



Abschlussbericht

Gewinnung ätherischer Öle aus Blatt-, Blüten- und Körnerdrogen einheimischer Produktion

Gefördert von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.

FKZ: 01NR124

Themenblatt-Nr.: 42.14.430

Langtitel: **Gewinnung ätherischer Öle aus Blatt-, Blüten- und Körnerdrogen einheimischer Produktion**

Kurztitel: Ätherische Öle

Projekt: Öl-, Energie- und Industriepflanzen

Projektleiter: Dr. habil. Armin Vetter

Laufzeit: 04/2002 bis 12/2004

Auftraggeber: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.

Namen der Bearbeiter: Dipl. Ing. (FH) Jürgen Lutz
Dipl. Ing. (FH) Christina Warsitzka
Dipl. Ing. agr. Andrea Biertümpfel

Jena, im Juni 2005

(Prof. Dr. Gerhard Breitschuh)
Präsident

(Dr. habil. Armin Vetter)
Projektleiter

Inhalt

	Seite
1 Einleitung	3
2 Material und Methoden	4
2.1 Anbaubedingungen	4
2.2 Agrotechnische Versuche	6
2.3 Ernte und Weiterverarbeitung	9
2.4 Extraktionsversuche	11
2.5 Untersuchungen zur Gewinnung der Rosmarinsäure	14
3 Ergebnisse	16
3.1 Blattdrogen	16
3.1.1 Moldawischer Drachenkopf (<i>Dracocephalum moldavicum</i>)	16
3.1.2 Zitronenmelisse (<i>Melissa officinalis</i>)	19
3.1.3 Pfefferminze (<i>Mentha x piperita</i>)	23
3.1.4 Salbei (<i>Salvia officinalis</i>)	28
3.1.5 Thymian (<i>Thymus vulgaris</i>)	33
3.1.6 Zitronenthymian (<i>Thymus x citriodorus</i>)	39
3.2 Körnerdrogen	40
3.2.1 Anis (<i>Pimpinella anisum</i>)	40
3.2.2 Dill (<i>Anethum graveolens</i>)	42
3.2.3 Fenchel (<i>Foeniculum vulgare</i>)	46
3.2.4 Koriander (<i>Coriandrum sativum</i>)	49
3.2.5 Kümmel (<i>Carum carvi</i>)	52
3.3 Blütendrogen	58
3.3.1 Echte Kamille (<i>Matricaria chamomilla</i>)	58
3.4 Untersuchungen zur Gewinnung der Rosmarinsäure	62
4 Marktumfrage zur Erfassung des Bedarfs an ätherischen Ölen	66
5 Zusammenfassung und Diskussion	67

1 Einleitung

Ätherische Öle werden bereits seit 4.000 bis 5.000 Jahren erzeugt und gehandelt. Heute werden weltweit jährlich ca. 60.000 t mit einem Gesamtwert von ca. 600 Mio € produziert, wobei die Hauptlieferländer China, Indien, Indonesien, Brasilien und Nordafrika sind. Deutschland tritt kaum als Produzent ätherischer Öle auf, ist aber eines der Haupteinfuhrländer.

Eine Studie im Auftrag der Technologieinitiative Thüringen (STIFT), basierend auf einer Umfrage bei wichtigen Bedarfsträgern in Deutschland, hat ergeben, dass ätherischen Ölen einheimischer Produktion aus Gründen der besseren Produktkontrolle der Vorrang gegenüber Importware eingeräumt wird. Insbesondere Kosmetik- und Arzneimittelhersteller scheinen am Aufbau enger Lieferanten-Abnehmer-Beziehungen interessiert zu sein. Ein lückenlos nachweisbares und dokumentiertes Qualitätssicherungssystem vom Ausgangssaatgut bis zum Endprodukt ist bei Direktbezug leichter zu etablieren als bei Bezug über den Handel oder aus der Dritten Welt. Allerdings zeigen die Befragungen, dass der Preis nicht sehr viel höher sein sollte als der Weltmarktpreis.

Spezialisierte Landwirtschaftsbetriebe in Deutschland sind in der Lage, ca. 70 Heilpflanzenarten in hoher Qualität anzubauen. Sie geben diese in Form von hochwertigen Drogen (getrocknete Ware) an Verarbeiter ab, die diese dann entweder als Droge oder als Extrakt an die Hersteller von Phytopharmaka, Kosmetika oder Lebensmittelergänzungstoffen (z. B. Antioxidantien, Farbstoffe, etc.) weiterreichen. Der traditionelle Drogenmarkt ist weitgehend gesättigt. Die Gewinnung von Lösungsmittel-extrakten (alkoholische und/oder CO₂-Extraktion) erfolgt in Deutschland in großen zentralen Anlagen. Demgegenüber existieren in Deutschland keine größeren Anlagen zur Gewinnung hochwertiger ätherischer Öle mit Hilfe der Wasserdampfextraktion. Von der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau wurde ein Verfahren entwickelt, das, abweichend von den traditionellen Verfahren (Frankreich, Italien, Spanien), eine dezentrale Gewinnung hochwertiger ätherischer Öle aus Frischpflanzen ermöglicht. Mit der Gewinnung ätherischer Öle im Landwirtschaftsbetrieb selbst bzw. nachgeordneten Betrieben ist eine wesentlich höhere Wertschöpfung im ländlichen Raum zu erreichen. So könnte der Bruttoumsatz pro Hektar bei ausgewählten Kulturen deutlich gesteigert werden.

Absatzchancen zeichnen sich bei den ätherischen Ölen aus Pfefferminze, Thymian, Zitronenmelisse, Kamille, Baldrian und Salbei sowie einigen traditionell angebauten Körnerdrogen, wie Fenchel, Dill, Kümmel oder Anis, ab. Am Markt nachgefragt werden auch verschiedene Zitronenaromen, die preislich günstiger als das sehr teure ätherische Öl der Zitronenmelisse sind. Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Destillationsanlage in der Praxis ist, neben der Bereitstellung hochwertiger Rohstoffe (Sorte/Herkunft, Erntezeitpunkt, etc.) und dem optimierten Anlagenbetrieb, vor allem die Auslastung und die Verwertung der anfallenden Nebenprodukte entscheidend. Es gilt somit, die gesamte Produktionskette von der Züchtung und dem Anbau, über die Destillation bis zur Verwertung der Produkte zu optimieren.

Für die **Blattdrogen** sollten in diesem Projekt *Moldawischer Drachenkopf, Zitronenmelisse, Pfefferminze, Salbei und Thymian* näher untersucht werden. Bei den **Körnerdrogen** waren speziell die Arten *Anis, Dill, Fenchel, Koriander und Kümmel* zu betrachten. Als **Blütendroge** wurde die *Echte Kamille* in die Untersuchungen einbezogen.

Für die aufgeführten Arten sollte geprüft werden, welchen Einfluss die Sorten-/Herkunftswahl, agrotechnische Maßnahmen, der Erntezeitpunkt sowie verschiedene Parameter der Destillation auf Qualität und Quantität der gewonnenen Öle und der Nebenprodukte haben. Wesentliche Einflussgrößen auf Qualität und Quantität stellen auch die Nacherntebehandlung (Frischextraktion, Trocknung) sowie bei Körnerdrogen der Zerkleinerungsgrad und die Lagerdauer des Erntegutes dar.

Ziel der Untersuchungen war es, spezielle Ölqualitäten der Nachfrage entsprechend zu erzeugen und der abnehmenden Hand in Form von Mustern zur Verfügung zu stellen. Eine Übertragung der in der Technikumsanlage der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) gewonnenen Ergebnisse auf die erste Thüringer Praxisanlage zur Wasserdampfextraktion ist möglich.

2 Material und Methoden

2.1 Anbaubedingungen

Die Versuche wurden in der Versuchsstation Dornburg der TLL durchgeführt, deren Standortbedingungen in Tabelle 1 aufgeführt sind.

Tabelle 1: Charakterisierung der Versuchsstation Dornburg

Standortcharakterisierung	
Höhe über NN [m]	250 bis 270
Jahresniederschlag [mm]	595,8
Jahresmitteltemperatur [°C]	8,8
Geologischer Untergrund	mittlerer Muschelkalk mit Lössauflage
Bodenart	Lehm bis sandiger Lehm
Ackerzahl	46 bis 80, Mittel 65
Klimagebiet	mäßig feuchte Übergangslage

In der Tabelle 2 ist der Witterungsverlauf der Jahre 2002 bis 2004 im Vergleich zum langjährigen Mittel dargestellt. Die drei Projektjahre waren durch sehr unterschiedliche Witterungsverläufe gekennzeichnet, was sich auch in der Entwicklung der einzelnen Kulturen deutlich widerspiegelte.

Tabelle 2: Witterungsverlauf der Jahre 2002 bis 2004 im Vergleich zum langjährigen Mittel

Monat	Temperatur [°C]				Niederschlag [mm]			
	langjähriges Mittel 1963 bis 2002	2002	2003	2004	langjähriges Mittel 1963 bis 2002	2002	2003	2004
Januar	-0,2	0,4	-0,5	-0,6	33,1	23,0	27,2	34,6
Februar	0,9	-0,1	-2,7	2,4	32,0	39,9	4,3	25,4
März	4,2	4,9	-4,7	4,0	42,5	35,1	22,7	15,0
April	7,9	7,1	8,0	9,0	50,4	30,3	38,9	29,0
Mai	12,8	13,8	14,4	11,1	56,7	62,3	41,1	102,6
Juni	16,0	17,0	19,0	15,1	73,1	82,3	47,8	46,1
Juli	17,8	17,9	19,0	16,8	66,3	57,4	77,6	117,6
August	17,7	19,0	20,3	18,7	67,9	106,9	25,8	44,5
September	14,0	12,7	13,3	13,7	43,5	50,5	74,6	40,4
Oktober	9,6	7,9	5,3	10,0	42,2	68,2	36,4	11,3
November	4,2	5,1	5,6	3,8	45,8	101,4	30,2	64,1
Dezember	0,9	-1,3	1,0	0,6	42,3	52,5	24,1	15,6
	$\bar{x}$ 8,8	8,7	9,0	8,7	Σ 595,8	709,8	450,7	546,2

Vegetationsjahr 2002

Obwohl zu Vegetationsbeginn im März und April die Niederschlagsmenge unter dem langjährigen Mittel lag, sorgten die günstige Niederschlagsverteilung und die relativ hohen Tagesdurchschnittstemperaturen für ein optimales Auflaufen und eine zügige Jugendentwicklung der Kulturen. Auch die relativ hohen Durchschnittstemperaturen und Niederschlagsmengen in den Monaten Mai und Juni führten zu einer optimalen, üppigen Entwicklung der Bestände. Insbesondere die früh gepflanzten Kulturen erreichten hohe Blatterträge. Durch die starken Niederschläge ab August kam es besonders in den Restflächen der Körnerfrüchte zu Lagerbildung und Verbreitung von Schaderregern. Besonders stark waren Anis und Koriander betroffen. Die entsprechenden Versuche konnten nur noch eingeschränkt bearbeitet werden. Zusätzlich erschwerte die feuchte Witterung die Ernte, so dass nicht immer zum optimalen Termin bzw. bei günstigen Bedingungen für die Extraktion geerntet werden konnte.

Vegetationsjahr 2003

Das erste Quartal 2003 war gekennzeichnet durch tiefe Temperaturen und geringe Niederschläge, so dass die Dauerkulturen teilweise stark unter den auftretenden Kahlfrösten litten. Während die Temperaturen ab März über das langjährige Mittel kletterten, blieben die Niederschlagsmengen weit hinter diesem zurück, so dass insbesondere die Blattdrogen durch den Wassermangel zum Teil erheblich in ihrer Entwicklung beeinträchtigt waren. Die zum Teil hohen Niederschläge in den Monaten Juli und September stammten aus einzelnen heftigen Gewitterregen. Der ausgetrocknete Boden konnte das Wasser nur unvollständig aufnehmen, so dass es nur eingeschränkt für die Pflanzen zur Verfügung stand.

Die für die Blattdrogen teilweise negativen Witterungsbedingungen erwiesen sich für die Körnerfrüchte als günstig. Die Bestände entwickelten sich gut und erreichten teilweise überdurchschnittliche Kornerträge.

Vegetationsjahr 2004

Das Niederschlagsdefizit des Jahres 2003 vergrößerte sich durch die geringen Niederschläge in den Wintermonaten bis ins Frühjahr 2004. Erst ergiebige Niederschläge im Mai sorgten für einen gewissen Ausgleich der klimatischen Wasserbilanz. Durch die Trockenheit trieben die Dauerkulturen im Frühjahr zögerlich aus. Die niedrigen Temperaturen im Zeitraum von Mai bis Juli führten zu einer weiteren Verzögerung der Vegetation. Dadurch konnte der erste Schnitt bei Pfefferminze und Melisse erst Ende Juli erfolgen. Der zweite Aufwuchs erreichte die Erntereife nicht. Auch die relativ wärmeliebenden Körnerfrüchte entwickelten sich nur langsam und erreichten die Reife ca. 2 bis 3 Wochen später als üblich. Dadurch fiel die Mähdruschreife in den September und damit in den Zeitraum ungünstiger Druschbedingungen.

2.2 Agrotechnische Versuche

Um den Einfluss der verschiedenen Faktoren auf den Ertrag bestimmen zu können, wurden die in Tabelle 3 aufgeführten Versuche angelegt.

Tabelle 3: Agrotechnische Versuche in der VS Dornburg 2002 bis 2003

Art	Versuchsanlage	Ernte- parzelle	Etablierung	Sorten	Erntetermin	Bemerkungen
Blattdrogen						
Moldawischer Drachenkopf	Streifenanlage in 4 Wiederholungen	4,5 m ²	Saat Ende März 10 kg/ha Reihenabstand 30 cm	Arat Aratora	Blühbeginn Vollblüte Blühende	
Melisse	Streifenanlage in 3 Wiederholungen	13,5 m ²	Pflanzung 2002 April/Mai 30 x 30 cm	Lemona Erfurter- Aufrechte Typ Offstein Citronella Stamm NLC	Vollblüte	2002:nur 2 Sorten geerntet, da im Anpflanzjahr einige Sorten keinen Ertrag erbrachten 2003: Extraktion erfolgte in der Praxisanlage in Schkölen
Pfefferminze	Streifenanlage in 2 Wiederholungen	13,5 m ²	Pflanzung 2002 30 x 40 cm	BLP 02 BLP 31 BLP 32 BLP 75 Multimentha Menthola Mentholna BLPB 04 BLPB 56	Vollblüte	2002: infolge der verspäteten Pflanzgutlieferung konnten nur 5 Sorten/Herkünfte geerntet werden 2003: 2 Schnitte bei allen Prüfgliedern 2004: nur 1 Schnitt
Salbei	Blockanlage in 2 Wiederholungen	4,5 m ²	Pflanzung 2002 30 x 30 cm	Extrakta Herkunft Appel Herkunft Bornträger	Blühbeginn Vollblüte Blühende	2002: Salbei erreicht im Anpflanzjahr nicht die Erntereife, Vorversuche an 2-jährigem Bestand einer Sorte 2003 und 2004: Ernte des Blühhorizontes aller Sorten (1 Schnitt)
Thymian	Blockanlage in 2 Wiederholungen	4,5 m ²	Direktsaat 5 kg/ha Direktsaat 8 kg/ha Pflanzung 30 x 20 cm Pflanzung 30 x 30 cm	Deutscher Winter Herkunft Appel	Blühbeginn Vollblüte Blühende	ungleichmäßiges Auflaufen der gedrillten Prüfglieder, Umbruch der Drillvarianten nach dem ersten Anbaujahr 2003 und 2004: Ernte der Pflanzvarianten (1 Schnitt)
Körnerdrogen						
Anis	Streifenanlage in 2 Wiederholungen	6,75 m ²	Saat Anfang April 15 kg/ha Reihenabstand 30 cm	Herkunft Chrestensen Herkunft Pharmasaat	Blühbeginn Vollblüte Blühende	2002:Umbruch wegen Starkbefalls mit pilzlichen Schaderregern

Art	Versuchsanlage	Ernte- parzelle	Etablierung	Sorten	Erntetermin	Bemerkungen
Dill	Streifenanlage in 2 Wiederholungen	6,75 m ²	Saat Anfang April 25 kg/ha (2002) bzw. 15 kg/ha (2003, 2004) Reihenabstand 30 cm	Gewöhnlicher Dukat Blattricher Herkules	Milchwachsreife Gelbreife Vollreife (Korn)	2002: starkes Lager behinderte die Ernte und führte zu Verlusten und Qualitätsminderung 2004: verzögerte Reife, Standdrusch, da Mähdrusch nicht möglich
Fenchel	Streifenanlage in 2 Wiederholungen	6,75 m ²	Saat Anfang April 10 kg/ha (2002) bzw. 6 kg/ha (2003, 2004) Reihenabstand 30 cm	Berfena Magnafena Großfrüchtiger	Milchwachsreife Gelbreife Vollreife (Korn)	2002: Reifeverzögerung durch niedrige Temperaturen und feuchte Witterung 2003: Mähdrusch nach Sikkation 2004: Standdrusch wegen später Reife
Koriander	Streifenanlage in 2 Wiederholungen	6,75 m ²	Saat: September März April 15 kg/ha Reihenabstand 13,5 cm	Niederländische Sorte Thüringer Jantar	Milchwachsreife Gelbreife Vollreife (Korn)	2002: Befall mit bakteriellem Doldenbrand Umbruch der Septembersaatzeit Umbruch der Niederländischen Sorte 2003 und 2004: nur Mähdrusch zur Vollreife, Niederländische Sorte nicht geprüft
Kümmel	Streifenanlage in 2 Wiederholungen	6,75 m ²	Saat Anfang April 8,0 kg/ha Reihenabstand 30 cm	Sprinter Record Niederdeutscher Konzcewicki Arterner	Milchwachsreife Gelbreife Vollreife (Korn)	Sorte Sprinter einjährig, restliche Sorten zweijährig 2004: nur Mähdrusch zur Vollreife
Blütendrogen						
Echte Kamille	Blockanlage in 4 Wiederholungen	5,25 m ²	Saat Anfang April 3,0 kg/ha Reihenabstand 30 cm	Germania Bodegold Zloty Lan Bona Mabamille Herkunft Appel Kirschkamille	Vollblüte	2002: schlechtes Auflaufen der Saat, dadurch geringe und ungleichmäßige Bestandesdichte, 3 Pflücken 2003: 2 Pflücken

2.3 Ernte und Weiterverarbeitung

Ernte und Ertragsermittlung

Die Ernte des Pflanzenmaterials erfolgte laut Versuchsplan zum vorgesehenen Entwicklungsstadium von Hand. Die krautigen Pflanzenteile wurden mit der Sichel geschnitten, die Kamille als Blütendroge mit dem Pflückkamm geerntet. Die Ernte bei den Körnerfrüchten erfolgte zur Vollreife durch Mäh- bzw. Standdrusch. Zur Ertragsbestimmung wurde das Erntegut je Parzelle gewogen und für die Bestimmung der weiteren Parameter in einzelne Partien getrennt.

Bestimmung von Trockensubstanz und Blatt:Stängel-Verhältnis

Zur Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes bei Krautdrogen wurden von jeder Probe 1000 g entnommen, separat bei 40°C getrocknet und aus dem Gewichtsverhältnis die Trockensubstanz (TS) berechnet. Bei Kamille wurden dazu Mischproben von je 300 g gezogen. Da die ätherischen Öle hauptsächlich in den Blättern bzw. Blüten oder den Fruchtständen vorkommen, ist die Bestimmung des Blatt:Stängel-Verhältnisses von Bedeutung. Dazu erfolgte nach der Trocknung eine Trennung der Stängel von den Blättern, Blüten bzw. Körnern.

Trocknung

Um die Ergebnisse der Extraktion von frischem und getrocknetem Erntegut vergleichen zu können, wurde von der verbleibenden Menge an frischem Pflanzenmaterial ein Teil bis zur Gewichtskonstanz, nach Prüfgliedern getrennt, ausgewogen und auf Horden bei 40 °C in der technischen Trocknung getrocknet. Bis zur späteren Extraktion fand eine Zwischenlagerung in einem kühlen, dunklen, trockenen Raum statt.

Zerkleinerung

Für die Befüllung der Extraktionsanlage ist eine gleichmäßige Zerkleinerung des frischen und getrockneten krautigen Pflanzenmaterials notwendig. Dazu wurde eine Schneidemaschine für den Pflanzenfeinschnitt der Fa. HerbaTec eingesetzt, die Quetschungen und Beschädigungen des Erntegutes weitgehend vermeidet. Eine wesentliche Bedeutung hat die Zerkleinerung bei den Körnerdrogen, da die ätherischen Öle fest von der Samenschale eingeschlossen sind und eine befriedigende Extraktion bei geschlossenem Korn mehrere Stunden dauern würde. Für diese Aufgabe wurde eine Getreidemühle der Fa. hawo´s vom Typ Mühle 1 eingesetzt. Die Einstellung des Zerkleinerungsgrades kann bei diesem Gerät über den Abstand der beiden Mahlsteine erfolgen. Um Verluste an ätherischem Öl zu vermeiden, erfolgte die Zerkleinerung des Extraktionsgutes unmittelbar vor dem Befüllen der Anlage.

Extraktion von ätherischen Ölen

Wasserdampfextraktionsanlage (WDE)

Die verwendete Extraktionsanlage TWE-125-2500 der Fa. HerbaTec wurde von der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (BLBP) für die diskontinuierliche

Extraktion von ätherischen Ölen aus Pflanzen entwickelt und patentiert. Sie ist für den Einsatz sowohl von frischem als auch von getrocknetem Extraktionsgut geeignet, wobei letzteres unmittelbar vor der Extraktion vorsichtig mit wenig Wasser angefeuchtet werden sollte. Eine schematische Übersicht der Anlage ist in Abbildung 1 dargestellt.

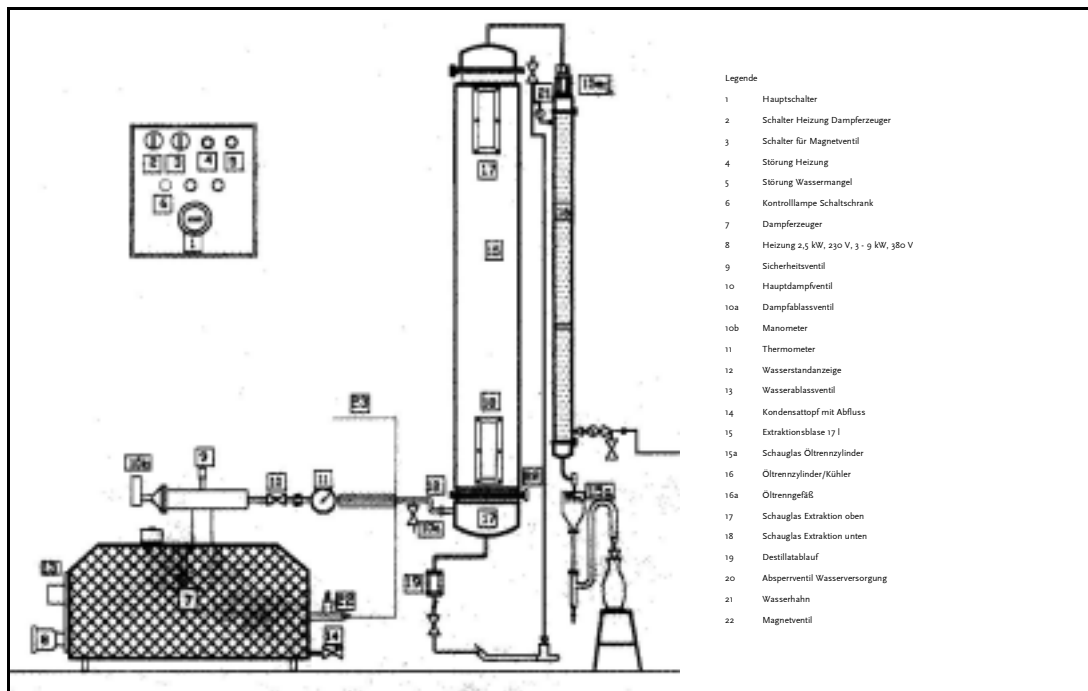


Abbildung 1: Aufbau der Wasserdampfextraktionsanlage

Aufbau und Funktion

Im Gegensatz zu der klassisch überlieferten Methode zur Wasserdampfextraktion (WDE) von ätherischen Ölen, wie sie noch heute z. B. in Frankreich und Spanien im Einsatz ist, werden die Kräuter nicht direkt im Wasser „gekocht“, sondern sie werden von einem drucklosen Dampfstrom (100 °C) aus einem separaten Dampferzeuger in einem Zylinder (Extraktionsblase) von unten durchströmt. Das entspricht auch dem Verfahren der meisten modernen WDE.

Der Vorteil der von der BLBP entwickelten Anlage ist, dass, durch ein exakt austariertes Verhältnis von Füllhöhe und Blasendurchmesser, eine schnelle und damit schonende, dabei aber weitgehend quantitative Extraktion der ätherischen Öle möglich ist. So ist nur noch eine Extraktionsdauer bei den meisten Blattdrogen von ≤ 30 Minuten nötig, während sie bei den früher gebauten Anlagen ≥ 3 Stunden beträgt. Infolge der kurzen Extraktionszeit sind die ätherischen Öle in weitaus geringerem Maße höheren Temperaturen ausgesetzt. Zersetzungen und Umwandlungen können so minimiert werden. Wesentlich ist auch der geringere Energie- und Wasserbedarf. Der weitere Verfahrensablauf ist durchaus konventionell.

Das am oberen Ende der Extraktionsblase austretende Dampfgemisch wird in einen Röhrenkühler, der nach dem Gegenstromprinzip arbeitet, geleitet. Durch den Entzug von Wärme kondensiert das Dampfgemisch, schlägt sich an den Wandungen nieder und läuft nach unten in ein Auffanggefäß, das als „Florentiner Flasche“ ausgelegt ist. Je nach Dichte des ätherischen Öls (in Abhängigkeit von der Pflanzenart) schwimmt dieses auf der wässrigen Phase oder scheidet sich am Boden des Gefäßes ab. Nach der vollständigen Phasentrennung kann das ätherische Öl abpipetiert werden.

Zur Kühlung wurde statt des bisher verwendeten luftgekühlten Wasserkreislaufes ein im Technikum vorhandener Kryostat Typ ProfiCool der Fa. National Labs über einen Bypass eingesetzt. Dieser garantiert einen gleichmäßigen Kühlwasserstrom von $20 \pm 2^\circ\text{C}$, auch lässt sich so die Temperatur am Kühleraustritt sehr genau auf $40 \pm 3^\circ\text{C}$ einstellen.

Um die einzelnen Extraktionen besser miteinander vergleichen zu können, wurde auf die automatische Wasserniveauregelung des Dampferzeugers verzichtet, um die dadurch entstehenden relativ hohen Schwankungen im Dampfmengenstrom zu minimieren. Die Wasserzuführung erfolgte nun nur noch in den notwendigen Pausen zwischen den eigentlichen Extraktionen. Die Zeitdauer der Extraktionen ist in den jeweiligen Ergebnistabellen (Pkt. 3) aufgeführt.

Deutsches Arzneibuch (DAB)

Das Deutsche Arzneibuch ist die nationale Ergänzung des Europäischen Arzneibuchs (Ph.EU). Beide sind im Pharmabereich die verbindlichen Hauptwerke zur Prüfung und Herstellung von pharmazeutischen Komponenten und Mischungen. Die Bezeichnung DAB bezieht sich damit auf beide Werke.

Als Referenzbestimmung wurden ausgewählte, getrocknete Proben an die Pharmaplant GmbH Artern gegeben und auf den Gehalt an ätherischen Ölen nach den Vorgaben des DAB untersucht. Die vorgeschriebene Extraktionszeit beträgt in Abhängigkeit von der Art meist 2 bis 4 Stunden. Bei den im DAB bzw. Ph.EU nicht erwähnten Arten erfolgte die Prüfung in Anlehnung an vergleichbare Arten.

Chemische Analytik

Die qualitativen Untersuchungen zur Bestimmung der Zusammensetzung der ätherischen Öle erfolgten im Referat Organische Analytik der TLL mittels Gaschromatographie mit entsprechenden Referenzstandards.

2.4 Extraktionsversuche

Die Extraktionsversuche dienten der Bestimmung von Gehalt und Ertrag an ätherischem Öl der einzelnen Pflanzenarten aus den agrotechnischen Versuchen und zur Feststellung der wesentlichen Extraktionsparameter, wie Extraktionszeit, Zerkleinerungsgrad und dem Einfluss der Nachernteverarbeitung. Die Übersicht über die Versuche beinhaltet Tabelle 4.

Tabelle 4.: Extraktionsversuche in den Jahren 2002 bis 2004

Art	Extraktionsart	Reifestadium	Zustand des Extraktionsgutes	Zerkleinerung	Extraktionszeit	Bemerkung
Blattdrogen						
Moldawischer Drachenkopf	Wasserdampfextraktion (WDE)	Blühbeginn Vollblüte Blühende	frisch getrocknet	Pflanzenfeinschnitt < 4 cm	30 min 20 min	2 Sorten, 4 Wiederholungen 20 min Extraktionsdauer nur an ausgewählten Prüfgliedern
	Laboranalyse Pharmaplant (DAB)	Blühbeginn Vollblüte Blühende	getrocknet			nur Blatt, ausgewählte Prüfglieder
Melisse	WDE	Vollblüte	frisch getrocknet	Pflanzenfeinschnitt < 4 cm	30 min	2002: 2 Sorten, 3 Wiederholungen 2003: 5 Sorten, 3 Wiederholungen in Praxisanlage in Schkölen
	DAB	Vollblüte	getrocknet			nur Blatt, ausgewählte Prüfglieder
Pfefferminze	WDE	Vollblüte	frisch getrocknet	Pflanzenfeinschnitt < 4 cm	20 min	2002: 5 Sorten, 2 Wiederholungen 2003, 2004: 9 Sorten/Herkünfte, 1 bzw. 2 Schnitte
	DAB	Vollblüte	getrocknet			nur Blatt, ausgewählte Prüfglieder
Salbei	WDE	Blühbeginn Vollblüte Blühende	frisch getrocknet	Pflanzenfeinschnitt < 4 cm	30 min	2002: 1 Sorte, 1 Wiederholung 2003 und 2004: 3 Sorten, 2 Wiederholungen
	DAB	Blühbeginn Vollblüte Blühende	getrocknet			nur Blatt, Sorte 'Extrakta'
Thymian	WDE	Blühbeginn Vollblüte Blühende	frisch getrocknet	Pflanzenfeinschnitt < 4 cm	30 min	2002: 2 Sorten, 4 Varianten, 2 Wiederholungen 2003 und 2004: 2 Sorten, 2 Varianten, 2 Wiederholungen
	DAB	Blühbeginn Vollblüte Blühende	getrocknet			nur Blatt, Sorte 'Deutscher Winter'
Körnerdrogen						
Anis	WDE	Milchwachsreife Gelbreife Vollreife (Korn)	frisch	Pflanzenfeinschnitt < 4 cm	30 min	2002: nicht auswertbar 2003 und 2004: 2 Sorten, 2 Wiederholungen

Art	Extraktionsart	Reifestadium	Zustand des Extraktionsgutes	Zerkleinerung	Extraktionszeit	Bemerkung
	DAB	Milchwachsreife (Korn) Gelbreife (Korn) Vollreife (Korn)	getrocknet			2003 und 2004: Herkunft Chrestensen
Dill	WDE	Milchwachsreife Gelbreife	frisch getrocknet	Pflanzenfeinschnitt < 4 cm	30 min	4 Sorten, 2 Wiederholungen
		Vollreife (Korn)		Mahlstufe 3,5	20 min	4 Sorten, 2 Wiederholungen
	DAB	Milchwachsreife (Korn) Gelbreife (Korn) Vollreife (Korn)	getrocknet			2003 und 2004: Sorte 'Dukat'
Fenchel	WDE	Milchwachsreife Gelbreife	frisch getrocknet	Pflanzenfeinschnitt < 4 cm	30 min	3 Sorten, 2 Wiederholungen
		Vollreife (Korn)		Mahlstufe 5	20 min	3 Sorten, 2 Wiederholungen
	DAB	Milchwachsreife (Korn) Gelbreife (Korn) Vollreife (Korn)	getrocknet			Sorte 'Berfena'
Koriander	WDE	Milchwachsreife Gelbreife	frisch getrocknet	Pflanzenfeinschnitt < 4 cm	30 min	2002: 2 Sorten, 2 Wiederholungen 2003 und 2004: nur Korn, 2 Sorten, 3 Saatzeiten
		Vollreife (Korn)		Mahlstufe 3	20 min	3 Sorten, 2 Wiederholungen
	DAB	Korn	getrocknet			2003 und 2004: nur Korn, Sorte 'Jantar'
Kümmel	WDE	Milchwachsreife Gelbreife	frisch getrocknet	Pflanzenfeinschnitt < 4 cm	30 min	2002 und 2003: 5 Sorten, 3 Erntetermine, 2 Wiederholungen 2004: 5 Sorten, Ernte zur Vollreife, 2 Wiederholungen
		Vollreife (Korn)		Mahlstufe 3	20 min	5 Sorten, 2 Wiederholungen
	DAB	Milchwachsreife (Korn) Gelbreife (Korn) Vollreife (Korn)	getrocknet			2002 und 2003: Sorten 'Sprinter' und 'Record' 2004: nur Korn, Sorten 'Sprinter' und 'Record'
Blütendrogen						
Kamille	WDE	Vollblüte	frisch bzw. getrocknet	keine	30 min	teilweise nur sehr wenig Pflanzenmaterial 7 Sorten, 4 Wiederholungen, 2 bzw. 3 Pflücken
	DAB	Vollblüte	getrocknet			nur ausgewählte Sorten

2.5 Untersuchungen zur Gewinnung von Rosmarinsäure (unter Mitarbeit von Tina Erdmenger im Rahmen einer Praktikumsarbeit 2003)

Die Versuchsdurchführung erfolgte in Anlehnung an das Europäische Arzneibuch (Ph.EU).

Pflanzenmaterialien

Für die Untersuchung kam getrocknetes Pflanzenmaterial von je zwei Prüfgliedern der Pfefferminze und Melisse sowie je einem Prüfglied von Salbei und Thymian (Ernte zur Vollblüte) der Ernte 2003 zum Einsatz. Es wurde reines Blattmaterial verwendet, um die Heterogenität in den Proben zu minimieren, da sich im Stängel kaum Rosmarinsäure befindet. Unmittelbar nach der Ernte war das Pflanzenmaterial einer schonenden, technischen Trocknung bei 40°C unterzogen worden. Anschließend lagerte es bis zum Zeitpunkt der Untersuchung kühl, trocken und dunkel.

Probenvorbereitung

Die Zerkleinerung des Pflanzenmaterials erfolgte mit einer Zentrifugalmühle vom Typ ZM1 der Firma Retsch bei einer Maschenweite des Austragsiebs von 4 mm, um die Probe vor zu hoher thermischer und mechanischer Belastung zu schonen. Da aus dem Extraktionsrückstand der Wasserdampfextraktion keine homogene Probenahme möglich war, wurden jeweils 18 Proben mit einer Analysenwaage von Sartorius eingewogen und 16 davon in Teebeutel der Marke Cilia von Melitta gefüllt. Um möglichst optimale Bedingungen bei der Wasserdampfextraktion für jede Probe zu schaffen, erfolgte die Aufhängung der Teebeutel entlang eines Strickes. Die anderen zwei Proben wurden umgehend ohne Wasserdampfextraktion bestimmt und dienten als Vergleichsproben.

Wasserdampfextraktion zur Gewinnung ätherischer Öle

Zur Extraktion kam die Wasserdampfextraktionsanlage TWE70-1100VA der Firma Herba Tec zum Einsatz. Die Teebeutel wurden, wie bei der WDE von getrockneten Drogen üblich, angefeuchtet und für 30 Minuten extrahiert.

Konservierung

Nach der Wasserdampfextraktion kamen:

- 4 Proben zur Sofortbestimmung,
- 4 Proben zur Konservierung in 100 ml 50%igen Ethanol (Lagerung im Kühlschrank),
- 4 Proben zur Konservierung durch Einfrieren (Lagerung im Gefrierschrank, -20 °C) und
- 4 Proben zur Konservierung durch Trocknung unter Filterpapier für 3 Stunden bei 40 °C im Trockenschrank (Lagerung im Kühlschrank).

Alle konservierten Proben wurden eine Woche gelagert, um die verschiedenen Methoden miteinander vergleichen zu können.

Bestimmung des Rosmarinsäuregehaltes nach Ph.EU

Die Extraktion zur Bestimmung der Rosmarinsäure erfolgte gemäß der Arbeitsanweisung laut Ph.EU 2001 für Melisseblätter (*Melissae folium*):

Stammlösung

- 200 mg pulverisierte Droge mit 190 ml 50%igen Ethanol versetzen
- 30 Minuten unter Rückfluss erhitzen
- Abkühlen
- Filtrieren
- Filter mit 10 ml 50%igen Ethanol waschen und mit Filtrat vereinen
- mit 50%igen Ethanol auf 200 ml im Maßkolben verdünnen

Untersuchungslösung

- 1 ml Stammlösung
- 2 ml 0,5 M Salzsäure
- 2 ml Salzlösung (10 g Natriummolybdat + 10 g Natriumnitrit auf 100 ml)
- 2 ml Natriumhydroxid (8,5 g auf 100 ml)
- mit destilliertem Wasser auf 10 ml im Maßkolben verdünnen

Kompensationslösung

- 1 ml Stammlösung
- 2 ml 0,5 M Salzsäure
- 2 ml Natriumhydroxid (8,5 g auf 100 ml)
- mit destilliertem Wasser auf 10 ml im Maßkolben verdünnen

Die Absorption der Unterlösung ist umgehend bei 505 nm gegen die Kompensationslösung zu messen. Der Gehalt an Hydroxyzimtsäure-Derivaten, berechnet als Rosmarinsäure, wird mittels Formel der Formel $\text{Gehalt} = 5 \times \text{Absorption} : \text{Masse (Einwaage)}$ bestimmt.

Durchführung der Bestimmungen

Je Art/Prüfglied erfolgten 4 Bestimmungen. Nach einer Abkühlzeit von 30 Minuten bei Raumtemperatur wurden die Proben für 10 Minuten im kalten Wasserbad auf Raumtemperatur gebracht. Bei der Durchführung kamen für die Untersuchungs- und die Kompensationslösung 25 ml-Maßkolben unter Änderung der eingesetzten Volumina zum Einsatz. Statt der Absorption ist der prozentuale Transmissionsgrad mit dem Spekol 11 von Carl Zeiss Jena gemessen worden.

Die Kalibration erfolgte mit Rosmarinsäure (97 %). Ausgehend von einer Stammlösung mit 60 mg/l, die einem Gehalt von 6 % Rosmarinsäure entspricht, wurden, zur Abdeckung des laut Literatur möglichen Gehaltsbereiches, über eine Verdünnungsreihe Gehalte von 5, 3, 1 und 0,1 % gemessen. Zur Berechnung der tatsächlichen Gehalte kam eine Kalibrationsgleichung zur Anwendung.

Da die mit UV/VIS-Methode gemessenen Werte deutlich über den Literaturwerten lagen, wurde die Messung mit HPLC als Vergleichsmethode gewählt. Diese gewährleistet, im Gegensatz zu UV/VIS, wo sämtliche Hydroxyzimtsäurederivate gemessen werden, eine quantitative Bestimmung der Rosmarinsäure.

3 Ergebnisse

3.1 Blattdrogen

3.1.1 Moldawischer Drachenkopf (*Dracocephalum moldavica* L.)

Das ätherische Öl des Moldawischen Drachenkopfes weist ähnlich wie das der Zitronenmelisse ein zitronenartiges Aroma auf. Melissenöl findet in zahlreichen Produkten, von Pharmazie, über Kosmetik bis hin zu Aromastoffen Verwendung und wird am Weltmarkt zu hohen Preisen angeboten. Aufgrund der guten Anbaueignung, der hohen Erträge und der hohen Gehalte an ätherischem Öl könnte der Moldawische Drachenkopf in speziellen Verwendungsrichtungen eine kostengünstige Alternative zur Melisse darstellen.

Zur Feststellung des optimalen Erntetermins für eine hohe Ausbeute an qualitativ hochwertigem Öl erfolgte die Ernte von zwei Sorten zu Blühbeginn, Vollblüte und Blühende. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5: Einfluss der Erntetermins auf TM-Ertrag, Gehalt und Ertrag an ätherischem Öl zweier Sorten von Moldawischem Drachenkopf, VS Dornburg 2002 bis 2004

Drachenkopf, v3 Dornburg 2002 bis 2004																
Stadium	Ernte-termin			Ertrag (dt TM/ha)			Blattertrag (dt TM/ha)			Methode	Äth. Öl (ml/100g TM)			Ertrag äth. Öl (l/ha)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004		2002	2003	2004	2002	2003	2004
Sorte „Arat“																
Blühbeginn	17.07.	10.07.	15.07.	19,8	25,7	46,0	11,5	18,6	22,2	frisch	0,76	0,90	0,36	14,8	23,1	16,8
										trocken	0,52	0,57	0,39	10,4	14,8	17,8
2.Aufwuchs	10.08.	07.08.	-	15,0	40,6	-	10,3	25,7	-	frisch	0,76	1,06	-	11,6	43,0	-
										trocken	0,53	0,51	-	8,1	20,6	-
Σ				34,8	66,3	46,0	21,8	44,3	22,1	frisch				26,4	66,1	16,8
										trocken				18,5	35,0	17,8
Vollblüte	24.07.	21.07.	02.08.	41,7	36,7	58,2	22,5	25,9	30,9	frisch	0,59	1,24	0,69	24,6	45,9	40,1
										trocken	0,37	0,69	0,56	15,8	24,9	32,8
Blühende	02.08.	31.07.	10.08.	42,0	36,4	56,3	22,0	27,4	35,8	frisch	0,99	1,21	0,77	41,5	44,0	42,4
										trocken	0,61	0,68	0,49	25,2	22,3	27,0
Sorte „Aratora“																
Blühbeginn	17.07.	10.07.	15.07.	19,6	32,3	41,5	11,4	21,3	20,0	frisch	0,74	0,80	0,23	14,5	25,9	9,7
										trocken	0,55	0,55	0,29	10,2	18,2	11,8
2.Aufwuchs	10.08.	07.08.	-	8,9	33,0	-	6,3	20,3	-	frisch	0,89	0,94	-	7,9	31,3	-
										trocken	0,62	0,64	-	5,6	20,9	-
Σ				28,5	65,3	41,5	17,7	41,6	20,0	frisch				22,4	57,2	9,7
										trocken				15,8	39,1	11,8
Vollblüte	24.07.	21.07.	02.08.	31,8	35,8	59,6	18,1	25,3	30,8	frisch	0,69	1,37	0,54	21,9	49,2	32,2
										trocken	0,47	0,68	0,38	15,7	23,9	22,8
Blühende	02.08.	31.07.	10.08.	35,6	43,8	55,8	24,3	31,8	33,0	frisch	0,84	1,01	0,67	29,8	44,4	36,4
										trocken	0,68	0,42	0,38	24,1	18,5	20,9
GD _{t, 5 %}				4,3	2,2	9,1	2,8	1,6	6,6	frisch	0,05	0,07	0,21	3,8	3,9	12,8
										trocken	0,05	0,05	0,10	2,6	1,7	7,4

Obleich die Erträge in den einzelnen Versuchsjahren auf unterschiedlichem Niveau lagen, waren zwischen den Sorten keine signifikanten Unterschiede zu verzeichnen. Dies bestätigte sich auch bezüglich der Gehalte an ätherischem Öl.

Während im ersten Jahr zu Blühbeginn und Blühende die höchsten Gehalte an ätherischem Öl zu verzeichnen waren, stiegen die Gehalte an ätherischem Öl in den Jahren 2003 und 2004 ab der Vollblüte an. Im Jahr 2002 konnte der Schnitt zu Blühbeginn in Kombination mit einem weiteren Schnitt (2. Aufwuchs) aufgrund der geringen Erträge nicht überzeugen, dagegen zeigte eben diese Kombination im Jahr 2003 wesentlich bessere Ergebnisse und übertraf die Ernten zu späteren Terminen hinsichtlich des Ölertrages je Flächeneinheit. Im dritten Versuchsjahr war ein zweiter Schnitt aufgrund des geringen Wiederaufwuchses nicht möglich. Wegen des starken Biomassezuwachses und des Anstiegs der Gehalte an ätherischem Öl von Blühbeginn bis Vollblüte und teilweise bis Blühende sollte der Drachenkopf zwischen Vollblüte und Blühende geerntet werden. Eine zweischnittige Nutzung bei Ernte zu Blühbeginn ist durch die Unsicherheit eines zweiten Aufwuchses risikobehaftet und außerdem mit höheren Aufwendungen verbunden. Generell waren in dem warmen, trockenen Jahr 2003 die Gehalte an ätherischem Öl am höchsten.

In allen Jahren wurden bei der Extraktion des frischen Krautes deutlich höhere Ausbeuten an ätherischem Öl als bei der Verarbeitung getrockneter Ware erzielt. Besonders deutlich waren die Unterschiede zu den späteren Ernteterminen. Hier lagen die Ausbeuten bei Frischverarbeitung teilweise mehr als 50 % über denen der getrockneten Ware.

In Tabelle 6 sind die Ergebnisse der Ölgewinnung mit der Technikumsanlage mit den Laborwerten, bestimmt nach DAB, verglichen. Aufgrund des gestiegenen Probenumfangs konnte ab 2003 nur noch eine Sorte extern analysiert werden.

Tabelle 6: Vergleich der im Labor im getrockneten Blatt bestimmten Gehalte an ätherischem Öl mit den in der Wasserdampfdestillation erzielten Ausbeuten bei Moldawischem Drachenkopf (trocken destilliert)

Sorte	Stadium	Äth. Öl (DAB)						Äth. Öl (WDE)								
		im Blatt (ml/100 g TM)			(l/ha, berechnet)			im Blatt (ml/100g TM, be- rechnet)			in der Ganzpflanze (ml/100 g TM)			(l/ha, berechnet)		
		2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Arat	Blühbeginn	0,74	0,94	0,61	8,5	17,5	13,5	0,86	0,79	0,80	0,52	0,57	0,39	10,4	14,8	17,8
Aratora	Blühbeginn	0,75	-	-	8,6	-	-	0,92	-	-	0,55	-	-	10,2	-	-
Arat	Vollblüte	0,57	1,09	0,65	12,8	28,3	20,1	0,67	0,81	1,06	0,37	0,69	0,56	15,8	24,9	32,8
Aratora	Vollblüte	0,62	-	-	11,2	-	-	0,80	-	-	0,47	-	-	15,7	-	-
Arat	Blühende	0,69	0,90	0,74	15,2	24,6	26,5	1,16	0,97	0,76	0,61	0,68	0,49	25,2	22,3	27,0
Aratora	Blühende	0,80	-	-	19,4	-	-	0,99	-	-	0,68	-	-	24,6	-	-

Es ist zu erkennen, dass mit der Wasserdampfdestillation durchgehend höhere Ausbeuten an ätherischem Öl erzielt werden konnten als mit der herkömmlichen Methode nach DAB.

In der Tabelle 7 ist die Zusammensetzung des ätherischen Öls von beiden Sorten in Abhängigkeit vom Entwicklungs- und Extraktionszustand aufgelistet. Dabei wird deutlich, dass sich die einzelnen Komponenten bei beiden Sorten ähnlich verhielten. Sortenunterschiede traten kaum auf. Ähnlich verhielt es sich zwischen den einzelnen Versuchsjahren. Lediglich im Jahr 2003 lagen die Citralgehalte der trocken verarbeiteten Ware tendenziell etwas unter den Werten von 2002 und 2004.

Tabelle 7: Einfluss des Erntetermins und der Extraktionsmethode auf die Zusammensetzung des ätherischen Öls (%) bei Moldawischem Drachenkopf (WDE)

Stadium /		Citronellal		Neral ¹⁾		Geranial ¹⁾		Geraniol		unbekannter Peak	
Jahr		frisch	trocken	frisch	trocken	frisch	trocken	frisch	trocken	frisch	trocken
Sorte Arat											
BB	2002	0,16	0,23	16,18	16,55	27,05	27,93	2,92	2,62	46,31	45,21
	2003	0,20	0,33	20,40	14,70	29,50	21,36	2,50	1,89	36,60	53,16
	2004	0,23	0,45	21,88	23,54	33,65	34,71	2,79	2,57	32,04	28,58
VB	2002	0,17	0,14	22,01	23,04	35,17	35,69	4,48	1,64	29,37	30,00
	2003	0,20	0,30	22,20	18,99	32,20	26,48	3,70	1,53	35,13	44,74
	2004	0,29	n. n.	25,78	27,54	39,00	41,37	4,69	1,39	20,96	21,96
BE	2002	0,23	0,14	25,19	28,23	39,01	42,52	4,09	1,11	21,59	17,94
	2003	0,20	0,31	27,70	26,27	42,40	36,99	3,90	1,04	18,91	27,37
	2004	0,23	0,16	28,22	30,24	42,29	44,14	3,57	1,23	16,65	16,94
Sorte Aratora											
BB	2002	0,15	0,14	14,96	14,79	25,32	25,12	2,31	2,71	49,97	49,48
	2003	0,20	0,36	20,80	14,86	30,00	20,08	2,70	2,04	38,74	53,36
	2004	0,34	0,38	20,57	22,68	32,91	34,22	2,62	2,07	33,68	30,61
VB	2002	0,16	0,15	22,62	21,93	35,41	35,72	4,43	1,51	28,63	31,93
	2003	0,20	0,31	22,20	19,16	31,80	26,28	3,40	1,56	35,09	44,82
	2004	0,31	0,28	25,18	27,34	38,75	40,04	4,28	1,17	22,90	24,50
BE	2002	0,20	0,16	25,07	27,55	39,01	41,39	4,32	1,15	21,65	19,58
	2003	0,20	0,29	28,40	28,84	43,70	40,98	4,40	0,88	15,03	21,26
	2004	n. n.	0,22	26,90	29,61	40,66	44,07	3,57	1,13	20,42	17,43

1) Neral + Geranial = Citral

Grundsätzlich stieg der Citralgehalt (Summe Neral + Geranial) unabhängig von der Sorte von Blühbeginn zu Blühende hin an. Lagen die Citralgehalte zu Blühbeginn zwischen 40 und 60 %, wurden zu Blühende zwischen 65 und 75 % erreicht. Dagegen verringerten sich die Werte des unbekannten Peaks nahezu reziprok zum Citral. Gesicherte Unterschiede zwischen trockenem und frischem Erntegut traten nicht auf. Neben den genannten Substanzen enthält das Drachenkopfol noch Geraniol in der Größenordnung von 1,5 bis 4,5 %, wobei sich der Gehalt dieses Inhaltsstoffes bei der Trocknung verminderte. Des Weiteren weist das ätherische Öl noch Spuren (< 1 %) an Linalool, Caryophyllen und Citronellal auf.

Vergleicht man die Qualität der mittels Wasserdampfextraktion und nach DAB gewonnenen Öls, so fallen die bei letzterer Methode höheren Geraniolgehalte auf. Dies geht in den frühen Entwicklungsstadien zu Lasten des unbekannten Peaks, in den späteren Entwicklungsstadien verringert sich in einigen Fällen auch der Citralgehalt. So lagen die Höchstwerte an Citral bei der Gewinnung nach DAB bei knapp 65 %, wohingegen bei der Wasserdampfextraktion bis zu 74 % erreicht wurden (Tab. 8).

Tabelle 8: Vergleich der Ölqualität bei Wasserdampfextraktion (WDE) und Ölgewinnung nach DAB (DAB) bei Moldawischem Drachenkopf, trocken verarbeitet

serien Diälenkopf, trocken verarbeitet											
Stadium / Jahr		Citronellal		Neral ¹⁾		Geranial ¹⁾		Geraniol		unbekannter Peak	
		WDE	DAB	WDE	DAB	WDE	DAB	WDE	DAB	WDE	DAB
Sorte Arat											
BB	2002	0,23	0,11	16,55	17,26	27,93	24,24	2,62	11,90	45,21	37,35
	2003	0,33	0,27	14,7	19,34	21,36	26,04	1,89	7,51	53,16	38,10
	2004	0,45	0,31	23,54	25,65	34,71	36,35	2,57	3,83	28,58	26,87
VB	2002	0,14	0,13	23,04	24,05	35,69	33,38	1,64	8,27	30,00	24,85
	2003	0,30	0,30	18,99	21,06	26,48	28,50	1,53	5,77	44,74	35,68
	2004	n. n.	0,32	27,54	26,11	41,37	38,54	1,39	3,04	21,96	26,32
BE	2002	0,14	0,09	28,23	23,86	42,52	34,06	1,11	5,30	17,94	24,86
	2003	0,31	0,26	26,27	26,79	36,99	37,98	1,04	3,81	27,37	20,51
	2004	0,16	n. n.	30,24	25,93	44,14	38,82	1,23	3,46	16,94	26,29
Sorte Aratora											
BB	2002	0,14	0,11	14,79	17,21	25,12	23,95	2,71	13,40	49,48	36,39
VB	2002	0,15	0,11	21,93	22,20	35,72	30,88	1,51	7,62	31,93	29,68
BE	2002	0,16	0,13	27,55	23,95	41,39	32,63	1,15	5,29	19,58	28,60

1) Neral + Geranial = Citral

Zusammenfassend ist festzustellen, dass der Moldawische Drachenkopf zum Zwecke der Gewinnung ätherischer Öle zwischen Vollblüte und Blühende geerntet werden sollte, da zu diesem Zeitpunkt sowohl die Biomasseerträge als auch die Gehalte an ätherischem Öl am höchsten sind und somit die höchsten Ölerträge je Flächeneinheit realisierbar sind. Gleichzeitig weist das Öl zu diesem Zeitpunkt auch den höchsten Gehalt an Citral, als der wertgebenden Komponente im Öl, auf. Die Frischverarbeitung ist der Verarbeitung getrockneter Ware vorzuziehen, da hier, wegen der besseren Ausbeuten, teilweise über 50 % höhere Ölerträge je Flächeneinheit erreichbar sind. Neben den deutlich höheren Ausbeuten fallen natürlich auch die Trocknungskosten weg, die im Produktionsverfahren von Heil-, Duft- und Gewürzpflanzen nahezu 50 % der Gesamtkosten ausmachen.

3.1.2 Zitronenmelisse (*Melissa officinalis* L.)

Die Zitronenmelisse hat nur einen relativ geringen Gehalt an ätherischem Öl. Dafür stellt dieses Öl ein hochpreisliches Produkt dar, welches am Markt für verschiedenste Verwendungsrichtungen nachgefragt wird.

Nicht alle Sorten des im Jahr 2002 angelegten Versuches erreichten im 1. Anbaujahr die Vollblüte und damit die Erntereife. Es konnten nur die Sorte 'Citronella' und der 'Stamm NLC' geerntet und ausgewertet werden. Die Extraktion der ätherischen Öle aus dem frischen Kraut erfolgte im Jahr 2003 in der Praxisanlage in Schkölen, im Jahr 2004 wieder mit der Technikuksanlage in Dornburg.

In Tabelle 9 sind die Erträge und die Gehalte an ätherischem Öl der drei Versuchsjahre gegenübergestellt. Die niedrigen Erträge des 'Stamm NLC' im Jahr 2003 waren durch starke Auswinterungsschäden bedingt. Ansonsten wiesen die Sorten im 2. und 3. Standjahr relativ ausgeglichene Blatterträge auf.

Die Gehalte an ätherischem Öl waren bei den Sorten 'Citronella' und 'Stamm NLC' im Jahr 2003 geringer als 2002. Die Sorte 'Lemona' gehörte zwar nicht zu den ertragsstärksten Sorten, erreichte aber in den letzten beiden Versuchsjahren, aufgrund ihrer relativ hohen Gehalte an ätherischem Öl, die höchsten Ölerträge je Flächeneinheit. Mit Ausnahme des Anpflanzjahres 2002 waren die Ausbeuten bei der Verarbeitung frischen Erntegutes deutlich höher als bei getrocknetem. So konnten 2003 und 2004 bei trockener Ware mitunter nur ca. 30 % der Gehalte von Frischware verzeichnet werden. Generell lagen die Ölgehalte 2004 unter denen des Vorjahres und deutlich unter denen des Jahres 2002.

Tabelle 9: TM-Ertrag, Gehalt und Ertrag an ätherischem Öl unterschiedlicher Melissesorten/-stämme zur Vollblüte im 1. und 2. Anbaujahr, VS Dornburg 2002 bis 2004

Sorte/ Stamm	Erntetermin			Ertrag (dt TM/ha)			Blattertrag (dt TM/ha)			Metho- de	Äth. Öl (ml/100 g TM)			Ertrag äth. Öl (l/ha)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004		2002	2003	2004	2002	2003	2004
Lemona	-	09.07	27.07.	-	59,2	84,7	-	27,2	35,0	frisch	-	0,075	0,043	-	4,4	3,7
		.								trocken	-	0,025	0,016	-	1,6	1,4
Erf. Auf- rechte	-	09.07	27.07.	-	77,9	83,6	-	37,6	32,2	frisch	-	0,042	0,039	-	3,3	3,3
		.								trocken	-	0,023	0,015	-	1,8	1,3
Typ Off- stein	-	09.07	27.07.	-	77,9	83,6	-	35,9	37,7	frisch	-	0,037	0,029	-	2,9	2,4
		.								trocken	-	0,013	0,018	-	1,0	1,5
Citronel- la	19.08.	09.07	27.07.	46,4	58,8	86,3	30,5	32,2	43,7	frisch	0,085	0,051	0,036	4,0	2,7	3,0
		.								trocken	0,094	0,016	0,013	4,4	0,9	1,1
Stamm NLC	05.09.	09.07	27.07.	58,4	15,7	69,2	34,6	3,7	34,0	frisch	0,069	0,032	0,039	4,4	0,5	2,7
		.								trocken	0,079	0,014	0,013	4,6	0,2	0,9
GD _{t, 5 %}				8,7	13,1	9,7	4,6	6,9	5,9	frisch	0,024	0,09	0,009	1,5	0,7	0,8
										trocken	0,060	0,03	0,004	0,6	0,3	0,4

Versuche zur Ermittlung der optimalen Extraktionsdauer bei Melisse aus dem ersten Versuchsjahr belegen, dass nach 20 Minuten das ätherische Öl erschöpfend extrahiert ist. Eine Verlängerung der Extraktionsdauer auf 30 Minuten hatte keine Verbesserung der Ausbeute zur Folge (Tab. 10).

Tabelle 10: TM-Ertrag, Gehalt und Ertrag an ätherischem Öl unterschiedlicher Melissesorten/-stämme zur Vollblüte im 1. Anbaujahr 2002

Sorte/Stamm	Ernte-termin	Ertrag (dt TM/ha)	TS (%)	Blatt:Stängel-Verhältnis	Blattertrag (dt TM/ha)	Methode	Äth. Öl (ml/100g TM)	Ertrag äth. Öl (l/ha)
Destillationszeit 30 Minuten								
Citronella	19.08.	46,4	21,5	1 : 0,53	30,5	frisch	0,085	4,0
						getrocknet	0,094	4,4
Stamm NLC	05.09.	58,4	22,0	1 : 0,69	34,6	frisch	0,069	4,4
						getrocknet	0,079	4,6
GD _{t, 5 %}		8,7	0,9		4,6	frisch	0,24	1,5
						getrocknet	0,06	0,6
Destillationszeit 20 Minuten								
Citronella	19.08.	46,4	21,5	1 : 0,53	30,5	frisch	0,105	4,9
Stamm NLC	05.09.	58,4	22,0	1 : 0,69	34,6	frisch	0,074	4,3
GD _{t, 5 %}		8,7	0,9	0,14	4,6	frisch	0,18	0,9

Bei dem in Tabelle 11 vorgenommenen Vergleich zwischen dem Gehalt an ätherischem Öl, bestimmt nach der Labormethode und den Ausbeuten der Wasserdampfextraktion ergaben sich im 1. Anbaujahr bei beiden Sorten deutlich höhere Werte nach der Labormethode. Dies bestätigte sich im Jahr 2004 auch bei der Sorte 'Lemona', während bei der Sorte 'Citronella' geringere Gehalte als bei der Wasserdampfextraktion ausgewiesen wurden. Allerdings ist, aufgrund der geringen Gehalte an ätherischem Öl, die quantitative Bestimmung nach der DAB-Destillation relativ schwierig und deshalb möglicherweise mit Fehlern behaftet.

Tabelle 11: Vergleich der im Labor im getrockneten Blatt bestimmten Gehalte an ätherischem Öl mit den in der Wasserdampfdestillation erzielten Ausbeuten bei Zitronenmelisse zur Vollblüte 2002 und 2004, trocken verarbeitet

Sorte/ Herkunft	Äth. Öl (DAB)				Äth. Öl (WDE)					
	Blatt (ml/100 g TM)		(l/ha) berechnet		Blatt (ml/100g TM) berechnet		Ganzpflanze (ml/100g TM)		(l/ha) berechnet	
	2002	2004	2002	2004	2002	2004	2002	2004	2002	2004
Lemona	-	0,063	-	2,2	-	0,039	-	0,016	-	1,4
Citronella	0,223	0,013	6,8	0,6	0,144	0,026	0,094	0,013	4,4	1,1
Stamm NLC	0,136	-	4,7	-	0,134	-	0,079	-	4,6	-

Laut Deutschem Arzneibuch sind die Hauptkomponenten des ätherischen Öls der Melisse Citronellal (ca. 40 %), Citral (ca. 30 %), Citronellol, Linalool und Geraniol.

Weder bei Frisch- noch bei Trockenverarbeitung wies keines der gewonnenen ätherischen Öle auch nur annähernd die beschriebenen Gehalte an Citronellal auf. Deutliche Unterschiede zwischen den Sorten und Jahren waren im Gehalt an Citral (Summe aus Neral und Geranial) festzustellen. So wurden in den Jahren 2002 und 2004 höhere Citralgehalte als im Jahr 2003 erreicht. Die Sorten 'Lemona' und 'Erfurter Aufrechte' enthielten durchgängig mehr Citral als die Sorte 'Typ Offstein'. Nach sehr guten Werten im Jahr 2002 fielen die Gehalte der Sorten 'Citronella' und 'Stamm NLC' in den Folgejahren ab. Die weiterhin als Hauptsubstanzen beschriebenen Komponenten Citronellol, Linalool und Geraniol waren in allen untersuchten Ölen nur in Spuren nachweisbar.

Entgegen den Angaben des DAB war im ätherischen Öl ein relativ hoher Anteil an Caryophyllen zu finden. Dieser verringerte sich bei der Verarbeitung getrockneten Erntegutes im Vergleich zur Frischextraktion zwar beträchtlich, lag aber meist noch über 15 %. Außerdem enthielt das Öl aus frisch verarbeiteter Melisse relativ viel Germacren. Diese Komponente verschwand bei der Trocknung nahezu vollständig.

Bei der Analyse der ätherischen Öle aus der Verarbeitung getrockneter Ware der Jahre 2003 und 2004 wurde außerdem eine unbekannte Substanz in relativ großen Mengenanteilen gefunden. Im Jahr 2002 war dieser Stoff im Öl nicht nachweisbar. Es liegt die Vermutung nahe, dass während des Trocknungsprozesses unerwünschte Umsetzungen stattgefunden haben (Tab. 12).

Tabelle 12: Einfluss der Destillationsmethode auf die Zusammensetzung des ätherischen Öls (in %) bei Melisse (WDE)

Sorte/ Jahr	Methode	Citronellal	Caryophyllen	Neral ¹⁾	Geranial ¹⁾	Geraniol	Citronellol	Germacren	U 1
Lemona									
2003	frisch	3,5	27,0	10,8	19,0	0,7	0,7	17,1	-
	trocken	1,9	17,0	9,8	17,3	0,3	0	1,8	27,4
2004	frisch	5,7	23,1	11,9	21,7	0,7	0,9	16,2	1,5
	trocken	6,1	15,8	14,9	25,1	0,8	0	3,6	17,9
Erfurter Aufrechte									
2003	frisch	3,5	29,5	6,8	12,1	0,2	0,6	22,6	-
	trocken	3,2	19,4	7,6	14,3	0,3	0	2,5	25,8
2004	frisch	6,1	19,7	14,3	26,2	1,2	2,4	13,2	1,5
	trocken	9,7	15,0	11,5	21,7	1,9	0	4,1	18,4
Typ Offstein									
2003	frisch	3,5	28,7	4,8	8,8	0,2	0,6	26,3	-
	trocken	1,5	7,7	2,1	4,2	0,4	0,1	1,6	47,7
2004	frisch	4,9	25,4	7,4	13,8	0,4	1,3	24,0	1,4
	trocken	9,9	15,6	10,2	19,8	1,5	0	4,7	19,3
Citronella									
2002	frisch	6,8	14,0	21,0	36,5	3,3	1,4	3,9	-
	trocken	8,5	11,4	28,3	41,0	0,4	0,2	0,8	-
2003	frisch	1,8	30,0	4,2	7,6	0,1	0,3	27,8	-
	trocken	1,0	16,9	4,2	8,4	0,4	0	1,6	35,4
2004	frisch	3,8	25,1	8,5	15,6	1,1	2,1	22,0	1,6
	trocken	4,6	16,2	9,6	19,6	1,2	0	3,3	26,6
Stamm NLC									
2002	frisch	10,9	15,3	17,8	32,2	3,0	2,3	4,4	-
	trocken	11,8	15,8	20,8	34,7	0,7	0,5	3,6	-
2003	frisch ²⁾	0,6	32,1	3,1	5,8	0,1	0,5	29,1	-
	trocken	0,8	20,4	4,2	5,6	0,3	0	1,7	35,1
2004	frisch	2,9	27,5	4,4	11,4	0,4	1,0	28,9	1,4
	trocken	3,2	19,1	7,4	15,7	0,7	0	3,5	29,9

¹⁾ Neral + Geranial = Citral²⁾ aufgrund der geringen Erträge nur Einzelwert

Beim Vergleich der ätherischen Öle nach Wasserdampfextraktion und Gewinnung nach DAB fällt auf, dass sich die Gehalte an Citral, Citronellal, Geraniol und Citronellol kaum unterscheiden. Dagegen weisen die nach DAB-Methode gewonnenen Öle im Vergleich zur Wasserdampfextraktion kaum Caryophyllen und Germacren auf. Der Anteil der unbekannten Substanz stieg in den Ölen jedoch deutlich an (Tab. 13). Bei Betrachtung der Werte ist zu beachten, dass, aufgrund der niedrigen Ölgehalte der Melisse, bei Gewinnung im Labor nur minimale Mengen an ätherischem Öl zur Verfügung stehen. Um diese analysieren zu können, ist ein Ausschütteln mit Isooctan erforderlich, was möglicherweise zu Verschiebungen im Inhaltsstoffspektrum führen kann.

Tabelle 13: Vergleich der Ölqualität bei Wasserdampfextraktion (WDE) und Ölgewinnung nach DAB (DAB) bei Melisse, trocken verarbeitet, Dornburg 2004

Sorte	Methode	Citronellal	Caryophyllen	Neral ¹⁾	Geranial ¹⁾	Geraniol	Citronellol	Germacren	U 1
Lemona	WDE	1,9	17,0	9,8	17,3	0,3	0	1,8	27,4
	DAB	1,9	1,7	9,5	16,3	0,5	0	0,6	49,4
Citronella	WDE	4,6	16,2	9,6	19,6	1,2	0	3,3	26,6
	DAB	1,6	2,8	8,9	15,7	0,6	0	0,3	44,2

Wegen der sehr geringen Gehalte können bei Zitronenmelisse nur maximal 2 bis 4 l ätherisches Öl/ha gewonnen werden. Selbst bei Absatz des Öls im extrem hochpreisigen Segment dürfte damit eine Wirtschaftlichkeit im Vergleich zur Teeproduktion kaum gegeben zu sein.

3.1.3 Pfefferminze (*Mentha x piperita* L.)

Die Pfefferminze ist eine der Hauptkulturen im deutschen Arzneipflanzenanbau. Je nach Verwendung werden an die Zusammensetzung des ätherischen Öls und an die Drogenqualität unterschiedliche Anforderungen gestellt.

Ziel der Anbauversuche war die Eruierung von Pfefferminzsorten bzw. -stämmen mit einem hohen Gehalt an ätherischem Öl und einem hohen Mentholanteil ($\geq 30\%$), die in der Pharmazie Verwendung finden könnten. Dazu wurden im Projektverlauf sechs mentholreiche Stämme der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (BLBP) und zwei alte russische Sorten im Vergleich zu 'Multimentha', der Standardsorte für die Teeproduktion in Deutschland, geprüft. Da die Gehalte an Menthol im ätherischen Öl zur Vollblüte am höchsten sind, erfolgte die Ernte in diesem Entwicklungsstadium. Von den neun Sorten bzw. Stämmen konnten 2002 lediglich fünf zum optimalen Termin gepflanzt werden. Nur diese erreichten die Vollblüte und damit die Schnittrife. Bei den anderen vier Sorten traf das Pflanzgut verspätet ein, so dass kein ausreichender Aufwuchs erfolgte. Die im Jahr 2002 sehr spät gepflanzten Herkunft 'Mentholna', 'BLPB 04' und 'BLPB 56' konnten ihren Entwicklungsrückstand auch im 2. und 3. Aufwuchsjahr in ertraglicher Hinsicht nicht durchgängig aufholen (Tab. 14 bis 16).

Tabelle 14: Blattertrag, Gehalt und Ertrag an ätherischem Öl unterschiedlicher Pfefferminzsorten/-stämmen zur Vollblüte im 1. Anbaujahr (1 Schnitt), VS Dornburg 2002

Sorte/Stamm	Erntetermin	Ertrag (dt TM/ha)	Blatt:Stängel-Verhältnis	Blattertrag (dt TM/ha)	Methode	Äth. Ölgehalt (ml/100 g TM)	Ertrag äth. Öl (l/ha)
BLBP 02	08.08.	14,5	1 : 0,39	10,3	frisch	1,71	25,3
					getrocknet	1,45	21,2
BLBP 31	29.07.	9,2	1 : 0,40	6,6	frisch	1,58	14,6
					getrocknet	1,63	15,5
BLBP 32	29.07.	12,2	1 : 0,46	8,2	frisch	1,50	18,6
					getrocknet	1,93	23,8
BLBP 75	29.07.	10,2	1 : 0,40	7,4	frisch	1,95	20,0
					getrocknet	1,94	20,0
Multimentha	14.08.	21,2	1 : 0,43	14,8	frisch	2,03	43,0
					getrocknet	3,70	78,4
GD _{t, 5 %}		2,9		2,0	frisch	0,14	6,8
					getrocknet	0,52	14,9

Tabelle 15: Blattertrag, Gehalt und Ertrag an ätherischem Öl unterschiedlicher Pfefferminzsorten/-stämme zur Vollblüte im 2. Anbaujahr (2 Schnitte), VS Dornburg 2003

Sorte/ Stamm	Ernte- termin		Ertrag (dt TM/ha)			Blattertrag (dt TM/ha)			Methode	Äth. Ölgehalt (ml/100 g TM)		Ertrag äth. Öl (l/ha)		
	1.	2.	1.	2.	Σ	1.	2.	Σ		1.	2.	1.	2.	Σ
BLBP 02	08.07.	15.09.	52,8	44,2	97,0	30,6	26,7	57,3	frisch	1,52	1,85	80,0	81,9	161,9
									getrocknet	1,40	1,60	74,3	70,7	145,0
BLBP 31	08.07.	15.09.	38,9	31,3	70,2	22,4	19,8	42,2	frisch	1,50	2,41	58,5	77,4	135,9
									getrocknet	1,40	1,82	54,2	57,0	111,2
BLBP 32	08.07.	15.09.	44,9	33,9	78,8	25,7	24,5	50,2	frisch	1,47	2,07	65,6	73,3	138,9
									getrocknet	1,38	1,66	61,9	56,7	118,6
BLBP 75	08.07.	15.09.	45,8	38,2	84,0	25,4	24,0	49,4	frisch	1,75	1,56	79,4	61,3	140,7
									getrocknet	1,24	1,81	56,3	69,4	125,7
Multi- mentha	22.07.	22.09.	53,3	37,7	91,0	24,9	23,9	48,8	frisch	1,45	1,90	76,8	71,0	147,8
									getrocknet	1,41	1,69	74,6	64,7	139,3
Menthola	22.07.	22.09.	45,7	32,9	78,6	24,5	21,5	46,0	frisch	1,40	1,98	64,3	65,0	129,3
									getrocknet	1,22	1,14	55,7	38,2	93,9
Menthol- na	22.07.	22.09.	14,1	10,6	24,7	9,7	8,4	18,1	frisch	1,33	1,65	18,8	16,6	35,4
									getrocknet	1,11	0,98	15,7	10,4	26,1
BLPB 04	08.07.	15.09.	7,0	12,9	19,9	4,9	9,8	14,7	frisch	1,56	2,12	10,8	28,4	39,2
									getrocknet	1,73	1,45	16,0	18,9	34,9
BLPB 56	22.07.	22.09.	14,4	10,5	24,9	9,1	7,8	16,9	frisch	1,78	1,72	24,7	18,7	43,4
									getrocknet	1,55	1,41	22,5	17,3	39,8
GD _{t, 5 %}			8,2	6,0	14,0	4,2	3,6	7,6	frisch	0,08	0,23	12,4	14,3	25,2
									getrocknet	0,09	0,15	5,1	11,3	21,4

Tabelle 16: Blattertrag, Gehalt und Ertrag an ätherischem Öl unterschiedlicher Pfefferminzsorten/-stämme zur Vollblüte im 3. Anbaujahr (1 Schnitt), VS Dornburg 2004

Sorte/ Stamm	Ernte- termin	Ertrag (dt TM/ha)	Blattertrag (dt TM/ha)	Methode	Äth. Ölgehalt (ml/100 g TM)	Ertrag äth. Öl (l/ha)
BLBP 02	26.07.	81,4	32,2	frisch	0,65	52,9
				trocken	0,90	73,5
BLBP 31	26.07.	81,8	29,1	frisch	0,61	50,1
				trocken	0,83	67,2
BLBP 32	26.07.	80,4	24,4	frisch	0,70	56,2
				trocken	0,54	44,1
BLBP 75	26.07.	88,6	26,2	frisch	0,54	47,8
				trocken	0,72	63,8
Multimentha	04.08.	73,5	28,2	frisch	1,02	75,1
				trocken	0,88	64,7
Menthola	04.08.	57,3	23,4	frisch	1,06	60,4
				trocken	0,98	56,0
Mentholna	04.08.	88,8	42,1	frisch	1,10	97,7
				trocken	1,02	90,6
BLPB 04	26.07.	64,2	24,6	frisch	0,63	40,6
				trocken	0,69	44,8
BLPB 56	04.08.	57,4	24,4	frisch	0,98	56,5
				trocken	0,88	49,8
GD _{t, 5 %}		13,0	6,2	frisch	0,22	18,0
				trocken	0,18	16,5

Im Anpflanzjahr erreichten nur die zum optimalen Zeitpunkt gepflanzten Prüfglieder die Schnittreife. Dabei erzielte die Sorte 'Multimentha' die höchsten Erträge. Im zweiten Standjahr konnten zwei Schnitte geerntet werden. Die Biomasseleistung lag mit Erträgen zwischen 70 und 97 dt TM/ha bei den zum optimalen Zeitpunkt gepflanzten Varianten auf einem hohen Niveau bei ausgeglichener Ertragsverteilung zwischen beiden Ernten. Den höchsten Blattertrag erreichte der Stamm 'BLBP 02' mit 57,3 dt TM/ha.

Im Jahr 2004 konnte der erste Schnitt witterungsbedingt erst relativ spät erfolgen. Aufgrund der danach einsetzenden trockenen Witterung kam es zu keinem ausreichenden Wiederaufwuchs für eine zweite Ernte. Dadurch lag das Ertragsniveau deutlich unter dem des Vorjahres. Besonders hohe Erträge erreichten im dritten Standjahr die BLBP-Stämme 02, 31, 32 und 75 sowie die Sorte 'Mentholna'.

Bezüglich der Gehalte an ätherischem Öl fallen die deutlich geringeren Gehalte des Jahres 2004 im Vergleich zu den Vorjahren ins Auge. So wurden in den Jahren 2002 und 2003 durchgehend Werte über 1 % und Höchstwerte von 3,70 % (2002) bzw. 2,41 % (2003) in der TM erreicht, während im Jahr 2004 der Maximalwert bei 1,10 % lag. Im Mittel enthielt die frisch extrahierte Pfefferminze im letzten Versuchsjahr 0,81 %, die nach Trocknung extrahierte 0,83 % ätherisches Öl in der TM. Gesicherte Unterschiede in den Ausbeuten bei frischem und getrocknetem Erntegut traten bei Pfefferminze, im Gegensatz zu Moldawischem Drachenkopf und Melisse, nicht auf. Im Jahr 2002 war die Ausbeute bei der Extraktion getrockneter Pfefferminze deutlich höher als bei frischer (1,75 % frisch, 2,13 % trocken), im Jahr 2003 verhielt es sich genau entgegengesetzt (1. Schnitt: 1,53 % frisch, 1,38 % trocken; 2. Schnitt: 1,92 % frisch, 1,51 % trocken. Im dritten Jahr 2004 lagen die Werte auf annähernd gleichem Niveau (0,81 % frisch, 0,83 % trocken).

In Tabelle 17 sind die Gehalte an ätherischem Öl der Sorte 'Multimentha' und des Stamms 'BLBP 02' nach der Laborbestimmung aus dem Blattmaterial und die in der Technikumsanlage aus der Ganzpflanze erhaltenen Ergebnisse gegenübergestellt.

Tabelle 17: Vergleich der im trockenen Blatt bestimmten Gehalte an ätherischem Öl mit den in der Wasserdampfdestillation erzielten Ausbeuten, trocken destilliert

Sorte/ Herkunft	Äth. Öl (DAB)						Äth. Öl (WDE)								
	Blatt (ml/100 g TM)			(l/ha, berechnet)			Blatt (ml/100 g TM, berechnet)			Ganzpflanze (ml/100 g TM)			(l/ha berechnet)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
BLBP 02															
1. Aufwuchs	2,95	2,85	1,85	30,4	87,2	59,6	2,02	2,43	2,28	1,45	1,40	0,90	21,2	74,3	73,5
2. Aufwuchs	-	2,98	-	-	79,6	-	-	3,00	-	-	1,60	-	-	70,7	-
Summe				30,4	166,8	59,6							21,2	145,0	73,5
Multimentha															
1. Aufwuchs	3,48	2,77	2,54	51,5	69,1	71,6	5,29	2,65	2,30	3,70	1,41	0,88	78,4	74,6	64,7
2. Aufwuchs	-	3,58	-	-	85,5	-	-	2,71	-	-	1,69	-	-	64,7	-
Summe				51,5	154,6	71,6							78,4	139,3	64,7

Die nach beiden Methoden enthaltenen Ausbeuten lagen meist auf annähernd gleichem Niveau.

Das Deutsche Arzneibuch fordert für Pfefferminzöl 30 bis 55 % Menthol, 14 bis 32 % Menthon, 1 bis 9 % Menthofuran, 1 bis 5 % Limonen 1,5 bis 10 % Isomenthon, 2,8 bis 10 % Menthylacetat sowie ≤ 4 % Pulegon. Betrachtet man die in Tabelle 18 aufgeführten Werte, so erreicht keines der Prüfglieder in keinem Jahr die vom DAB geforderten Parameter.

Bei Konzentration auf die mitunter als wichtigste Parameter angegebenen Stoffe Menthol und Menthofuran wird deutlich, dass die BLBP-Stämme im zweiten und dritten Anbaujahr den geforderten Mentholwert von 30 % im ätherischen Öl sowohl im frischen als auch im getrockneten Zustand sicher erreichten. Dies traf auch auf die alten russischen Sorten 'Menthola' und 'Mentholna' zu. Auch die Obergrenze des Menthofuranwertes wurde von den BLBP-Stämmen meist problemlos eingehalten, während die Untergrenze von 1 % vielfach unterschritten wurde. Dagegen traten bei 'Menthola' und 'Mentholna' mehrfach Überschreitungen des Menthofuranwertes auf. Die als Standard angebaute Teesorte 'Multimentha' entsprach den Anforderungen des DAB an pharmazeutisch nutzbares Pfefferminzöl in den beiden beschriebenen Komponenten erwartungsgemäß nicht, da die Mentholwerte durchgehend zu niedrig waren.

Tabelle 18: Einfluss der Sorte und der Destillationsmethode auf die Zusammensetzung des ätherischen Öls (%) bei Pfefferminze zur Vollblüte (WDE)

Sorte/ Jahr	Methode	Menthol	Menthon	Mentho- furan	(+)-Li- monen	Eucalyp- tol	Isomen- thon	Menthyl- acetat	Cary- ophyllen	(+) Pule- gon	Piperiton
BLBP 02											
2002	frisch	27,23	40,02	1,29	7,67	4,77	3,64	2,47	0,69	1,81	1,33
	trocken	26,96	40,92	0,99	5,68	4,48	4,03	3,02	1,31	1,46	1,33
2003	frisch	36,60	28,70	0,80	7,70	5,70	4,00	2,50	0,60	1,70	1,90
	trocken	39,10	31,00	1,60	7,00	5,90	4,70	3,30	0,50	0,40	0,70
2004	frisch	37,06	30,70	1,26	6,31	4,18	2,93	4,54	1,28	1,20	1,08
	trocken	37,22	27,54	2,12	7,13	4,52	3,04	5,16	1,32	0,85	1,02
BLBP 31											
2002	frisch	27,98	38,20	0,83	9,07	4,01	2,77	2,57	1,25	1,26	1,43
	trocken	29,97	34,48	0,84	8,41	3,72	2,84	5,01	0,94	0,75	1,42
2003	frisch	38,30	27,20	0,50	8,70	5,60	3,50	2,20	0,50	1,10	2,20
	trocken	38,50	28,80	0,70	9,80	6,20	3,80	2,90	0,50	0,20	1,00
2004	frisch	37,44	30,70	1,18	7,58	3,74	2,81	4,16	0,80	1,00	1,14
	trocken	34,02	29,68	1,31	9,70	3,90	2,95	5,08	1,00	0,69	1,05
BLBP 32											
2002	frisch	26,52	40,93	0,88	9,47	4,21	2,74	2,53	0,58	1,04	1,44
	trocken	30,97	33,81	0,72	8,01	4,10	2,65	5,97	0,48	0,39	1,61
2003	frisch	38,90	26,50	0,50	8,60	5,50	3,40	2,30	0,50	1,30	2,10
	trocken	40,30	27,40	0,60	9,80	6,30	3,20	2,80	0,20	0,00	1,10
2004	frisch	37,34	29,62	1,26	8,67	3,91	2,64	4,29	0,78	0,92	1,14
	trocken	34,15	31,28	1,44	9,46	3,86	2,88	4,56	0,90	0,63	1,18
BLBP 75											
2002	frisch	27,98	39,10	0,71	9,41	4,65	2,68	2,31	0,57	0,92	1,56
	trocken	32,36	31,58	0,62	7,93	4,16	2,61	6,57	0,46	0,34	1,66
2003	frisch	38,70	24,80	0,60	9,40	5,70	2,90	2,80	0,50	1,30	2,20
	trocken	40,70	25,70	0,60	10,30	6,40	3,20	3,40	0,10	0,00	0,80

Sorte/ Jahr	Methode	Menthol	Menthon	Mentho- furan	(+)-Li- monen	Eucalyp- tol	Isomen- thon	Menthyl- acetat	Cary- ophyllen	(+) Pule- gon	Piperiton
2004	frisch	37,08	30,56	1,26	8,44	3,52	2,82	4,42	0,61	1,07	1,12
	trocken	35,70	30,16	1,40	8,48	3,92	2,85	5,10	0,90	0,73	1,26
Multimentha											
2002	frisch	15,34	56,41	4,45	0,97	3,23	4,39	0,77	1,24	3,91	1,42
	trocken	19,19	51,82	2,79	1,23	3,74	4,33	1,66	1,09	1,96	1,56
2003	frisch	23,90	41,60	7,70	1,50	3,60	5,20	1,00	0,80	10,60	0,70
	trocken	28,70	38,80	3,40	1,80	4,00	5,00	1,80	0,80	9,00	1,10
2004	frisch	21,50	50,46	2,40	2,30	2,68	4,54	2,27	1,16	4,00	1,40
	trocken	22,50	48,75	2,86	2,72	2,49	4,03	2,83	1,60	2,65	1,24
Menthola											
2003	frisch	37,50	20,40	11,80	2,10	4,90	3,90	1,60	1,90	8,40	0,40
	trocken	42,70	18,50	6,10	2,00	5,30	2,70	2,10	3,10	7,30	0,20
2004	frisch	32,28	38,76	4,89	1,34	3,84	3,64	1,64	1,61	3,74	0,88
	trocken	35,00	34,22	7,72	1,34	3,60	3,12	1,80	1,96	2,57	0,74
Mentholna											
2003	frisch	43,40	16,10	11,30	2,70	5,70	2,50	2,30	2,00	6,60	0,00
	trocken	45,70	14,00	5,50	1,80	4,90	2,40	3,30	3,90	5,20	0,80
2004	frisch	41,93	25,28	7,68	1,70	4,89	2,73	2,16	1,98	3,40	0,42
	trocken	43,51	22,19	9,74	1,76	4,45	2,24	2,31	2,10	2,53	0,42
BLPB 04											
2003	frisch	37,00	25,20	0,70	10,30	4,40	2,90	3,80	0,80	1,00	2,40
	trocken	41,00	19,20	2,60	6,40	5,00	2,40	4,20	2,60	2,40	0,50
2004	frisch	35,74	31,26	1,23	8,48	3,60	3,20	4,80	0,80	1,30	1,14
	trocken	34,16	31,50	1,98	6,71	3,40	2,74	5,49	1,35	1,06	1,12
BLPB 56											
2003	frisch	35,80	20,20	9,10	4,80	4,10	4,00	3,80	2,50	9,40	0,70
	trocken	35,30	20,00	5,30	3,70	4,00	4,20	4,90	4,00	6,90	1,60
2004	frisch	33,68	28,42	7,42	1,68	3,34	3,54	3,76	2,60	7,18	1,00
	trocken	35,56	28,63	7,73	1,34	3,42	3,42	2,83	2,32	5,30	0,96

Die mit Wasserdampfextraktion und nach DAB-Methode gewonnenen Öle unterschieden sich nur geringfügig. Auch die nach Labormethode destillierten Öle entsprachen nicht den Anforderungen des DAB (Tab. 19).

Tabelle 19: Vergleich der Ölqualität bei Wasserdampfextraktion (WDE) und Ölgewinnung nach DAB (DAB) bei ausgewählten Pfefferminzsorten/-stämmen zur Vollblüte , 1. Schnitt, trocken verarbeitet

Sorte/ Jahr	Methode	Men- thol	Men- thon	Mentho- furan	(+)-Li- monen	Eucalyp- tol	Isomen- thon	Menthyl- acetat	Caryo- phyllen	(+)Pule- gon	Piperi- ton
BLBP 02											
2002	WDE	26,96	40,92	0,99	5,68	4,48	4,03	3,02	1,31	1,46	1,33
	DAB	29,52	37,05	0,41	6,61	5,28	3,86	3,98	0,71	0,90	1,73
2003	WDE	39,10	31,00	1,60	7,00	5,90	4,70	3,30	0,50	0,40	0,70
	DAB	39,66	25,51	0,47	8,00	5,84	3,92	3,79	0,89	0,90	1,57
2004	WDE	37,22	27,54	2,12	7,13	4,52	3,04	5,16	1,32	0,85	1,02
	DAB	35,14	31,50	1,08	7,52	5,40	2,73	5,12	0,85	0,40	1,39
Multimentha											
2002	WDE	19,19	51,82	2,79	1,23	3,74	4,33	1,66	1,09	1,96	1,56
	DAB	19,90	52,68	2,05	0,70	3,80	4,70	1,27	0,98	2,10	1,98
2003	WDE	28,70	38,80	3,40	1,80	4,00	5,00	1,80	0,80	9,00	1,10
	DAB	21,66	45,86	2,88	1,69	3,65	4,86	0,77	1,16	9,52	1,38
2004	WDE	22,50	48,75	2,86	2,72	2,49	4,03	2,83	1,60	2,65	1,24
	DAB	21,78	56,84	1,24	0,56	3,10	4,34	1,40	1,42	0,22	1,72

Zusammenfassend ist festzustellen, dass ein vollständig den Anforderungen des DAB entsprechendes Pfefferminzöl nur durch Mischen des Öls verschiedener Sorten bzw. Stämme zu erreichen ist. Am ehesten eignen sich dafür die Stämme der BLBP. Das notwendige Mischungsverhältnis hängt dabei in starkem Maße vom jeweiligen Jahr und Erntezeitpunkt ab, da die Anteile der einzelnen Inhaltsstoffe im Öl erheblich variieren.

Die Gewinnung des ätherischen Öls ist sowohl aus frischer als auch getrockneter Ware mit annähernd den gleichen Ausbeuten und Zusammensetzungen möglich. Damit bietet sich dem Verarbeiter prinzipiell die Möglichkeit, einen Teil der Ernte, je nach Verarbeitungskapazität, frisch zu extrahieren und den Überschuss zu trocknen und außerhalb der Spitzenzeiten zu verarbeiten. Das ermöglicht gleichzeitig eine bessere Auslastung der Verarbeitungsanlage. Allerdings müssen dabei immer die Trocknungskosten berücksichtigt werden.

3.1.4 Salbei (*Salvia officinalis* L.)

Salbei findet sowohl in der Medizin als auch in der Gewürzindustrie Verwendung. Da die Pflanze unter mitteleuropäischen Bedingungen sehr gut gedeiht, könnte es bei entsprechender Nachfrage zu einem verstärkten Anbau in Deutschland kommen.

Der im Jahre 2002 angelegte Versuch mit drei Sorten erreichte im Anpflanzjahr die Erntereife nicht. Um erste Ergebnisse für diese Kultur zu erhalten, wurde im ersten Projektjahr ein im Jahr 2001 mit der Sorte 'Extrakta' angelegter Tastversuch (ohne Wiederholungen) beerntet und ausgewertet. In Tabelle 20 sind die Erträge und der Gehalt an ätherischem Öl bei 30minütiger Extraktionszeit aus dem Jahr 2002 dargestellt.

Die Trockenmasseerträge nahmen von Blühbeginn zu Blühende hin zu. Da die Gehalte an ätherischem Öl über diesen Zeitraum hinweg bei Frischverarbeitung leicht anstiegen, wurden zu Blühende auch die höchsten Ölerträge je Flächeneinheit erzielt. Die Ausbeute an ätherischem Öl bei getrocknetem Salbei verminderte sich im Gegensatz dazu im gleichen Zeitraum,

so dass die Ölerträge über die gesamte Ernteperiode nahezu gleich blieben. Möglicherweise hingen die geringeren Ausbeuten bei getrockneter Ware auch mit einer nicht erschöpfenden Extraktion bei dem stärker verholzten Pflanzenmaterial zusammen.

Tabelle 20: Einfluss des Erntetermins auf TM-Ertrag, Gehalt und Ertrag an ätherischem Öl von Salbei, Sorte ‚Extrakta‘, 2. Anbaujahr, VS Dornburg 2002

Stadium	Ernte-termin	Ertrag (dt TM/ha)	TS (%)	Blatt:Stängel-Verhältnis	Blattertrag (dt TM/ha)	Methode	Äth. Öl (ml/100 g TM)	Ertrag äth. Öl (l/ha)
Destillationszeit: 30 Minuten								
Blühbeginn	29.05.	32,0	19,8	1 : 0,98	16,2	frisch	0,53	17,0
						getrocknet	0,66	21,2
Vollblüte	06.06.	51,8	18,2	1 : 0,84	28,2	frisch	0,59	30,6
						getrocknet	0,49	25,4
Blühende	14.06.	58,3	21,4	1 : 0,80	32,4	frisch	0,69	40,1
						getrocknet	0,47	27,6

Die Ergebnisse des im Jahr 2002 angelegten und in 2003 und 2004 geernteten Exaktversuches mit drei Sorten sind in Tabelle 21 dargestellt..

Tabelle 21: Einfluss von Sorte und Erntetermin auf TM-Ertrag, Gehalt und Ertrag an ätherischem Öl von Salbei, 2. und 3. Anbaujahr, VS Dornburg 2003 und 2004

Stadium	Erntetermin		Ertrag (dt TM/ha)		Blatt:Stängel-Ver- hältnis		Blattertrag (dt TM/ha)		Methode	Äth. Öl (ml/100 g TM)		Ertrag äth. Öl (l/ha)	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004		2003	2004	2003	2004
Sorte 'Extrakta'													
Blühbeginn	03.06.	08.06.	13,8	12,5	1 : 0,50	1 : 0,77	9,1	7,0	frisch	0,85	0,45	12,2	5,6
									trocken	0,79	0,65	10,9	8,1
Vollblüte	10.06.	16.06.	11,9	18,9	1 : 0,45	1 : 0,69	8,3	11,2	frisch	0,90	0,85	10,8	14,9
									trocken	0,67	0,70	7,9	12,5
Blühende	16.06.	23.06.	26,9	20,8	1 : 0,39	1 : 0,65	19,3	12,6	frisch	0,68	0,61	18,1	12,6
									trocken	0,24	0,70	6,4	14,5
Herkunft 'Apfel'													
Blühbeginn	03.06.	08.06.	16,3	31,6	1 : 0,64	1 : 0,93	9,8	16,6	frisch	0,56	0,40	9,4	12,6
									trocken	0,57	0,59	9,4	18,6
Vollblüte	10.06.	16.06.	23,5	33,9	1 : 0,50	1 : 0,77	15,8	19,2	frisch	0,73	0,69	17,4	22,6
									trocken	0,52	0,55	12,3	19,0
Blühende	16.06.	23.06.	22,7	41,7	1 : 0,40	1 : 0,54	16,3	27,2	frisch	0,63	0,45	14,5	18,8
									trocken	0,19	0,50	4,6	20,9
Herkunft 'Bornträger'													
Blühbeginn	03.06.	08.06.	24,5	18,2	1 : 0,51	1 : 0,88	16,3	9,8	frisch	1,10	0,62	27,0	11,8
									trocken	0,80	0,81	19,8	14,7
Vollblüte	10.06.	16.06.	22,2	17,2	1 : 0,44	1 : 0,64	15,4	10,5	frisch	0,92	0,86	20,1	14,7
									trocken	0,43	0,67	8,8	11,4
Blühende	16.06.	23.06.	22,2	27,7	1 : 0,41	1 : 0,85	16,0	14,9	frisch	0,62	0,73	12,9	19,8
									trocken	0,38	0,59	9,6	16,0
GD _{t, 5 %}			3,6	9,6			2,6	6,1	frisch	0,08	0,21	3,2	5,6
									trocken	0,10	0,12	2,6	4,6

In beiden Versuchsjahren erreichten die Sorten zu Blühende die höchsten Biomasse- und Blatterträge. Als besonders ertragreich erwies sich die Herkunft 'Appel'. Die niedrigsten Erträge erzielte die Sorte 'Extrakta'. Trotz der durchgehend niedrigere Gehalte an ätherischem Öl der Herkunft 'Appel' im Vergleich zu den beiden anderen Prüfgliedern, blieb ihre Ertragsüberlegenheit auch in den Ölerträgen je Flächeneinheit erhalten. Die höchsten Gehalte an ätherischem Öl waren fast durchgängig zum Zeitpunkt der Vollblüte zu verzeichnen. Eine Ausnahme bildete lediglich die Herkunft 'Bornträger' die bereits zu Blühbeginn über sehr hohe Ölgehalte verfügte. Die Ölerträge je Flächeneinheit erreichten deshalb in der Regel zwischen Vollblüte und Blühende ihr Maximum. Generell ist die Verarbeitung frischen Erntegutes der des getrockneten vorzuziehen, da bis auf wenige Ausnahmen hier die besseren Ausbeuten erzielt werden konnten.

Ursachen hierfür könnten sowohl in Trocknungsverlusten als auch in einer nicht erschöpfenden Extraktion bei dem getrockneten Erntegut liegen. Deshalb wurden in den Jahren 2002 und 2004 Extraktionsversuche mit unterschiedlicher Extraktionsdauer durchgeführt. Die Ergebnisse beinhaltet Tabelle 22.

Tabelle 22: Einfluss der Destillationszeit auf TM-Ertrag, Gehalt und Ertrag an ätherischem Öl von Salbei, Sorte 'Extrakta', 2. Anbaujahr 2002 bzw. 'Appel', 3. Anbaujahr 2004

traktä , 2. Anbaujahr 2002 bzw. Apper, 3. Anbaujahr 2004					
Stadium	Methode	Äth. Öl (ml/100 g TM)		Ertrag äth. Öl (l/ha)	
		2002	2004	2002	2004
Destillationszeit: 20 Minuten					
Blühbeginn	frisch	0,84	0,42	27,0	13,1
	trocken	0,73	-	23,4	-
Vollblüte	frisch	0,61	-	31,5	-
	trocken	0,59	-	30,7	-
Blühende	frisch	0,54	-	31,7	-
	trocken	0,44	-	25,8	-
Destillationszeit: 30 Minuten					
Blühbeginn	frisch	0,53	0,40	17,0	12,6
	trocken	0,66	0,59	21,2	18,6
Vollblüte	frisch	0,59	0,69	30,6	22,6
	trocken	0,49	0,55	25,4	19,0
Blühende	frisch	0,69	0,45	40,1	18,8
	trocken	0,47	0,50	27,6	20,9
Destillationszeit: 45 Minuten					
Blühbeginn	frisch	-	-	-	-
	trocken	-	0,56	-	17,7
Vollblüte	frisch	-	0,89	-	29,5
	trocken	-	0,64	-	22,2
Blühende	frisch	-	0,53	-	22,1
	trocken	-	0,56	-	23,4
GD _{t, 5 %}	frisch	n. b.	0,25	n. b.	8,0
	trocken	n. b.	0,10	n. b.	4,8

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass bei 20minütiger Extraktionszeit zu allen Entwicklungsstadien bei getrocknetem Erntegut geringere Ausbeuten erhalten wurden als bei Frischware. Die Verlängerung der Extraktionszeit auf 30 bzw. 45 Minuten führte zu einer besseren Ausbeute beim ersten Erntetermin. Hier überschritt der Wert der Trockenverarbeitung den der Frischdestillation. Im Jahr 2004 setzte sich diese Tendenz auch bei den späteren Ernteterminen fort. Da die Ausbeuten bei 45minütiger Extraktion jedoch nicht wesentlich höher waren als bei 30minütiger, scheint eine Laufzeit von 30 Minuten ein relativ guter Kompromiss zwischen Ausbeute und Extraktionskosten zu sein.

Tabelle 23 beinhaltet die Gehalte bzw. Erträge an ätherischem Öl nach der Laborbestimmung aus dem Blattmaterial nach DAB und die in der Technikumsanlage aus dem Blatt (berechnet) und der Ganzpflanze erhaltenen Ergebnisse. Dabei erbrachte die Labormethode in allen drei Jahren und allen drei Reifestadien höhere Ölausbeuten als die Wasserdampfextraktion.

Tabelle 23: Vergleich der im Labor bestimmten Gehalte an ätherischem Öl im getrockneten Blatt mit den bei Wasserdampfextraktion erhaltenen Ausbeuten bei Salbei Sorte 'Extrakta', trocken destilliert

Stadium	Äth. Öl (DAB)						Äth. Öl (WDE)								
	Blatt (ml/100 g TM)			(l/ha, berechnet)			Blatt (ml/100 g TM, berechnet)			Ganzpflanze (ml/100 g TM)			(l/ha berechnet)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Blühbeginn	1,48	1,67	1,47	22,45	15,2	10,3	1,44	1,20	1,15	0,73	0,79	0,65	21,2	10,9	8,1
Vollblüte	1,39	1,23	1,31	43,1	10,2	14,7	1,08	0,95	1,18	0,59	0,67	0,70	25,4	7,9	12,5
Blühende	1,53	1,10	1,38	38,1	21,2	17,4	0,79	0,33	1,16	0,44	0,24	0,70	27,6	6,4	14,5

Während in den Jahren 2002 und 2004 bei der Bestimmung nach DAB zu allen Ernteterminen im Blatt nahezu gleiche Ölgehalte festzustellen waren, fiel im Jahr 2003 der Gehalt an ätherischem Öl von Blühbeginn zu Blühende, analog zu den Werten der WDE, deutlich ab. Eine mögliche Erklärung für die Unterschiede zwischen den Werten der DAB und der WDE könnten in den verschiedenen Verfahren der Bestimmung liegen: So sind Extraktionszeiten von 2 Stunden nach der DAB-Methode üblich, was eine erschöpfende Extraktion wahrscheinlich macht.

Hinsichtlich der Zusammensetzung des ätherischen Öls traten zwischen den einzelnen Sorten und auch dem Öl aus frischem und getrocknetem Salbei geringfügige Unterschiede auf (Tab. 24). So waren die Herkünfte 'Bornträger' und 'Appel' thujonreicher als die Sorte 'Extrakta', wiesen aber etwas weniger Borneol und Camphen auf. Auch verringerte sich bei der Trocknung der Anteil des Thujons, das der wertgebende Bestandteil des officinellen Salbeiöls ist. Der Anteil dieses Stoffes stieg tendenziell von Blühbeginn zu Blühende hin an.

Das zweite Hauptterpen des Salbeiöls ist das 1,8-Cineol. Dieser Stoff änderte sich während der Vegetationszeit nicht signifikant, sank aber ebenfalls bei der Trocknung. Die in der Literatur genannten Werte von 40 bis 60 % Thujon und 12 bis 15 % Cineol konnten in den Versuchen nicht gefunden werden.

Tabelle 24: Einfluss der Jahre und der Destillationsmethode auf die Zusammensetzung des ätherischen Öls (Hauptkomponenten) in % bei Salbei (WDE)

Sorte / Stadium	Methode	(α + β)-P- inen	Camp- hen	unbek	(+)-Limo- nen	1,8- Cineol	Thujon	α -Caryo- phyllen	Borneol	Viridiflo- rol	Manool
Sorte 'Extrakta' 2002											
Blühbeginn	frisch	5,0	4,2	17,5	1,1	9,2	18,8	8,4	5,9	n. b.	n. b.
Vollblüte	frisch	4,3	3,2	17,2	1,0	9,2	21,3	7,3	5,6	n. b.	n. b.
Blühende	frisch	4,8	3,6	18,4	1,2	8,7	19,6	6,6	6,1	n. b.	n. b.
Sorte 'Extrakta' 2003											
Blühbeginn	frisch	6,7	5,2	29,7	1,5	10,2	12,7	8,6	7,1	n. b.	n. b.
	trocken	10,0	4,3	14,4	2,0	6,6	11,8	7,5	6,1	n. b.	n. b.
Vollblüte	frisch	5,7	3,3	25,5	1,3	11,0	13,4	10,7	4,7	n. b.	n. b.
	trocken	7,4	3,2	10,6	1,6	4,9	7,3	12,4	3,8	n. b.	n. b.
Blühende	frisch	7,2	5,6	24,6	1,5	11,7	14,8	9,1	8,4	n. b.	n. b.
	trocken	4,8	2,6	8,9	1,3	6,3	8,5	10,7	6,7	n. b.	n. b.
Sorte 'Extrakta' 2004											
Blühbeginn	frisch	3,2	2,9	18,9	1,1	5,9	10,9	11,5	3,8	12,2	5,1
	trocken	5,2	2,7	15,0	1,2	3,2	9,8	12,7	4,0	15,5	7,7
Vollblüte	frisch	4,3	3,0	21,3	1,5	12,8	11,0	9,9	6,0	7,0	3,3
	trocken	4,8	2,5	18,2	1,3	5,5	9,2	14,6	3,7	12,0	6,1
Blühende	frisch	4,5	3,7	20,0	1,4	6,8	10,7	10,6	6,2	9,4	3,2
	trocken	5,4	3,1	17,6	1,5	7,7	11,0	12,0	5,7	10,3	3,8
Herkunft 'Apfel' 2003											
Blühbeginn	frisch	5,3	3,5	25,4	1,3	9,8	14,6	10,6	3,7	n. b.	n. b.
	trocken	7,1	3,1	12,6	1,7	7,4	8,6	10,5	4,5	n. b.	n. b.
Vollblüte	frisch	6,0	4,2	25,0	1,3	13,7	17,2	10,6	5,8	n. b.	n. b.
	trocken	6,9	3,4	10,1	1,6	6,1	8,1	14,8	4,9	n. b.	n. b.
Blühende	frisch	5,8	3,7	22,0	1,3	10,8	20,0	12,0	4,9	n. b.	n. b.
	trocken	4,7	2,4	8,7	1,1	5,7	9,6	13,4	3,5	n. b.	n. b.
Herkunft 'Apfel' 2004											
Blühbeginn	frisch	2,6	1,4	19,0	1,0	7,4	12,4	9,2	2,2	11,8	4,9
	trocken	4,9	1,8	15,0	1,6	5,6	11,9	11,6	2,5	12,9	5,1
Vollblüte	frisch	3,4	2,1	19,5	1,2	8,7	13,5	14,3	3,8	10,4	3,8
	trocken	3,8	2,0	15,0	1,2	5,4	10,8	19,2	3,1	13,7	5,6
Blühende	frisch	3,8	2,9	19,0	1,2	7,7	12,6	12,1	4,6	9,4	3,4
	trocken	4,3	2,4	16,1	1,2	6,3	10,2	16,0	3,8	13,5	4,5
Herkunft 'Boroträger' 2003											
Blühbeginn	frisch	5,2	2,9	25,6	1,1	13,9	15,6	8,6	3,4	n. b.	n. b.
	trocken	7,8	2,7	13,4	1,5	10,5	12,9	10,2	4,1	n. b.	n. b.
Vollblüte	frisch	6,0	3,8	23,1	1,2	11,0	16,1	12,1	7,3	n. b.	n. b.
	trocken	6,1	2,9	8,9	1,6	5,2	9,0	13,9	4,0	n. b.	n. b.
Blühende	frisch	5,2	3,1	22,0	1,3	8,3	20,7	16,7	4,6	n. b.	n. b.
	trocken	5,1	2,6	9,9	1,2	6,3	11,8	13,7	4,5	n. b.	n. b.
Herkunft 'Boroträger' 2004											
Blühbeginn	frisch	2,6	1,7	18,0	1,1	8,2	13,0	9,2	3,3	12,3	4,3
	trocken	5,5	2,0	16,7	1,4	8,1	12,4	14,5	3,0	11,4	3,7
Vollblüte	frisch	3,7	2,2	20,0	1,2	7,9	11,8	11,4	3,2	11,6	4,0
	trocken	4,4	2,2	14,6	1,3	5,2	9,6	16,9	3,7	14,0	5,8
Blühende	frisch	3,3	2,3	17,5	1,3	10,4	14,9	10,3	5,1	10,8	2,9
	trocken	4,0	2,6	13,5	1,2	7,7	12,1	15,1	5,4	12,5	2,9

Beim Vergleich der Ölqualität nach Wasserdampfextraktion und DAB fällt auf, dass die 1,8-Cineolgehalte nach letztgenannter Methode durchgehend höher waren (Tab. 25). Dies trifft auch auf die Borneol- und teilweise die Thujonanteile im ätherischen Öl zu.

Tabelle 25: Vergleich der Ölqualität nach Wasserdampfextraktion (WDE) und Ölgewinnung nach DAB (DAB) bei Salbei, 2. und 3. Anbaujahr 2003 und 2004, trocken verarbeitet

Sorte / Stadium	Methode	(α + β)-Pinen	Camp-phen	unbek	(+)-Limonen	1,8-Cineol	Thujon	α -Caryophyllen	Borneol	Viridiflorol	Manool
Sorte 'Extrakta' 2003											
Blühbeginn	WDE	10,0	4,3	14,4	2,0	6,6	11,8	7,5	6,1	n. b.	n. b.
	DAB	13,6	4,9	11,6	2,0	13,2	9,2	4,2	12,6	n. b.	n. b.
Vollblüte	WDE	7,4	3,2	10,6	1,6	4,9	7,3	12,4	3,8	n. b.	n. b.
	DAB	8,8	2,6	10,5	1,5	18,4	13,6	6,1	7,0	n. b.	n. b.
Blühende	WDE	4,8	2,6	8,9	1,3	6,3	8,5	10,7	6,7	n. b.	n. b.
	DAB	7,8	3,9	10,5	1,3	14,4	10,0	5,0	11,0	n. b.	n. b.
Sorte 'Extrakta' 2004											
Blühbeginn	WDE	5,2	2,7	15,0	1,2	3,2	9,8	12,7	4,0	15,5	7,7
	DAB	8,8	2,8	13,1	1,3	17,0	12,1	8,0	6,4	10,1	4,4
Vollblüte	WDE	4,8	2,5	18,2	1,3	5,5	9,2	14,6	3,7	12,0	6,1
	DAB	11,6	3,5	9,7	1,5	17,0	10,4	9,2	9,1	8,7	6,2
Blühende	WDE	5,4	3,1	17,6	1,5	7,7	11,0	12,0	5,7	10,3	3,8
	DAB	11,6	2,7	13,4	1,6	15,6	13,0	5,8	6,9	8,8	5,4

Aufbauend auf den erhaltenen Ergebnissen, scheint die günstigste Erntezeit bei Salbei zur Gewinnung ätherischer Öle der Zeitraum zwischen Vollblüte und Blühende zu sein. Zu diesem Zeitpunkt sind sowohl die Ölerträge je Flächeneinheit als auch die Gehalte an den wertgebenden Inhaltsstoffen Thujon und 1,8-Cineol am höchsten. Aufgrund der höheren Ausbeuten ist die Frischverarbeitung der Extraktion getrockneten Pflanzenmaterials vorzuziehen.

3.1.5 Thymian (*Thymus vulgaris* L.)

Das ätherische Öl des Thymians besitzt ein breites Anwendungsspektrum in Pharmazie, Kosmetik und Lebensmittelindustrie und sollte damit auch entsprechende Absatzchancen am Markt haben. Dabei ist es wichtig, ein preiswertes Ausgangsprodukt zur Verfügung zu stellen. Eine Möglichkeit die Anbaukosten zu senken, besteht in der Direktsaat des Thymians, da hier im Vergleich zur Pflanzung deutlich geringere Kosten entstehen.

So wurden bei der Sorte 'Deutscher Winter' und bei der Herkunft 'Appel' jeweils zwei verschiedene Saatstärken und zwei verschiedene Pflanzabstände hinsichtlich ihres Ertrages und Ölgehaltes geprüft. Die Ernte erfolgte jeweils zu Blühbeginn, Vollblüte und Blühende.

Die beiden Saatvarianten liefen aufgrund von Verschlämmungen unregelmäßig auf, so dass diese nach der letzten Ernte im Jahr 2002 umgebrochen wurden. Generell ist eine Direktsaat von Thymian aber möglich. Auch die Pflanzversuche zeigten Fehlstellen im Bestand, die im 2. Anbaujahr ausgeglichen wurden.

In Tabelle 26 sind die Erträge und Gehalte an ätherischem Öl der Pflanzvarianten und der jeweiligen Reifestadien bei 'Deutscher Winter' und 'Appel' dargestellt. Bei den gesäten

Prüfgliedern stand teilweise nur sehr wenig Pflanzenmaterial zu Verfügung, so dass die erhaltenen Ergebnisse nicht repräsentativ waren und deshalb nicht in die Auswertung einbezogen worden sind.

Tabelle 26: Einfluss von Standweite und Erntetermin auf TM-Ertrag, Gehalt und Ertrag an ätherischem Öl verschiedener Herkünfte bzw. Sorten von Thymian, VS Dornburg 2002 bis 2004

Sorte / Stadium	Erntetermin			Ertrag (dt TM/ha)			Blattertrag (dt TM/ha)			Methode	Äth. Öl (ml/100 g TM)			Ertrag äth. Öl (l/ha)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004		2002	2003	2004	2002	2003	2004
Sorte 'Deutscher Winter'																
Pflanzung 30 cm x 20 cm																
Blühbeginn	26.08.	02.06.	28.05.	23,9	21,1	58,4	12,8	12,0	30,5	frisch	1,02	0,90	0,76	24,4	19,1	45,9
										trocken	0,88	0,78	0,75	21,1	16,5	44,3
Vollblüte	18.09.	11.06.	04.06.	44,6	11,9	33,2	20,3	6,3	17,2	frisch	0,79	0,47	0,85	35,3	5,5	28,4
										trocken	0,82	0,48	0,86	36,6	5,7	28,8
Blühende	02.10.	17.06.	22.06.	44,5	10,6	51,5	23,5	5,7	23,8	frisch	0,88	0,59	0,65	38,9	6,3	32,9
										trocken	0,88	0,44	0,62	39,8	4,6	31,6
Pflanzung 30 cm x 30 cm																
Blühbeginn	26.08.	02.06.	28.05.	47,0	18,9	68,2	25,1	10,4	32,3	frisch	0,93	1,07	0,94	43,5	19,1	64,4
										trocken	0,84	0,74	0,94	39,6	12,7	64,2
Vollblüte	18.09.	11.06.	04.06.	42,1	15,1	58,8	19,1	8,2	26,7	frisch	0,67	0,76	1,10	28,5	11,8	64,1
										trocken	0,81	0,35	0,90	34,5	5,2	52,6
Blühende	02.10.	17.06.	22.06.	52,5	13,8	63,1	27,8	7,0	30,9	frisch	0,83	0,58	0,61	41,6	8,0	38,6
										trocken	0,61	0,73	0,70	31,8	10,1	44,1
Herkunft 'Appel'																
Pflanzung 30 cm x 20 cm																
Blühbeginn	26.08.	02.06.	28.05.	24,6	23,6	57,0	12,9	13,1	29,4	frisch	1,15	1,01	0,74	28,3	23,9	43,2
										trocken	0,76	0,84	0,76	18,8	19,9	43,0
Vollblüte	18.09.	11.06.	04.06.	37,0	10,2	34,6	17,8	5,9	18,7	frisch	1,17	1,02	0,95	42,9	5,3	32,9
										trocken	1,10	0,41	0,78	40,1	3,8	26,7
Blühende	02.10.	17.06.	22.06.	43,7	10,1	42,4	21,5	5,7	20,6	frisch	0,91	0,48	0,59	39,6	4,9	25,1
										trocken	0,88	0,66	0,56	38,3	6,6	24,0
Pflanzung 30 cm x 30 cm																
Blühbeginn	26.08.	02.06.	28.05.	38,4	24,3	77,6	20,1	11,9	37,7	frisch	0,94	0,91	0,89	36,0	22,5	69,4
										trocken	0,93	0,70	0,81	35,6	16,8	62,8
Vollblüte	18.09.	11.06.	04.06.	43,2	10,2	61,6	20,8	5,8	34,7	frisch	1,15	0,54	1,11	50,0	5,5	67,8
										trocken	0,82	0,32	0,75	35,6	3,2	45,9
Blühende	02.10.	17.06.	22.06.	58,5	7,9	56,8	28,8	4,1	26,6	frisch	1,02	0,37	0,51	59,8	2,8	29,0
										trocken	0,91	0,65	0,53	53,6	5,2	29,7
GD _{t, 5 %}				7,3	2,5	13,8	3,4	1,4	6,9	frisch	0,50	0,10	0,24	6,8	3,2	19,2
										trocken	0,45	0,08	0,14	7,3	2,3	14,2

Durch den Biomassezuwachs war im Jahr 2002 eine deutliche Ertragssteigerung vom Blühbeginn zum Blühende hin zu beobachten. Aber gerade diese späten Erntevarianten zeigten im Jahr 2003 erhebliche Auswinterungsschäden, was im 2. Standjahr nur zu geringen Erträgen führte. Allerdings lagen die Erträge im Jahr 2003 generell auf einem sehr niedrigen Niveau. Dieser Trend setzte sich, wenn auch weniger deutlich, im 3. Anbaujahr fort. Die in weitem Abstand von 30 x 30 cm gepflanzten Prüfglieder erreichten bei beiden Sorten höhere Erträge als die mit einem Pflanzabstand von 30 x 20 cm.

Die Gehalte an ätherischem Öl waren in der Regel bei beiden Sorten zu Blühbeginn und Vollblüte höher als zu Blühende. Ab dem zweiten Anbaujahr wurden zum ersten Erntetermin auch die höchsten Ölerträge je Flächeneinheit erreicht, was in den Auswinterungsschäden der späteren Varianten begründet ist. Gesicherte Unterschiede zwischen den Ausbeuten bei der Verarbeitung von frischem und getrocknetem Thymian traten nicht auf.

Die Bestimmung des Ölgehaltes nach DAB erfolgte jeweils bei der Pflanzvariante 30 x 20 cm. Der Vergleich der Ergebnisse zwischen den Methoden der Laborbestimmung und der Wasserdampfextraktion zeigte bei erstgenannter teilweise wesentlich höhere Gehalte an ätherischem Öl im Blatt (Tabelle 27).

Tabelle 27: Vergleich der im Labor im getrockneten Blatt bestimmten Gehalte an ätherischem Öl mit den bei Wasserdampfdestillation erhaltenen Ausbeuten bei Thymian, trocken destilliert

Sorte / Stadium	Äth. Öl (DAB)						Äth. Öl (WDE)					
	Blatt (ml/100 g TM)			(l/ha, berechnet)			Blatt (ml/100 g TM, berechnet)		Ganzpflanze (ml/100 g TM)		(l/ha, berechnet)	
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Sorte 'Deutscher Winter' Pflanzung 30 cm x 20 cm												
Blühbeginn	2,40	1,85	1,74	30,7	22,2	53,1	1,65	1,38	1,44	0,88	0,78	0,75
Vollblüte	2,69	1,66	1,65	54,6	10,5	28,4	1,80	0,90	1,67	0,82	0,48	0,86
Blühende	2,25	1,56	1,14	52,8	8,9	27,1	1,66	0,81	1,34	0,88	0,44	0,62
Herkunft 'Apfel' Pflanzung 30 cm x 20 cm												
Blühbeginn	3,00	-	-	38,6	-	-	1,45	1,52	1,47	0,76	0,84	0,76
Vollblüte	2,78	-	-	49,5	-	-	2,29	0,64	1,43	1,10	0,41	0,78
Blühende	2,47	-	-	53,1	-	-	1,79	0,16	1,16	0,88	0,66	0,56

Eine mögliche Ursache wäre in einer nicht erschöpfenden Extraktion bei der Wasserdampfextraktion zu sehen. Aus diesem Grund erfolgten im Jahr 2004 Versuche mit variierte Extraktionszeit (Tab. 28).

Tabelle 28: Einfluss der Destillationszeit auf die Ausbeute an ätherischem Öl bei Thymian, Sorte 'Deutscher Winter', Pflanzabstand 30 x 30 cm, Dornburg 2004

Stadium/ Destillationszeit	Äth. Öl (ml/100 g TM)		Ertrag äth. Öl (l/ha)	
	frisch	trocken	frisch	trocken
Destillationszeit 20 min				
Blühbeginn	-	0,76	-	52,2
Vollblüte	0,81	-	47,3	-
Blühende	-	0,60	-	37,2
Destillationszeit 30 min				
Blühbeginn	0,94	0,94	64,4	64,2
Vollblüte	1,10	0,90	64,1	52,6
Blühende	0,61	0,70	38,6	44,1
GD _{± 5 %}	0,28	0,14	17,1	10,3

Es ist ersichtlich, dass die Ausbeute bei einer Extraktionsdauer von 30 min durchgängig höher war als bei zominütiger Extraktionszeit. Dies traf sowohl auf frisches als auch auf trockenes Extraktionsgut zu.

Hauptbestandteil des Thymianöls ist das Thymol, das zu 40 bis 50 % im Öl enthalten sein sollte. Γ -Terpinen und p-Cymol stellen weitere wesentliche ÖlkompONENTEN dar.

Bezüglich der Zusammensetzung des ätherischen Öls zeigten sich zwischen den einzelnen Prüfgliedern, Ernteterminen und Jahren sowie frischem und getrocknetem Erntegut keine gravierenden Unterschiede (Tab. 29).

Die Thymolgehalte lagen in der überwiegenden Anzahl der Proben zwischen 40 und 50 %, wobei sich frisch- und trockenextrahiertes Erntegut kaum unterschieden. Terpinen und Cymol traten in der Größenordnung zwischen 9,3 und 28,5 % auf. Die Mengenanteile dieser beiden Stoffe verhielten sich reziprok. Höhere Cymolgehalte waren mit niedrigeren Terpinengehalten verbunden und umgekehrt. Während in den Jahren 2002 und 2003 der Anteil des γ -Terpinens überwog, waren im Jahr 2004 die p-Cymolgehalte höher. Dies lässt auf einen Einfluss der Jahreswitterung schließen.

Tabelle 29: Einfluss der Sorte und der Destillationsmethode auf die Zusammensetzung des ätherischen Öls (%) bei Thymian (WDE)

Sorte/Jahr	Methode	α -Terpinen	(+)-Limonen	γ -Terpinen	p-Cymol	Linalool	Caryophyllen	Thymol	Carvacrol
Sorte 'Deutscher Winter'									
Pflanzung 30 cm x 20 cm Blühbeginn									
2002	frisch	2,1	1,5	21,1	14,3	2,5	2,4	41,8	2,0
	trocken	2,3	0,5	20,4	17,9	2,6	2,1	43,1	2,2
2003	frisch	2,2	0,4	20,4	12,5	2,4	2,1	49,5	2,0
	trocken	2,2	0,5	15,4	16,1	2,5	3,1	45,9	2,0
2004	frisch	1,3	0,8	16,6	23,6	2,7	2,2	43,2	2,6
	trocken	1,7	0,5	17,1	24,6	2,7	4,2	40,4	2,3
Pflanzung 30 cm x 20 cm Vollblüte									
2002	frisch	2,1	0,5	21,8	17,6	2,5	2,2	40,2	1,9
	trocken	2,0	0,4	17,4	18,2	2,8	2,5	45,4	2,3
2003	frisch	2,2	0,5	20,6	14,0	2,2	4,0	41,9	2,0
	trocken	2,1	0,5	17,9	19,2	1,7	6,4	36,0	1,4
2004	frisch	1,4	0,6	17,0	20,1	2,3	3,0	46,5	2,3
	trocken	1,2	0,4	12,7	19,3	2,4	4,0	51,0	2,6
Pflanzung 30 cm x 20 cm Blühende									
2002	frisch	1,7	0,5	17,8	22,1	2,8	2,1	40,7	2,2
	trocken	1,8	0,5	16,4	22,8	2,9	2,4	40,9	2,2
2003	frisch	1,9	0,5	16,3	21,3	2,6	2,2	43,4	2,0
	trocken	1,9	0,6	16,0	17,2	2,2	3,4	42,6	2,1
2004	frisch	1,1	0,6	10,1	25,2	3,0	2,9	45,8	4,1
	trocken	1,2	0,5	9,8	28,5	2,9	3,9	43,8	2,4
Pflanzung 30 cm x 30 cm Blühbeginn									
2002	frisch	2,5	0,7	24,6	13,5	2,1	2,8	39,7	1,9
	trocken	2,0	0,4	19,0	15,4	2,4	2,3	47,4	2,4
2003	frisch	2,2	0,4	21,4	11,0	1,9	3,2	47,7	1,9
	trocken	2,3	0,5	19,4	13,9	2,2	3,1	43,5	1,9
2004	frisch	1,3	0,7	16,4	21,3	2,5	2,0	47,7	2,5
	trocken	1,4	0,4	14,4	19,2	2,3	3,8	49,0	2,6

Sorte/Jahr	Methode	α -Terpinen	(+)-Limonen	γ -Terpinen	o-Cymol	linalool	Caryophyllen	Thymol	Carvacrol
Pflanzung 30 cm x 30 cm Vollblüte									
2002	frisch	2,0	0,5	20,6	16,7	2,1	3,0	40,9	2,0
	trocken	2,1	0,4	17,6	18,7	2,5	2,4	44,6	2,4
2003	frisch	2,6	0,5	22,9	15,0	2,1	3,2	41,2	2,0
	trocken	2,9	0,6	24,2	21,9	1,6	5,7	27,9	1,2
2004	frisch	1,3	0,7	16,2	19,8	2,9	2,8	48,0	2,4
	trocken	1,9	0,4	16,1	22,1	2,4	3,8	43,0	2,1
Pflanzung 30 cm x 30 cm Blühende									
2002	frisch	1,9	0,5	20,2	17,3	2,3	2,4	41,6	2,0
	trocken	1,8	0,5	16,4	22,8	2,9	2,4	40,9	2,2
2003	frisch	2,2	0,5	21,1	15,6	1,6	4,1	43,0	2,1
	trocken	2,4	0,6	20,7	15,1	2,1	3,0	40,3	1,9
2004	frisch	1,1	0,5	10,1	22,5	3,0	2,7	49,3	2,3
	trocken	1,0	0,4	9,3	23,2	2,6	3,9	49,5	2,5
Herkunft 'Apfel'									
Pflanzung 30 cm x 20 cm Blühbeginn									
2002	frisch	2,3	0,7	23,3	15,6	2,1	2,4	39,2	1,9
	trocken	2,3	0,5	20,4	17,9	2,6	2,1	43,1	2,2
2003	frisch	1,8	0,4	16,1	12,2	2,1	3,1	53,2	2,3
	trocken	2,2	0,5	16,4	14,9	2,4	3,1	46,4	2,0
2004	frisch	1,3	0,5	14,6	22,2	2,8	2,5	46,8	2,7
	trocken	1,5	0,5	14,3	24,9	2,6	4,2	42,3	2,2
Pflanzung 30 cm x 20 cm Vollblüte									
2002	frisch	2,2	0,5	22,1	16,8	2,2	2,3	42,1	2,2
	trocken	2,2	0,4	19,1	17,8	2,5	2,7	43,8	2,2
2003	frisch	2,2	0,5	19,2	16,4	2,2	4,8	43,2	2,0
	trocken	2,2	0,6	18,7	21,0	1,7	6,6	31,8	1,4
2004	frisch	1,2	0,8	13,8	20,7	2,4	3,4	49,0	2,4
	trocken	1,1	0,4	12,7	21,8	2,5	4,1	48,6	2,4
Pflanzung 30 cm x 20 cm Blühende									
2002	frisch	1,9	0,5	20,8	18,8	2,4	2,6	39,8	1,9
	trocken	2,0	0,5	17,9	24,6	3,0	2,0	37,5	1,9
2003	frisch	1,7	0,4	14,3	18,1	2,6	1,9	49,5	2,4
	trocken	2,1	0,5	17,7	16,9	2,1	3,6	42,2	2,1
2004	frisch	1,0	0,4	8,1	26,6	3,1	3,2	47,4	2,6
	trocken	0,8	0,4	6,8	26,7	3,0	4,2	46,9	2,4
Pflanzung 30 cm x 30 cm Blühbeginn									
2002	frisch	2,4	0,6	23,5	14,0	2,5	2,4	41,5	2,0
	trocken	2,3	0,4	20,2	16,5	2,3	2,2	45,3	2,4
2003	frisch	2,2	0,4	19,9	14,4	2,3	2,8	46,7	1,9
	trocken	2,1	0,4	15,9	15,4	2,2	3,5	46,0	1,8
2004	frisch	1,4	0,9	15,5	21,7	2,5	2,3	48,2	2,2
	trocken	1,4	0,4	15,6	23,8	2,7	4,3	42,7	1,8
Pflanzung 30 cm x 30 cm Vollblüte									
2002	frisch	2,3	0,4	22,7	17,4	2,6	2,4	41,3	2,1
	trocken	2,1	0,5	18,8	19,8	2,7	2,8	41,2	2,0
2003	frisch	2,6	0,5	21,9	15,7	2,1	4,5	40,3	1,8
	trocken	2,5	0,6	20,2	19,9	1,7	6,8	30,7	1,4
2004	frisch	1,3	0,9	13,7	19,5	2,3	3,6	50,5	2,5
	trocken	1,2	0,5	13,9	24,3	2,6	4,2	43,4	2,2

Sorte/Jahr	Methode	α -Terpinen	(+)-Limonen	γ -Terpinen	p-Cymol	Linalool	Caryophyllen	Thymol	Carvacrol
Pflanzung 30 cm x 30 cm Blühende									
2002	frisch	2,0	0,5	21,5	20,6	2,7	2,1	39,9	2,0
	trocken	1,9	0,5	16,8	24,0	3,0	2,3	40,1	2,2
2003	frisch	2,1	0,4	18,0	15,3	1,6	4,7	47,8	2,4
	trocken	2,0	0,5	16,3	16,6	2,3	3,4	44,5	2,2
2004	frisch	1,0	0,8	7,6	25,1	3,0	3,0	50,8	2,8
	trocken	0,9	0,4	6,0	26,4	3,2	4,0	48,8	2,5

Bei Betrachtung der Ölqualität nach Wasserdampfextraktion und DAB fällt auf, dass die Gehalte an Thymol bei letztgenannter Methode deutlich höher waren. Im Mittel aller Untersuchungen enthielt das nach DAB-Methode gewonnene Öl ca. 26 % mehr Thymol, der Maximalwert betrug 56,7 %. Demgegenüber lagen die Gehalte an p-Cymol und γ -Terpinen wesentlich unter denen der Wasserdampfextraktion (Tab. 30).

Tabelle 30: Vergleich der Ölqualität bei Wasserdampfextraktion (WDE) und Gewinnung nach DAB bei Thymian 'Sorte Deutscher Winter', 1 bis 3. Anbaujahr 2002 bis 2004, trocken verarbeitet

Jahr	Methode	α -Terpinen	(+)-Limonen	γ -Terpinen	p-Cymol	Linalool	Caryophyllen	Thymol	Carvacrol
Blühbeginn									
2002	WDE	2,3	0,5	20,4	17,9	2,6	2,1	43,1	2,2
	DAB	1,3	2,7	10,2	12,6	2,9	1,9	52,4	2,8
2003	WDE	2,2	0,5	15,4	16,1	2,5	3,1	45,9	2,0
	DAB	1,9	0,5	13,0	13,4	2,2	2,1	57,2	4,4
2004	WDE	1,7	0,5	17,1	24,6	2,7	4,2	40,4	2,3
	DAB	1,2	0,5	13,9	19,5	1,6	2,9	51,3	2,5
Vollblüte									
2002	WDE	2,0	0,4	17,4	18,2	2,8	2,5	45,4	2,3
	DAB	1,4	2,6	12,8	15,7	2,9	1,8	48,7	2,6
2003	WDE	2,1	0,5	17,9	19,2	1,7	6,4	36,0	1,4
	DAB	1,5	0,5	8,2	15,1	2,3	1,8	56,4	8,5
2004	WDE	1,2	0,4	12,7	19,3	2,4	4,0	51,0	2,6
	DAB	0,8	0,9	11,2	17,6	2,3	2,1	58,3	3,0
Blühende									
2002	WDE	1,8	0,5	16,4	22,8	2,9	2,4	40,9	2,2
	DAB	1,3	2,0	12,2	19,2	2,7	1,4	49,3	2,9
2003	WDE	1,9	0,6	16,0	17,2	2,2	3,4	42,6	2,1
	DAB	1,4	0,6	8,4	15,7	2,2	2,0	57,2	6,5
2004	WDE	1,2	0,5	9,8	28,5	2,9	3,9	43,8	2,4
	DAB	0,8	0,8	4,4	21,6	2,8	2,0	58,9	4,0

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Ernte des Thymians für die Gewinnung des ätherischen Öls zum Zeitpunkt der Vollblüte erfolgen sollte. In diesem Stadium verbindet der Thymian hohe Trockenmasseerträge mit hohen Ölgehalten und erreicht damit auch die besten Ölerträge je Flächeneinheit. Da bei der Extraktion von frischem und getrocknetem Erntegut bezüglich der Ausbeute kaum Unterschiede auftreten, kann, je nach Verarbeitungskapazität, ein Teil der Erntemenge sofort verarbeitet, der Rest durch Trocknung lagerfähig gemacht werden. Dies schafft für den Verarbeiter gute Möglichkeiten zur Verbesserung der

Auslastung seiner Extraktionsanlage. Es ist aber, wie bereits bei der Pfefferminze erwähnt, zu bedenken, dass durch die Trocknung die Selbstkosten für das Ausgangsmaterial zur Extraktion beträchtlich erhöht werden.

3.1.7 Zitronenthymian (*Thymus x citriodorus*)

Als eine weitere Pflanze mit zitronenartigem Aroma, ist der Zitronenthymian aus der Literatur bekannt. Von Zitronenthymian wurde eine Sorte zu Blühbeginn geprüft und in frischem Zustand destilliert. Aufgrund von Auswinterungsschäden konnte der Versuch in den Folgejahren nicht wiederholt werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 31 dargestellt.

Tabelle 31: Ertrag, Gehalt und Ertrag an ätherischem Öl von Zitronenthymian zu Blühbeginn
VS Dornburg 2002

Ernte- termin	Ertrag (dt TM/ha)	Blatt:Stängel- Verhältnis	Blattertrag (dt TM/ha)	Methode	Äth. Öl (Wasserdampfextraktion)		Ertrag äth. Öl (l/ha)
					Ganzpflanze (ml/100 g TM)	Blatt (ml/100 g TM, berechnet g)	
17.06.	17,6	1 : 1,23	7,9	frisch	0,39	0,89	7,0
				Laborbestimmung getrocknet	-	1,176	9,3

Im Vergleich zu den beiden anderen geprüften Pflanzenarten mit Zitronenaroma, Zitronenmelisse und Moldawischer Drachenkopf, liegen seine Erträge an ätherischem Öl, berechnet in Liter pro Hektar, höher als bei der Zitronenmelisse, aber deutlich unter Moldawischem Drachenkopf. Er scheint deshalb als Alternative zur Melisse kaum geeignet zu sein.

3.2 Körnerdrogen

3.2.1 Anis (*Pimpinella anisum*)

Anis findet in der Medizin, der Süßwaren- und Getränkeindustrie, aber auch als Gewürz und Tee Verwendung. Dabei werden sowohl das Kraut als auch das Korn eingesetzt. Gebräuchlicher ist allerdings die Gewinnung des ätherischen Öls aus den Anisfrüchten und dessen weitere Verarbeitung.

Dazu kam ein Versuch mit zwei Herkunftstypen zur Anlage, die jeweils zur Milchwachsreife, Gelbreife und zur Vollreife beerntet wurden. Wie bei allen Körnerfrüchten erfolgte zu den frühen Entwicklungsstadien die Ernte des Blühhorizontes, zur Vollreife ein Mähdrusch.

Im ersten Versuchsjahr 2002 musste der Anisbestand wegen eines starken Befalls mit pilzlichen Schaderregern noch vor dem ersten Erntetermin (Milchwachsreife) komplett umgebrochen werden. Unter den trockenen, warmen Witterungsbedingungen des Jahres 2003 entwickelte sich der Anis sehr gut und erreichte hohe Erträge. Im dritten Versuchsjahr 2004 war wiederum ein Befall mit pilzlichen Schaderregern, vor allem Schwärzepilzen, zu beobachten, der zwar nicht zu einem Totalausfall, aber doch zu deutlichen Ertragsminderungen führte (Tab. 32).

Tabelle 32: Einfluss des Erntetermins auf TM-Ertrag, Gehalt und Ertrag an ätherischem Öl verschiedener Anisherkünfte VS Dornburg 2003 und 2004

VS Demburg 2003 und 2004											
Stadium	Erntetermin		Ertrag (dt TM/ha)		Kornertrag (dt/ha)		Methode	Äth. Öl (ml/100 g TM)		Ertrag äth. Öl (l/ha)	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004		2003	2004	2003	2004
Herkunft 'Chrestensen'											
Milchwachsreife	25.07.	30.07.	37,9	21,3	15,4	8,0	frisch	1,20	0,60	47,2	12,9
							trocken	1,40	0,58	52,8	12,6
Gelbreife	06.08.	14.08.	47,5	25,6	16,3	13,6	frisch	1,20	0,59	52,3	15,0
							trocken	0,90	0,47	43,2	11,9
reifes Korn	13.08.	30.08.	17,0	4,6	17,0	4,6	-	2,50	2,99	42,2	14,0
Herkunft 'Pharmasaat'											
Milchwachsreife	25.07.	30.07.	34,7	22,2	11,5	7,9	frisch	1,30	0,76	44,8	16,9
							trocken	1,20	0,79	42,4	17,4
Gelbreife	06.08.	14.08.	44,3	21,0	14,8	10,7	frisch	1,10	0,70	48,6	14,8
							trocken	1,00	0,49	45,9	10,5
reifes Korn	13.08.	30.08.	15,8	4,0	15,8	4,0	-	2,20	n. b.	35,1	n. b.
GD _{t, 5 %}			7,5	9,2	1,5	3,6	frisch	0,1	0,09	2,2	2,3
							trocken	0,1	1,03	4,7	3,9

Die beiden Herkunftstypen unterschieden sich in ertraglicher Hinsicht kaum, tendenziell lagen in beiden Jahren die Erträge der Herkunft 'Chrestensen' etwas über denen der Herkunft 'Pharmasaat'.

Das reife Korn enthielt im Jahr 2003 ca. doppelt so viel ätherisches Öl wie der Blühhorizont zum Zeitpunkt der Milchwachs- bzw. Gelbreife, 2004 war es mehr als die fünffache Menge. Dadurch wurden zur Vollreife auch relativ hohe Ölerträge je Flächeneinheit erzielt. Unter

Berücksichtigung des technologischen Aufwandes bei der Ernte des Blühhorizontes zu frühen Terminen scheint die Ernte und Extraktion der reifen Körner bei Anis die günstigste Variante zur Gewinnung des ätherischen Öls zu sein. Gesicherte Unterschiede hinsichtlich der Ausbeute bei der Extraktion von frischem und getrocknetem Erntegut waren nicht zu verzeichnen.

Das ätherische Öl der geprüften Herkunft setzt sich im Wesentlichen aus trans-Anethol sowie geringen Mengen an Estragol zusammen und entspricht damit den Anforderungen des DAB. Unterschiede bezüglich der Ölzusammensetzung traten zwischen beiden Herkunftsfeldern nicht auf. Es ist allerdings zu erkennen, dass der Gehalt an trans-Anethol im reifen Korn im Vergleich zu den frühen Ernteterminen abfällt (Tab. 33).

Tabelle 33: Einfluss des Erntetermins auf die Zusammensetzung des ätherischen Öls (%) verschiedener Anisherkünfte (WDE)

Kumte (WDE)					
Stadium	Methode	Estragol		trans-Anethol	
		2003	2004	2003	2004
Herkunft 'Chrestensen'					
Milchwachsreife	frisch	1,38	2,54	97,02	93,17
	trocken	1,12	3,26	95,96	92,85
Gelbreife	frisch	1,02	2,55	97,86	93,93
	trocken	1,09	2,10	96,60	94,43
reifes Korn	-	0,82	6,85	90,65	86,01
Herkunft 'Pharmasaat'					
Milchwachsreife	frisch	2,26	2,66	96,85	93,00
	trocken	1,60	2,58	95,88	94,00
Gelbreife	frisch	1,65	2,42	97,11	93,36
	trocken	1,50	2,24	95,54	94,18
reifes Korn	-	1,32	n. b.	91,26	n. b.

Beim Vergleich der Ölgehalte, bestimmt nach DAB, und nach Wasserdampfextraktion fällt auf, dass nach erstgenannter Methode deutlich mehr ätherisches Öl gewonnen werden konnte. Dies lässt auf eine nicht quantitative Extraktion mit der Wasserdampfextraktion schließen. Weitere Versuche zur Optimierung der Extraktion sind deshalb erforderlich (Tab. 34).

Tabelle 34: Vergleich der im Labor bestimmten Gehalte an ätherischem Öl mit den bei Wasserdampfextraktion erhaltenen Ausbeuten bei Anis, trocken verarbeitet

Stadium	Äth. Öl (DAB)				Äth. Öl (WDE)					
	Korn (ml/100 g TM)		l/ha, berechnet		Korn (ml/100 g TM, berechnet)		Ganzpflanze (ml/100 g TM)		l/ha, berechnet	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Herkunft 'Chrestensen'										
Milchwachsreife	5,10	2,40	78,5	19,1	3,44	1,56	1,40	0,58	52,8	12,6
Gelbreife	4,43	2,17	72,2	23,3	2,62	0,88	0,90	0,47	42,3	11,9
reifes Korn	3,05	3,20	51,8	14,7	2,50	2,99	2,50	2,99	42,2	14,0

Das nach DAB gewonnene Öl wies durchgehend niedrigere Gehalte an trans-Anethol auf als das mit Wasserdampfextraktion erhaltene. Während im Jahr 2003 die Gehalte an Estragol bei

beiden Methoden in etwa gleich waren, wies das Öl nach DAB im Jahr 2004 zu den frühen Entwicklungsstadien deutlich höhere Estragolgehalte auf (Tab. 35).

Tabelle 35: Vergleich der Ölqualität bei Wasserdampfextraktion (WDE) und Gewinnung nach DAB bei Anis Herkunft 'Chrestensen' 2003 und 2004, trocken verarbeitet

Stadium	Methode	Estragol		trans-Anethol	
		2003	2004	2003	2004
Milchwachsreife	WDE	1,12	3,26	95,96	92,85
	DAB	0,92	5,42	93,90	87,10
Gelbreife	WDE	1,09	2,10	96,60	94,43
	DAB	0,85	5,66	88,90	86,15
reifes Korn	WDE	0,82	6,85	90,65	86,01
	DAB	0,80	6,04	88,34	87,26

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Produktion von Anis unter mitteleuropäischen Bedingungen relativ risikobehaftet ist, da die Pflanze sehr anfällig gegenüber pilzlichen Schaderregern ist. Insbesondere in feuchten Jahren, wie 2002 und 2004, kann es zu Ertrags-einbußen oder Totalausfall kommen. Zugelassene Fungizide zur Minimierung des An-baurisikos gibt es nicht.

Zur Gewinnung ätherischer Öle ist es aus arbeitswirtschaftlichen Gründen bei der Ernte, Nacherntebehandlung, Trocknung und Extraktion sinnvoll, das vollreife Korn zu verwenden, da dieses erheblich mehr ätherisches Öl enthält als der Blühhorizont zu früheren Entwick-lungsstadien.

3.2.2 Dill (*Anethum graveolens*)

Dill ist eine traditionelle Gewürzpflanze. Neben den Dillspitzen zur Frischvermarktung kommen das Kraut und die Körner, insbesondere in der Lebensmittelindustrie, zum Einsatz. Während der Entwicklung der Pflanze treten deutliche Veränderungen der Aromen auf. Gefragt sind vor allem die frischen Aromen, welche für die frühen bis mittleren Entwick-lungsstadien kennzeichnend sind.

Im Rahmen des Themas wurden vier Sorten zu unterschiedlichen Reifestadien analog zu Anis geprüft. Die Bestimmung der Erntetermine Milch- und Gelbreife erfolgte anhand des Haupt-blütenstandes der Pflanzen. Zu diesen Terminen wiesen die Pflanzen an den Nebentrieben noch zahlreiche, weniger weit entwickelte Dolden auf.

Das Kraut im frischen und getrockneten Zustand wurde 30 Minuten, das Korn 20 Minuten, unmittelbar nach der Zerkleinerung mit Mahlstufe 4, extrahiert. Es erfolgte dabei eine gering-fügige Anpassung der Mahlstufe an die unterschiedlichen Korngrößen und -formen der einzelnen Sorten.

Die Trockenmasseerträge nahmen bei allen vier Sorten von der Milchwachsreife zur Gelbreife hin lediglich geringfügig zu. Der Gehalt an ätherischem Öl war dagegen, sowohl bei frisch als auch bei getrocknet extrahiertem Material, meist zur Milchwachsreife etwas höher als zur Gelbreife. Als besonders ertragsstabil über alle drei Versuchsjahre zu den frühen Ernte-terminen erwies sich die Sorte 'Gewöhnlicher', die jedoch bezüglich der Ölgehalte nicht

immer überzeugte. Trotzdem erreichte diese Sorte in den meisten Fällen auch hohe Ölerträge je Flächeneinheit. Durchgehend hohe Ölerträge realisierte auch die Sorte 'Blattreicher', wobei dies hier mehr durch die stabil hohen Ölgehalte bedingt war (Tab. 36).

Tabelle 36: Einfluss des Erntetermins auf TM-Ertrag, Gehalt und Ertrag an ätherischem Öl verschiedener Dillsorten VS Dornburg 2002 bis 2004

Stadium	Erntetermin			Ertrag (dt TM/ha)			Kornertrag (dt/ha)			Metho- de	Äth. Öl (ml/100 g TM)			Ertrag äth. Öl (l/ha)		
	02	03	04	02	03	04	02	03	04		02	03	04	02	03	04
Sorte 'Gewöhnlicher'																
Milch- wachsreife	06.08.	24.07.	05.08.	24,5	52,4	27,7	0,5	24,2	11,3	frisch	0,3	1,5	0,9	7,4	80,1	23,9
										trocken	0,2	1,0	0,8	3,7	50,5	21,8
Gelbreife	20.08.	30.07.	18.08.	27,8	50,6	31,1	5,3	22,2	17,1	frisch	0,2	1,3	0,5	6,2	63,4	14,6
										trocken	0,1	1,0	0,5	3,5	49,0	16,5
reifes Korn	15.09	11.08.	10.09.	4,0	23,0	4,2	4,0	23,0	4,2		2,2	2,9	3,7	8,0	66,1	15,9
Sorte 'Dukat'																
Milch- wachsreife	06.08.	05.08.	05.08.	12,7	47,3	16,4	1,1	20,6	5,4	frisch	0,5	1,4	1,0	6,7	65,2	16,8
										trocken	0,3	1,0	0,7	3,8	47,6	11,9
Gelbreife	20.08.	10.08.	18.08.	13,5	56,5	17,5	2,9	26,9	7,7	frisch	0,4	1,1	0,8	5,3	61,1	12,9
										trocken	0,2	0,8	0,8	3,5	46,5	14,2
reifes Korn	15.09.	13.08.	10.09.	3,9	23,4	2,2	3,9	23,4	2,2		2,4	3,2	4,9	10,0	74,5	11,1
Sorte 'Blattreicher'																
Milch- wachsreife	06.08.	24.07.	05.08.	28,0	52,3	22,9	2,2	28,6	8,8	frisch	0,5	1,5	0,9	13,9	79,9	19,9
										trocken	0,4	0,9	0,9	10,0	45,8	19,9
Gelbreife	20.08.	30.07.	18.08.	28,4	44,1	28,8	6,9	17,9	15,1	frisch	0,3	1,5	0,4	7,9	64,5	11,8
										trocken	0,2	0,9	0,6	5,0	40,5	17,7
reifes Korn	15.09.	11.08.	10.09.	2,9	25,2	4,0	2,9	25,2	4,0		2,8	3,0	4,6	7,8	74,7	18,2
Sorte 'Herkules'																
Milch- wachsreife	06.08.	05.08.	05.08.	16,1	53,2	9,3	0,9	28,2	3,0	frisch	0,6	1,4	0,6	10,3	74,0	5,7
										trocken	0,2	0,9	0,7	3,7	50,1	6,3
Gelbreife	20.08.	10.08.	18.08.	17,9	56,2	6,9	3,8	25,6	3,0	frisch	0,5	1,3	1,3	9,4	67,6	8,7
										trocken	0,4	1,0	1,1	6,8	53,1	7,5
reifes Korn	15.09.	13.08.	10.09.	1,4	22,7	1,2	1,4	22,7	1,2		2,7	3,2	n. b.	3,9	72,1	-
GD t, 5 %				4,1	5,4	10,9	0,88	1,99	5,1	frisch	0,1	0,1	0,3	1,5	4,2	6,0
										trocken	0,4	0,04	1,7	1,3	2,3	5,1

Während in den Jahren 2002 und 2003 durch die Trocknung des Krautes immer gravierende Verluste an ätherischem Öl auftraten, war dieses Verhalten in 2004 nicht durchgehend zu beobachten.

Bedingt durch starkes Lager bildete der Dill in den Jahren 2002 und 2004 nur sehr wenig Körner aus. Die trockene, warme Witterung des Jahres 2003 dagegen begünstigte die Entwicklung des Dills, was sich in der Ertragshöhe von über 20 dt/ha widerspiegelt. Es trat kein Lager auf und die Bestände reiften gleichmäßig ab. Die Gehalte an ätherischem Öl lagen im Korn deutlich über den Werten zu Milchwachs- und Gelbreife. Dabei traten weniger Sorten- als Jahresunterschiede auf. Insbesondere in den Jahren 2002 und 2004, die durch extrem niedrige Kornerträge gekennzeichnet waren, betrugen die Ölgehalte im Korn mitunter das bis

zu zwanzigfache der frühen Erntetermine, so dass teilweise noch relativ hohe Ölerträge je Flächeneinheit erreicht wurden.

Hauptbestandteile des ätherischen Dillöls sind Carvon, Limonen und in einigen Chargen Myrcen. Zwischen den Versuchsjahren zeigten sich deutliche Unterschiede in der Zusammensetzung des ätherischen Öls (Tab. 37).

Tabelle 37: Einfluss des Erntetermins und der Extraktionsmethode auf die Zusammensetzung des ätherischen Öls (%) bei Dill (WDE)

Sorte	Zustand	Myrcen			Limonen			U1+U2+U3 ¹⁾			Carvon		
		2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Sorte 'Gewöhnlicher'													
Milch-wachsreife	frisch	61,59	16,81	35,06	12,52	11,18	16,85	22,42	9,46	17,42	2,82	59,42	27,28
	trocken	24,48	0,13	26,21	33,00	13,73	19,37	28,2	9,01	13,39	10,59	69,74	37,05
Gelbreife	frisch	59,69	16,70	28,44	12,90	11,87	16,05	19,86	8,27	12,89	6,08	60,18	39,02
	trocken	29,26	0,12	38,13	22,72	12,70	14,55	34,12	10,09	15,77	11,68	69,48	28,89
reifes Korn	frisch	2,18	0,29	0,90	77,86	56,00	57,54	0,46	0,58	2,13	17,44	39,40	39,42
Sorte 'Dukat'													
Milch-wachsreife	frisch	56,14	18,0	44,19	16,64	11,49	17,45	17,16	12,89	19,77	9,12	57,50	15,68
	trocken	29,84	0,12	40,99	24,38	13,30	18,36	29,38	10,77	19,80	14,36	68,16	17,39
Gelbreife	frisch	48,56	-	29,99	19,32	-	14,84	14,76	-	15,90	15,15	-	35,67
	trocken	18,64	0,14	34,26	23,32	11,94	15,11	27,26	12,89	16,11	26,95	66,49	30,72
reifes Korn	frisch	1,40	0,27	1,23	68,18	56,32	56,10	0,28	0,57	2,68	27,40	40,05	40,00
	gelagert ²⁾	0,94	-	-	59,29	-	-	0	-	-	34,07	-	-
Sorte 'Blattreicher'													
Milch-wachsreife	frisch	51,56	17,01	38,43	13,80	9,79	15,15	20,13	11,45	21,03	13,26	58,41	22,25
	trocken	18,80	0,13	34,17	21,76	13,3	18,19	23,35	12,08	17,11	32,61	65,56	26,83
Gelbreife	frisch	51,80	16,70	35,64	14,08	11,87	15,71	19,61	9,90	15,31	12,10	59,80	30,10
	trocken	16,24	0,13	34,29	20,28	12,22	14,64	27,07	12,29	14,73	32,62	66,78	33,00
reifes Korn	frisch	1,38	0,28	0,89	66,88	56,86	56,28	0,16	0,58	2,44	29,19	39,66	40,39
	gelagert ²⁾	1,00	-	-	59,55	-	-	0,28	-	-	36,44	-	-
Sorte 'Herkules'													
Milch-wachsreife	frisch	47,52	17,34	30,87	16,15	11,19	16,61	18,21	8,76	16,48	16,92	58,84	32,49
	trocken	21,18	0,13	51,33	23,36	11,94	16,42	23,19	12,43	21,22	28,44	68,06	7,81
Gelbreife	frisch	38,09	-	28,05	19,24	-	14,59	13,80	-	14,02	25,35	-	39,78
	trocken	15,54	0,12	36,75	22,43	10,84	18,51	23,55	12,05	14,33	34,08	68,24	26,32
reifes Korn	frisch	1,32	0,28	-	72,51	57,09	-	0,26	0,56	-	23,14	39,74	-
	gelagert ²⁾	0,98	-	-	63,62	-	-	0	-	-	32,78	-	-

1) unbekannte Substanz, konnte im Labor nicht identifiziert werden

2) nur Einzelproben

Dies ist möglicherweise auf die sehr unterschiedlichen Witterungsbedingungen bzw. das Lager im ersten und dritten Versuchsjahr, das teilweise eine Fäulnis des Krautes verursachte, zurückzuführen. So wurden beispielsweise im Jahr 2003 höhere Carvongehalte und dafür geringere an Myrcen und Limonen gefunden. Des Weiteren traten auch deutliche Unterschiede zwischen den Ernteterminen auf. Besonders das reife Korn unterschied sich von den Ernten zu Milchwachsreife und Gelbreife durch niedrigere Myrcen- und höhere Limonengehalte.

Auch im getrockneten Kraut veränderte sich im Vergleich zum frischen Erntegut die Zusammensetzung des ätherischen Öls. Durch die Trocknung sanken die Myrcenanteile teilweise, die Limonen- und Carvongehalte dagegen stiegen an.

Der Vergleich der Ölausbeuten nach Wasserdampfextraktion und DAB zeigt, dass im Jahr 2003 mit der Labormethode sehr viel höhere Werte, vor allem in den frühen Reifestadien, erreicht wurden. Im Jahr 2004 lagen die Werte sehr viel enger zusammen. Bei der Verarbeitung zur Milchwachsreife war das Ergebnis der Wasserdampfextraktion sogar besser als bei Destillation nach DAB (Tab. 38).

Tabelle 38: Vergleich der im Labor bestimmten Gehalte an ätherischem Öl mit den bei Wasserdampfextraktion erhaltenen Ausbeuten bei Dill, Sorte 'Dukat' (Korn), trocken destilliert

Stadium	Äth. Öl (DAB)				Äth. Öl (WDE)					
	Korn (ml/100 g TM)		(l/ha, berechnet)		Korn (ml/100 g TM, berechnet)		Ganzpflanze (ml/100 g TM)		(l/ha, berechnet)	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Milchwachsreife	4,55	2,06	93,7	11,1	2,30	2,35	1,00	0,73	47,6	11,9
Gelbreife	4,42	3,16	118,9	24,3	1,68	1,89	0,80	0,82	46,5	14,2
reifes Korn	3,90	5,46	91,3	12,0	3,20	4,90	3,20	4,90	74,5	11,1

Die Qualität der Öle, die mit der Wasserdampfextraktion und der Labormethode gewonnen wurden, unterschied sich grundlegend. So fehlten bei Extraktion nach DAB die unbekannten Substanzen völlig bzw. waren nur in geringen Mengen nachweisbar, das Myrcen trat, wenn überhaupt, nur in Spuren auf. Auch veränderte sich die Zusammensetzung des Öls zu den einzelnen Ernteterminen und zwischen den Versuchsjahren weniger stark als bei der Wasserdampfextraktion (Tab. 39).

Tabelle 39: Vergleich der Ölqualität bei Wasserdampfextraktion (WDE) und Gewinnung nach DAB bei Dill Sorte 'Dukat' 2002 bis 2004, trocken verarbeitet

Stadium	Methode	Myrcen			Limonen			U1+U2+U3 ¹⁾			Carvon		
		2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Milch- wachsreife	WDE	29,84	0,12	40,99	24,38	13,30	18,36	29,38	10,77	19,80	14,36	68,16	17,39
	DAB	-	0,22	22,81	44,33	45,23	41,94	-	-	12,20	43,64	49,50	21,86
Gelbreife	WDE	18,64	0,14	34,26	23,32	11,94	15,11	27,26	12,89	16,11	26,95	66,49	30,72
	DAB	-	0,21	7,78	49,26	43,26	31,50	-	-	4,24	41,82	47,76	52,40
reifes Korn	WDE	1,40	0,27	1,23	68,18	56,32	56,10	0,28	0,57	2,68	27,40	40,05	40,00
	DAB	-	0,18	1,13	46,91	40,48	47,62	-	-	0,18	45,84	53,08	48,26

1) unbekannte Substanz, konnte im Labor nicht identifiziert werden

Die Ergebnisse beim Dill zeigen, dass bei einer Ernte des Blühhorizontes vor der Vollreife der Früchte die Frischverarbeitung höhere Ausbeuten an ätherischem Öl als die Extraktion des getrockneten Krautes liefert. Die besten Werte weist auch beim Dill das vollreife Korn auf. Durch die teilweise jedoch sehr niedrigen Kornerträge werden zu allen Ernteterminen annähernd gleiche Ölerträge je Flächeneinheit erreicht. Allerdings weist das ätherische Öl zu den einzelnen Ernteterminen und auch bei der Verarbeitung von frischem oder getrocknetem Erntegut sehr große Qualitätsunterschiede auf. Deshalb ist es gerade bei dieser Pflanzenart

wichtig, die Ernte und Nacherntebehandlung entsprechend den Anforderungen der abnehmenden Hand zu gestalten.

3.2.3 Fenchel (*Foeniculum vulgare*)

Fenchel findet seit jeher Verwendung als Heil-, Duft- und Gewürzpflanze. Durch sein breites Anwendungsspektrum sollten sich Absatzchancen auch für das ätherische Öl dieser Körnerdroge ergeben.

Es erfolgte eine Prüfung von drei Sorten zu verschiedenen Reifestadien. Das Pflanzenmaterial der Milchwachsreife und der Gelbreife wurde 30 Minuten extrahiert, die mit Mahlstufe 5 gemahlene Körner 20 Minuten. Es erfolgte eine geringfügige Anpassung der Mahlstufe an die unterschiedlichen Korngrößen und -formen der einzelnen Sorten. In Tabelle 40 sind die Ergebnisse der Versuche 2002 bis 2004 dargestellt.

Tabelle 40: Einfluss des Erntetermins auf TM-Ertrag, Gehalt und Ertrag an ätherischem Öl verschiedener Fenchelsorten VS Dornburg 2002 bis 2004

VS Domburg 2002 bis 2004																
Stadium	Erntetermin			Ertrag (dt TM/ha)			Kornertrag (dt/ha)			Methode	Äth. Öl (ml/100 g TM)			Ertrag äth. Öl (l/ha)		
	02	03	04	02	03	04	02	03	04		02	03	04	02	03	04
Sorte 'Berfena'																
Milch-wachsreife	30.08.	28.08.	13.09..	34,4	48,5	45,8	8,6	24,2	20,3	frisch	3,0	3,3	3,2	101,3	160,2	145,6
										trocken	2,3	2,0	2,3	80,4	94,9	106,2
Gelbreife	10.09.	04.09	29.09.	31,0	52,5	37,4	9,9	30,7	17,7	frisch	2,0	2,3	1,8	60,8	121,7	67,6
										trocken	1,4	2,2	1,6	42,7	114,1	59,1
reifes Korn	22.10.	18.09.	14.10.	10,6	7,9	16,4	10,6	7,9	16,4	-	7,2	5,6	6,4	70,1	43,5	105,6
Sorte 'Magnafera'																
Milch-wachsreife	30.08.	28.08.	13.09.	27,5	41,7	48,9	4,9	21,6	19,3	frisch	3,0	3,6	3,0	81,2	151,8	144,9
										trocken	2,5	2,2	2,3	69,8	93,9	114,0
Gelbreife	10.09	04.09	29.09.	29,4	54,6	34,5	10,0	30,0	15,6	frisch	2,3	2,9	2,2	67,4	159,9	77,1
										trocken	1,9	2,3	1,8	57,4	128,4	63,2
reifes Korn	22.10	18.09.	14.10.	9,5	10,1	10,5	9,5	10,1	10,5	-	7,2	4,8	7,4	64,1	48,2	77,5
Sorte 'Großfrüchtiger'																
Milch-wachsreife	30.08.	28.08.	13.09.	38,7	39,2	55,4	14,3	19,5	20,5	frisch	2,2	3,1	1,4	86,2	119,6	76,6
										trocken	1,6	3,1	0,8	61,3	98,2	41,4
Gelbreife	10.09.	04.09	29.09.	34,1	52,2	36,9	11,1	30,6	11,7	frisch	2,3	2,6	1,5	78,3	135,0	53,8
										trocken	1,6	2,2	1,0	55,7	114,8	36,2
reifes Korn	22.10.	18.09.	14.10	10,8	13,4	12,5	10,8	13,4	12,5	-	6,2	5,6	4,0	62,0	75,0	49,9
GD _{t, 5 %}				5,3	3,7	6,2	1,4	4,3	3,9	frisch	0,2	0,3	0,8	8,4	15,0	39,2
										trocken	1,1	0,9	2,3	6,2	15,3	29,8

Auffallend ist, dass alle drei untersuchten Sorten zur Milchwachsreife (2002 und 2004) bzw. zur Gelbreife (2003) die höchsten Ölerträge je Flächeneinheit aufwiesen. Hier macht sich wahrscheinlich, neben dem Einfluss der Witterung, auch die in der Praxis nicht immer eindeutige Abgrenzung dieser Reifestufen bei den Doldenblütlern bemerkbar. Insgesamt zeigten sich die drei Sorten relativ ausgeglichen. Im Jahr 2003 konnten, bedingt durch hohe Trockenmasseerträge und Ölgehalte, die höchsten Ölerträge je Flächeneinheit erzielt werden.

Bei der Trocknung des krautigen Pflanzenmaterials traten zum Teil erhebliche Verluste an ätherischem Öl auf.

Obwohl die Gehalte an ätherischem Öl im reifen Korn zwei- bis vierfach höher waren als zu den frühen Ernteterminen, konnten die Ölerträge je Flächeneinheit, wegen der geringeren Kornerträge das Niveau der früheren Erntetermine, insbesondere bei Frischverarbeitung, nicht immer erreichen. Zu beachten ist jedoch, dass die Ernte und Verarbeitung des Krautes zu den frühen Entwicklungsstadien größere Anforderungen an die Anlagenkapazität stellt als die Verarbeitung des reifen Korns.

In Tabelle 41 sind die Gehalte bzw. Erträge an ätherischem Öl nach der Laborbestimmung aus dem Korn nach DAB und die aus der Ganzpflanze mit der WDE erhaltenen Ergebnisse gegenübergestellt. Es ist ersichtlich, dass mit der Labormethode immer höhere Ausbeuten zum Zeitpunkt der Milchwachs- und Gelbreife erzielt wurden. Beim reifen Korn lagen die Werte weniger weit auseinander. Möglicherweise ist bei der Wasserdampfextraktion des getrockneten Erntegutes eine stärkere Zerkleinerung des Pflanzenmaterials für eine erschöpfende Extraktion erforderlich.

Tabelle 41: Vergleich der im Labor bestimmten Gehalte an ätherischem Öl mit den bei Wasserdampfextraktion erhaltenen Ausbeuten bei Fenchel, Sorte 'Berfena' (Korn), trocken destilliert

Stadium	Äth. Öl (DAB)						Äth. Öl (WDE)								
	Korn (ml/100 g TM)			(l/ha, berechnet)			Korn (ml/100 g TM, berechnet)			Ganzpflanze (ml/100 g TM)			(l/ha, berechnet)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Milchwachs- reife	11,38	6,82	7,82	100,4	165,0	158,8	9,83	3,92	5,25	2,34	2,00	2,32	80,4	94,9	106,2
Gelbreife	8,49	7,11	7,50	83,2	218,4	133,0	4,28	3,72	3,38	1,38	2,20	1,58	42,7	114,1	59,1
reifes Korn	6,87	8,32	6,74	72,8	65,7	110,5	7,15	5,60	6,44	7,15	5,60	6,44	70,1	43,5	105,6

Das ätherische Öl des Fenchels sollte 50 bis 70 % trans-Anethol und ca. 20 % Fenchon enthalten. Aufschluss über die Zusammensetzung der mit der Wasserdampfextraktionsanlage gewonnenen ätherischen Öle gibt Tabelle 42.

Es ist ersichtlich, dass es zwischen den einzelnen Jahren keine großen Unterschiede in der Zusammensetzung des ätherischen Öls der unterschiedlichen Sorten gab. Das Öl aus den vollreifen Körnern wies den geringsten Anteil an Fenchon, aber die höchsten Gehalte an Anethol auf. Dies verstärkte sich noch teilweise durch die Lagerung der Samen.

Außer den beiden Hauptbestandteilen wies das Fenchelöl noch geringere Mengen an Estragol auf, dessen Mengenanteile sich während der Pflanzenentwicklung nicht änderten. Das ebenfalls enthaltene (α + β)-Pinen erreichte im vollreifen Korn meist den höchsten Wert.

Tabelle 42: Einfluss des Erntetermins und der Extraktionsmethode auf die Zusammensetzung des ätherischen Öls (%) bei Fenchel (Hauptkomponenten)

Ber Fenichel (Hauptkomponenten)														
Sorte	Zustand	(α+β)-Pinen			Fenchon			Estragol			Anethol			
Reife		2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	
Sorte 'Berfena'														
Milch-wachsreife	frisch	3,13	4,46	4,15	35,48	28,67	34,90	2,19	2,46	2,10	50,24	54,72	49,00	
	trocken	4,12	4,27	3,77	31,88	24,12	35,39	2,12	2,54	2,14	51,32	63,35	52,30	
Gelbreife	frisch	3,04	3,94	4,62	35,58	34,61	29,73	2,20	2,34	2,24	50,59	51,26	52,96	
	trocken	3,52	4,28	3,52	34,4	24,58	28,52	2,18	2,52	2,36	52,21	61,96	58,40	
reifes Korn	frisch	5,27	7,74	4,13	25,04	24,05	20,73	2,24	2,20	2,21	58,65	51,21	67,01	
	gelagert	4,23	1,94	4,37	20,17	11,93	26,34	2,10	2,44	2,16	66,02	80,78	60,34	
Sorte 'Magnafera'														
Milch-wachsreife	frisch	3,79	5,33	5,01	35,48	37,96	34,85	2,12	2,16	2,19	49,49	47,08	49,63	
	trocken	3,98	4,99	5,37	35,02	31,35	33,61	2,02	2,34	2,17	48,78	56,19	52,38	
Gelbreife	frisch	3,71	4,22	4,84	39,06	36,74	31,46	2,08	2,30	2,32	46,94	50,69	53,50	
	trocken	3,80	4,89	4,72	40,22	31,94	30,38	1,95	2,30	2,34	47,56	55,18	55,94	
reifes Korn	frisch	6,91	10,50	6,50	27,00	20,32	21,28	2,06	2,22	2,27	54,43	53,40	63,87	
	gelagert	6,16	5,31	6,35	25,14	20,04	25,81	2,02	2,14	2,29	58,05	65,71	59,34	
Sorte 'Großfrüchtiger'														
Milch-wachsreife	frisch	4,10	3,26	8,43	29,26	40,70	17,31	2,56	2,06	2,97	53,96	46,46	54,43	
	trocken	4,78	4,23	7,79	27,56	33,18	19,41	2,54	2,28	2,23	57,26	54,50	58,42	
Gelbreife	frisch	3,845	3,6	7,40	30,97	37,36	20,92	2,38	2,21	2,41	54,02	49,74	55,32	
	trocken	3,91	4,48	5,65	30,08	29,92	20,14	3,02	2,44	2,58	56,91	57,99	61,80	
reifes Korn	frisch	5,38	5,46	4,41	20,44	18,90	17,10	2,41	2,49	2,71	63,82	63,06	69,41	
	gelagert	5,19	4,50	3,46	20,98	23,52	22,44	2,42	2,18	2,92	63,36	62,62	66,00	

1) unbekannte Substanz, konnte im Labor nicht identifiziert werden

Beim Vergleich der Ölqualität nach Wasserdampfextraktion und DAB fällt auf, dass die Anetholgehalte bei letztgenannter Methode immer über denen der Wasserdampfextraktion lagen, die Fenchongehalte dagegen bei der Verarbeitung der Körner zu Milchwachs- und Gelbreife meist darunter. Eine Ausnahme bildet lediglich das Jahr 2003, wo bei der Wasserdampfextraktion zu den frühen Entwicklungsstadien niedrigere Fenchongehalte erhalten wurden, beim Korn jedoch deutlich höhere. Die Ursachen hierfür sind in den Witterungsbedingungen der einzelnen Jahre zu suchen (Tab. 43).

Tabelle 43: Vergleich der Ölqualität bei Wasserdampfextraktion (WDE) und Gewinnung nach DAB bei Fenchel Sorte 'Berfena' 2002 bis 2004, trocken verarbeitet

Sorte	Reife	Methode	(α+β)-Pinen			Fenchon			Estragol			Anethol		
			2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Milch-wachsreife	WDE		4,12	4,27	3,77	31,88	24,12	35,39	2,12	2,54	2,14	51,32	63,35	52,30
	DAB		-	2,76	3,68	28,61	25,07	24,48	2,20	2,50	2,06	62,71	65,17	61,96
Gelbreife	WDE		3,52	4,28	3,52	34,4	24,58	28,32	2,18	2,52	2,36	52,21	61,96	58,40
	DAB		-	2,40	3,51	29,33	30,01	24,28	2,34	2,37	2,18	62,44	60,78	62,96
reifes Korn	WDE		5,27	7,74	4,13	25,04	24,05	20,73	2,24	2,20	2,21	58,65	51,21	67,01
	DAB		-	4,95	3,08	30,73	17,75	24,03	2,35	2,77	2,20	60,76	66,00	63,90

Beim Anbau des Fenchels zur Gewinnung ätherischer Öle ist es aus wirtschaftlicher Sicht günstig, zur Vollreife der Samen zu ernten, da hier, durch die sehr hohen Ölgehalte, auch hohe Ölerträge je Flächeneinheit erreicht werden. Außerdem enthält das so gewonnene

Fenchelöl mehr Anethol und weniger Fenchon als das zu früheren Entwicklungsstadien extrahierte und weist somit die beste Qualität auf. Eine Extraktion zu früheren Entwicklungsstadien ist jedoch, z. B. bei ungünstigen Witterungsbedingungen, die die Ausreife des Kornes verzögern, ebenfalls möglich. In diesem Fall sollte zur Vermeidung von Verlusten auf die Verarbeitung des frischen Erntegutes orientiert werden. Allerdings sind bei einer derartigen Vorgehensweise die größeren Anforderungen an die Anlagenkapazität und die, aufgrund der größeren Erntemenge, höheren Extraktionskosten zu beachten. Auch das in früheren Entwicklungsstadien gewonnene Öl entspricht in qualitativer Hinsicht den Anforderungen des DAB.

3.2.4 Koriander (*Coriandrum sativum*)

Koriander ist eine Heil-, Duft- und Gewürzpflanze mit einem breiten Anwendungsspektrum vor allem in der Gewürz- und Duftstoffindustrie.

Ziel der angelegten Versuche war die Ermittlung des Einflusses von Sorte und Saatzeit auf den Ertrag und den Gehalt an ätherischem Öl. Dazu wurden im ersten Versuchsjahr die Sorten 'Thüringer', 'Jantar' und 'Niederländische' zu drei Saatzeiten (Spätsommer, März, April) ausgesät.

Nach einem guten Aufgang und optimaler Bestandesentwicklung trat zu Blühbeginn der Septembersaat ein Befall mit bakteriellem Doldenbrand auf. Betroffen war vor allem die niederländische Sorte. Um die späteren Saatzeiten nicht durch die hochansteckende Krankheit zu gefährden, erfolgte eine vollständige Noternte und ein Umbruch der Versuchsflächen der Septembersaat sowie der Frühjahrssaaten der niederländischen Sorte. Die verbleibenden beiden Aussaaten der Sorten 'Jantar' und 'Thüringer' wurden mit einem Kupfermittel, das im ökologischen Landbau zugelassen ist, behandelt.

Trotz der Behandlung kam es zu Schädigungen der Pflanzen, die sich deutlich auf die Erträge und die Gehalte an ätherischem Öl zu den einzelnen Reifestadien ausgewirkt haben. Eine Auswertung der Ergebnisse war somit nur eingeschränkt möglich.

Die Extraktion von Kraut und Korn erfolgte über 30 Minuten. Die mit Mahlstufe 3 zerkleinerten Körner wurden unmittelbar nach dem Mahlen extrahiert. Die Ergebnisse des Jahres 2002 beinhaltet Tabelle 44.

Es ist ersichtlich, dass die Trocknung des Erntegutes gravierende Verluste an ätherischem Öl verursachte. Die Sorte 'Jantar' wies durchgehend höhere Gehalte an ätherischem Öl auf, wobei bei Verarbeitung des reifen Kornes die besten Ergebnisse erzielt wurden. Eine Auswertung der Ertragsergebnisse ist wegen des starken Krankheitsbefalls und des daraus resultierenden geringen Samenansatzes nicht sinnvoll.

Tabelle 44: Einfluss des Erntetermins auf TM-Ertrag, Gehalt und Ertrag an ätherischem Öl verschiedener Koriandersorten und Saatzeiten, VS Dornburg 2002

Stadium	Ernte-termin	Ertrag (dt TM/ha)	Korn:Stängel-Verhältnis	Kornertrag (dt/ha)	Methode	Äth. Öl (ml/100 g TM)	Ertrag äth. Öl (l/ha)
Sorte 'Thüringer'							
Saatzeit März 2002							
Milchwachsreife	22.07.	24,7	1 : 6,1	3,5	frisch	0,21	4,9
					getrocknet	0,01	0,2
Gelbreife	31.07.	21,6	1 : 2,8	5,8	frisch	0,05	1,2
					getrocknet	0,01	0,2
reifes Korn	19.08.	2,3	-	2,3		0,54	1,2
Saatzeit April 2002							
Milchwachsreife	22.07.	25,3	1 : 2,3	8,3	frisch	0,57	14,1
					getrocknet	0,05	1,2
Gelbreife	31.07.	34,5	1 : 3,1	8,6	frisch	0,19	6,6
					getrocknet	0,02	0,6
reifes Korn	19.08.	4,1	-	4,1		0,40	1,6
Sorte 'Jantar'							
Saatzeit März 2002							
Milchwachsreife	25.07.	21,1	1 : 3,0	5,3	frisch	0,38	8,2
					getrocknet	0,03	0,7
Gelbreife	31.07.	21,0	1 : 1,7	7,8	frisch	0,06	1,3
					getrocknet	0,01	0,2
reifes Korn	19.08.	1,8	-	1,8		1,13	2,1
Saatzeit April 2002							
Milchwachsreife	25.07.	20,1	1 : 3,6	4,3	frisch	0,71	14,3
					getrocknet	0,03	0,7
Gelbreife	31.07.	23,5	1 : 2,8	6,3	frisch	0,28	6,5
					getrocknet	0,03	0,7
reifes Korn	19.08.	2,8	-	2,8		1,21	3,2
GD _{t, 5 %}		4,3	0,7	1,0	frisch	1,09	2,4
					getrocknet	1,79	0,4

Die chemische Analyse des ätherischen Öls zu Milchwachs- und Gelbreife aus dem Jahr 2002 konnte keinen Aufschluss über die Zusammensetzung des ätherischen Öls geben, da die mittels Gaschromatografie ermittelten Peaks keiner der aus der Literatur bekannten Substanzen zuzuordnen waren und somit das Öl nicht dem typischen Korianderöl entsprach.

Zur Krankheitsprophylaxe wurde das Koriandersaatgut in den folgenden Projektjahren vor der Aussaat wärmebehandelt. Die anfällige niederländische Sorte ist nicht weiter geprüft worden. Aufgrund der überwiegend geringen Ölgehalte zu den Ernteterminen Milchwachsreife und Gelbreife sowie der untypischen Ölzusammensetzung zu diesen Terminen, kam ab dem zweiten Anbaujahr lediglich der Mähdrusch der vollreifen Bestände zur Anwendung (Tab. 45).

Tabelle 45: Kornertrag sowie Gehalt und Ertrag an fettem und ätherischem Öl verschiedener Koriandersorten in Abhängigkeit von der Saatzeit, VS Dornburg 2002/2003 und 2003/2004

Saatzeit	Sorte	Kornertrag (dt/ha, 91 % TS)		Ölgehalt (% TM)		Ölertrag (dt/ha)		Äth. Öl (ml/100 g TM)				Ertrag äth. Öl (l/ha)			
		2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003		2004		2003		2004	
								WDE	DAB	WDE	DAB	WDE	DAB	WDE	DAB
September	Thüringer	31,4	25,6	19,8	19,2	5,7	4,5	0,95	n. b.	0,94	n. b.	24,3	-	21,6	-
	Jantar	32,0	26,9	19,9	18,7	5,8	4,6	1,56	1,88	1,63	1,56	40,5	50,2	48,4	42,1
März	Thüringer	24,1	23,5	17,2	19,5	3,8	4,2	0,96	n. b.	1,05	n. b.	20,4	-	26,1	-
	Jantar	21,1	18,7	17,2	18,8	3,3	3,2	1,73	2,22	1,89	1,90	30,4	39,0	35,1	31,9
April	Thüringer	16,3	20,7	17,0	19,7	2,5	3,7	0,86	n. b.	0,97	n. b.	11,1	-	22,5	-
	Jantar	20,3	19,9	18,5	19,0	3,4	3,5	1,25	1,63	1,56	1,57	23,5	30,9	35,8	32,5
GD _{t, 5 %}		6,9	4,7	1,4	0,7	1,5	0,9	0,3	0,3	0,4	0,17	10,5	14,8	10,9	6,6

Die Ergebnisse zeigen, dass die angebauten Koriandersorten unter Thüringer Bedingungen hohe Erträge realisieren können. Die Herbstsaat erreichte auch nach dem strengen Winter 2002/2003 die höchsten Erträge. Die Sorte 'Jantar' zeichnete sich durch besonders hohe Gehalte an ätherischem Öl aus. Allerdings konnte bei Wasserdampfextraktion im Jahr 2003 keine erschöpfende Extraktion des ätherischen Öls erzielt werden. Weitere Versuche zum Extraktionsverfahren führten im Folgejahr zu einer deutlich besseren Ausbeute. Wegen seiner hohen Gehalte an fettem und ätherischem Öl ist der Koriander eine Pflanzenart, die sich für eine Doppelnutzung, also die Gewinnung des fetten Öls nach der Extraktion des ätherischen Öls, anbieten würde. Das fette Öl des Korianders findet im chemisch-technischen Bereich Verwendung.

Hinsichtlich der Zusammensetzung des ätherischen Öls unterschieden sich die Sorten und Saatzeiten kaum. Hauptbestandteil des Öls war, wie auch in der Literatur beschrieben, Linalool, das Anteile über 60 % aufwies (Tab. 46).

Tabelle 46: Einfluss des Saattermins und der Sorte auf die Zusammensetzung des ätherischen Öls (%) im Korianderkorn (WDE)

Sorte Saatzeit	(α+β)-Pinen		(γ)-Limonen		γ-Terpinen		Linalool		Geranylacetat		Geraniol	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Sorte 'Thüringer'												
September	9,31	8,51	3,14	2,92	11,32	12,37	61,28	61,90	3,51	3,14	1,93	-
März	9,27	8,56	3,10	3,00	12,39	12,31	60,35	61,83	3,36	3,59	1,89	-
April	9,20	8,79	3,29	2,71	11,83	12,12	60,5	62,66	4,28	3,41	1,87	-
Sorte 'Jantar'												
September	8,84	8,07	3,46	3,35	8,39	9,28	62,79	63,57	3,78	3,76	1,89	-
März	8,68	8,23	3,44	3,48	9,03	8,28	62,29	63,75	3,98	4,18	1,84	-
April	9,29	8,68	3,89	3,20	8,84	8,52	60,41	63,91	4,71	4,38	1,82	-

Beim Vergleich der Ölqualität nach Wasserdampfextraktion und DAB stellt sich heraus, dass bei letzterer höhere Anteile an Linalool erhalten wurden, während die Gehalte an (α+β)-Pinen, Limonen und γ-Terpinen im Vergleich zur Wasserdampfextraktion abfielen (Tab. 47). Generell unterschieden sich die Öle nach beiden Gewinnungsmethoden relativ wenig.

Tabelle 47: Vergleich der Ölqualität bei Wasserdampfextraktion (WDE) und Gewinnung nach DAB bei Koriander Sorte 'Jantar' 2003 und 2004, trocken verarbeitet

Saatzeit	Methode	(α+β)-Pinen		(+) -Limonen		γ-Terpinen		Linalool		Geranylacetat		Geranol	
		2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004
September	WDE	8,84	8,07	3,46	3,35	8,39	9,28	62,79	63,57	3,78	3,76	1,89	-
	DAB	6,42	4,32	2,84	2,12	5,40	3,69	64,65	68,96	2,95	3,68	2,59	-
März	WDE	8,68	8,23	3,44	3,48	9,03	8,28	62,29	63,75	3,98	4,18	1,84	-
	DAB	5,82	4,88	2,68	2,45	5,07	4,62	68,81	68,99	2,82	3,92	2,82	-
April	WDE	9,29	8,68	3,89	3,20	8,84	8,52	60,41	63,91	4,71	4,38	1,82	-
	DAB	6,67	4,71	2,83	2,16	5,16	4,03	68,29	70,16	2,54	3,90	2,54	-

Bei Koriander ist die Gewinnung des ätherischen Öls aus den vollreifen Körnern am aussichtsreichsten, da hier die höchsten Ölgehalte zu finden sind. Außerdem entspricht das Öl zu diesem Zeitpunkt auch den Anforderungen des DAB. Von entscheidender Bedeutung ist beim Koriander die Sortenwahl. Hier bietet sich vor allem die alte russische Sorte 'Jantar' an, die im Korn fast doppelt so viel ätherisches Öl wie die Sorte 'Thüringer' enthält. Die jüngeren Sorten, wie beispielsweise 'Corry' oder 'Petro', wurden vorrangig als Ölpflanzen für den chemisch-technischen Bereich gezüchtet und weisen nur sehr geringe Gehalte an ätherischem Öl auf, wie frühere Untersuchungen der TLL belegen (Tab. 48).

Tabelle 48: Gehalt und Zusammensetzung des ätherischen Öls unterschiedlicher Koriandersorten bei Septembersaat VS Dornburg 1999 und 2000 (2 Wdh.)

Sorte	äth. Öl (ml/100 g TM)		Limonen (%)		Linalool (%)		Carvon (%)		Kornertrag (dt/ha, 91%)		Ertrag äth. Öl (l/ha)	
	1999	2000	1999	2000	1999	2000	1999	2000	1999	2000	1999	2000
Jantar	2,32	1,75	3,48	4,21	75,26	75,21	2,27	2,89	29,9	16,0	63,15	25,68
Thüringer	1,10	1,43	3,10	6,32	75,26	73,95	2,60	3,00	23,0	24,9	24,66	32,57
Petro	0,53	1,00	2,86	7,82	71,78	70,50	2,32	2,38	43,9	18,8	20,60	17,11
Corry	0,79	1,02	2,22	7,20	76,16	71,56	1,74	2,58	29,5	16,6	21,32	15,48

Aufgrund der hohen Gehalte an fettem Öl in den Korianderfrüchten ist eine Doppelnutzung von fettem und ätherischen Öl zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit in Betracht zu ziehen.

3.2.5 Kümmel (*Carum carvi*)

Die Früchte des Kümmels finden als Gewürz Verwendung. Das ätherische Öl wird in der Lebensmittel- Getränke- und Kosmetikindustrie verwendet.

Kümmel ist in der Regel eine zweijährige Pflanze. Die neu gezüchtete Sorte 'Sprinter' bildet bereits im ersten Jahr Körner aus. Selbst bei niedrigeren Kornerträgen wäre einjähriger Kümmel dem zweijährigen aus wirtschaftlichen Gründen vorzuziehen.

Im Rahmen des Projektes wurde die Sorte 'Sprinter' im Vergleich zu mehreren zweijährigen Sorten angebaut. Dabei erfolgte die Aussaat der einjährigen Sorte immer im Frühjahr des zweiten Standjahres des zweijährigen Kümmels. Durch diese Vorgehensweise konnte der Jahreseinfluss während des Schossens, Blühens und Reifens beider Sortengruppen relativ gering gehalten werden, obgleich der einjährige Kümmel natürlich eine längere Vegetationszeit aufweist als der zweijährige im zweiten Standjahr. Die Ernten erfolgten in den ersten beiden Projektjahren jeweils zur Milchwachsreife, zur Gelbreife und zur Vollreife des Korns.

Das Pflanzenmaterial der Milchwachsreife und der Gelbreife wurde 30 Minuten extrahiert, die mit Mahlstufe 3 zerkleinerten Körner 20 Minuten. Es erfolgte dabei eine geringfügige Anpassung der Mahlstufe an die unterschiedlichen Korngrößen und -formen der einzelnen Sorten. Aufgrund der unbefriedigenden Ergebnisse zu den frühen Reifestadien kam im 3. Projektjahr lediglich der Mähdrusch der vollreifen Bestände zur Anwendung (Tab. 49).

Tabelle 49: Einfluss des Erntetermins auf TM-Ertrag, Gehalt und Ertrag an ätherischem Öl verschiedener Kümmelsorten VS Dornburg 2002, 2003 und 2004 (2004 nur Mähdrusch zur Vollreife)

Stadium	Erntetermin			Ertrag (dt TM/ha)			Kornertrag (dt/ha)			Metho- de	Äth. Öl (ml/100 g TM)			Ertrag äth. Öl (l/ha)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004		2002	2003	2004	2002	2003	2004
Sorte 'Sprinter' (einjährig)																
Milch- wachsreife	27.08.	08.08.	-	27,1	23,2	-	16,8	14,8	-	frisch	0,9	0,7	-	24,4	15,4	-
										trocken	0,4	0,6	-	10,8	13,9	-
Gelbreife	05.09.	12.09.	-	22,4	16,1	-	14,9	10,2	-	frisch	0,5	0,8	-	11,2	12,9	-
										trocken	0,4	0,3	-	9,0	4,8	-
reifes Korn	20.09.	25.08.	30.08.	12,6	3,1	10,5	12,6	3,1	10,5		3,8	3,0	4,1	48,4	9,2	38,8
Sorte 'Rekord' (zweijährig)																
Milch- wachsreife	12.06.	12.06.	-	35,4	37,4	-	14,0	20,9	-	frisch	1,2	1,8	-	43,0	68,4	-
										trocken	0,8	1,5	-	30,0	57,4	-
Gelbreife	26.06.	23.06.	-	46,4	50,0	-	26,5	30,0	-	frisch	1,2	1,6	-	55,1	81,2	-
										trocken	1,0	1,4	-	46,8	70,6	-
reifes Korn	09.07.	02.07.	12.07.	22,7	17,0	5,5	22,7	17,0	5,5		3,2	3,5	3,6	74,4	57,9	18,0
Sorte 'Niederdeutscher' (zweijährig)																
Milch- wachsreife	12.06.	12.06.	-	22,2	4,7	-	7,4	2,5	-	frisch	1,8	1,6	-	39,2	7,2	-
										trocken	1,1	1,1	-	25,1	6,1	-
Gelbreife	25.06.	23.06.	-	19,7	8,3	-	10,5	4,8	-	frisch	1,1	1,0	-	21,3	8,5	-
										trocken	1,1	0,9	-	21,2	8,4	-
reifes Korn	08.07.	02.07.	12.07.	11,4	2,6	7,8	11,4	2,6	7,8		3,5	4,8	4,7	40,3	7,2	33,2
Sorte 'Konzcewicki' (zweijährig)																
Milch- wachsreife	12.06.	12.06.	-	32,9	30,3	-	11,6	16,8	-	frisch	1,6	1,6	-	56,9	48,1	-
										trocken	1,0	1,3	-	32,7	40,0	-
Gelbreife	25.06.	23.06.	-	35,8	42,7	-	21,2	25,2	-	frisch	1,1	0,9	-	39,4	36,9	-
										trocken	0,7	1,0	-	25,4	41,3	-
reifes Korn	08.07.	02.07.	12.07.	18,0	11,4	5,6	18,0	11,4	5,6		2,9	3,3	4,0	52,1	38,3	20,2
Sorte 'Bleija' (zweijährig)																
Milch- wachsreife	12.06.	-	-	17,9	-	-	6,7	-	-	frisch	1,5	-	-	27,5	-	-
										trocken	1,2	-	-	22,0	-	-
Gelbreife	25.06.	-	-	33,5	-	-	18,7	-	-	frisch	1,0	-	-	34,4	-	-
										trocken	0,8	-	-	26,0	-	-
reifes Korn	08.07.	-	-	19,6	-	-	19,6	-	-		2,6	-	-	50,9	-	-
Sorte 'Arterner' (zweijährig)																
Milch- wachsreife	-	12.06.	-	-	34,1	-	-	19,3	-	frisch	-	1,6	-	-	55,9	-
										trocken	-	1,5	-	-	51,5	-
Gelbreife	-	23.06.	-	-	44,4	-	-	27,9	-	frisch	-	1,1	-	-	48,3	-
										trocken	-	1,1	-	-	67,2	-
reifes Korn	-	02.07.	12.07.	-	14,4	12,9	-	14,4	12,9		-	3,1	3,6	-	43,9	12,4
GD _{t, 5 %}				3,9	5,5	3,2	2,9	3,2	3,2	frisch	0,23	0,18	-	7,9	11,56	-
										trocken	0,42	0,41	0,4	7,2	7,61	11,4

Es traten bei den Trockenmasseerträgen, den Kornerträgen und den Gehalten an ätherischem Öl der einzelnen Reifestufen erhebliche Sortenunterschiede auf. So wiesen die Sorten 'Rekord' und 'Bleija' im Jahr 2002 die höchsten Trockenmasseerträge auf. Bei mittleren Gehalten an ätherischem Öl ergaben sich dadurch die höchsten Ölerträge je Hektar. Die Sorte 'Rekord' konnte ihre hohe Ertragsleistung im Folgejahr bestätigen. Die Erträge der zweijährigen Sorten lagen in den letzten Versuchsjahr durchgehend auf einem niedrigen Niveau, was auf das Auftreten von Doldenbrand zurückzuführen ist. Eine gewisse Ausnahme bildete hier die Sorte 'Arterner' mit 12,9 dt/ha.

Die einjährige Sorte 'Sprinter' erreichte in den Jahren 2002 und 2004 Erträge, die durchaus auf dem Niveau ertragsschwacher zweijähriger Sorten lagen. Im Vergleich zu den ertragsstärksten Sorten erzielte er jedoch immer mehr als 50 % des Ertrages. Die niedrigen Erträge des Jahres 2003 resultieren aus einer schlechten Feldaufgangsrate und einer sehr ungleichmäßigen Bestandesentwicklung: während ein Teil der Pflanzen noch blühte, reiften andere schon ab. Dies ist sicherlich den extremen Witterungsbedingungen des Jahres 2003 zuzuschreiben.

Die erzielten Ergebnisse bestätigen, dass mit dieser Sorte ein wirtschaftlicher Anbau möglich sein sollte. Mit Gehalten an ätherischem Öl von 3,8 ml (2002), 3,0 ml (2003) bzw. 4,1 ml/100 g TM (2004) wurden die Anforderungen des DAB (3 %) von der Sorte 'Sprinter' durchaus erreicht. Denkbar wäre auch ein Mischanbau von einjährigem und zweijährigem Kümmel, wie er in einem Thüringer Ökobetrieb bereits praktiziert und seit 2004 in Feldversuchen der TLL geprüft wird.

Generell enthielten die vollreifen Körner des Kümmels das meiste ätherische Öl. Da bei durchschnittlichen Kornerträgen von 12 bis 15 dt/ha zu diesem Zeitpunkt auch die höchsten Ölerträge je Flächeneinheit realisiert werden, scheint eine Ernte zum Zeitpunkt der Milchwachs- oder Gelbreife nicht sinnvoll. Die Trocknung des Krautes zur Milchwachs- und Gelbreife verursachte bei allen Sorten deutliche Verluste am wertgebenden Inhaltsstoff.

Das DAB fordert 50 bis 65 % Carvon im ätherischen Öl des Kümmels. Diese Werte konnten bei Wasserdampfextraktion der vollreifen Körner in den Jahren 2002 und 2003 bei keiner Sorte erreicht werden, obwohl durch eine Lagerung von ca. 6 Monaten ein teilweise deutlicher Anstieg dieser Ölkomponente zu verzeichnen war. Die Anteile des Carvons im Blühhorizont zu Milchwachsreife und Gelbreife überschritten diese Spanne teilweise. Im Jahr 2004 dagegen erreichten alle Sorten auch zur Vollreife mehr als 54 % Carvon, den höchsten Wert wies mit 66,89 % die Sorte 'Niederdeutscher' auf. Ursachen hierfür können nur in der unterschiedlichen Jahreswitterung vermutet werden.

Hinsichtlich der zweiten Hauptkomponente Limonen traten zwischen den Sorten und Jahren deutliche Unterschiede auf. Die höchsten Gehalte an Limonen wurden im Korn erreicht, die mehr als doppelt so hoch wie im Kraut zur Milchwachs- und Gelbreife waren. Die hohen Caryophyllengehalte der Sorte 'Sprinter' im Jahr 2003 sind möglicherweise auf die sehr ungleichmäßige Abreife der Bestände zurückzuführen (Tab. 50).

Tabelle 50: Einfluss des Erntetermins und der Extraktionsmethode auf die Zusammensetzung des ätherischen Öls (%) bei Kümmel (WDE)

Beratungszentrum für die Weinwirtschaft (WZL)																
Sorte	Zu- stand	Myrcen			(+)-Limonen			β-Caryophyllen			U ¹⁾			Carvon		
Reife		2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Sorte 'Sprinter' (einjährig) Die Angaben entsprechen den Erntejahren und nicht den Vergleichsjahren.																
Milch- wachsreife	frisch	0,18	0,11	-	15,20	12,48	-	1,62	8,13	-	-	10,24	-	64,72	65,79	-
	trocken	0,17	0,12	-	25,06	15,50	-	1,38	5,34	-	-	7,02	-	59,06	69,10	-
Gelbreife	frisch	0,30	0,12	-	23,11	12,57	-	1,05	13,23	-	-	15,76	-	64,10	53,38	-
	trocken	0,16	0,11	-	20,87	14,07	-	1,26	6,95	-	-	7,48	-	64,64	66,91	-
reifes Korn	frisch	0,60	0,55	0,42	54,14	52,90	42,06	0,13	0,24	0,11	-	0	-	44,36	45,82	56,92
	gelagert	0,62	-	-	54,18	-	-	0,07	-	-	-	-	-	43,86	-	-
Sorte 'Rekord' (zweijährig)																
Milch- wachsreife	frisch	0,12	0,12	-	24,46	16,97	-	0,44	0,46	-	-	5,63	-	69,32	75,86	-
	trocken	0,12	0,12	-	26,22	16,14	-	0,46	0,60	-	-	2,92	-	65,26	79,22	-
Gelbreife	frisch	0,07	0,08	-	12,46	12,80	-	0,34	0,44	-	-	4,93	-	82,84	80,88	-
	trocken	0,09	0,05	-	15,52	12,91	-	0,36	2,02	-	-	3,71	-	79,43	79,29	-
reifes Korn	frisch	0,52	0,46	0,40	60,40	53,82	44,61	0,11	0,14	0,16	-	0	-	38,38	45,32	54,63
	gelagert	0,50	-	-	59,01	-	-	0,08	-	-	-	-	-	39,83	-	-
Sorte 'Niederdeutscher' (zweijährig)																
Milch- wachsreife	frisch	0,10	0,14	-	20,48	19,28	-	0,52	0,81	-	-	6,43	-	73,66	71,63	-
	trocken	0,14	0,09	-	26,64	16,73	-	0,45	0,54	-	-	3,03	-	66,34	77,90	-
Gelbreife	frisch	0,07	0,10	-	12,68	11,76	-	0,41	0,79	-	-	5,54	-	82,80	80,76	-
	trocken	0,08	0,09	-	16,42	15,57	-	0,30	0,57	-	-	2,26	-	81,68	80,42	-
reifes Korn	frisch	0,54	0,55	0,26	60,19	58,45	32,48	0,06	0,23	0,20	-	0	-	38,64	40,54	66,89
	gelagert	0,55	-	-	60,03	-	-	0,09	-	-	-	-	-	38,83	-	-
Sorte 'Konzewicki' (zweijährig)																
Milch- wachsreife	frisch	0,14	0,12	-	25,07	18,64	-	0,70	1,38	-	-	6,99	-	66,90	71,65	-
	trocken	0,16	0,12	-	29,38	18,00	-	0,58	0,58	-	-	2,42	-	62,91	77,80	-
Gelbreife	frisch	0,08	0,10	-	14,06	14,53	-	0,55	1,15	-	-	6,06	-	80,22	77,53	-
	trocken	0,09	0,09	-	15,96	14,54	-	0,42	0,52	-	-	1,90	-	79,34	81,80	-
reifes Korn	frisch	0,58	0,56	0,36	63,48	55,38	45,26	0,10	0,24	0,19	-	0	-	36,30	43,76	54,17
	gelagert	0,52	-	-	57,26	-	-	0,07	-	-	-	-	-	41,64	-	-
Sorte 'Bleija' (zweijährig)																
Milch- wachsreife	frisch	0,12	-	-	20,34	-	-	0,68	-	-	-	-	-	72,27	-	-
	trocken	0,18	-	-	28,82	-	-	0,58	-	-	-	-	-	62,68	-	-
Gelbreife	frisch	0,10	-	-	14,16	-	-	0,68	-	-	-	-	-	78,79	-	-
	trocken	0,10	-	-	14,84	-	-	0,38	-	-	-	-	-	80,78	-	-
reifes Korn	frisch	0,66	-	-	62,12	-	-	0,12	-	-	-	-	-	36,66	-	-
	gelagert	0,56	-	-	52,68	-	-	0,13	-	-	-	-	-	46,06	-	-
Sorte 'Arterner' (zweijährig)																
Milch- wachsreife	frisch	-	0,12	-	-	16,82	-	-	1,02	-	-	5,86	-	-	74,51	-
	trocken	-	0,12	-	-	15,92	-	-	0,46	-	-	2,42	-	-	80,10	-
Gelbreife	frisch	-	0,10	-	-	14,64	-	-	1,28	-	-	5,66	-	-	77,69	-
	trocken	-	0,08	-	-	13,64	-	-	0,39	-	-	1,39	-	-	83,36	-
reifes Korn	frisch	-	0,53	0,36	-	53,88	44,08	-	0,20	0,19	-	0	-	-	45,01	55,32

1) unbekannte Substanz, konnte im Labor nicht identifiziert werden

Vergleicht man die Ölqualität nach Wasserdampfextraktion und DAB fällt auf, dass die Öle aus dem reifen Korn nach letztgenannter Methode fast durchgehend den Carvongehalt von

mindestens 50 % aufwiesen, während bei der Wasserdampfextraktion nur im letzten Versuchsjahr entsprechende Werte erzielt worden sind (Tab. 51).

Tabelle 51: Vergleich der Ölqualität bei Wasserdampfextraktion (WDE) und Gewinnung nach DAB bei Kümmel Sorte 'Sprinter' und Sorte 'Record' 2002 bis 2004, trocken verarbeitet

Sorte 'Sprinter' und Sorte 'Record' 2002 bis 2004, trocken verarbeiteter																
Sorte	Metho- de	Myrcen			(+)-Limonen			β-Caryophyllen			U ¹⁾			Carvon		
Reife		2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Sorte 'Sprinter' (einjährig)																
Milch- wachs- reife	WDE	0,17	0,12	-	25,06	15,50	-	1,38	5,34	-	-	7,02	-	59,06	69,10	-
	DAB	0,48	0,24	-	40,51	24,31	-	-	2,61	-	-	2,02	-	52,42	69,24	-
Gelbreife	WDE	0,16	0,11	-	20,87	14,07	-	1,26	6,95	-	-	7,48	-	64,64	66,91	-
	DAB	0,50	0,20	-	46,88	20,15	-	-	9,14	-	-	6,10	-	47,67	60,0 2	-
reifes Korn	WDE	0,60	0,55	0,42	54,14	52,90	42,06	0,13	0,24	0,11	-	0	-	44,36	45,82	56,92
	DAB	0,50	0,46	0,42	32,58	41,07	42,26	-	0,97	0,18	-	0,26	-	63,07	56,05	55,46
Sorte 'Record' (zweijährig)																
Milch- wachs- reife	WDE	0,12	0,12	-	26,22	16,14	-	0,46	0,60	-	-	2,92	-	65,26	79,22	-
	DAB	0,40	0,37	-	54,13	43,46	-	-	0,18	-	-	0,72	-	40,9 0	53,18	-
Gelbreife	WDE	0,09	0,05	-	15,52	12,91	-	0,36	2,02	-	-	3,71	-	79,43	79,29	-
	DAB	0,34	0,27	-	40,29	32,68	-	-	0,11	-	-	0,31	-	56,70	65,99	-
reifes Korn	WDE	0,52	0,46	0,40	60,4 0	53,82	44,61	0,11	0,14	0,16	-	0	-	38,38	45,32	54,63
	DAB	0,52	0,40	0,34	48,45	44,82	40,18	-	0,10	0,15	-	0,13	-	45,07	54,27	58,60

1) unbekannte Substanz, konnte im Labor nicht identifiziert werden

Eine Ursache hierfür könnte in der geringeren Flüchtigkeit des Carvons zu suchen sein. Durch das mehrstündige Kochen des Extraktionsgutes in Wasser bei der Labormethode werden auch weniger gut lösliche Stoffe komplett herausgelöst, während bei der Wasserdampfextraktion der Dampfstrom schlechtlösliche Stoffe eventuell im Extraktionsgut belässt. Dieser These stehen jedoch die Ergebnisse des Vergleichs der Ausbeuten an ätherischem Öl nach beiden Methoden entgegen (Tab. 52).

Tabelle 52: Vergleich der im Labor bestimmten Gehalte an ätherischem Öl mit den bei Wasserdampfextraktion erhaltenen Ausbeuten bei Kümmel, trocken destilliert

Ertragskennzahlen bei Körner- und Trockenmasse															
Stadium	Äth. Öl (DAB)						Äth. Öl (WDE)								
	Korn (ml/100 g TM)			(l/ha, berechnet)			Korn (ml/100 g TM, berechnet)			Ganzpflanze (ml/100 g TM)			(l/ha, berechnet)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Sorte 'Sprinter'															
Milchwachs- reife	5,91	3,28	-	99,3	48,5	-	0,64	0,94	-	0,40	0,60	-	10,8	13,9	-
Gelbreife	5,80	2,00	-	74,5	20,4	-	0,60	0,47	-	0,40	0,30	-	9,0	4,5	-
reifes Korn	3,59	4,19	3,84	45,2	13,0	40,3	3,80	3,10	4,08	3,80	3,10	4,08	48,4	9,2	38,8
Sorte 'Record'															
Milchwachs- reife	7,94	5,12	-	111,2	107,0	-	2,02	2,68	-	0,80	1,50	-	30,0	57,4	-
Gelbreife	5,68	4,05	-	150,5	121,5	-	1,75	2,33	-	1,00	1,40	-	46,8	70,6	-
reifes Korn	4,12	5,38	3,52	93,5	91,5	19,4	3,20	3,50	3,59	3,20	3,50	3,59	74,4	57,9	18,0

Aus der Tabelle geht hervor, dass gerade die reifen Früchte des Kümmels mit der Wasserdampfextraktion nahezu erschöpfend extrahiert wurden. Möglicherweise ließe sich durch eine Verlängerung der Extraktionsdauer eine Erhöhung des Carvongehaltes erreichen.

Die Ergebnisse belegen, dass zur Gewinnung ätherischen Öls aus Kümmel die Verarbeitung des reifen Korns am günstigsten ist. Hier werden die höchsten Ölerträge je Flächeneinheit bei deutlich geringeren Aufwendungen für die Extraktion erzielt. Eine frühere Ernte des Kümmels ist nur für spezielle Anwendungen sinnvoll. Gleichzeitig stellte die einjährige Sorte 'Sprinter' ihre gute Anbaueignung durch hohe Kornerträge sowie Ölgehalte im Vergleich zu den etablierten zweijährigen Sorten unter Beweis. Insbesondere diese Sorte ist aus wirtschaftlichen Gründen für den Anbau zum Zweck der Gewinnung ätherischer Öle zu präferieren.

3.3 Blütendrogen

3.3.1 Echte Kamille (*Matricaria chamomilla*)

Die Kamille enthält relativ wenig, aber preislich sehr hochwertiges ätherisches Öl, das vor allem in der Pharmazie und der Kosmetik zum Einsatz kommt. Zur Extraktion werden nur die Blüten eingesetzt. Da in der Kamille aufgrund der hohen Schüttdichte sehr schnell nach der Ernte Umsetzungsprozesse ablaufen können, ist auf eine sehr schnelle Weiterverarbeitung (Trocknung, Extraktion) zu achten.

In allen drei Projektjahren wurden sieben Sorten geprüft. Während 2002 und 2003 eine Frühljahrsaussaat erfolgte, kam im dritten Jahr eine Herbstkamille zum Anbau. Da im Vergleich zu den Blatt- und Körnerdrogen die Blütenerträge der Kamille nur gering sind, war eine Parallelextraktion von frischer und getrockneter Ware bei einer Pflücke nicht möglich. Die einzelnen Pflücken wurden deshalb entweder frisch oder im getrockneten Zustand verarbeitet.

Im ersten Jahr war, bedingt durch sehr trockene Witterungsbedingungen nach der Aussaat, ein schlechter Feldaufgang zu verzeichnen. Durch die Fehlstellen im Bestand konnte keine exakte Ertragsermittlung vorgenommen werden. Das Hauptaugenmerk richtete sich deshalb im ersten Projektjahr auf die Extraktion des ätherischen Öls (Tab. 53).

Tabelle 53: Gehalte an ätherischem Öl verschiedener Kamillesorten in frischem bzw. getrocknetem Zustand bei der 1. bis 3. Blütenpflücke bei Wasserdampfextraktion bzw. bei Laboranalyse, VS Dornburg 2002

Sorte	Ätherisches Öl (ml/100 g TM)				
	1. Pflücke WDE frisch	2. Pflücke		3. Pflücke	
		WDE getrocknet	DAB getrocknet	WDE frisch	DAB getrocknet
'Germania'	0,08	0,38	0,27	0,12	0,16
'Bodegold'	0,16	0,31	0,30	0,11	0,24
'Zloty Lan'	0,21	0,26	0,48	0,12	0,27
'Bona'	0,10	0,21	0,30	0,08	0,22
'Mabamille'	0,45 ¹⁾	0,29	0,46	0,20	0,22
'Herkunft Appel'	0,22	0,21	0,40	0,14	0,26
'Kirschkamille'	0,15	0,14	0,29	0,11	0,16

Die erhaltenen Werte zeigen, dass bei Destillation der getrockneten Blüten im Allgemeinen deutlich höhere Gehalte an ätherischem Öl erzielt wurden als bei Destillation der frischen Ware.

Bei der Wiederholung des Versuches im Jahr 2003 kamen die gleichen Sorten zum Anbau. Trotz des relativ guten Bestandes entsprachen die Erträge nicht den Erwartungen. Insbesondere der Wiederaufwuchs nach der 1. Pflücke war wegen der extremen Trockenheit des Jahres 2003 sehr gering, so dass die Erträge der 2. Pflücke deutlich unter denen der 1. Ernte lagen. Eine 3. Ernte, wie bei Kamille in der Regel üblich, war nicht möglich. Die höchsten Blütenerträge erreichten die Prüfglieder 'Bodegold', 'Appel' und 'Kirschkamille' (Tab. 54).

Tabelle 54: TM-Ertrag, Gehalt an ätherischem Öl und Ölertrag verschiedener Kamillesorten(WDE), VS Dornburg 2003

Sorte	Erntedatum		Blütenertrag (dt TM/ha)			Ätherisches Öl (ml/100 g TM)		Ertrag an äth. Öl (l/ha)		
	1. Pflücke	2. Pflücke	1. Pflücke	2. Pflücke	Σ	1. Pflücke frisch	2. Pflücke trocken	1. Pflücke frisch	2. Pflücke trocken	Σ
'Germania'	02.07.	23.07.	4,7	1,8	6,5	0,08	0,16	0,34	0,16	0,50
'Bodegold'	02.07.	23.07.	7,7	1,9	9,6	0,15	0,14	0,81	0,30	1,11
'Zloty Lan'	02.07.	23.07.	4,1	2,1	6,2	0,38	0,10	1,09	0,26	1,35
'Bona'	02.07.	23.07.	5,9	0,9	6,8	0,12	0,33	0,62	0,16	0,78
'Mabamille'	02.07.	23.07.	3,3	1,6	4,9	0,28	0,31	0,65	0,34	0,99
'Herkunft Appel'	02.07.	23.07.	5,0	2,5	7,5	0,28	0,14	1,29	0,48	1,67
'Kirschkamille'	02.07.	23.07.	5,4	1,9	7,3	0,16	0,32	0,79	0,88	1,67
GD _{t, s %}			0,6	0,5	1,0	0,07	0,05	0,21	0,37	0,70

Wie die in Tabelle 54 dargestellten Ergebnisse verdeutlichen, traten zwischen den Sorten und auch den Pflücken große Unterschiede im Gehalt an ätherischem Öl auf. Die Prüfglieder 'Zloty Lan', 'Mabamille' und 'Appel' erreichten bei der ersten Pflücke die höchsten Werte. Bei der zweiten Pflücke bestätigte lediglich die Sorte 'Mabamille' ihre hohen Gehalte, die Sorten 'Bona', und 'Kirschkamille' erreichten ebenfalls gute Ergebnisse. Die höchsten Ölerträge je Flächeneinheit wiesen die Sorte 'Kirschkamille' und die Herkunft 'Appel' auf. Dass frisch verarbeitete Ware weniger ätherisches Öl ergibt als getrocknete, bestätigte sich im zweiten Versuchsjahr nicht durchgängig.

Im letzten Projektjahr etablierten sich die Kamillebestände sehr ausgeglichen und erreichten, aufgrund der günstigen Witterungsbedingungen, hohe Erträge über alle drei Ernten. Wie auch im Jahr 2002 waren die Ausbeuten an ätherischem Öl bei Verarbeitung der getrockneten Ware höher als bei Frischextraktion. Die Herkunft 'Appel' bestätigte, bedingt durch überdurchschnittlich hohe Ölgehalte, ihre gute Eignung zur Gewinnung ätherischen Öls. Ihre Ölerträge je Flächeneinheit lagen signifikant über denen der restlichen Sorten (Tab. 55).

Tabelle 55: TM-Ertrag, Gehalt an ätherischem Öl und Ölertrag verschiedener Kamillesorten(WDE), VS Dornburg 2004

Sorte	Erntedatum			Blütenertrag (dt TM/ha)				Ätherisches Öl (ml/100 g TM)			Ertrag an äth. Öl (l/ha)			
	1.	2.	3.	1.	2.	3.	Σ	1. tro- cken	2. frisch	3. tro- cken	1. tro- cken	2. frisch	3. tro- cken	Σ
'Germania'	28.05.	14.06.	28.06.	8,6	3,6	4,8	17,0	0,18	0,24	0,20	1,49	0,84	0,96	3,29
'Bodegold'	28.05.	14.06.	28.06.	7,5	4,9	8,3	20,7	0,23	0,16	0,17	1,66	0,58	1,34	3,58
'Zloty Lan'	04.06.	14.06.	28.06.	6,0	4,7	6,7	17,4	0,30	0,10	0,25	1,82	0,46	1,67	3,95
'Bona'	28.05.	14.06.	28.06.	11,0	4,5	7,2	22,7	0,18	0,10	0,19	1,87	0,45	1,34	3,66
'Mabamille'	04.06.	14.06.	28.06.	10,4	2,8	5,9	19,1	0,20	0,04	0,25	2,05	0,13	1,46	3,64
'Herk. Appel'	04.06.	14.06.	28.06.	5,9	4,7	6,3	16,9	0,37	0,16	0,31	2,18	0,72	1,95	4,85
'Kirschkamille'	28.05.	14.06.	28.06.	8,2	5,4	8,4	22,0	0,18	0,12	0,20	1,45	0,62	1,60	3,67
GD _{t, s %}				2,4	1,8	1,5	2,9	0,09	0,07	0,06	0,49	0,30	0,42	0,70

Das ätherische Öl der Kamille unterscheidet sich sehr stark in seiner Zusammensetzung. Entsprechend seiner Hauptbestandteile werden chemische Typen unterschieden. So gehören Kamillesorten mit einem überwiegenden Anteil an Bisabololoxid A zum chemischen Typ A, Sorten mit dem Hauptbestandteil Bisabololoxid B zum Typ B und Sorten, bei denen das Bisabolol dominiert, zum chemischen Typ C. Ein weiteres wichtiges Kriterium ist der Anteil des Chamazulens. Kamilleöle mit Chamazulengehalten über 8 % gelten als hochwertig und sind tiefblau gefärbt.

Die Analyse der Zusammensetzung der mit Wasserdampfextraktion gewonnenen Öle zeigt sehr starke Schwankungen in der Ölqualität innerhalb der einzelnen Sorten zwischen den Pflücken und Jahren (Tab. 56).

Tabelle 56: Einfluss des Erntetermins und der Extraktionsmethode auf die Zusammensetzung (Hauptbestandteile) des ätherischen Öls (%) bei Kamille (WDE), Dornburg 2002 bis 2004 (2002: 1. und 3. Pflücke frisch, 2. Pflücke trocken, 2003: 1. Pflücke frisch, 2. Pflücke trocken, 2004: 1. und 3. Pflücke trocken, 2. Pflücke frisch destilliert)

Sorte	Bisabololox. B			Bisabolonox.			α -Bisabolol			Chamazulen			Bisabololox. A			Farnesen		
Pflücke	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Sorte 'Germania'																		
1.	3,40	5,36	4,91	3,78	9,08	4,40	26,58	4,47	13,42	11,82	2,96	5,52	15,70	36,51	16,58	10,68	6,84	26,72
2.	5,07	9,54	2,35	2,81	7,50	2,21	17,61	21,04	34,49	6,78	10,87	12,18	11,72	20,35	9,43	32,82	13,30	11,94
3.	5,75	-	4,13	4,38	-	5,97	13,34	-	15,55	6,22	-	7,91	23,24	-	19,94	21,22	-	22,39
$\bar{x}$	4,74	7,45	3,80	3,66	8,29	4,19	19,18	12,76	21,15	8,27	6,92	8,54	16,89	28,43	15,32	21,57	10,05	20,37
Sorte 'Bodegold'																		
1.	13,14	11,38	10,62	8,26	8,11	4,00	4,34	3,90	7,03	17,02	8,95	10,00	11,30	28,06	11,20	13,28	6,42	22,33
2.	11,30	15,04	7,36	4,90	7,17	1,90	8,66	15,27	24,26	9,64	12,54	14,47	13,26	18,81	6,92	24,27	14,30	13,66
3.	12,30	-	11,64	6,26	-	4,76	8,32	-	6,40	8,81	-	12,91	22,08	-	13,18	12,74	-	26,47
$\bar{x}$	12,16	13,21	9,87	6,47	7,64	3,55	7,11	9,58	12,56	11,82	10,74	12,46	15,55	23,44	10,43	16,77	10,35	20,83
Sorte 'Zloty Lan'																		
1.	15,78	13,58	12,46	11,76	9,20	7,09	4,53	3,53	10,55	20,91	15,86	13,10	8,51	17,55	6,49	7,14	5,28	17,58
2.	16,97	24,00	14,10	9,32	11,28	8,18	6,69	12,00	5,96	13,05	13,30	14,13	9,41	11,60	9,30	16,08	10,37	17,85
3.	17,14	-	17,56	9,18	-	9,74	6,02	-	2,32	15,56	-	17,62	13,78	-	8,04	7,05	-	18,55
$\bar{x}$	16,63	18,79	14,70	10,09	10,24	8,34	5,75	7,76	6,28	16,51	14,58	14,95	10,57	14,58	7,94	10,10	7,85	18,00
Sorte 'Bona'																		
1.	3,67	10,10	3,48	2,85	7,77	0,82	31,16	16,36	33,56	13,01	18,64	10,66	10,67	9,33	2,68	15,88	4,69	20,26
2.	6,69	20,45	4,40	3,21	10,34	1,16	22,08	17,09	34,37	12,38	15,45	15,96	6,32	10,06	3,74	20,7	10,28	10,21
3.	10,99	-	7,19	4,78	-	3,98	23,82	-	25,19	16,16	-	17,09	7,90	-	4,03	6,69	-	22,84
$\bar{x}$	7,12	15,28	5,02	3,61	9,06	1,99	25,69	16,72	31,04	13,85	17,86	14,57	8,30	9,70	3,48	14,43	7,49	17,77
Sorte 'Mabamille'																		
1.	17,57	5,69	3,17	2,72	2,92	1,71	17,85	34,40	33,75	19,24	21,20	14,95	19,78	4,35	2,11	2,38	4,51	19,49
2.	7,84	13,13	7,31	2,41	6,96	4,64	20,14	27,82	22,42	16,17	16,23	16,08	8,09	6,89	5,73	16,15	10,96	9,18
3.	10,26	-	2,41	3,16	-	0,63	25,57	-	39,39	18,04	-	18,01	8,85	-	1,69	6,39	-	18,80
$\bar{x}$	11,89	9,41	4,30	2,76	4,94	2,33	21,19	31,11	31,85	17,82	18,72	16,34	12,24	5,62	3,18	8,30	7,75	15,83
Herkunft 'Apfel'																		
1.	13,28	9,00	10,32	8,90	4,87	5,77	3,48	28,88	16,88	14,54	21,80	13,30	8,58	5,32	5,32	23,81	3,52	17,38
2.	11,82	19,93	12,01	7,33	9,18	7,03	9,86	20,83	11,51	14,97	16,10	15,52	8,49	7,61	6,76	15,42	11,06	14,94
3.	15,08	-	9,64	6,53	-	5,34	16,78	-	19,74	18,72	-	18,51	9,58	-	4,74	5,30	-	18,14
$\bar{x}$	13,39	14,46	10,66	7,59	7,02	6,05	10,04	24,86	16,04	16,08	18,95	15,78	8,88	6,46	5,61	14,83	7,30	16,83
Sorte 'Kirschkamille'																		
1.	1,70	8,02	1,29	1,22	5,03	0,57	36,96	29,32	42,96	13,97	21,55	13,04	3,52	5,27	2,24	16,34	3,54	13,50
2.	9,26	13,57	2,49	3,90	7,26	1,32	23,34	28,21	38,46	13,04	15,02	15,91	5,45	9,58	2,22	19,08	10,55	14,32
3.	12,20	-	3,76	3,96	-	2,73	20,72	-	32,83	15,31	-	18,79	8,95	-	2,50	10,92	-	16,26
$\bar{x}$	7,72	10,80	2,51	3,03	6,15	1,54	27,00	28,76	38,10	14,11	18,28	15,91	5,97	7,42	2,32	15,43	7,05	14,70

Insbesondere das durch Extraktion frischer Kamille gewonnene Öl variierte in qualitativer Hinsicht sehr stark. Während die Werte der Jahre 2002 und 2004 relativ gut übereinstimmen, unterschieden sich die des Jahres 2003 z. T. gravierend von ihnen. Anhand der mittels Wasserdampfextraktion gewonnenen Öle war es teilweise nicht möglich, den chemischen Typ

der Sorten eindeutig zu bestimmen. Insbesondere bei den Sorten 'Germania' und 'Bodegold' verschoben sich die Anteile an α -Bisabolol und Bisabololoxid A zwischen den Ernten und Jahren sehr stark.

Demgegenüber war die Qualität der nach DAB-Methode destillierten ätherischen Öle etwas ausgeglichener (Tab. 57). Die Sorte 'Bodegold' war, aufgrund der hohen Gehalte an Bisabololoxid A, eindeutig dem chemischen Typ A zuzuordnen. Trotzdem sind auch hier die großen Schwankungen bezüglich der Gehalte an Farnesen, Bisabololoxid A und Bisabolol zwischen den einzelnen Jahren auffällig.

Mit Ausnahme der Sorte 'Germania' erreichten alle Sorten bei beiden Extraktionsmethoden den geforderten Chamazulengehalt von mindestens 8 % sicher und sind somit geeignet, hochwertiges Kamillenöl zu liefern.

Tabelle 57: Vergleich der Ölqualität bei Wasserdampfextraktion (WDE) und Gewinnung nach DAB bei Kamille, Dornburg 2002 bis 2004 (2002 und 2003: 2. Pflücke, 2004: 1. und 3. Pflücke), trocken verarbeitet

Sorte	Bisabololox. B			Bisabolonox.			α -Bisabolol			Chamazulen			Bisabololox. A			Farnesen		
Methode	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Sorte 'Bodegold'																		
WDE	11,30	15,04	10,62	4,90	7,17	4,00	8,66	15,27	7,03	9,64	12,54	10,00	13,26	18,81	11,20	24,27	14,30	22,33
DAB	17,03	22,93	18,22	4,52	4,87	3,02	2,57	3,79	3,16	5,68	6,98	9,24	29,82	21,47	30,17	8,52	3,38	9,08
WDE	-	-	11,64	-	-	4,76	-	-	6,40	-	-	12,91	-	-	13,18	-	-	26,47
DAB	-	-	18,39	-	-	3,65	-	-	2,56	-	-	13,90	-	-	31,18	-	-	6,04
Sorte 'Mabamille'																		
WDE	7,84	13,13	3,17	2,41	6,96	1,71	20,14	27,82	33,75	16,17	16,23	14,95	8,09	6,89	2,11	16,15	10,96	19,49
DAB	12,46	5,70	0,78	2,42	0,48	0,21	16,63	40,14	37,49	10,48	13,85	15,84	8,83	3,14	2,86	6,23	5,30	14,54
WDE	-	-	2,41	-	-	0,63	-	-	39,39	-	-	18,01	-	-	1,69	-	-	18,80
DAB	-	-	1,82	-	-	0,19	-	-	42,73	-	-	16,90	-	-	2,08	-	-	8,58

Der Vergleich der Ausbeuten an ätherischem Öl nach beiden Methoden belegt, dass bei Wasserdampfextraktion nicht erschöpfend extrahiert wurde (Tab. 58).

Tabelle 58: Vergleich der im Labor bestimmten Gehalte an ätherischem Öl mit den bei Wasserdampfextraktion erhaltenen Ausbeuten bei Kamille (2002 und 2003: 2. Pflücke, 2004: 1. bis 3. Pflücke), trocken destilliert

Stadium	Äth. Öl (DAB)						Äth. Öl (WDE)					
	(ml/100 g TM)			(l/ha, berechnet)			(ml/100 g TM)			(l/ha, berechnet)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Sorte 'Bodegold'												
1. Pflücke	-	-	0,39	-	-	2,92	-	-	0,23	-	-	1,66
2. Pflücke	0,30	0,41	0,44	n. b.	0,78	2,16	0,31	0,14	-	n. b.	0,30	-
3. Pflücke	-	-	0,39	-	-	3,24	-	-	0,17	-	-	1,34
Sorte 'Mabamille'												
1. Pflücke	-	-	0,47	-	-	4,89	-	-	0,20	-	-	2,05
2. Pflücke	0,46	0,52	0,45	n. b.	0,83	1,26	0,29	0,31	-	n. b.	0,34	-
3. Pflücke	-	-	0,72	-	-	4,25	-	-	0,25	-	-	1,46

So konnte der nach DAB geforderte Wert von mindestens 0,4 % ätherischem Öl sowohl bei frischer als auch bei getrockneter Ware nicht erreicht werden, wohingegen bei Destillation nach DAB die Hauptsorte des deutschen Anbaus 'Mabamille' immer mehr als 0,4 % ätherisches Öl aufwies. Auch die ältere Sorte 'Bodegold' erreichte in den meisten Fällen Ergebnisse im Bereich des geforderten Wertes.

Ursachen der unbefriedigenden Resultate der Wasserdampfextraktion bei Kamille sind möglicherweise in einem noch nicht vollständig optimierten Extraktionsverfahren zu suchen. So besitzt Kamille insbesondere im frischen Zustand eine sehr hohe Schüttdichte, was den Durchfluss des Dampfstromes behindert. Zum anderen weist das ätherische Öl eine hohe Viskosität auf. Bei der Extraktion haftet das ätherische Öl relativ fest an den Wänden der Extraktionsblase, was zu Verlusten führen kann. Zur erfolgreichen Gewinnung ätherischen Öls mittels Wasserdampfextraktion sind in jedem Falle weitere Untersuchungen zur Optimierung des Extraktionsverfahrens erforderlich. Eine weitere Schwierigkeit, vor allem bei der Verarbeitung von frischem Erntegut, liegt in der schnellen Erhitzung der sehr dicht liegenden Kamilleblüten. Eine Extraktion frischer Kamille vor dem Auftreten von Umsetzungsprozessen ist arbeitstechnisch nahezu unmöglich.

Im Ergebnis der Untersuchungen ist festzustellen, dass bei der Verarbeitung getrockneter Kamilleblüten bessere Ausbeuten an ätherischem Öl erzielt werden. Außerdem ist bei dieser Verfahrensweise auch die Qualität der Öle ausgeglichener als bei Frischextraktion. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Zusammensetzung des ätherischen Öls muss die Sortenwahl entsprechend den Anforderungen der abnehmenden Hand getroffen werden. Die Gewinnung von ätherischem Öl aus der Kamille bietet sich aus den o. g. Gründen vor allem aus den Überschüssen der Teeproduktion an.

3.4 Untersuchungen zur Gewinnung von Rosmarinsäure

Neben ätherischen Ölen enthalten Pflanzen und Pflanzenteile weitere sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, die sich möglicherweise der Extraktion mittels Wasserdampf entziehen, so unter anderem die Rosmarinsäure. Diese ist in nennenswerter Konzentration zum Beispiel in der Zitronenmelisse, in der Pfefferminze, im Salbei und im Thymian enthalten.

Ziel der Versuche war daher zu untersuchen, ob und wie viel Rosmarinsäure im Extraktionsrückstand der Wasserdampfextraktion (WDE) in diesen vier Kulturen enthalten ist. Bei positivem Ergebnis und entsprechender Nachfrage könnte sich dabei aus der Nutzung sowohl des ätherischen Öls als auch der Rosmarinsäure eine erhebliche Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Prozesses der Gewinnung von Pflanzeninhaltsstoffen ergeben.

Eigenschaften der Rosmarinsäure

Rosmarinsäure ist ein 2-O-Coffeylester der 2-Hydroxy-2,3-dihydro-kaffesäure. Sie wird auch als ein Ester aus Kaffesäure und 3,4-Dihydroxyphenyllactat bezeichnet. Die Rosmarinsäure ist eine schwach saure, schlecht wasserlösliche und in Ethanol lösliche Substanz. Sie oxidiert leicht und muss daher schnellst möglich verarbeitet werden. Die Rosmarinsäure wirkt antiviral, antibakteriell, entzündungshemmend und wird leicht über die Haut aufgenommen. Des Weiteren ist sie ein sehr guter Radikalfänger. In der Pflanze wirkt sie vermutlich als Abwehrstoff gegen Bakterien- und Pilzinfektionen. Sie schützt die Pflanze wahrscheinlich auch vor Fraßfeinden. Die phenolische OH-Gruppe der Rosmarinsäure spricht für diese Funktion, da sie chemisch oder enzymatisch zu Orthochinonen oxidiert werden kann. Ein weiterer Aspekt, der für diese Theorie spricht, ist die Speicherung der Rosmarinsäure in der Vakuole, getrennt von den Oxidasen. Die Kompartimentierung wird nur bei Verletzungen der Zelle aufgelöst. Technisch wird die Rosmarinsäure durch Extraktion mit Alkohol gewonnen.

Biosynthese der Rosmarinsäure

Rosmarinsäure ist ein Produkt des Sekundärstoffwechsels. Als Edukte der Biosynthese von Rosmarinsäure dienen das Phenylalanin und das Tyrosin. Die zwei parallel laufenden Syntheseschritte werden durch eine Veresterung vereinigt. Für die Biosynthese benötigt die Pflanze acht verschiedene Enzyme.

Die Phenylalanin-Lyase (PAL) katalysiert die Desaminierung des Phenylalanins. Es werden t-Zimtsäure und Ammoniak gebildet. Dieser Reaktionsschritt ist für die Rosmarinsäuresynthese nicht spezifisch, sondern der erste Schritt in den Sekundärstoffwechsel. Die t-Zimtsäure wird durch das Zimtsäure-4-Hydroxylase (CAH) zu p-Cumarsäure hydroxyliert. Dazu wird molekularer Sauerstoff und NADPH benötigt. Die 4-Cumerat:CoA Ligase (4CL) konvertiert die p-Cumarsäure zum p-Cumaroyl-CoA. Auch andere Hydroxy- und Methoxy-Derivate der Zimtsäure werden zum entsprechenden CoA-Ester umgebildet. Dies führt zur Verwendung vieler miteinander verwandter Substrate und ist Ausgang für verschiedene Stoffwechselwege.

1. Die Transaminierung von Tyrosin zu p-Hydroxyphenylpyruvat wird durch Tyrosin-Aminotransferase (TAT) katalysiert. Das 2-Oxoglutarat dient dabei als Aminoakzeptor und wird zum Glutamat. Die Hydroxyphenylpyruvat-Reduktase (HPPR) katalysiert die Reduktion des Hydroxyphenylpyruvats zum Hydroxyphenyllactat. Für diesen Schritt benötigt die HPPR entweder NADH oder NADPH.

Die Rosmarinsäuresynthase (RAS) katalysiert die Esterbildung von p-Cumaroyl-CoA und p-Hydroxyphenyllactat. Sie akzeptiert auch Caffeoil-CoA und 3,4-Di-hydroxyphenyllactat, die zur Bildung von Rosmarinsäure führen. Die RAS ist relativ stabil. Sie ist monatelang bei -20°C ohne merkbare Aktivitätsverluste lagerbar und bei 30°C für mindestens fünf Stunden haltbar. Sie wird durch p-Hydroxyphenylpyruvat, 3,4-Dihydroxyphenylpyruvat und Rosmarinsäure gehemmt. Hydroxylasen katalysieren die Hydroxylierung an Position 3 und 3' am aromatischen Ring. Sie sind membrangebunden und Cytochrom P450-abhängig.

Vorkommen

Rosmarinsäure wurde erstmals 1958 (Scarpati, Oriente) in Rosmarin isoliert und charakterisiert. Sie kommt zu 3,5 bis 4,5 % in Pfefferminze, 2,0 bis 6,0 % in Salbei, 0,5 bis 1,8 % in Melisse, 0,2 bis 1,4 % in Thymian und 1,0 bis 2,0 % in Rosmarin vor.

Verwendung der Rosmarinsäure

Die Rosmarinsäure ist ein Inhaltsstoff von entzündungshemmenden Cremes, die bei Sportverletzungen zum Einsatz kommen. Es werden dafür hauptsächlich Melissenpräparate verwendet. Als Antioxidans wird die Rosmarinsäure vorwiegend in Lebensmitteln eingesetzt. Sie ist auch als ein natürlicher Gerbstoff bekannt. Eine Verwendung der Rosmarinsäure in after-sun und anti-ageing Cremes wäre vorstellbar.

Ergebnisse

In den Abbildungen 2 bis 5 sind die Ergebnisse der Untersuchungen an Pfefferminze, Melisse, Salbei und Thymian dargestellt.

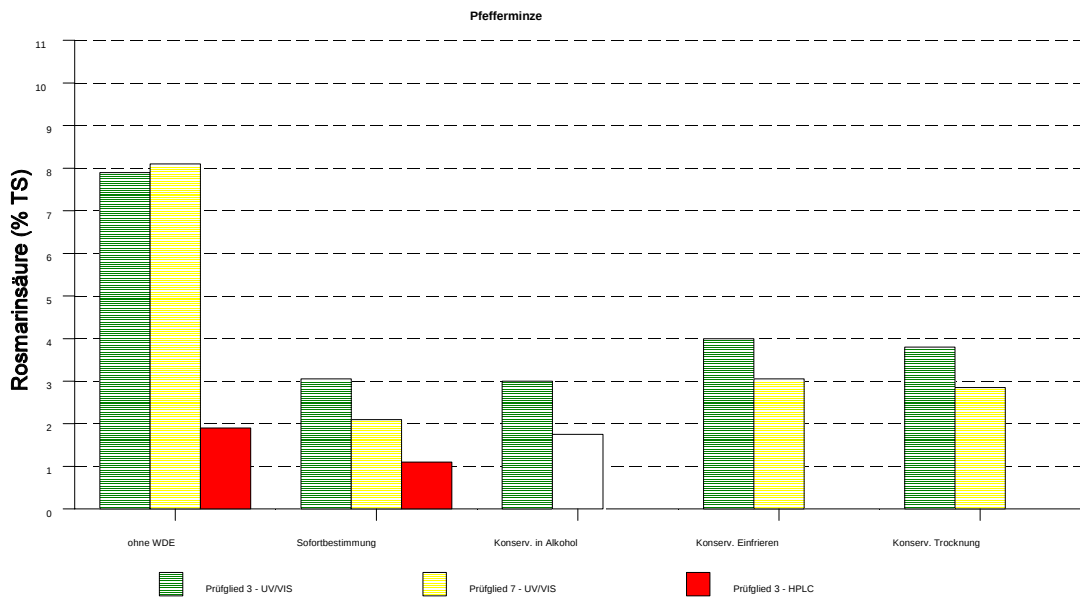


Abbildung 2: Rosmaringehalte von Pfefferminze vor und nach der Wasserdampfextraktion bei unterschiedlicher Konservierung

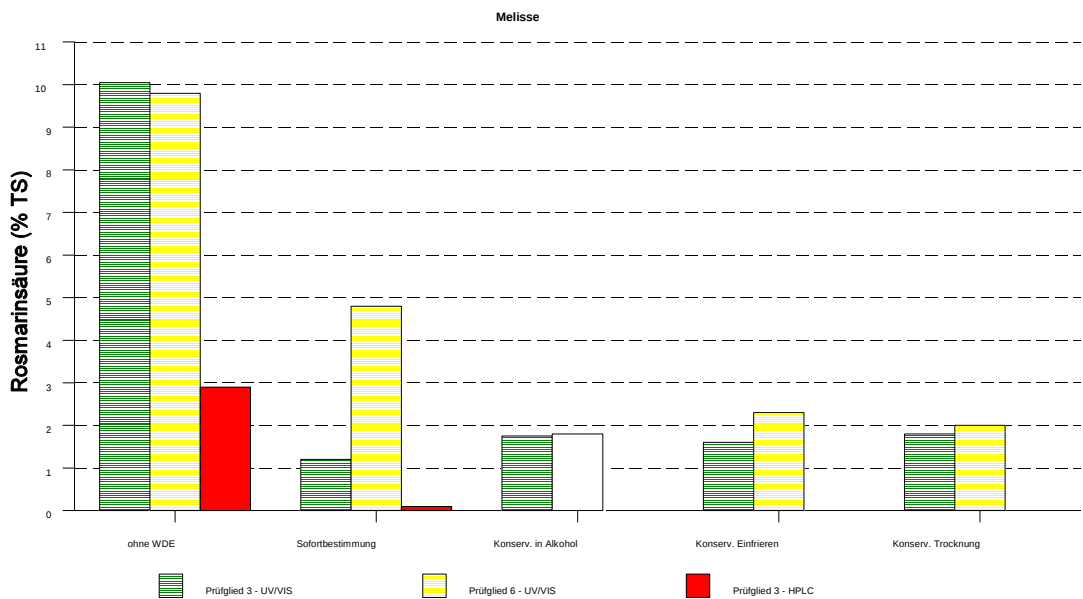


Abbildung 3: Rosmaringehalte von Melisse vor und nach der Wasserdampfextraktion bei unterschiedlicher Konservierung

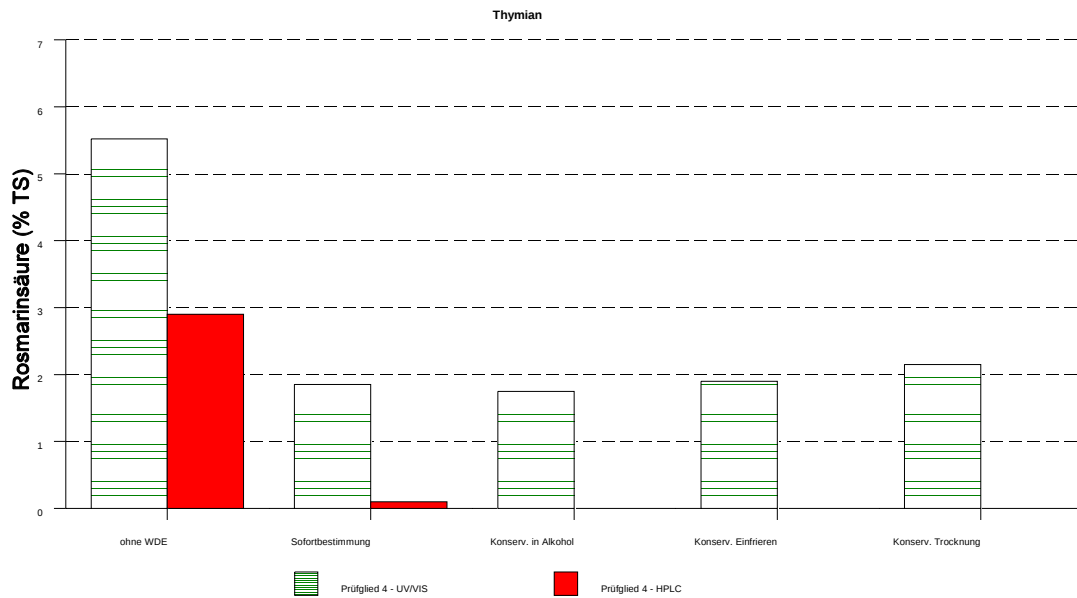


Abbildung 4: Rosmaringehalte von Thymian vor und nach der Wasserdampfextraktion bei unterschiedlicher Konservierung

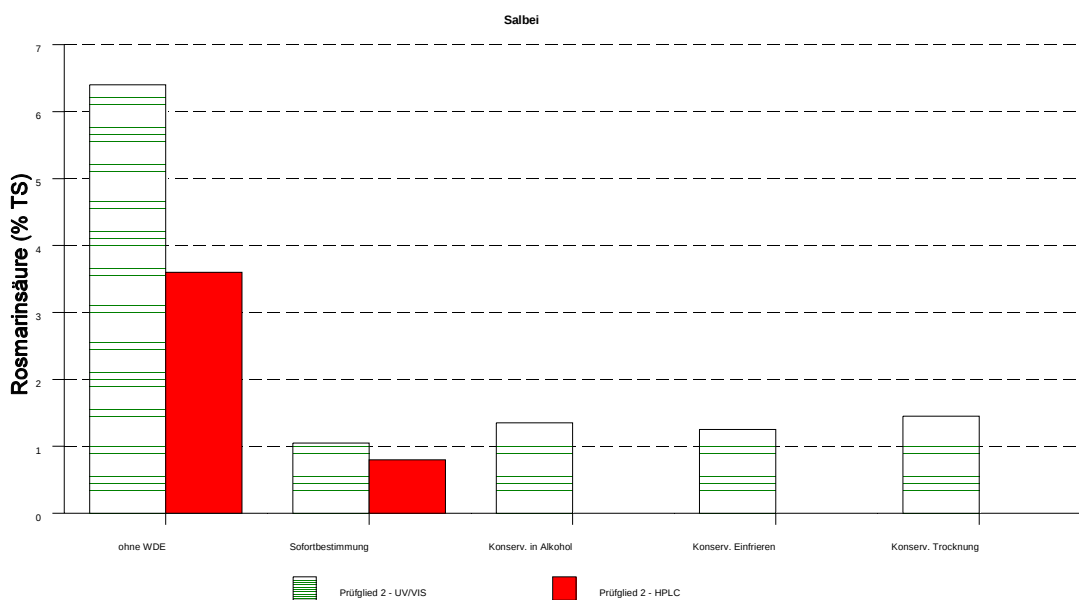


Abbildung 5: Rosmaringehalte von Salbei vor und nach der Wasserdampfextraktion bei unterschiedlicher Konservierung

Insgesamt war festzustellen, dass bei Bestimmung der Gehalte mittels UV/VIS-Methode im Ausgangsmaterial viel höhere Gehalte als in der Literatur angegeben zu verzeichnen waren. Die Ursache liegt darin, dass bei dieser Methode Hydroxyzimtsäure-Derivate und nicht allein Rosmarinsäure gemessen wird. Deshalb ist die HPLC als Vergleichsmethode zur Messung des Ausgangsmaterials und ausgewählter Prüfglieder herangezogen worden. Der Vergleich der Werte von UV/VIS und HPLC im Ausgangsmaterial zeigte, dass wahrscheinlich lediglich zwischen 23 und 55 % der mit erstgenannter Methode gemessenen Werte tatsächlich Rosmarinsäure war. Die Werte der HPLC-Bestimmung entsprachen in der Größenordnung den in der Literatur angegebenen Werten.

Unabhängig vom absoluten Gehalt an Rosmarinsäure in dem untersuchten Pflanzenmaterial werden bei der Wasserdampfextraktion zwischen 70 und 90 % des Inhaltsstoffes abgebaut. Damit scheint eine wirtschaftliche Gewinnung von Rosmarinsäure nach der Wasserdampfextraktion nicht möglich zu sein. Sie scheidet somit als Maßnahme zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit aus.

Quellen:

Berger, Anja; Inaugural-Dissertation zum Thema: „ Versuche zur Klonierung der Rosmarinsäuresynthase und anderer Gene der Rosmarinsäure-Biosynthese aus *Coleus blumei*“; 2001; Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Teuscher, Eberhard; Biogene Arzneimittel; 5. Auflage; 1997; Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart

Europäisches Arzneibuch Nachtrag 2001; Deutscher Apotheker Verlag Stuttgart, Govi-Verlag-Pharmazeutischer Verlag GmbH Eschborn

Cammann, Carl (Hrsg.); Instrumentelle Analytische Chemie; 2001; Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg; Berlin

4 Marktumfrage zur Erfassung des Bedarfs an ätherischen Ölen

Grundsätzlich gibt es drei große Anwendungsbereiche für ätherische Öle:

- in der Pharmazie, einschließlich der Aromatherapie,
- in der Kosmetikindustrie und
- im Lebensmittel- und Getränkebereich.

Für die Ermittlung des Bedarfs an ätherischen Ölen in der Pharmazie wurden bisher ca. 60 Hersteller und Händler von Phytopharmaka angeschrieben. Es erfolgten bisher keine positiven Reaktionen. Die meisten Firmen berufen sich auf bereits langjährig gewachsene Beziehungen zu ausgesuchten Lieferanten.

Ziel der Bemühungen war es, Abnehmer für spezielle Anwendungen zu finden, die an einem lückenlosen Nachweis des gesamten Produktionsprozesses mit einem entsprechenden Qualitätssicherungssystem interessiert sind.

Großhändler ätherischer Öle sowie Kosmetikfirmen wurden als weitere potenzielle Abnehmer angefragt. An fünf von insgesamt 35 angeschriebenen Firmen sind Muster von ätherischen Ölen verschickt worden, ohne das eine entsprechende Rückantwort erfolgte. Bei Abnahme in diesem Bereich spielt der Preis die entscheidende Rolle. Hier gilt es, die Kosten durch Forschungs- und Entwicklungstätigkeit für Anbau und Verarbeitung zu senken.

Im Lebensmittelbereich kam es zu Kontakten mit Gewürzgroßhändlern und -verarbeitern, die sich jedoch auch meist auf langjährig gewachsene Geschäftsbeziehungen beriefen.

Seit einiger Zeit sind verstärkte Forschungsaktivitäten zum Einsatz sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe und Phytopharmaka in der Tiermedizin und zum Einsatz von Heil- Duft- und Gewürzpflanzen und ätherischen Ölen in der Tierfütterung zu verzeichnen. Forciert werden diese Aktivitäten durch die seitens der EU ausgesprochenen Verbote zum Einsatz antibiotischer Stoffe als Leistungsförderer. Auch hier könnten sich zukünftig Märkte ergeben.

5 Zusammenfassung und Diskussion

Im Rahmen des Projektes "Gewinnung ätherischer Öle aus Blatt-, Blüten- und Körnerdrogen einheimischer Produktion" wurden zahlreiche Versuche angelegt, durchgeführt und ausgewertet.

Die überwiegende Zahl der agrotechnischen Versuche zu den einzelnen Arten erbrachte unter den Standortbedingungen der Versuchsstation Dornburg gute Ergebnisse.

Die drei Projektjahre waren durch sehr unterschiedliche Witterungsbedingungen gekennzeichnet. Dies spiegelt sich sowohl in der Ertragshöhe als auch in den Gehalten an ätherischem Öl wider.

Der Moldawische Drachenkopf sollte zum Zwecke der Gewinnung ätherischer Öle zwischen Vollblüte und Blühende geerntet werden. Zu diesem Zeitpunkt weist die Pflanze sowohl die höchsten Biomasseerträge als auch Gehalte an ätherischem Öl und somit die maximalen Ölerträge je Flächeneinheit auf. Gleichzeitig erreicht der Gehalt an Citral, dem wertgebenden Bestandteil des Drachenkopfs, sein Maximum. Beim Moldawischen Drachenkopf ist die Verarbeitung frischen Erntegutes der des getrockneten vorzuziehen, da hier deutlich bessere Ausbeuten an ätherischem Öl (bis 50 %) zu verzeichnen sind. Gleichzeitig fallen bei dieser Variante die Trocknungskosten weg, die sich auf die Wirtschaftlichkeit negativ auswirken. Mit dem Anbau von Moldawischen Drachenkopf ist es möglich, je Hektar zwischen 10 und 40 l ätherisches Öl mit Zitronenaroma zu erzeugen, das das der Zitronenmelisse in ausgewählten Anwendungsbereichen ersetzen kann.

Zitronenmelisse weist nur einen sehr geringen Gehalt an ätherischem Öl auf und wird deshalb am Markt zu relativ hohen Preisen gehandelt.

Im Ergebnis der durchgeführten Versuche war festzustellen, dass alle geprüften Sorten hohe Biomasseerträge erreichten, die Gehalte an ätherischem Öl jedoch mit deutlich unter 0,1 % in der TM der Ganzpflanze auf sehr niedrigem Niveau lagen. Die Maximalerträge an ätherischem Öl bewegten sich zwischen 3 und 4 l/ha, wobei die besten Resultate bei Verarbeitung frischen Erntegutes zu verzeichnen waren. Hinsichtlich der Qualität wurden die vom Arzneibuch geforderten Citronellalgehalte von ca. 40 % in keinem Fall erreicht, die Citralwerte unterlagen starken jahresbedingten Schwankungen. In den Jahren 2002 und 2004 wiesen alle Prüfglieder Citralgehalte um 30 % auf, im Jahr 2003 lediglich die Sorte 'Lemona'.

Aufgrund der niedrigen Ölerträge je Flächeneinheit ist selbst bei Absatz des ätherischen Öls im absoluten Hochpreisniveau eine Wirtschaftlichkeit im Vergleich zur Teeproduktion kaum gegeben. Auch eine Verarbeitung von eventueller Überproduktion der Teeware ist wegen der geringeren Ausbeuten bei Extraktion getrockneter Ware nicht sinnvoll. Da eine Gewinnung von Rosmarinsäure aus den Verarbeitungsrückständen der Wasserdampfextraktion, wegen der stark absinkenden Gehalte im Vergleich zu unbehandelter Ware, nicht möglich ist, schließt sich auch diese Chance zu Verbesserung der Wirtschaftlichkeit aus.

Pfefferminze gehört zu den Hauptkulturen des deutschen Arzneipflanzenanbaus. Sie weist mit Ölgehalten zwischen 1 und 3 % in der TM der Ganzpflanze relativ hohe Werte auf. Dabei unterscheidet sich das Öl der einzelnen Sorten in seiner Zusammensetzung sehr deutlich. Im Rahmen der im Projekt durchgeführten Versuche wurden Sorten mit hohem Mentholgehalt, die für eine pharmazeutische Nutzung in Betracht kommen könnten, im Vergleich zur Teesorte 'Multimetha' geprüft.

Die geprüften Sorten und Stämme erreichten hohe Biomasse- und Ölerträge je Flächeneinheit. Insbesondere im Jahr 2003 lagen die Gehalte an ätherischem Öl auf einem sehr hohen Niveau, so dass teilweise theoretische Ölerträge von über 150 l/ha berechnet werden konnten. Im Gegensatz zu Moldawischen Drachenkopf und Melisse waren keine gesicherten Unterschiede bezüglich der Ausbeute und der Zusammensetzung bei Extraktion frischer und getrockneter Ware festzustellen. Es wäre unter diesem Gesichtspunkt also durchaus möglich, Überschüsse aus der Teeproduktion zur Gewinnung ätherischer Öle zu nutzen. Gleichzeitig bietet sich dem Verarbeiter die Möglichkeit, einen Teil der Ware ohne Einfluss auf die Qualität zu trocknen und außerhalb der Spitzenzeiten zu extrahieren und somit seine Extraktionsanlage besser auszunutzen.

Laut Deutschem Arzneibuch sollte Pfefferminzöl 30 bis 55 % Menthol, 14 bis 32 % Menthon, 1 bis 9 % Menthofuran, 1 bis 5 % Limonen 1,5 bis 10 % Isomenthon, 2,8 bis 10 % Menthylacetat sowie ≤ 4 % Pulegon enthalten. Diese Parameter wurden von keinem der Prüfglieder in den drei Versuchsjahren erreicht. Ein vollständig den Anforderungen des DAB entsprechendes Pfefferminzöl lässt sich nur durch das Mischen verschiedener Öle erreichen, wobei

die geeigneten Mischungspartner und Mischungsverhältnisse in starkem Maße von der jeweiligen Jahreswitterung abhängen. Am ehesten sind dafür Stämme der BLPB geeignet.

Salbei findet sowohl als Gewürz wie auch im medizinischen Bereich Verwendung. Die Pflanze gedeiht unter mitteleuropäischen Bedingungen sehr gut, wie die während der Projektdauer erzielten hohen Erträge belegen. Bei Betrachtung der Ertragshöhe ist zu beachten, dass ein Hochschnitt (ca. 30 bis 40 cm) durchgeführt wurde. Dadurch enthielt das Erntegut nur geringe Anteile an verholzten Stängeln, die kein ätherisches Öl enthalten. Außerdem führt ein Tiefschnitt, wie er bei Melisse oder Pfefferminze üblich ist, beim Salbei zu Wiederaustriebsproblemen und auch Überwinterungsschäden.

Die günstigste Erntezeit zum Zweck der Gewinnung ätherischer Öle ist der Zeitraum zwischen Vollblüte und Blühende, da hier, aufgrund höherer Biomasseerträge bei nahezu gleichbleibenden Ölgehalten, die höchsten Erträge an ätherischem Öl je Flächeneinheit zu verzeichnen sind. Gleichzeitig erreichen in dieser Zeitspanne die wertgebenden Inhaltsstoffe Thujon und 1,8-Cineol ihr Maximum. Auch bei Salbei ist die Frischverarbeitung der Extraktion getrockneten Erntegutes, wegen der besseren Ausbeuten, vorzuziehen. Zudem enthielt das Öl aus Frischextraktion durchgehend mehr Thujon und 1,8-Cineol als das aus Trockenverarbeitung bzw. Destillation nach DAB.

Thymianöl besitzt, ähnlich wie Melissen- oder Pfefferminzöl, ein sehr breites Anwendungsspektrum, dass sich von der Lebensmittelindustrie, über die Kosmetik bis hin zur Pharmazie erstreckt. Die Pflanze ist fester Bestandteil des Artenspektrums im deutschen Arznei- und Gewürzpflanzenanbau. Thymian ist relativ anspruchslos und liefert hohe Biomasseerträge, wie auch die durchgeführten Versuche belegen. Lediglich die im Anpflanzjahr sehr spät geernteten Varianten zeigten nach den Kahlfrösten des Winters 2002/2003 einige Auswinterungsschäden und deshalb im Folgejahr niedrigere Erträge.

Generell erreichte der Thymian zur Vollblüte die höchsten Biomasseerträge und Ölgehalte und somit auch Ölerträge je Flächeneinheit. Die Thymolgehalte, als Hauptbestandteil des ätherischen Öls, lagen, unabhängig vom Erntetermin, zwischen 40 und 50 % und entsprachen damit den Anforderungen des DAB.

Die Ausbeute an ätherischem Öl bei der Extraktion von frischem und getrocknetem Erntegut unterschieden sich nicht signifikant. Es ist somit beim Thymian möglich, je nach Verarbeitungskapazität, einen Teil der Ernteware frisch zu verarbeiten und den Rest zu trocknen, um ihn außerhalb der Spitzenzeiten einer Verarbeitung zuzuführen. Damit kann eine Verbesserung der Auslastung der Anlage erreicht werden.

Als eine weitere Pflanzenart mit zitronenartigem Aroma ist der Zitronenthymian in einem kleinen Tastversuch geprüft worden. Sein Ertrag an ätherischem Öl lag über dem der Melisse, aber deutlich unter dem des Moldawischen Drachenkopfs. Erschwerend kommt zum Anbau die geringe Winterhärte hinzu. Außerdem sind die Anlagekosten relativ hoch, da

Zitronenthymian nur vegetativ vermehrt werden kann. Die Pflanze dürfte also als Alternative zu Zitronenmelisse kaum geeignet sein.

Für die Gewinnung ätherischer Öle bieten sich unter mitteleuropäischen Bedingungen eine Reihe von Pflanzen aus der Familie der Umbelliferen an. Dieser Pflanzen enthalten in der Regel sowohl im Kraut als auch im Korn ätherische Öle. In der Regel ist der Ölgehalt in den Samen deutlich höher als im Kraut, aber schwieriger zu gewinnen. In der Literatur wird deshalb empfohlen, den Blühhorizont der Pflanzen zum Zeitpunkt der Milchwachs- oder Gelbreife zu ernten und zu extrahieren. Diese Fragestellung ist in den im Rahmen des Projektes durchgeführten Versuchen aufgegriffen worden.

Anisöl kommt in der Medizin, der Süßwarenindustrie und auch als Gewürz oder Tee zur Anwendung. Die durchgeführten Versuche zeigten, dass die Produktion von Anis in Mitteleuropa wegen der starken Anfälligkeit gegenüber pilzlichen Schaderregern risikobehaftet ist. Insbesondere in feuchten Jahren kann das Auftreten von Pilzkrankheiten zu Ertragseinbußen oder sogar zum Totalausfall führen. Beim Anbau zur Gewinnung ätherischer Öle ist ein Mähdrusch zum Zeitpunkt der Vollreife aus arbeitswirtschaftlichen Gründen am effektivsten. Die Erträge an ätherischem Öl je Flächeneinheit unterscheiden sich kaum von den früheren Ernteterminen, die Aufwendungen für Ernte, Nacherntebehandlung und Extraktion sind jedoch deutlich geringer als bei Verwendung des Blühhorizontes. Die Qualität des durch Wasserdampfextraktion gewonnenen Öls zeichnete sich gegenüber dem nach DAB durch höhere Gehalte an trans-Anethol, dem wertgebenden Bestandteil des Öls, aus.

Beim Dill, dem zweiten im Projekt geprüften Doldenblütler, kommt vor allem der Verwendung als Gewürz große Bedeutung zu. Dabei spielen sowohl das Kraut (Dillspitzen) als auch die Samen eine wichtige Rolle.

Die Versuche zeigten, dass die Frischverarbeitung zu den frühen Entwicklungsstadien ergiebiger war als die Verarbeitung getrockneten Erntegutes. Die höchsten Ölgehalte wies der Dill im vollreifen Korn auf. Allerdings unterschieden sich sowohl die Biomasseerträge als auch die Ölgehalte zu den einzelnen Terminen nicht gravierend, so dass die Erträge an ätherischem Öl über alle Erntetermine relativ ausgeglichen waren. Die Hauptkomponenten im ätherischen Öl des Dills sind Carvon und Limonen. Zu den Terminen Milchwachsreife und Gelbreife überwog sowohl im frischen als auch im getrockneten Zustand das Carvon gegenüber dem Limonen, während im reifen Korn deutlich weniger Carvon zu finden war. Hier dominierte das Limonen. Der Blühhorizont des frischen Dills enthielt außerdem noch Myrcen in relativ hohen Anteilen, dieser Inhaltsstoff fehlte im getrockneten Erntegut bzw. im Korn fast vollständig.

Die Ergebnisse belegen, dass es insbesondere beim Dill entscheidend ist, die Ernte gemäß den Anforderungen der abnehmenden Hand zu gestalten.

Fenchel besitzt ein breites Anwendungsfeld als Heil-, Duft- und Gewürzpflanze und wird produktionsseitig von den Anbauern von Heil-, Duft- und Gewürzpflanzen gut beherrscht, da er schon seit vielen Jahren zum Anbauspektrum des deutschen Anbaus gehört.

Die durchgeführten Versuche belegen, dass es zur Gewinnung ätherischer Öle aus wirtschaftlicher Sicht günstig ist, zur Vollreife der Samen zu ernten, da hier, bedingt durch die hohen Ölgehalte, auch die Maximalerträge an ätherischem Öl je Flächeneinheit erzielt werden. Zu diesem Zeitpunkt weist das Fenchelöl, wegen des höheren Anteils an Anethol im Vergleich zum Fenchon, die beste Qualität auf. In ungünstigen Jahren, in denen der Fenchel möglicherweise die Mähdruschreife nicht erreicht, ist jedoch auch eine Ernte des Blühhorizontes zur Milchwachs- oder Gelbreife möglich. Allerdings sollte hier zur Vermeidung von Verlusten auf eine Verarbeitung des frischen Erntegutes orientiert werden. Es ist jedoch zu beachten, dass bei dieser Variante, bedingt durch die größere Erntemengen, deutlich höhere Anforderungen an die Anlagenkapazität gestellt werden. Im Vergleich zu den weiteren geprüften Körnerdrogen realisiert der Fenchel die höchsten Ölerträge je Flächeneinheit.

Koriander wird vorwiegend in der Gewürz- und Duftstoffindustrie verwendet. Die Pflanze weist im Kraut nur sehr geringe Gehalte an ätherischem Öl auf, so dass eine Ernte zum Zeitpunkt der Vollreife am aussichtsreichsten ist. Koriander erreicht unter Thüringer Standortbedingungen im Allgemeinen hohe und stabile Erträge. Die besten Ergebnisse wurden mit einer Spätsommersaat erreicht. Wichtig ist jedoch eine Krankheitsprophylaxe gegen bakteriellen Doldenbrand, da diese Krankheit in ungünstigen Jahren starke Ertragsausfälle bedingen kann. Von großer Bedeutung beim Anbau von Koriander zur Gewinnung ätherischer Öle ist die Sortenwahl. Die alte russische Sorte 'Jantar' enthält im Korn fast doppelt so viel ätherisches Öl wie die Sorte 'Thüringer'. Trotzdem ist die letztgenannte immer noch ergiebiger als die neueren Sorten, die vorrangig zur Gewinnung des fetten Öls gezüchtet worden sind. Zum Zeitpunkt der Vollreife wurde auch ein den Anforderungen des DAB entsprechendes Öl gewonnen. Wegen der hohen Gehalte an fettem Öl ist bei Koriander eine Doppelnutzung, d. h. eine Gewinnung des fetten Öls nach Extraktion des ätherischen Öls zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit in Betracht zu ziehen.

Kümmel ist ebenfalls eine traditionelle Pflanze des deutschen Arznei- und Gewürzpflanzenanbaus, die in der Lebensmittel- und Kosmetikindustrie Verwendung findet. Neben den herkömmlichen zweijährigen Sorten kam in den Versuchen die einjährige Sorte 'Sprinter' zur Prüfung.

Das DAB fordert von Kümmel einen Gehalt mindestens 3 % ätherischem Öl. Diese Werte wurden nur im vollreifen Korn erzielt. Zu diesem Zeitpunkt sind gleichzeitig die höchsten Erträge an ätherischem Öl je Flächeneinheit realisierbar. Da sich die Zusammensetzung des ätherischen Öls während der Entwicklung des Kümmels jedoch signifikant verändert, könnten frühere Erntetermine für spezielle Anwendungen durchaus sinnvoll sein. Dafür spricht vor allem der hohe Gehalt von mitunter über 80 % Carvon im Blühhorizont zur Milchwachs- bzw. Gelbreife.

Die einjährige Sorte 'Sprinter' stellte in den dreijährigen Versuchen ihre gute Anbaueignung unter Beweis. Ihr Ertragsniveau reichte durchaus an das ertragsschwächerer zweijähriger Sorten heran. Die stabil hohen Gehalte von $> 3 \%$ in der TM im Korn empfehlen diese Sorte besonders für den Anbau zur Gewinnung ätherischen Öls.

Echte Kamille ist eine der Hauptkulturen des Thüringer Arzneipflanzenanbaus. Mit einem Anbauumfang von ca. 800 ha/Jahr macht sie ca. ein Drittel der Thüringer Anbaufläche aus. Ziel der Versuche war es vor allem zu prüfen, ob eine Gewinnung ätherischer Öle aus den Überschüssen der Teeproduktion bzw. Blütenproduktion sinnvoll ist.

Kamille unterscheidet sich sehr stark hinsichtlich der Zusammensetzung des ätherischen Öls. Je nach Hauptinhaltsstoff werden die chemischen Typen A (überwiegender Anteil von Bisabololoxid A), B (überwiegender Anteil Bisabololoxid B) und C (Hauptinhaltsstoff Bisabolol) unterschieden. Von besonderer Bedeutung für die Qualität des Öls ist der Gehalt an Chamazulen, der im hochpreisigen Kamillenöl mindestens 8 % betragen sollte.

Im Ergebnis der Untersuchungen war festzustellen, dass die Ausbeute an ätherischem Öl bei Verarbeitung getrockneter Kamilleblüten deutlich besser war als bei Frischextraktion. Mitunter stiegen hier die Ausbeuten um fast 100 % im Vergleich zu frischem Erntegut. Gleichzeitig wurden bei dieser Vorgehensweise gleichmäßigere Qualitäten erzielt. Der für ein hochqualitatives Kamillenöl entscheidende Gehalt von mehr als 8 % Chamazulen wurde mit Ausnahme der Sorte 'Germania' von allen Prüfgliedern sicher erreicht und meist deutlich übertroffen.

Eine Frischverarbeitung von Kamille scheint aufgrund der erhaltenen Ergebnisse nicht sinnvoll, geringere Ausbeuten und schwankende Qualitäten erhöhen das Risiko einer wirtschaftlichen Produktion. dagegen ist eine Verarbeitung von Überproduktion bzw. Reserven aus der Teeproduktion durchaus möglich. Entscheidend für die Sortenwahl sind auch hier die Anforderungen der abnehmenden Hand.

Die Ergebnisse bestätigen, dass die Zusammensetzung der ätherischen Öle nicht nur von der Sorte und dem Witterungsverlauf abhängt, sondern sich auch mit dem Entwicklungsstadium der Pflanzen und der Nacherntebehandlung, z. B. der Trocknung, ändert. Letztlich entscheidet der Abnehmer über die gewünschte Zusammensetzung und damit über die zu wählenden Anbau- und Extraktionsbedingungen, wie Sorte, Reifestufe, Lagerung bzw. Trocknung der Pflanze vor der Verarbeitung.

Daneben ist die Wirtschaftlichkeit der Extraktion zu beachten. So entfallen bei Verwendung von frischem Pflanzenmaterial die Aufwendungen für eine technische Trocknung. Es werden aber höhere Anforderungen an die Erntelogistik und die Verarbeitungskapazität der Extraktionsanlage gestellt, da in einem sehr engen Zeitfenster geerntet und extrahiert werden muss.

Eine mögliche Steigerung der Wirtschaftlichkeit der Gewinnung ätherischer Öle aus Lippenblütlern, wie Melisse oder Salbei, wurde zu Projektbeginn in der Nutzung des Nebenprodukts Rosmarinsäure gesehen. Allerdings zeigten die Versuche, dass eine Gewinnung der Rosmarinsäure nach der Extraktion der ätherischen Öle, wegen der gravierend niedrigeren Gehalte an diesem Inhaltsstoff, nicht sinnvoll ist.

Wichtig für die Etablierung der Produktion ätherischer Öle in Deutschland als aussichtsreiche Marktnische ist die Erschließung von neuen Vermarktungsschienen bzw. vorhandenen Absatzmärkten für das ätherische Öl aus heimischer Produktion. Ohne einen Abnehmer, optimalerweise im Vertragsanbau, ist ein Anbau von Heil-, Duft- und Gewürzpflanzen in Deutschland mit zu hohem Risiko verbunden. Die im Rahmen des Projektes durchgeführten Marktumfragen haben erste Ansätze ergeben, die es weiter zu verfolgen gilt.