Schöber-Butin 2007]. Einsatz als Badezusatz [Diener 1990] und in Mundwässern [Hiller und Melzig 1999].

- Basilikum (*Ocimum basilicum* L.)

Ätherisches Basilikumöl wird für die Parfümherstellung genutzt [Teuscher 2017]. Es findet Anwendung bei der Herstellung von geruchsbindenden Mundwässern und Parfüms [Mielke und Schöber-Butin 2007].

- Baldrian (*Valeriana officinalis* L.)

Die Wurzel wurde für die Badesalzgewinnung eingesetzt [Diener 1990].

- Beifuß (*Artemisia vulgaris* L.)

Das aus der Droge gewonnene ätherische Öl wird für die Parfümherstellung genutzt [Teuscher 2017].

- Bohnenkraut (*Satureja hortensis* L.)

Parfümierung von Cremes, Seifen, Badezusätzen und Lotionen sowie als Aromakomponente in Parfüms [Hiller und Melzig 2000, Milke und Schöber-Butin 2007, Teuscher 2017].

- Borretsch (*Borago officinalis* L.)

Borretschsaft wird zur Reinigung schlecht durchbluteter Haut empfohlen [Ennet und Reuter 2004, Mielke und Schöber-Butin 2007].

- Brennessel (*Urtica dioica* L. und *Urtica urens* L.)  
Blätter zum Desodorieren, zur Durchblutungsförderung des Haarbodens sowie als Färbemittel bei Seifen und Zahnpasten [Dachler und Pelzmann 1999]. Einsatz in Haarwässern [Dörfler und Roselt 1989]. Pflege der Kopfhaut und Haare [Blaschek 2016].
- Ehrenpreiskraut (*Veronica officinalis* L.)  
Äußerlich gegen Hautunreinheiten [Blaschek 2016].
- Eibisch (*Althaea officinalis* L.)  
Wird zu Pflegemitteln (Seifenzusatz) und Cremes verarbeitet [Mielke und Schöber-Butin 2007].
- Eisenkraut (*Verbena officinalis* L.)  
Einsatz in Seife, Haarwässern und als Badezusatz [Merz 2013]. Einsatz gegen Haarausfall [Ennet und Reuter 2004].
- Estragon (*Artemisia dracuncululus* L.)  
Das ätherische Öl findet in der Parfümherstellung Verwendung [Mielke und Schöber-Butin 2007, Teuscher 2017].
- Fenchel (*Foeniculum vulgare* Mill.)  
Das ätherische Öl wird zur Aromatisierung von Mundpflegemitteln sowie gelegentlich für die Parfümherstellung genutzt [Teuscher 2017]. Das Chlorophyll der Blätter wird auch zum Färben von Kosmetika eingesetzt [Teuscher 2017].
- Gewürzpaprika (*Capsicum annum* L. var. *annuum*)  
Capsaicin ist auch Bestandteil von Haarwässern. Capsanthin und Capsorubin sind zum Färben von Kosmetika zugelassen [Teuscher 2017].
- Große Klette (*Arctium lappa* L.)  
Wird als Haarwuchsmittel eingesetzt [Frohne 2002].
- Großer Wiesenknopf (*Sanguisorba officinalis* L.)  
Extrakte als Hautpflegemittel [Hiller und Melzig 2000].
- Hopfen (*Humulus lupulus* L.)  
Hopfenextrakt wird wegen seiner postulierten hautstraffenden Wirkung für Hautkosmetika und Badepräparate verwendet. Auch bei der Parfümherstellung finden seine Aromastoffe Einsatz [Teuscher 2017].
- Johanniskraut (*Hypericum perforatum* L.)  
Johanniskrautöl wird für Schönheitsmilch, Badezusätze sowie für erfrischende Kompressen verwendet [Mielke und Schöber-Butin 2007].
- Kamille (*Matricaria chamomilla* L.)  
Einsatz in Hautsalben, Zahnpasten [Dachler und Pelzmann 1999]. Kamillenextrakte werden zur Haut- und Gesichtspflege, zur Herstellung von Cremes, Haarwasser, Parfüms und Kräuterkissen verwendet [Mielke und Schöber-Butin 2007]. Einsatz in

Cremes, Badezusätzen, Babytüchern, zur Lippenpflege und in Shampoos [Merz 2013].

- Kapuzinerkresse (*Tropaeolum majus* L.)  
Presssaft gegen Infektionen der Kopfhaut und gegen Haarausfall [Bäumler 2007, Mielke und Schöber-Butin 2007].
- Kerbel (*Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm.)  
Dient zur Herstellung von reinigendem Gesichtswasser [Mielke und Schöber-Butin 2007].
- Koriander (*Coriandrum sativum* L.)  
Ätherisches Öl wird für die Parfümherstellung genutzt [Ennet und Reuter 2004].
- Kornblume (*Centaurea cyanus* L.)  
Einsatz als Haarkosmetikum [Dachler und Pelzmann 1999].
- Krauseminze (*Mentha spicata* L. var. *crispa* Benth.)  
Das ätherische Öl wird in großem Umfang zum Aromatisieren von Mundwässern und Zahnpasten verwendet [Teuscher 2017].
- Kümmel (*Carum carvi* L.)  
Ätherisches Öl ist in Cremes, Parfüms, Seifen und Rasierwasser enthalten [Dachler und Pelzmann 1999, Mielke und Schöber-Butin 2007].
- Lavendel (*Lavandula angustifolia* L.)  
Einsatz in Parfüms [Diener 1990, Ennet und Reuter 2004; Mielke und Schöber-Butin 2007]. Getrocknete Lavendelblüten werden als Badezusatz genutzt [Heeger 1956, Dörfler und Roselt 1989, Mielke und Schöber-Butin 2007]. Einsatz in Seife, Fußbad, Duschgel [Diener 1990, Merz 2013]. Zur Aromatisierung kosmetischer Produkte [Hiller und Melzig 2000].
- Lein (*Linum usitatissimum* L.)  
Einsatz des Leinöls für die Herstellung von Seifen [Diener 1990, Hiller und Melzig 2000].
- Löffelkraut (*Cochlearia officinalis* L.)  
Kosmetikum zum Einreiben der Kopfhaut [Mielke und Schöber-Butin 2007].
- Mädesüß (*Filipendula vulgaris* L.)  
Mädesüßknospen dienen als Rohstoff für die Parfümherstellung, geeignet für Kräuterbäder [Mielke und Schöber-Butin 2007].
- Majoran (*Origanum majorana* L.)  
Wird als Duftstoff für Seifen und Mundwässer sowie als muskelentspannender Badezusatz verwendet [Mielke und Schöber-Butin 2007].

- Meerrettich (*Armoracia rusticana* Gottfr. Gärtner., B. Mey. et Scherb.)  
Kosmetikum zur Beseitigung von Sommersprossen und Leberflecken [Mielke und Schöber-Butin 2007]. Mit Honig zerstoßener Meerrettich diente als Haarwuchsmittel [Ennet und Reuter 2004].
- Melisse (*Melissa officinalis* L.)  
Das ätherische Öl wird für die Parfümherstellung genutzt [Teuscher 2017]. Das ätherische Öl wird in Cremes und Gelen verarbeitet. Melissenkompressen mit milder Wirkung werden bei fettiger Haut eingesetzt; sie beleben und straffen die Haut. Melissenblätter werden als Zusatz für entspannende Bäder verwendet [Heeger 1956, Mielke und Schöber-Butin 2007].
- Muskatellersalbei (*Salvia sclarea* L.)  
Wird hauptsächlich zur Parfümherstellung genutzt [Heeger 1956].
- Oregano (*Origanum vulgare* L.)  
Einsatz in Haarwässern gegen Schuppen, und als Badezusatz [Schöber-Butin 2007]. Extrakte werden wegen der antioxidativen und antibakteriellen Wirkung in der Kosmetikindustrie auch als Konservierungsmittel genutzt [Teuscher 2017]. Ätherisches Öl bzw. die Oleoresine werden für die Parfümherstellung genutzt [Diener 1990, Dachler und Pelzmann 1999, Teuscher 2017].
- Petersilie (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nyman ex A. W. Hill)  
Das ätherische Öl wird für die Parfümherstellung genutzt [Teuscher 2017]. Es ist Bestandteil von Gesichtswässern gegen unreine Haut, gegen Akne und Sommersprossen [Mielke und Schöber-Butin 2007].
- Pfefferminze (*Mentha x piperita* L.)  
Das ätherische Öl wirkt in Bädern erfrischend und in Gesichtsdampfbädern gegen unreine Haut [Mielke und Schöber-Butin 2007]. Haarwuchsfördernde Wirkung durch 3%ige Lösung von Pfefferminzöl [Teuscher 2017]. Pfefferminzöl und Menthol Einsatz in Zahnpasten, Mundwässern, Rasierwässern, Bodylotionen [Diener 1990, Dachler und Pelzmann 1999, Mielke und Schöber-Butin 2007, Merz 2013, Teuscher 2017].
- Ringelblume (*Calendula officinalis* L.)  
Blüten werden als Zusatzstoff in Cremes verwendet. Sie befinden sich in Seifen, Shampoos, Badeölen, und Sonnenschutzölen [Mielke und Schöber-Butin 2007]. Zum Tönen von Haaren werden die Blütenblätter der Ringelblume verwendet [Mielke und Schöber-Butin 2007].
- Römische Kamille (*Chamaemelum nobile* (L.) All.)  
Dient als Grundlage für Haarwaschmittel [Frohne 2002].
- Rosmarin (*Rosmarinus officinalis* L.)  
Rosmarinextrakt oder Rosmarinöl ist Bestandteil von Haarwässern und dient als Badezusatz, zur Aromatisierung von Seifen, Kölnisch Wasser und Hautölen, Einsatz in Shampoos, Parfüms [Mielke und Schöber-Butin 2007, Merz 2013, Teuscher 2017].

- Salbei (*Salvia officinalis* L.)

Salbeiöl wird für die Parfümherstellung genutzt. Salbeiextrakte werden als Anti-transpiranzen, für Badepräparate, Mundspülungen und als Gurgelwässer empfohlen [Diener 1990, Merz 2013, Teuscher 2017]. Einsatz in Raumsprays [Hiller und Melzig 2000].

- Sanddorn (*Hippophae rhamnoides* L.)

Sanddornsafte wird für Zahncremes verwendet. Das aus den Kernen gewonnene Öl ist für die Herstellung von Cremes, Rouge und Lippenstiften geeignet [Mielke und Schöber-Butin 2007, Rocksch 2011].

- Schafgarbe (*Achillea millefolium* L.)

Ätherische Öle werden in Shampoos, Salben, als Badezusatz und in Parfümen eingesetzt [Dachler und Pelzmann 1999, Mielke und Schöber-Butin 2007].

- Schwarzkümmel (*Nigella sativa* L.)

Als Bestandteil von Zahnprothesen-Reiniger haben sich Extrakte aus der Droge bewährt [Teuscher 2017].

- Seifenkraut (*Saponaria officinalis* L.)

Zusatz zu Zahnpasten und -pulvern [Heeger 1956].

- Thymian (*Thymus vulgaris* L.)

Zum Parfümieren von Seifen und Badepräparaten sowie als Bestandteil von Kölnisch Wasser, Mundpflegemitteln, Deodoranzen und Haarwässern (Antischuppenhaarwässern) [Heeger 1956, Dörfler und Roselt 1989, Hiller und Melzig 2000, Mielke und Schöber-Butin 2007, Merz 2013, Teuscher 2017].

- Wermut (*Artemisia absinthium* L.)

Das ätherische Öl wird für die Parfümherstellung genutzt [Mielke und Schöber-Butin 2007].

- Ysop (*Hyssopus officinalis* L.)

Das ätherische Öl wird für die Parfümherstellung genutzt [Dachler und Pelzmann 1999, Teuscher 2017].

## Anlage 8: Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen in Nahrungsergänzungsmitteln

In der recherchierten Literatur waren für die aufgeführten Arznei- und Gewürzdrogen folgende belegte Einsatzmöglichkeiten für Nahrungsergänzungsmittel zu finden:

- Sanddorn (*Hippophae rhamnoides* L.)

Nahrungsergänzungsmittel werden auf der Basis getrockneter Fruchtpulver angeboten [Rocksch 2011].

- Schwarzkümmel (*Nigella sativa* L.)

Ist zur Herstellung von Nahrungsergänzungsmitteln geeignet [Hiller und Melzig 2000].

- Thymian (*Thymus vulgaris* L.)

Thymianöl wird zum Aromatisieren von Nahrungsergänzungsmitteln eingesetzt [Teuscher 2017].

## Anlage 9: Nutzung von Arznei- und Gewürzdrogen als natürliche Farbstoffe

In der recherchierten Literatur waren für die aufgeführten Arznei- und Gewürzdrogen folgende belegte Einsatzmöglichkeiten als Pflanzenfarbstoffe zu finden:

- Berberitze (*Berberis vulgaris* L.)

Die Droge kann zum Färben von Wolle, Seide, Baumwolle, Holz und Leder eingesetzt werden [Hiller und Melzig 1999].

- Eibisch (*Althaea officinalis* L.)

Aus Ölen der Eibischsamen lassen sich Farben und Lacke gewinnen [Mielke und Schöber-Butin 2007].

- Färberwaid (*Isatis tinctoria* L.)

Wurde früher als Farbstoffpflanze kultiviert [Hiller und Melzig 1999].

- Färber-Wau (*Reseda luteola* L.)

Das enthaltene Lutein ergibt eine intensiv gelbe Farbe und vermag blaue Stoffe grün zu färben. Zum lichtechem Färben von Wolle und Seide [Hiller und Melzig 2000].

- Fenchel (*Foeniculum vulgare* Mill.)

Das Chlorophyll der Blätter wird zum Färben von Textilien eingesetzt [Teuscher 2017].

- Frauenmantel (*Alchemilla vulgaris* L.)

Dient als Rohstoff zur Farbsudherstellung. Baumwolle und Wolle lassen sich damit braun färben [Mielke und Schöber-Butin 2007].

- Herzgespann (*Leonurus cardiaca* L.)

Aus den Blättern lässt sich ein olivgrüner Farbstoff herstellen [Mielke und Schöber-Butin 2007].

- Johanniskraut (*Hypericum perforatum* L.)

Liefert verschiedene Naturfarbstoffe (gelbe, rote, braune und lila Farben) [Mielke und Schöber-Butin 2007].

- Kamille (*Matricaria chamomilla* L.)

Kamillenblüten dienen als Rohstoff zur Herstellung von gelblichen Farbtönen [Mielke und Schöber-Butin 2007].

- Kapuzinerkresse (*Tropaeolum majus* L.)

Fettsäuren aus dem Samenöl der Kapuzinerkresse werden zur Lack- und Farbherstellung genutzt [Mielke und Schöber-Butin 2007].

- Krapp (*Rubia tinctorium* L.)

Früher Einsatz als Farbstoff [Heeger 1956]. Ausgangspunkt für die Herstellung von Farben, Lacken und Beizen; auch zur Teppichfärberei [Hiller und Melzig 2000].



- Lein (*Linum usitatissimum* L.)  
Einsatz für technische Zwecke wie Lacke, Farben, Firnis [Diener 1990, Dachler und Pelzmann 1999, Hiller und Melzig 2000].
- Mädesüß (*Filipendula vulgaris* L.)  
Aus dem Kraut kann ein gelber Farbstoff und aus den Wurzeln ein schwarzer Farbstoff hergestellt werden [Mielke und Schöber-Butin 2007].
- Meerrettich (*Armoracia rusticana* Gottfr. Gärtner, B. Mey. et Scherb.)  
Getrocknete Blätter liefern einen gelben Farbstoff [Mielke und Schöber-Butin 2007].
- Oregano (*Origanum vulgare* L.)  
Die Krautdroge enthält braunfärbende Inhaltsstoffe (Kampferolglykoside) zur Farbstoffgewinnung. Extrakte aus Oregano werden zum Braun- oder Rotfärben von Naturfasern und Wolle eingesetzt [Mielke und Schöber-Butin 2007, Teuscher 2017].
- Rainfarn (*Tanacetum vulgare* L.)  
Färbende Inhaltsstoffe sind Luteolin, Quercetin und Isorhamnetin, die sich zur Gelbfärbung von Naturfasern eignen [Mielke und Schöber-Butin 2007, Teuscher 2017].
- Ringelblume (*Calendula officinalis* L.)  
Die Blütenblätter der Ringelblume werden zum Färben von Textilien verwendet [Mielke und Schöber-Butin 2007].
- Sanddorn (*Hippophae rhamnoides* L.)  
Aus Zweigen, Blättern und Wurzeln lassen sich braune und gelbe Farbstoffe herstellen [Mielke und Schöber-Butin 2007].
- Schafgarbe (*Achillea millefolium* L.)  
Einsatz für die Gelbfärbung von Wolle [Mielke und Schöber-Butin 2007].
- Schöllkraut (*Chelidonium majus* L.)  
Alle Teile dieser Pflanze liefern einen Farbstoff, mit dem Wolle und Baumwolle braun gefärbt werden kann [Mielke und Schöber-Butin 2007].
- Spitzwegerich (*Plantago lanceolata* L.)  
Liefert für die Färbung von Textilien einen goldbraunen Farbstoff [Mielke und Schöber-Butin 2007].
- Weinraute (*Ruta graveolens* L.)  
Aus dem Kraut lässt sich ein roter Farbstoff extrahieren [Mielke und Schöber-Butin 2007].

## Anlage 10: Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen als natürliche Fungizide und Insektizide

In der recherchierten Literatur waren für die aufgeführten Arznei- und Gewürzdrogen folgende belegte Einsatzmöglichkeiten als natürliche Insektizide und Fungizide zu finden:

- Anis (*Pimpinella anisum* L.)

Anisöl und wässrige oder methanolische Extrakte aus der Droge wirken antibakteriell und antifungal. Auch das Wachstum vieler Hefen wurde gehemmt [Teuscher 2017]. Die insektizide und insektenabweisende Wirkung von Anisöl und *trans*-Anethol wurde nachgewiesen. *p*-Anisaldehyd hat einen guten askariziden Effekt, getestet an Hausstaubmilbe *Dermatophagoides pteronyssinus* [Hiller und Melzig 2000, Teuscher 2017]. Darüber hinaus wird das ätherische Öl mit seinen Komponenten Anethol und Anisaldehyd zur Bekämpfung von Ungeziefer wie Kleiderläusen, Milben, Motten u.a. eingesetzt [Mielke und Schöber-Butin 2007]. Ätherisches Öl wurde früher gegen Kopfläuse und Krätzmilben eingesetzt [Dörfler und Roselt 1989, Hiller und Melzig 2000].

- Basilikum (*Ocimum basilicum* L.)

Das ätherische Basilikumöl oder Extrakte aus den Pflanzen wirken antimikrobiell, antifungal, virostatisch, anthelmintisch und insektizid. Die insektizide Wirkung des ätherischen Basilikumöls erstreckt sich u.a. auf die Larven zahlreicher Stechmücken [Teuscher 2017]. Auf den Schwammspinner *Lymantria dispar* (Schmetterling, gefährlicher Obstbaum- und Eichenschädling) und die Gemeine Stechmücke, *Culex pipiens*, wirken das ätherische Öl bzw. Petroletherextrakte zurückweisend. Auch der Gemeine Holzbock (*Ixodes ricinus*) wurde zurückgewiesen. Für die Larven der Stubenfliege, *Musca domestica*, waren die Dämpfe von Basilikumöl stark toxisch [Teuscher 2017].

- Beifuß (*Artemisia vulgaris* L.)

Das ätherische Öl ist ein Repellent gegen Fliegen und Mücken [Bäumler 2007]. Ethanolische Beifußextrakte und das ätherische Öl haben akarizide und insektizide Effekte [Teuscher 2017].

- Beinwell (*Symphytum officinale* L.)

Verfügt über antimikrobielle Eigenschaften [Bäumler 2007].

- Brennnessel (*Urtica dioica* L. und *Urtica urens* L.)

Brennnesselansätze werden im biologischen Anbau als Pflanzenschutzmittel verwendet [Dachler und Pelzmann 1999].

- Balsamkraut (*Chrysanthemum balsamita* L.)

Geeignet zur Insektenbekämpfung [Hiller und Melzig 1999].

- Dill (*Anethum graveolens* L.)

Das ätherische Öl oder Extrakte sind zusammen mit Pyrethrinen zur Bekämpfung des Kartoffelkäfers (*Leptinotarsa decemlineata*) geeignet [Teuscher 2017].

- Enzian (*Gentiana lutea* L.)  
Besitzt fungistatische Wirkung [Bäumler 2007].
- Fenchel (*Foeniculum vulgare* Mill.)  
Fenchelöl war in der Lage, die Larven der Stechmücke *Aedes aegypti* abzutöten. Adulte Tiere wurden abgewiesen [Teuscher 2017]. Fenchelöl tötet mit einer LD<sub>50</sub> Hausstaubmilben [Teuscher 2017]. Die nematizide Wirkung wird vorwiegend durch trans-Anethol ausgelöst [Teuscher 2017].
- Insektenpulverpflanze (*Chrysanthemum cinerariifolium* (Trv.) Vis.)  
Früher wichtiges Insektenvertilgungsmittel [Heeger 1956].
- Koriander (*Coriandrum sativum* L.)  
Wässrige und wässrig-ethanolische Extrakte aus Korianderfrüchten hatten in vitro gute Wirkung auf die Verhinderung der Schlupfrate und auf das Überleben von Nematoden (*Haemonchus contortus*) [Teuscher 2017]. Die insektizide Wirkung wurde durch die Abtötung der Larven der Stechmücke *Aedes aegypti* und *Aedes albopictus* belegt [Teuscher 2017].
- Kümmel (*Carum carvi* L.)  
Kümmelöl wirkte insektizid. Auf die Deutsche Küchenschabe (*Blatella germanica*) wirkten Komponenten des ätherischen Öls des Kümmels als Dämpfe, besonders Carveol, *trans*-Dihydrocarvon und  $\gamma$ -Terpinen und bei Kontakt, besonders Carvon, abtötend [Teuscher 2017]. Die molluskizide Wirkung wurde mithilfe von *Lymnea acuminata*, einer Schlammschnecken-Art nachgewiesen. Mithilfe der Dämpfe lässt sich auch *Camptomyia corticalis*, die Gallmücke, ein Schädling von Kulturpflanzen bekämpfen [Teuscher 2017].
- Lavendel (*Lavandula angustifolia* L.)  
Das ätherische Öl des Lavendels vertreibt auch Schadinsekten in Gärten; schützt Pflanzen vor Blattläusen und Mehltau [Mielke und Schöber-Butin 2007]. Seit Jahrhunderten dienen getrocknete Lavendelblüten in Duftkissen als Mittel gegen Kleidermotten [Mielke und Schöber-Butin 2007].
- Majoran (*Origanum majorana* L.)  
Ätherisches Majoranöl wirkt antimikrobiell und fungistatisch. Die fungistatische Wirkung wurde u.a. mit *Fusarium solani* und *Aspergillus*-Arten nachgewiesen [Teuscher 2017]. Dämpfe von Majoranöl und einige seiner Komponenten waren für die Deutsche Hausschabe (*Blatella germanica*) und die Mehlmotte (*Ephesia kuehniella*) toxisch [Teuscher 2017]. Extrakte aus Majoran hemmten das Wachstum der Larven der Stechmücke *Culex pipiens* [Teuscher 2017]. Auch zur Bekämpfung von Kopfläusen (*Pediculus humanus capitis*) sind Majoranöl und einige seiner Komponenten in Form von Dämpfen und als Kontaktgift geeignet [Teuscher 2017]. Auf Zecken (*Ixodes ricinus*) üben Majoranöldämpfe Repellentwirkung aus [Teuscher 2017]. Das gelbgrünliche ätherische Majoranöl hat eine bakteriostatische und fungizide Wirkung [Dachler und Pelzmann 1999].
- Meerrettich (*Armoracia rusticana* Gottfr. Gärt., B. Mey. et Scherb.)

Die nach dem Zerkleinern der Droge gebildeten flüchtigen Verbindungen sind antimikrobiell wirksam [Teuscher 2017]. Von 70 getesteten ätherischen Ölen erwies sich Meerrettichöl als bestes Fungizid. Seine Dämpfe töteten *Ascophaera apis*, den Erreger der Kalkbrut der Bienen. Der Pilz befällt Bienenlarven, tötet sie, wobei verkalkt aussehende Mumien entstehen [Teuscher 2017]. Die insektizide Wirkung der Dämpfe der Isothiocyanate wurde mithilfe der Imagines von einigen Vorratsschädlingen, z.B. der Bücherlaus (*Licopscelis entomophila*) nachgewiesen [Teuscher 2017]. Akarizide Wirkung von ätherischem Meerrettichöl sowie natürlichen und synthetischen Isothiocyanaten auf die Hausstaubmilbe *Dermatophagoides farinae* wurde mit den bekannten Akariziden Benzylbenzoat und Dibutylphthalat verglichen. Alle Verbindungen waren in der Dampfphase und als Kontaktgifte wirksamer als die konventionellen Akarizide. Die nematizide Wirkung methanolisch-wässriger Meerrettichextrakte wurde an der Baumwollgallenwurzel nematode (*Meloidogyne incognita*) nachgewiesen [Teuscher 2017].

- Melisse (*Melissa officinalis* L.)

Melissenöl zeigte eine gute antibakterielle Wirkung auf grampositive Bakterien und gegen Hefen [Teuscher 2017]. Antivirale Hemmung gerichtet gegen Vogelgrippeviren besitzt Melissenöl. Der antivirale Effekt soll auf Hemmung der Virusadsorption und -penetration beruhen und somit verhindern, dass die Viren in die Zelle eindringen [Teuscher 2017].

- Petersilie (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nyman ex A. W. Hill)

Als akarizides Agens wurde aus Petersilienextrakten Apiol isoliert, es wirkt gegen *Dermatophagoides farinae* (eine Hausstaubmilbe) [Teuscher 2017]. Methanolische Extrakte und das ätherische Öl aus dem Kraut sind aufgrund ihres Gehaltes an Furanocumarinen in der Lage Nematoden der Gattung *Meloidogyne*, Wurzelgallennematoden, abzutöten. Diese Nematoden sind gefährliche Schädlinge vieler Nutzpflanzen [Teuscher 2017]. Ätherisches Petersilienfruchtöl tötet die Larven von *Pseudaletia unipuncta*, des Heerwurms (Lepidoptera), eines Schmetterlings. Die Larven sind als Maisschädlinge bekannt [Teuscher 2017]. Früher wurden die zerstoßenen Früchte gegen Kopfläuse und Kratzmilben eingesetzt [Dörfler und Roselt 1989].

- Pfefferminze (*Mentha x piperita* L.)

Emulsionen des Pfefferminzöls besitzen zurückweisende und insektizide Wirkung für die Hausfliege (*Musca domestica*). Durch Besprühen von mit der Weinschmierlaus *Planococcus ficus* besiedelten Weinblättern in Petrischalen mit wässrigen Lösungen von Pfefferminzöl wurde dieser weltweit in Weinbergen verbreitete Schädling abgetötet [Teuscher 2017].

- Rainfarn (*Tanacetum vulgare* L.)

Getrockneter Rainfarn wird in Form von Mottensäckchen zum Fernhalten von Motten aus Wäsche und Kleidern verwendet [Teuscher 2017]. Rainfarn oder Rainfarnöl wirken als Insektizid und Repellent für verschiedene Insekten, u. a. für Kartoffelkäfer [Teuscher 2017]. Das ätherische Öl enthält das insektizide Nervengift Thujon, mit dem Läuse und andere Insekten bekämpft werden können [Mielke und Schöber-Butin 2007]. Einsatz Extrakt als Insektizid gegen den Apfelwickler (*Cydia pomonella*) [Berghold, Wagner, Thaller und Hadacek 2010].

- Rosmarin (*Rosmarinus officinalis* L.)

Rosmarinextrakte haben auf Grund der als Wasserstoffdonatoren und Radikalfänger fungierenden Diterpenphenole, Hydroxycimtsäurederivate und Flavonoide starken antioxidativen Effekt. Methanolische Extrakte besitzen ein großes gegen niedere Pilze, z.B. *Candida albicans*, gerichtetes Potenzial [Teuscher 2017]. Rosmarinöl ist in der Lage Stechmücken zurückzuweisen und ihre Larven abzutöten [Teuscher 2017].

- Salbei (*Salvia officinalis* L.)

Extrakte aus der Droge und das ätherische Öl wirken antimikrobiell. Salbeiöl (125 ppm) tötet die Larven verschiedener Stechmückenarten [Teuscher 2017].

- Schwarzkümmel (*Nigella sativa* L.)

Die Larven zahlreicher Stechmücken-Arten wurden durch das ätherische Öl der Samen abgetötet [Teuscher 2017].

- Thymian (*Thymus vulgaris* L.)

Thymianextrakte, Thymianöl und Thymol wirken stark antimikrobiell [Teuscher 2017].

- Weinraute (*Ruta graveolens* L.)

Der Geruch des ätherischen Öls ist Katzen und Ratten zuwider. Getrocknetes Kraut wehrt Motten ab [Mielke und Schöber-Butin 2007].

- Wermut (*Artemisia absinthium* L.)

Mit dem Wermutkraut ist es möglich, Motten, Wanzen u.a. zu vertreiben [Dörfler und Roselt 1989, Mielke und Schöber-Butin 2007].

- Ysop (*Hyssopus officinalis* L.)

Das stark aromatische Ysopkraut vertreibt Raupen, Läuse, Thripse und Schnecken [Mielke und Schöber-Butin 2007].

## Anlage 11: Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen als natürliche Vorratsschutzmittel

In der recherchierten Literatur waren für die aufgeführten Arznei- und Gewürzdrogen folgende belegte Einsatzmöglichkeiten als natürliche Vorratsschutzmittel zu finden:

- Angelika (*Angelica archangelica* L.)

Das Extrakt aus der Angelikawurzel wirkt als Antifeedant gegen Insekten [Thomann und Bauermann 1993].

- Basilikum (*Ocimum basilicum* L.)

Die Dämpfe des ätherischen Basilikumöls sind zur Bekämpfung des Vorratsschädling Gefleckter Samenkäfer (*Callosobruchus masculatus*) geeignet [Teuscher 2017]. In den verwendeten Dosen sind sie ein untoxisches Mittel zur Vermeidung von Insektenfraß, z.B. bei der Lagerung von Bohnen und zur Vermeidung von Pilzbefall, z.B. von gelagertem Mais [Teuscher 2017]. Das ätherische Öl des Basilikums wirkt als Repellent gegen Insekten [Thomann und Bauermann 1993].

- Dill (*Anethum graveolens* L.)

Begasungen mit Dillöl sind gut geeignet zur Bekämpfung von Lagerschädlingen bei Mais [Teuscher 2017]. Extrakt aus Dillsamen wirkt als Repellent gegen Insekten [Thomann und Bauermann 1993].

- Gewürzpaprika (*Capsicum annum* L. var. *annuum*)

Extrakt aus Capsaicin wirkt als Antifeedant gegen Nagetiere [Thomann und Bauermann 1993].

- Kümmel (*Carum carvi* L.)

Carvon als Hauptbestandteil des ätherischen Öls dient als Mittel zur Keimhemmung bei Kartoffeln in der Kartoffellagerung [Hartmann, Diepenhorst und Vosterhaven 1993, Dachler und Pelzmann 1999, Mielke und Schöber-Butin 2007].

- Majoran (*Origanum majorana* L.)

Dämpfe von Majoranöl und einiger seiner Komponenten waren für die Deutsche Hausschabe (*Blatella germanica*) und die Mehlmotte (*Ephestia kuehniella*) toxisch [Teuscher 2017].

- Thymian (*Thymus vulgaris* L.)

Thymianextrakte, Thymianöl und Thymol dienen auch als Fungistatikum zum Schutz vor Pilzbefall, z.B. von Mais oder Linsensamen [Teuscher 2017].

## Anlage 12: Einsatz von Arznei- und Gewürzdrogen als phyto gene Futterzusätze

In der recherchierten Literatur waren für die aufgeführten Arznei- und Gewürzdrogen folgende belegte Einsatzmöglichkeiten als phyto gene Futterzusätze zu finden:

- Oregano (*Origanum vulgare* L.)

Bei Verfütterung von getrocknetem Kraut und ätherischem Öl an Schweine kam es u. a. zur Verringerung der Sterberate der Tiere und zur Zunahme der Rate geborener gesunder Ferkel [Teuscher 2017].

- Studentenblume (*Tagetes patula* L.)

Verwendung als Farbzusatz bei Futtermitteln für Hühner (Eigelb) [Dachler und Pelzmann 1999].

- Thymian (*Thymus vulgaris* L.)

Kann auch als antibiotischer Zusatz zum Futter für Ferkel eingesetzt werden [Teuscher 2017].

## Glossar

**abiotisch:** unbelebt

**Aflatoxine:** giftige Stoffwechselprodukte (Cumarinverbindungen mit leberschädigender und krebserregender Wirkung) verschiedener Schimmelpilze

**Agens:** medizinisch wirkendes Mittel, krank machender Faktor

**akarizid:** Milben abtötend

**anthelminthisch:** gegen Eingeweidewürmer wirksam

**Anthocyane:** wasserlösliche Pflanzenfarbstoffe, antioxidativ wirkend

**antiarteriosklerotisch:** Arteriosklerosen vorbeugend

**antibakteriell:** gegen Bakterien wirksam

**antibiotisch:** Wachstum von Mikroorganismen hemmend oder abtötend

**Antifeedant:** Antifraßstoff, hindert Tiere eine Substanz zu fressen

**antifungal:** wirksam gegen Pilze

**antihypercholesterolämisch:** den pathologisch erhöhten Cholesterinspiegel des Blutes senkend

**antikarzinogen:** hemmt die Krebsauslösung

**antimikrobiell:** gegen Mikroorganismen (Bakterien, Pilze) wirkend

**Antioxidanzien:** Oxidationshemmer, leicht oxidierbare Stoffe, die u.a. Lebensmitteln zugesetzt werden. Sie verhindern die Oxidation empfindlicher Moleküle; meistens auch als Radikalfänger wirksam. Antioxidativ wirksame Substanzen kommen in der Nahrung und im menschlichen Organismus vor. Da der Schutz vor der Wirkung der Radikalen lebensnotwendig ist, besitzt der Körper wirksame Abwehr- und Reparaturmechanismen. An diesen Abwehrmechanismen sind u.a. auch Antioxidanzien wie Vitamin A, Vitamin C, Vitamin E und Anthocyane beteiligt.

**antioxidativ:** oxidationshemmend, verzögert u.a. Ranzigwerden; blockiert freie Radikale

**antitumoral:** gegen Tumore wirksam

**antiviral:** verhindert die Vermehrung von Viren

**anxiolytisch:** angstlösend

**Apomixie:** Vermehrung ohne Befruchtung

**bakteriostatisch:** Bakterienwachstum und -vermehrung hemmend

**biogen:** von Lebewesen gebildet (griech.: bios = Leben, genesis = Entstehung)

**carminativ:** gegen Blähungen wirkend

**Emulgator:** Stoff der die Bildung einer Emulsion, d.h. eines Gemenges aus zwei nicht mischbaren Flüssigkeiten wie Öl und Wasser ermöglicht

**Epidemiologie:** Untersuchung der Gesetzmäßigkeiten des zeitlich und örtlich begrenzten Auftretens von Krankheiten



**fungistatisch:** gegen Wachstum und Vermehrung von Pilzen wirksam

**Genotyp:** individuelle genetische Ausstattung eines Organismus

**grampositiv:** Bakterien, die sich im Gram-Färbeverfahren blau färben

**haploid:** nur einen einfachen Chromosomensatz aufweisend

**hepatoprotektiv:** leberschützend

**hybridisieren:** kreuzen, um Hybriden zu züchten

**Hybridisierung:** Kreuzung verschiedener Arten

**Imagino:** ein vollständig ausgebildetes Insekt

**insektizid:** Insekten tötend

**in vitro:** im Glas, Untersuchung von Wirkungen außerhalb eines lebenden Organismus

**Lipide:** Sammelbezeichnung für alle Fette

**Massenspektrometrie:** Verfahren zur Zerlegung eines Isotopengemisches nach sich in der Masse unterscheidenden Bestandteilen und zur Bestimmung der Massen

**multiresistent:** gegenüber einer Vielzahl von Stoffen widerstandsfähig

**Mykotoxine:** giftige Stoffwechselprodukte von niederen Pilzen

**nematozid:** Nematoden abtötend

**Nematoden:** Fadenwürmer (z.B. Spulwurm, Trichine), zumeist relativ kleine, farblose, fädige Würmer, die im feuchten Milieu leben; darunter viele parasitisch lebende Gruppen, darunter einige humanpathogene Arten

**neurotoxisch:** das Nervensystem schädigend

**Olfaktometrie:** Messung der Geruchsempfindlichkeit

**Oleoesine:** färbende oder/und Geschmack gebende Pflanzenextrakte

**Oomyceten:** Ordnung der Algenpilze mit zahlreichen Pflanzenschädlingen

**östrogen:** wie weibliche Sexualhormone wirkend

**parasitisch:** schmarotzend

**pathogen:** krankheitserregend

**Pathognostik:** Erkennung einer Krankheit anhand charakteristischer Symptome

**Penetration:** Durchdringung, Eindringung

**pharmakologisch:** die Wirkung von Arzneistoffen betreffend

**phytogen:** von Pflanzen stammend

**phytopathogen:** pflanzenschädigend

**phytotoxisch:** schädlich für Pflanzen

**Radikale:** sind Atome oder Moleküle mit mindestens einem ungepaarten Elektron; sie können Zellschädigungen hervorrufen

**rekurrent:** wiederholt

**Repellens:** abweisend wirkender Stoff, der geeignet ist, Insekten zu hindern, einen Organismus oder eine Nahrungsquelle aufzusuchen

**repellierend:** abschreckend oder zurückweisend wirkend

**Tensid:** die Oberflächenspannung des Wassers herabsetzender Stoff

**toxisch:** giftig

**Vernalisation:** Auslösen des Schossens und Blühens durch einen Kältereiz

**virostatisch:** Vermehrung von Viren hemmend

**volatil:** flüchtig

## Tabellarischer Lebenslauf

Name: Bernd Hoppe

Geburtsdatum: 07.02.1943  
Geburtsort: Erfurt

Wohnort: Prof.-Oberdorf-Siedlung 16  
06406 Bernburg

Staatsangehörigkeit: deutsch

Familienstand: verheiratet, 2 Kinder

Schulbildung: 1950 - 1960 zehnklassige Polytechnische Oberschule Köthen

Berufsausbildung: 1960 - 1962 Lehre und Abschluss Gärtner LPG "1.Mai" Köthen  
1963 - 1966 Direktstudium Fachschule für Gartenbau Quedlinburg. Abschluss: Diplom-Ingenieur (FH) Gartenbau  
1967 - 1969 Fernstudium Martin-Luther-Universität Halle (zweijähriges Grundlagenstudium)  
1969 - 1971 Fortführung als Direktstudium an der Hochschule für Land- und Nahrungsgüterwirtschaft Bernburg. Abschluss: Diplomagraringenieurökonom. Note: gut  
1997 - 1998 Anpassungsfortbildung Management und Marketing Land- und Ernährungswirtschaft

Berufspraxis: 1962 - 1963 Gärtner in der LPG "1.Mai" Köthen  
1966 - 1969 wissenschaftlich-technischer Assistent am Institut für Gartenbau der Hochschule Bernburg  
1971 - 1974 wissenschaftlicher Mitarbeiter in Lehre und Forschung an der Hochschule für Land- und Nahrungsgüterwirtschaft Bernburg  
1976 - 1989 Leiter der ökonomischen Gruppe der LPG Pflanzenproduktion Bernburg-Nord  
1989 - 1996 Abteilungsleiter Arznei- und Gewürzpflanzenproduktion in der Pflanzenbaugenossenschaft e.G. Bernburg-Nord  
1997 Projektleiter Umwelt und Naturschutz Förderverein Bildung und Arbeit Bernburg (ABM, befristet)  
1998 Projektleiter AGRO-SAT Consulting GmbH Baasdorf (befristet)

1999 - 2007 Projektleiter AGRO-SAT Consulting GmbH  
Baasdorf

Seit 2007 im Ruhestand nach Altersteilzeit.

1998 - 2010 Vorlesung Arznei- und Gewürzpflanzen für  
Studenten Landwirtschaft an der Hochschule Anhalt Bernburg

#### Ehrenamtliche Tätigkeit:

Seit 1990 als Gründungsinitiator Geschäftsführer und Vorstandsmitglied  
Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen SALUPLANTA e.V. Bernburg.  
Mitglieder des Vereins sind Anbauer, Wissenschaftler, Forschungseinrichtungen, Saatgut-, Handels- und Verarbeitungsbetriebe aus  
Deutschland (Baden-Württemberg, Bayern, Berlin, Brandenburg, Hamburg, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen), Iran, Österreich, Russland, Schweiz und Ungarn.

Seit 1991 Initiator, Organisator und Leiter der jährlich stattfindenden  
zweitägigen wissenschaftlichen Tagung „Bernburger Winterseminar für  
Arznei- und Gewürzpflanzen“ mit 200 bis 300 Teilnehmern aus bis zu  
27 Nationen. Es fand 2017 zum 27. Mal statt.

1993 bis 1995 Herausgeber der Fachzeitschrift „Herba Germanica“  
(zugunsten der „Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen“ eingestellt).  
Derzeit Mitglied im wissenschaftlichen Fachbeirat der „Zeitschrift für  
Arznei- und Gewürzpflanzen“.

Seit 2000 Vorsitzender Gemeinnützige Forschungsvereinigung  
Saluplanta (GFS) e.V. Bernburg. Gegenwärtig wird das Handbuch  
Band 3: „Krankheiten und Schädigungen an Arznei- und Gewürz-  
pflanzen“ aktualisiert, da insbesondere in den letzten Jahren viele  
neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Phytopathologie vorliegen.  
In Erarbeitung ist auch ein Ergänzungsband 6 „Arznei- und Gewürz-  
pflanzen A – Z“, in dem in den Bänden 4 und 5 mit 97 Monografien  
nicht erfasste Arten abgehandelt werden.

2005 bis 2013 Initiator, Herausgeber, Koordinator, Gutachter,  
Autor/Mitautor sowie Lektor des Handbuches des Arznei- und  
Gewürzpflanzenbaus. An den 3.584 Seiten der ersten 5 Bände waren  
159 renommierte Autoren aus 8 Nationen beteiligt.

#### Auszeichnungen:

- 2010: Ehrennadel des Landes Sachsen-Anhalt
- 2013: Honorary Associate Professor der Corvinus University Budapest
- 2014: Bundesverdienstkreuz am Bande des Verdienstordens der  
Bundesrepublik Deutschland

Bernd Hoppe  
Prof.-Oberdorf-Siedlung 16  
06406 Bernburg

### ERKLÄRUNG

Ich versichere, dass ich meine Dissertation

„Tendenzen, Probleme und Chancen des Anbaus von  
Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland “

selbstständig ohne unerlaubte Hilfe angefertigt und mich dabei keiner anderen als der von mir ausdrücklich bezeichneten Quellen bedient habe. Alle vollständig oder sinngemäß übernommenen Zitate sind als solche gekennzeichnet.

Die Dissertation wurde in der jetzigen oder einer ähnlichen Form noch bei keiner anderen Hochschule eingereicht und hat noch keinen sonstigen Prüfungszwecken gedient.

Marburg, den 08.12.2017



.....  
(Unterschrift mit Vor- und Zuname)