



**LfL**

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

# Wasserdampf-Destillation ätherischer Öle aus frischen oder angewelkten Pflanzen



Abbildung 1:  
Neue Versuchsanlage zur Wasserdampf-Destillation „ätherischer Öle“

## Marktsituation:

Ätherischen Ölen begegnen wir heute auf Schritt und Tritt. Wir schnuppern sie im Supermarkt, in der Drogerie, auf dem Wochenmarkt, im Krankenhaus genauso wie in der Wohnung zu Hause. Neben der Verbreitung angenehmer Düfte können sie, gezielt angewendet im Rahmen der Aromatherapie, hormonelle, nervliche und psychische Reaktionen verursachen. Verkaufspsychologen setzen sie mittlerweile sogar zur Beeinflussung des Kaufverhaltens von Personen ein. Die fettlöslichen, flüssigen und leicht

flüchtigen Stoffgemische aus einer Vielzahl von Einzelsubstanzen, die meist leichter als Wasser sind, stellen eine sehr wichtige Wirkstoffgruppe bei Heil- und Gewürzpflanzen dar. Pharmakologisch werden sie wegen der anregenden, durchblutungsfördernden, krampflösenden, keimhemmenden oder entzündungswidrigen Wirkung in den verschiedensten Arzneimitteln eingesetzt. Wegen ihres jeweiligen charakteristischen Geruchs und Geschmacks finden die ätherischen Öle auch vielseitige Verwendung im

Lebensmittel- und Kosmetiksektor. Große Zukunft dürften diese Stoffe im Pflanzen- und Vorratsschutz sowie bei der Lebensmittelkonservierung haben, da sie häufig sehr spezifische Wirkungen gegen Bakterien, Pilze oder Schädlinge besitzen.

Doch bei aller Euphorie sind die Qualität und ihre Kontrolle vernachlässigt worden. Allzuhäufig sind Verfälschungen im Handel, deren Ausmaß kaum erfaßbar ist. Eine besonders große Gefahr der Verfälschung besteht bei Ölen mit hohem Marktwert, wie Zitronenmelissenöl, Angelikaöl oder Kamillenöl. Selten findet man Angaben über Herstellungsweise und Produktionsstandorte. Große Anstrengungen werden dagegen unternommen, den Ursprungsnachweis **nachträglich** zu führen. Dabei gibt es die wirksame Methode und zugleich Chance für einheimische marktnahe Erzeuger, den lückenlosen Nachweis von der verwendeten Ausgangsware über die Herstellungs- und Verarbeitungsweise bis zu genauen Wirkstoffuntersuchungen selber zu erbringen. Schwierige und teure Identitätsprüfungen unbekannter Provenienzen könnten dadurch für den Abnehmer entfallen.

Die Interessen aller Beteiligten liegen dabei sehr nahe zusammen. Der Handel verlangt stabile Qualitäten und große Partien. Der Erzeuger wünscht eine bessere Marktakzeptanz der erzeugten Qualität, und der Konsument honoriert nachvollziehbare Qualitätsmerkmale mit höheren Preisen. Trotzdem ist auch bei den



Abbildung 2: Die Blätter der echten Pfefferminze enthalten viel ätherisches Öl



Abbildung 3: Der Gehalt des angenehm duftenden ätherischen Öles in den Blättern von Zitronenmelisse ist sehr niedrig

ätherischen Ölen der Markt heiß umkämpft und von großen Importmengen betroffen. Die Preise können je nach Qualität und Pflanzengattung zwischen 2.50 und 12.000.– DM (!) pro Liter Öl schwanken! Daher heißt es, **lange vor dem Bau einer Anlage die Fühler nach Absatzmöglichkeiten austrecken!** Diese Arbeit kann dem potentiellen Ölestillateur niemand abnehmen! Nutzen sollte er aber den Trend der Bevölkerung zu natürlichen Produkten, die in der Region erzeugt werden, und zu Produkten aus ökologischem Anbau.

Da die Marktchancen für die Gewinnung ätherischer Öle nicht eindeutig vorhersehbar sind, sollte die Destillationsanlage möglichst kostengünstig und vielseitig nutzbar sein sowie so geplant werden, daß sie ohne großen Personalaufwand betrieben werden kann. Für einzelne innovationsfreudige Betriebe mit technischem Verständnis, die auch beim Absatz neue Wege gehen wollen, und kooperationsbereit sind, könnte sich in der Destillation ätherischer Öle aus Frischpflanzen eine neue Anbau- und Absatznische innerhalb der Heil- und Gewürzpflanzen ergeben. Dieser Produktionszweig ist aber in Deutschland noch wenig bekannt. Deshalb gibt es hier noch keine praxisreife Technik für die Destillation ätherischer Öle. Firmenangebote gehen nicht von den Anforderungen der Wasserdampf-Destillation bei Verwendung frischer oder angewelkter Pflanzen, sondern von denen der Alkohol-Destillation aus. Die LBP hat sich daher in mehrjährigen Versuchen in Zusammenarbeit mit der Staatlichen Versuchsgüterverwaltung Frei-

sing in München und gefördert durch das Bayerische Landwirtschaftsministerium intensiv mit dieser Thematik beschäftigt und ein neues Konzept zur Destillation ätherischer Öle in Hofnähe entwickelt (s. Abb. 1). Die nachfolgenden Hinweise beruhen auf unseren umfangreichen Untersuchungen, insbesondere mit Pfefferminze und Zitronenmelisse (s. Abb. 2 und 3) sowie auf Auswertungen der internationalen Fachliteratur. Dem Neueinsteiger in diese potentielle Marktnische soll damit weitgehend das Lehrgeld erspart bleiben, das üblicherweise bei Investitionen dieser Art zu zahlen ist.

### Prinzip der Wasserdampf-Destillation:

Das Prinzip der Wasserdampf-Destillation ist schon lange kein Geheimnis mehr. Es kommt aber bei der Vielzahl von Einflüssen während der Verarbeitung darauf an, wie **schnell** und mit welcher Methode destilliert wird. Man versteht unter Destillieren den Trennvorgang durch Verdampfen und Kondensieren. Dabei werden immer Lösungsmittel und Energie zum Verdampfen benötigt. Beides bietet in genialer Weise der Wasserdampf. Er enthält das bei der Kondensation frei werdende Wasser und die gleichzeitig frei werdende Kondensationswärme. Die ursprüngliche Gewinnung der ätherischen Öle, das Destillieren in Erdkesseln mit direkter Befuerung, ist auch heute noch in seiner einfachsten Form in vielen Ländern der Erde weit verbreitet. Hoher Arbeitsaufwand und Verluste an wertvollen Inhaltsstoffen durch lange, unkontrollierte Destillations-

zeiten sind die Folgen. Ein weiterer – sehr energieaufwendiger – Verarbeitungsweg, der ebenfalls häufig praktiziert wird, ist die großindustrielle Destillation der getrockneten Ware (= Droge). Auch sie bringt Inhaltsstoffverluste, insbesondere der leicht flüchtigen Bestandteile, mit sich. Außerdem muß der Erzeuger der Rohware die Energie zum Trocknen aufbringen. Ihm bleibt nur wenig Einfluß auf die Qualität des ätherischen Öles und nur ein geringer Teil der Wertschöpfung. Für die **schonende** und **rationelle** Gewinnung ohne große Energieverluste sind eine getrennte Dampferzeugung, ein schnelles Be- und Entladen der Anlage und eine kurze Destillationszeit des frischen Pflanzenmaterials notwendig. Die Wasserdampf-Destillation ist zwar die älteste, aber zugleich auch schonendste Art, die ätherischen Öle mit relativ einfacher Technik zu gewinnen. Aber nur bei richtiger Anwendung und zeitgemäßer Technik im Hinblick auf eine gleichmäßige Wärmeübertragung und verlustarme Wärmeabgabe gewinnt man mit der Wasserdampf-Destillation unter atmosphärischem Druck vollständige, qualitativ hochwertige ätherische Öle.

Der in die Destillationsblase von unten einströmende Wasserdampf schlägt sich an den kälteren Pflanzenteilen in der Blase nieder, er kondensiert. Dabei werden Wasser als Lösungsmittel und Wärmeenergie freigesetzt. Das Wasser benetzt das Pflanzenmaterial, das ätherische Öl diffundiert aus den Ölzellen heraus. Es entsteht eine **Öl-Wassermischung**, die durch die Wärmeenergie des nachströmenden Dampfes wieder verdampft wird. Entscheidend für viele hitzeempfindliche Bestandteile des ätherischen Öles ist nun die Tatsache, daß sich die partiellen **Dampfdrücke** der Öl-Wassermischung **addieren** und dadurch eine Verdampfung bereits **knapp unter 100 °C** erreicht wird. Die **einzelnen** Ölkomponenten würden erst bei Temperaturen weit über 100 °C verdampfen mit negativen Folgen für das Aroma. Die Mischung verdampft durch freie Konvektion ohne Zwang nach oben in Richtung Deckel, an dem ein Kühler angeschlossen ist. In ihm trifft die Dampfmischung auf wassergekühlte Flächen, an denen sie wieder kondensiert. In einem Gefäß, der sogenannten „Florentiner Vase“, wird das Kondensat aufgefangen und gelangt

zur Ruhe. Dabei trennen sich die leichteren ätherischen Öle von dem schwereren Wasser und schwimmen je nach Größe der Gefäßoberfläche in einer dünneren oder dickeren, meist weiß-gelblichen Schicht auf dem Wasser. Von dort können sie, je nach Menge, von selbst abfließen oder vorsichtig von Hand abgesaugt werden. Dieser Trennvorgang hängt sehr von der destillierten Pflanzenmenge und dem Ölgehalt der betreffenden Pflanzenart ab. So enthält zum Beispiel Pfefferminze zehnmal mehr ätherisches Öl als Zitronenmelisse. Besteht kein Temperaturunterschied mehr zwischen Wasserdampf und Pflanzenmaterial in der Blase, entsteht auch kein Kondenswasser mehr an den Pflanzenteilen, und der Destillationsvorgang ist beendet. Das nach der Destillation verbleibende Pflanzenmaterial kann als Gründüngung breitwürfig auf abgeerntete Felder ausgebracht werden. Nach unseren Versuchserfahrungen ist es bei Pfefferminze und Zitronenmelisse sogar möglich, die Pflanzenreste auf die soeben beernteten Flächen, ohne nachteilige Folgen für den neuen Aufwuchs, zu verteilen. Das gewonnene ätherische Öl sollte

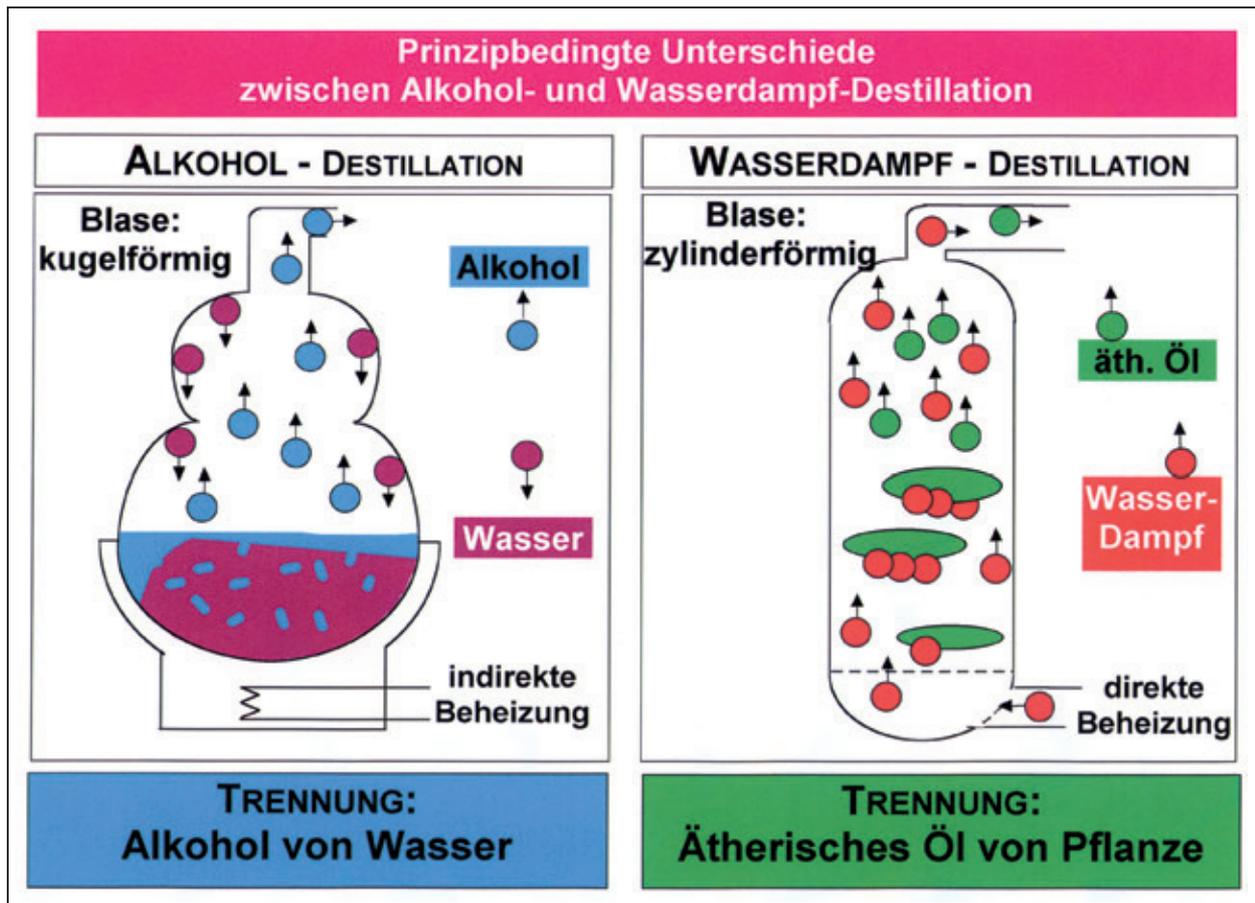


Abbildung 4

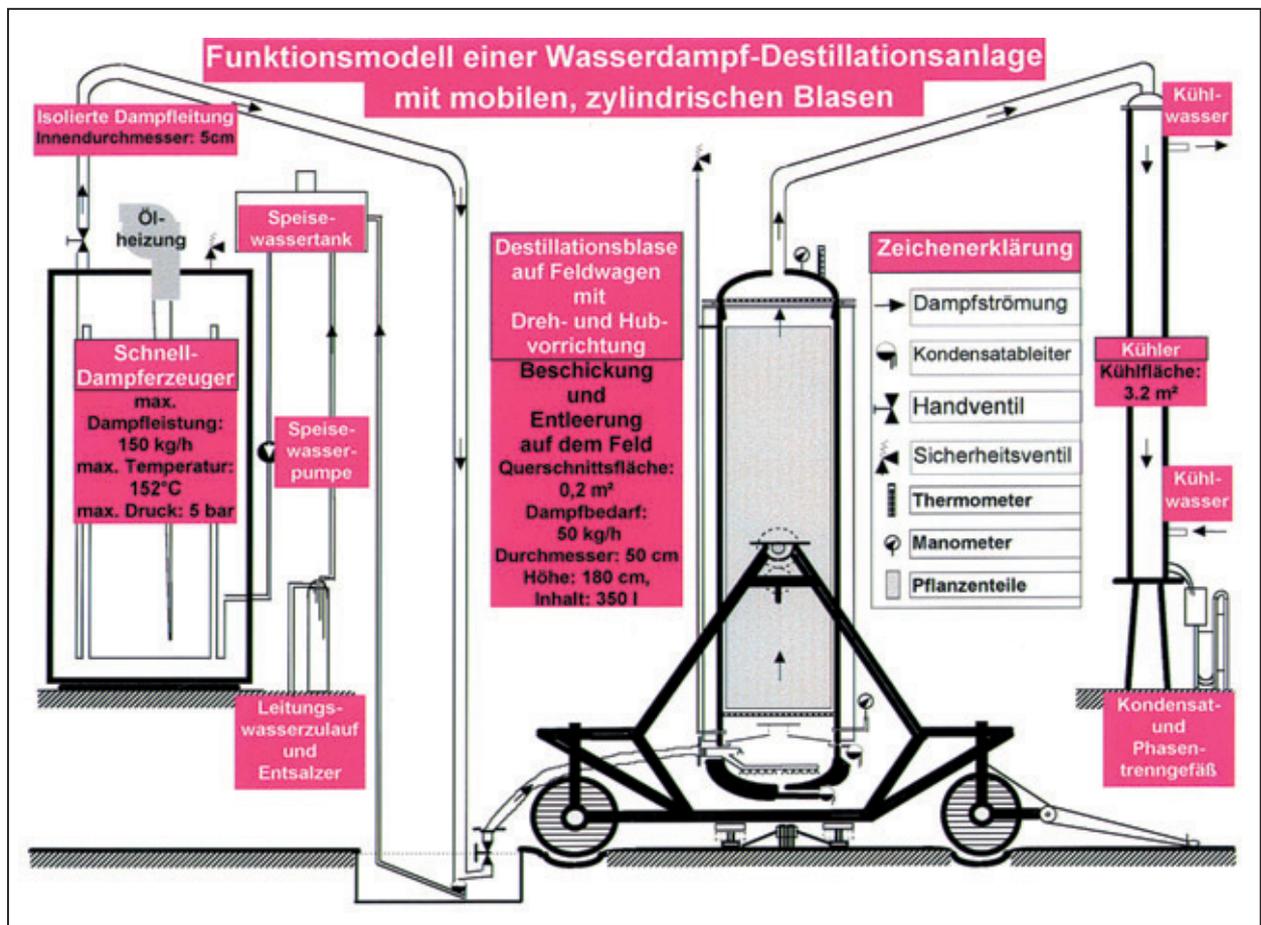


Abbildung 5

nun möglichst kühl, unter Lichtabschluß (z. B. braune Glasgefäße), luftdicht verschlossen und möglichst randvoll (Sauerstoff kann zu unerwünschten Ab- und Umbauerscheinungen führen) aufbewahrt werden. Gut zu reinigende Gefäße, zum Beispiel aus Glas oder V4A-Edelstahl, sind am besten geeignet.

### Vergleich Alkohol- und Wasserdampf-Destillation (s. Abb. 4):

Alkohol-Destillation und Wasserdampf-Destillation werden oft miteinander **verwechselt**. Bei der Alkohol-Destillation erfolgt die Energiezufuhr in der Regel über eine Mantel-

heizung. Das Füllgut (Wasser und Alkohol) wird somit indirekt beheizt. Leichtflüchtige Substanzen (Alkohol) werden von schwerflüchtigen Substanzen (Wasser) getrennt, sie **reichern** sich im Dampfraum **an**, sie werden sozusagen verstärkt. Bei der Wasserdampf-Destillation mit frischen oder angewelkten Pflanzen und Dampfdirkteinspeisung trennen sich die leichtflüchtigen **nicht** von den schwerflüchtigen Substanzen. Das Lösungsmittel Wasser bleibt als Begleitstoff bis zur Verflüssigung im Kühler erhalten. Das Öl trennt sich erst in der kalten Phase durch das unterschiedliche spezifische Gewicht vom Wasser, nachdem der Kühler passiert wurde.

### Wie sollte eine funktionierende Destillationsanlage aussehen (s. Abb. 5)?

Folgende **wesentliche Voraussetzungen** für eine erfolgreiche Wasserdampf-Destillation mit frischen oder angewelkten Pflanzenteilen muß die Anlage erfüllen:

1. Die Dampfmenge muß dem Querschnitt von Blase und Zuleitungen



Abbildung 6: Dampfverteiler an der Versuchsanlage

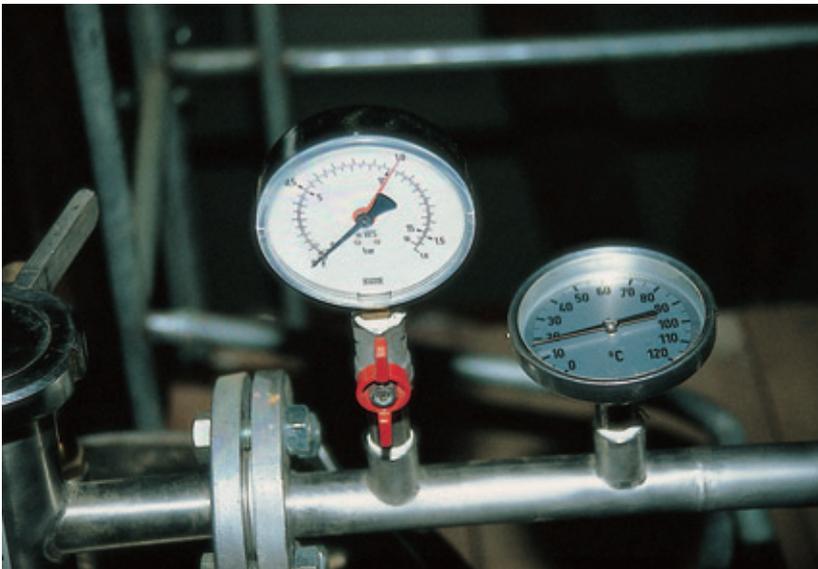


Abbildung 7: Genaue Temperatur- und Druckkontrolle des Dampfes sind unumgänglich

entsprechen, damit eine stete Dampfsättigung und eine ununterbrochene Dampfströmung gewährleistet sind. Nur ein gleichmäßig strömender, gesättigter, nicht überhitzter Wasserdampf garantiert einen konstant hohen Wärmeinhalt und eine gute Wärmeübertragung beim Kondensieren an den kalten Pflanzenteilen. Pro Quadratmeter Blasenquerschnittsfläche und pro Minute muß ein **Dampffluß von 3–4 kg** bei atmosphärischem Druck gegeben sein. Der Dampfzustand und seine Sättigung sollten genau durch Temperatur- und Druckanzeigen kontrollierbar sein (s. Abb. 7 und 17). Die Dampfmenge entspricht der Kondensatmenge am Ende des Kühlers und läßt sich mit Meßbechern gut kontrollieren.

2. Die Füllhöhe muß dem Feuchtezustand des eingefüllten Materials durch eine **ausreichend hohe** Blase (mind. 1,8m Höhe) angepaßt werden können.
3. Zwischen Blase und Kühler sind **große Rohrquerschnitte** (mind. 5, besser 10cm Durchmesser) zu wählen, damit die zu Beginn einer Destillation noch kalte Luft schnell aus dem Kühler entweichen kann und keinen Rückdruck erzeugt. Ein Rückdruck im System würde den Siedepunkt in der Blase erhöhen und die Ausbeute verschlechtern.
4. Die vorzeitige Kondensation an Zuleitungen und Blase muß unbedingt mit einer **ausreichenden Isolierung** vermieden werden, um Energieverluste zu vermeiden und

den Dampf in seinem gesättigten Zustand zu erhalten.

Das Herzstück einer Anlage besteht aus der **fahrbaren V4A-Edelstahl-Destillationsblase**. Blase und Blasensockel sind fest verschraubt, durch einen Siebboden getrennt und gemeinsam dreh- und kippbar auf einem Wagen montiert. Der Sockel (s. Abb. 8) enthält den Anschluß für die Zuleitung und die Verteileinrichtung für den Wasserdampf, der in einem **externen Dampferzeuger** erzeugt wird. Ein luftdicht aufsteckbarer **Deckel** mit eingelassener Silikonichtung verbindet später bei der Destillation die Blase (s. Abb. 9) mit dem **Röhrenkühler**. Das im Kühler verflüssigte Öl-Wasser-Dampfgemisch, das Kondensat, wird in einem individuell angepaßten **Kondensat-**

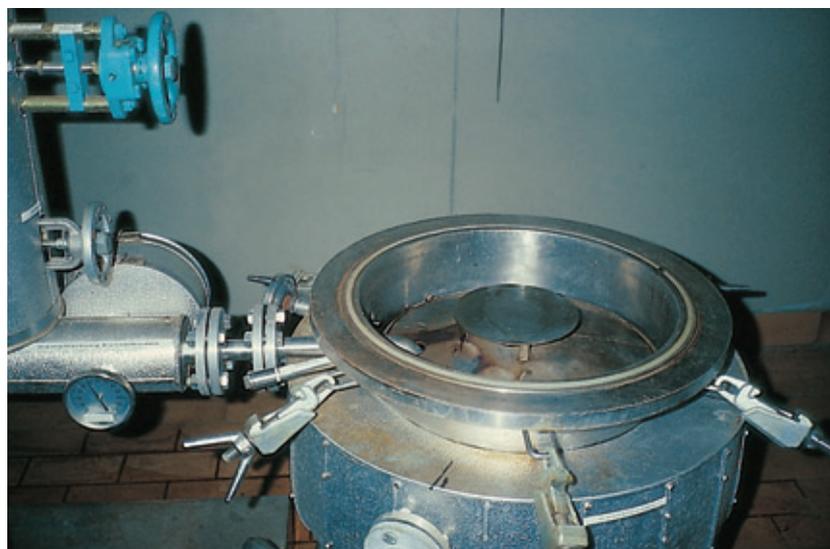


Abbildung 8: Blasensockel der Versuchsanlage

**und Phasentrenngefäß** aufgefangen. Die Blase kann auf Grund ihres fahrbaren Untersatzes mit Dreh- und Kippvorrichtung vor Ort auf dem Feld befüllt und auch wieder entleert werden. Für den Anschluß der Blase an die Anlage sind nur wenige Handgriffe notwendig:

Der gefüllte Blasenwagen wird unter den festmontierten, mit dem Kühler verbundenen Blasendeckel gefahren, mit Hilfe eines Gabelhubwagens angehoben und dampfdicht unter den Deckel gepreßt. Über einen flexiblen Schlauch wird der Blasensockel mit der Dampfleitung verbunden, und die Destillation beginnt. Zum Destillationsende wird der Blasenwagen wieder abgelassen und von der Dampfleitung getrennt. Auf diese Weise ist ein schneller Wechsel verschiedener Blasenwagen möglich.

### Dampferzeugertypen:

Der **Schnelldampferzeuger** hat eine Heizschlange, in der der Dampf erzeugt wird. Das Speisewasser wird mit einer Kolbenpumpe zugeführt und im Durchlauf in der Schlange erhitzt und verdampft. Der Aufbau des Schnelldampferzeugers ist gezielt auf kleinsten Wasserinhalt, geringe Baumaße und schnelle Dampfbereitschaft ausgerichtet. Die Anschaffungskosten liegen 20–30% günstiger als bei einem Großwasserraumkessel. Eine separate Erlaubnis gemäß § 10 der Dampfkesselverordnung (Dampf KV) ist für den Dampfkessel erforderlich. Es gelten die Aufstellbedingungen in Arbeits- und neben Wohnräumen. Als Nachteile

gelten schwankende Dampfqualität, schwankende Drücke und eine kürzere Nutzungsdauer. Diese Art der Dampferzeugung eignet sich besonders für Betriebe ohne täglichen Dampfbedarf und mit regelmäßigen Stillstandszeiten von länger als 36 Stunden.

Der **Großwasserraumkessel** liefert salzarmen Qualitätsdampf mit hoher Druckkonstanz. Seine Nutzungsdauer ist fast doppelt so lang wie die von Schnelldampferzeugern, so daß der Großwasserraumkessel trotz höherer Anschaffungskosten – mehrheitlich – als idealer Dampferzeuger beurteilt wird. Er ist besonders robust gegen Bedienfehler. Für kleine Kessel (Dampferzeuger), die der Produktformel (Produkt aus Wasserinhalt x Betriebsdruck kleiner 10.000) entsprechen, gibt es erleichterte Aufstellbedingungen in Arbeitsräumen und neben Wohnräumen.

### Sicherheit und Auflagen für Dampfanlagen:

Früher waren für den Betrieb von Dampfanlagen ständig anwesende Kesselwärter vorgeschrieben. Wenn heute die entsprechenden Sicherheitseinrichtungen vorhanden sind,



Abbildung 9: Destillationsblase der Versuchsanlage beim Befüllen

ist ein „Betrieb ohne Beaufsichtigung“ (BoB) möglich. Dann sind nur noch wenige Minuten pro Tag für die Funktionskontrolle des Dampfkessels und die Überwachung der Speisewasseraufbereitung erforderlich. Für den Dampfkessel ist beim

Gewerbeaufsichtsamt ein Erlaubnisbeziehungsweise Anzeigeverfahren zu beantragen.

### Destillationsblasentypen:

Die Form der Blase (der Name stammt von der früher verwendeten kugelförmigen Form) wird von dem zu destillierenden Produkt bestimmt. Flüssige beziehungsweise überwiegend flüssige Materialien werden in der Regel in kugelförmigen Behältern destilliert. Hier verteilt sich die von außen zugeführte Wärme schnell und gleichmäßig. Konische, im Querschnitt sich verändernde Blasen werden zu speziellen Zwecken mit wechselnden Dampfströmen eingesetzt. Grobstrukturiertes und frisches Pflanzenmaterial kann mit Dampf – Direkt einspeisung beheizt und destilliert werden. Dabei lassen **hohe, zylindrische** Blasen durch ihre **Kaminwirkung** den Dampf ohne Zwang besonders schnell und gleichmäßig in der Füllung aufsteigen. Die Querschnittsfläche der Blase muß entsprechend der Leistung des Dampferzeugers so gewählt werden, daß ein **Dampffluß von 3–4 kg/m<sup>2</sup>** bei atmosphärischem Druck gewährleistet ist.

Die Destillationsblase und die Ausrüstung müssen nach der Druckbehäl-

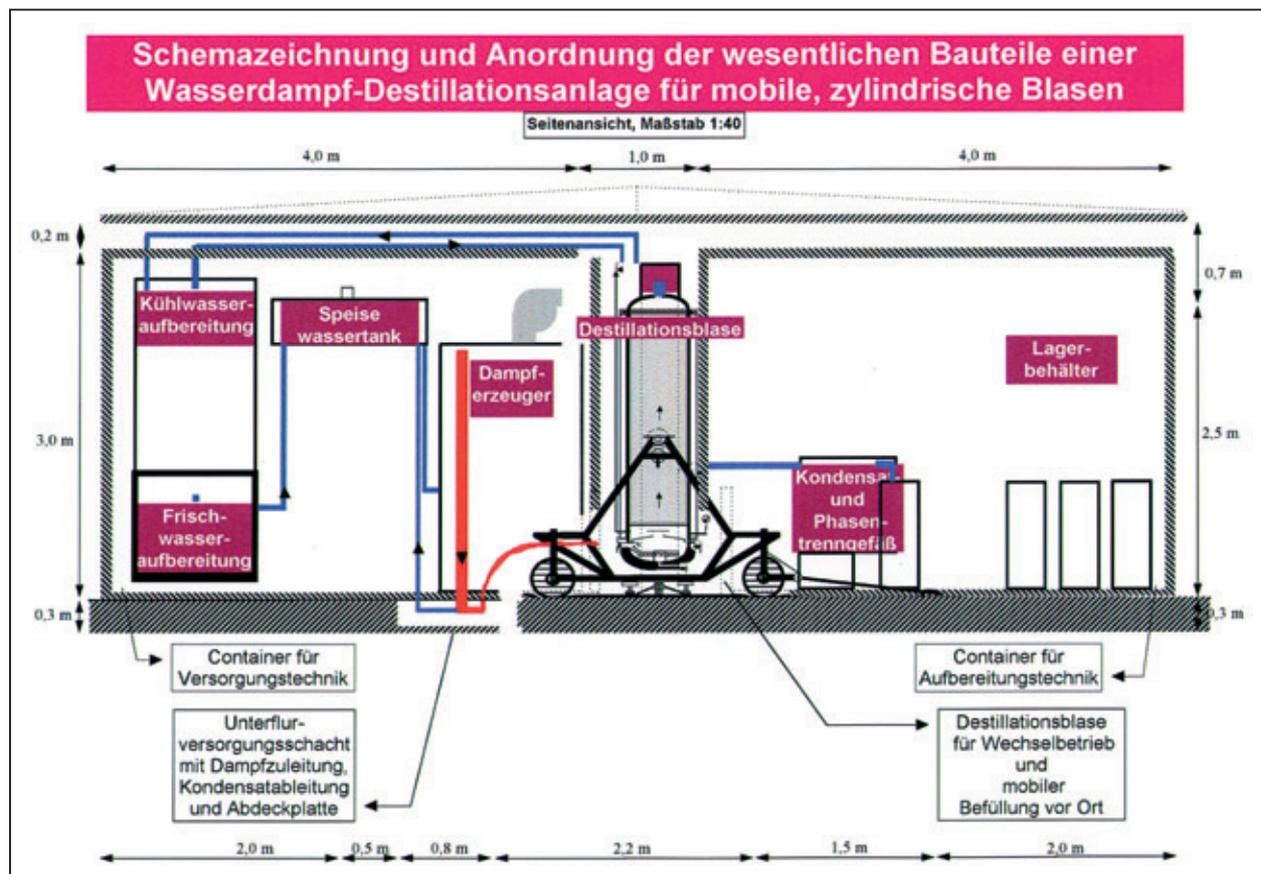


Abbildung 10

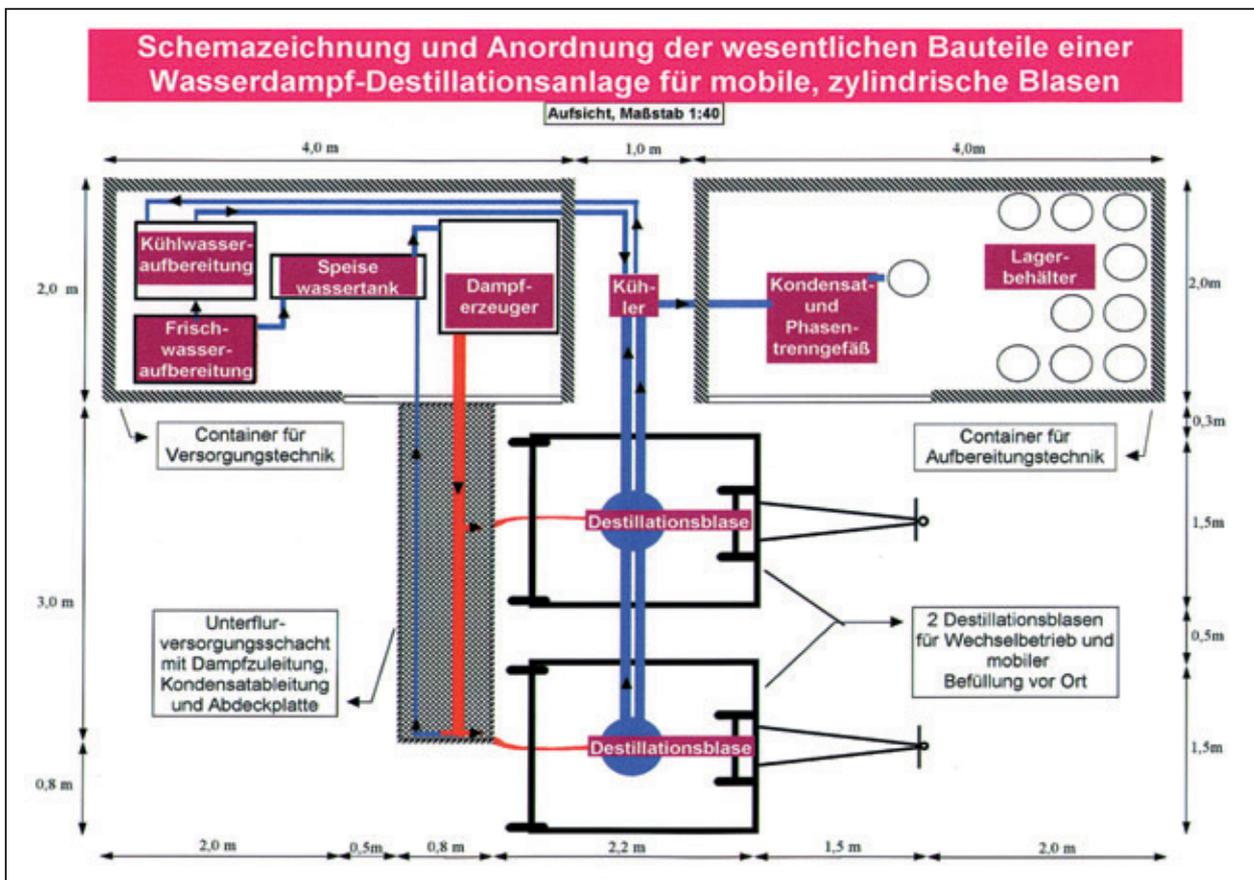


Abbildung 11

terverordnung geprüft sein. Auskünfte hierzu erteilt die TÜV Anlagen- und Umwelttechnik GmbH, Unternehmensgruppe TÜV Süddeutschland, Westendstr. 199, 80686 München, Tel. 089/5791-1889

### Kühlertypen:

Kühler werden im Gegenstromverfahren betrieben. Den abwärtsfließenden Dämpfen beziehungsweise dem Kondensat wird ein aufwärts gerichteter Kühlwasserstrom entgegen geschickt. Dadurch wird eine bessere Kühlung erreicht als bei gleicher Strömungsrichtung. Das Kühlwasser sollte bei einem effizienten Kühler oben am Auslauf über 70 °C, unten am Einlauf ein wenig kälter als das auslaufende Kondensat sein. In Brennereien sind zahlreiche Kühler-typen in Gebrauch. Am häufigsten vertreten sind Schlangenkühler und Röhrenkühler.

**Schlangenkühler** bestehen aus einem zylindrischen Wasserbehälter mit einer spiralig gewundenen Rohrschlange im Inneren. Sie haben eine gute Kühlwirkung. Eine gründliche Reinigung ist hier allerdings sehr schwierig und eine mechanische Rei-

nigung nicht möglich, da die Rohrschlange nicht frei zugänglich ist. In der Regel ist die Schlange aus Kupfer, wobei sich Kupferverbindungen bilden, die in das Destillat übergehen und es verderben können. Gerade nach längeren Stillstandszeiten laufen die ersten Destillate blaugrün ab. Entsprechende Trübungen weisen auf Kupferspuren im Destillat hin.

In Brennereien setzen sich heutzutage immer stärker **Röhrenkühler** aus Edelstahl durch. Röhrenkühler setzen sich aus mehreren vertikal angeordneten Röhren zusammen, die oben und unten jeweils in eine Rohrkammer münden. Die Rohrkammern mit dem Rohrbündel sind in Wasserbehälter eingelassen, so daß das Kühlwasser die Rohre von außen umspülen kann. Die Vorteile dieses Kühler-typs liegen in der leichten Säuberung und den klaren sauberen Destillaten.

### Bauliche und technische Voraussetzungen für eine Destillationsanlage (s. Abb. 10 und 11):

Die zum Betreiben einer Wasserdampf-Destillationsanlage erforder-

derliche Speisewasseraufbereitung und Dampferzeugung sollten grundsätzlich in einem separaten Raum (zweckmäßigerweise in einem Versorgungs-Container) untergebracht werden. Für zusätzliche Stromverbraucher ist hier ein Stromanschluß mit Schaltkasten ebenfalls leicht und sicher unterzubringen. Dieser Versorgungs-Container kann fertig montiert und eingerichtet, zentral und ebenerdig zu den Destillationsblasen aufgestellt und in Betrieb genommen werden. Von diesem Container führt ein Unterflurversorgungsschacht die Dampfleitungen zu den mobilen Blaseneinheiten. Außerdem ist es zweckmäßig, ebenerdig zentral zu den Destillationsblasen den Kühler mit der Kondensat- und Phasentrennvorrichtung aufzustellen. In einem weiteren, separaten, zentral angeordneten Lagercontainer können die gewonnenen ätherischen Öle sicher und dunkel untergebracht werden. Für die Reinigung der Blasen ist ein Waschplatz mit Wasseranschlüssen, Hochdruckreiniger und Abwassertrennung (Ölabscheider) in unmittelbarer Nähe zur Anlage günstig, damit die Arbeitswege kurz bleiben.

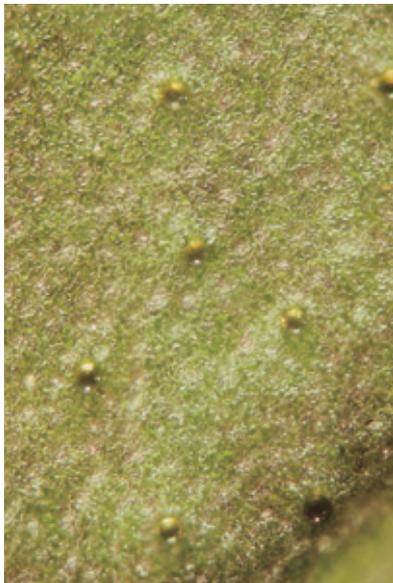


Abbildung 12: Die Ölzellen der Pfefferminze liegen auf der Blattoberfläche und können bei der Ernte leicht beschädigt werden

## Vorschriften, Unfall- und Brandschutz:

Die ausführende Firma sollte Erfahrungen mit Dampfanlagen besitzen und über einen geprüften Schweißfacharbeiter verfügen. Sie sollte außerdem die sicherheitstechnischen und genehmigungsrechtlichen **Prüf- und Anmeldeverfahren** für Dampferzeuger, Dampfanlagen, Destillationsblasen und Kühler **noch vor** der Installation übernehmen. Hierzu zählen die Zollanmeldung für Blase und Kühler sowie die TÜV-Prüfungen des Dampfkessels und der Destillationsblase (Druckbehälter). Die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften und Gewerbeaufsichtsämter sind bei der Erstellung und beim Betrieb von Destillationsanlagen zu beachten. Diese Behörden haben die Aufsicht über den Betrieb der Anlage und sollten vor der Errichtung in Kenntnis gesetzt werden. Wird ein neues Betriebsgebäude erstellt, so ist beim zuständigen Landratsamt beziehungsweise Baureferat nachzufragen und entsprechende Anträge zu stellen. Bei großen Anlagen können Umweltauflagen nach dem Bundesemissionsschutzgesetz angeordnet werden. Bei der Entnahme größerer Mengen an Grundwasser ist das Wasserwirtschaftsamt zu fragen. Die Einleitung von belastetem Abwasser ist mit dem Betreiber der örtlichen Kläranlage abzusprechen.

Für Schäden durch Baumängel an Gebäuden und Maschinen haften die ausführenden Firmen. Daher ist es wichtig, genaue Leistungsverzeichnisse zu erstellen und diese bestätigen zu lassen. Auftretende Schäden müssen von den ausführenden Firmen im Rahmen der Gewährleistung und in der Garantiezeit behoben werden. Mängel muß der Bauherr fristgerecht schriftlich melden, damit sich die Gewährleistung bis zur endgültigen Mängelabstellung verlängert. Nach Fertigstellung des Bauvorhabens sollte der Betreiber einer Anlage eine Feuerversicherung für Gebäude, Maschinen und Lagervorräte abschließen.

**Die vorgenannten Hinweise erheben allerdings keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern dienen nur als Anhaltspunkte. Jeder Betreiber ist allein verantwortlich für die Einhaltung aller einschlägigen Vorschriften!**

## Einflußfaktoren auf den Erfolg der Destillation:

Die Erfüllung der **technischen Voraussetzungen** stellt eine wesentliche Grundlage für die Produktion qualitativ hochwertiger ätherischer Öle dar. Aber auch das zu destillierende Pflanzenmaterial hat noch ganz erheblichen Einfluß auf Qualität und Ausbeute des ätherischen Öles. Nur Pflanzen, die **optimale Standort- und Wachstumsbedingungen** vorfinden, können auch hohe Ölkonzentrationen bilden. So finden Lavendel oder Basilikum bei uns sicherlich weniger gute Bedingungen als etwa Pfefferminze, Baldrian oder Zitronenmelisse. Das **genetische Ausgangsmaterial** ist ebenfalls entscheidend für die Ausbeute und Zusammensetzung der ätherischen Öle. Aus diesem Grunde wurden von der LBP in mehrjährigen Versuchen eine Vielzahl von Herkünften von Baldrian, Engelwurz, Pfefferminze und Zitronenmelisse unter südbayerischen Verhältnissen beurteilt und besonders gute Herkünfte an Vermehrungsbetriebe abgegeben.

Das **Entwicklungsstadium der Pflanzen** ist ebenfalls sehr wichtig für die Gewinnung hoher Ölmengen in der gewünschten Zusammensetzung. Aus Untersuchungen der LBP an **Pfefferminze** und **Zitronenmelisse** wird deutlich, daß dieses Ziel

nur erreicht wird, wenn die Pflanzenbestände noch nicht überständig, zu stengelreich oder bereits stark mit Krankheiten befallen sind. Gute Ausbeuten bei gleichzeitiger arzneibuchkonformer Zusammensetzung wurden bei Pfefferminze zu Blühbeginn in der ersten Augustdekade gefunden.

Gute Ölerträge mit hohen Citralgehalten bei Zitronenmelisse ergaben sich jeweils bei Pflanzenhöhen von 30 bis 40cm noch vor Knospenansatz und vor deutlich beginnender Blattvergilbung im unteren Bereich. In diesem Stadium sind die Blätter groß, und der Stengelanteil ist relativ gering.

Zur Vermeidung von Ölverlusten, besonders bei Arten mit auf der Blattoberfläche liegenden Ölzellen (s. Abb. 12) (z.B. Pfefferminze, Zitronenmelisse), ist es notwendig, das Erntegut möglichst **quetschungsarm zu ernten** und mit speziellen Schneidemaschinen auf 10 bis 15cm lange Krautteile zu zerkleinern.

Fehlen in der Anfangsphase spezielle Schneidemaschinen, so kann auch mit dem Grüngüternter (s. Abb. 14) mehrfach über den Bestand gefahren werden, wobei die Pflanzen „etagenweise“ in 10–15cm-Abschnitten abgeerntet werden. Eine nachfolgende Zerkleinerung ist dann nicht mehr notwendig.

Entscheidend für den Erfolg der Destillation **ist die gleichmäßige schichtweise Befüllung der Blase.**



Abbildung 14: Pfefferminzernte mit einem speziellen Grüngüternter

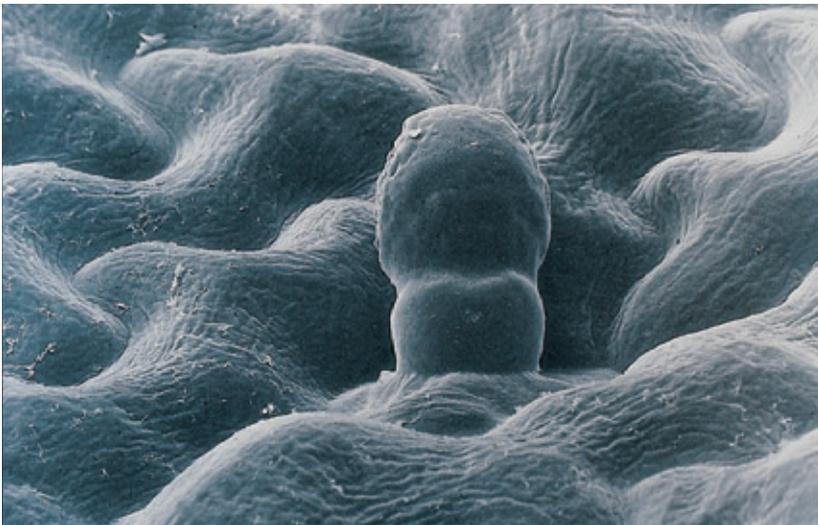


Abbildung 13: So sieht eine Ölzelle unter dem Elektronenmikroskop aus

Die Füllung darf weder Hohlräume aufweisen noch zu dicht sein. Für eine erschöpfende und zügige Destillation müssen die vorher beschriebenen Prozesse der **Wasserdampfkondensation an den Pflanzenteilen**, die **Bildung des Öl-Wassergemisches** und die **Verdampfung des Gemisches gleichmäßig von unten nach oben an allen Pflanzenteilen** ablaufen können. **Zu große oder im Verhältnis zur Querschnittsfläche zu niedrige Blasen** können hier wegen Hohlraumbildung und ungleichmäßiger Befüllung **Probleme** bereiten. Das Verhältnis von Blasenhöhe zu -querschnitt sollte **nicht kleiner** als 2 : 1 sein.

Ein mehrstündiges **Anwelken der Pflanzenteile** auf dem Feld oder in breiter Schüttung, zum Beispiel auf einem Hallenboden, führt zu einer erhöhten Wasseraufnahme (Kondenswasser) während der Destillation, wodurch eine bessere Wärmeübertragung gegeben ist. Das gewelkte Material erwärmt sich in der Blase schneller. Es ergeben sich höhere Ölausbeuten durch ein besseres Herausdiffundieren des ätherischen Öles aus dem Pflanzenmaterial. Der Erfolg der Destillation wird weiterhin von der **Füllhöhe** des Erntegutes in der Blase in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt bestimmt. Für frische Pfefferminze oder Zitronenmelisse liegt die Füllhöhe bei etwa 170cm, für angewelktes Material bei 130cm. Die Füllhöhe wurde richtig gewählt, wenn das Füllgut nach der Destillation bis oben feucht und ausgelaugt, d. h. kein intensiver Ölge-

ruch mehr wahrnehmbar ist. Am sichersten ist es, die **richtige Füllhöhe** durch eine **Probedestillation** zu bestimmen.

Feuchtes Erntegut kann höher, trockenes niedriger eingefüllt werden. Wird zum Beispiel angewelktes Material zu hoch eingefüllt, kann es vorkommen, daß nicht mehr genügend Wasserdampf im oberen Füllbereich kondensiert. Dadurch können die Öle nicht aus ihren Zellen diffundieren, es bildet sich somit auch kein die Verdampfung bei 100° C förderndes Öl-Wassergemisch mehr. Diese Pflanzenteile gehen dann für die Ölgewinnung verloren. Abhilfe schafft in diesem Fall nur eine niedrigere Füllhöhe. Frisches Kraut enthält genügend Feuchtigkeit, so daß die Blase möglichst hoch gefüllt werden kann. Tropfnasses Erntegut hingegen sollte nicht destilliert werden, da hierbei das an den Pflanzen haftende Wasser zusätzlich erwärmt und verdampft werden muß. Das zu viel vorliegende Kondenswasser löst zwar das Öl aus den Zellen, tropft meistens aber wegen zu geringer Erwärmung als Kondensat in den Sockel ab und reißt dabei wertvolle Öle mit, die unwiederbringlich verloren sind. Diese Rückflußverluste gilt es generell während der Destillation zu reduzieren. Aus diesem Grunde haben wir an unserer Anlage eine Rückfluß-Ablaufkontrolle in Form eines seitlich an der Blase angebrachten Kondensatableiters mit Meßbecher vorgesehen, mit der die vorhandene Rückflußkondensatmenge und -farbe genau erfaßt werden können (s. Abb. 5 und

15). Solche Rückflußverluste können auch bei einer unzureichend isolierten Blase durch Kondensatentstehung an den Blasenwänden auftreten.

Die Destillation wird solange durchgeführt, bis kein Öl mehr im Kondensat- und Phasentrenngefaß erscheint. Bei **Pfefferminze und Zitronenmelisse ist die Destillation nach 30 Minuten** beendet. Längere Destillationszeiten aufgrund unsachgemäßer Voraussetzungen erhöhen nicht nur die Kosten, sondern führen auch zu einer deutlichen Qualitätsminderung des Öles durch thermische Belastungen. Für die ersten Versuche sollte der angehende Destillateur Meßbecher unter den Kühlerauslauf stellen, um das abgekühlte Öl-Wasser-Kondensat aufzufangen und zu trennen. Wenn eine Reihe von Meßbechern mit Inhaltsangabe vorhanden ist, können diese für die ersten Schritte mit der neuen Anlage verwendet werden, um in verschiedenen Zeitabständen die Ausbeute sowie das Ende der Destillation beurteilen zu können (s. Abb. 16). Später, wenn genügend Erfahrung vorliegt und kontinuierlich destilliert wird, lohnt die Anschaffung einer speziellen Kondensat- und Phasentrennvorrichtung aus Glas (Florentiner Vase) für ein bestimmtes ätherisches Öl.

Bei den Destillationsläufen in den Versuchen der LBP wurden aus 50 Kilogramm geschnittener Pfefferminze (Schnittlänge 9cm) bei zirka 50 Kilogramm Dampfbedarf in 30



Abbildung 15: Kondensat-Rückfluß-Kontrolle an der Versuchsanlage

Minuten etwa 150 Milliliter ätherisches Pfefferminzöl gewonnen. Die Ausbeute aus einem Kilogramm frischen Pflanzenmaterial mit einem Kilogramm Dampf betrug also in 30 Minuten drei Milliliter Pfefferminzöl. Besonders gute Destillationen ergaben Ausbeuten von 4 bis 5 Milliliter. Bei Zitronenmelisse erhielten wir aus 50 kg grob geschnittenem Kraut (Schnittlänge 17 cm) bei zirka 50 kg Dampfbedarf in 30 Minuten etwa 15 Milliliter sauberes, reines ätherisches Zitronenmelissenöl. Die Ausbeute aus einem Kilogramm frischen Pflanzenmaterial mit einem Kilogramm Dampf betrug also in 30 Minuten 0,3 Milliliter Öl. Spitzenwerte können hier bei 0,5 Milliliter liegen.

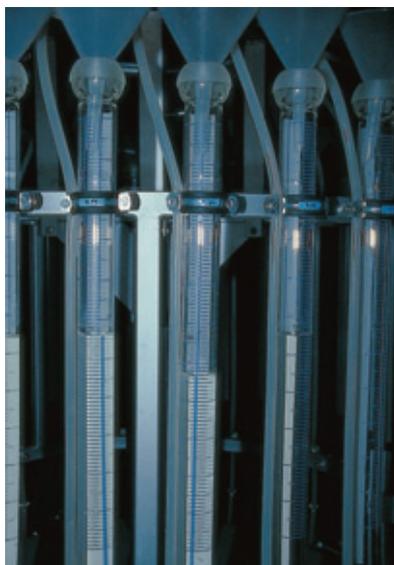


Abbildung 16: Kondensat-Meßrohre an der Versuchsanlage zur zeitlichen Erfassung der Ölausbeute

## Standort und Größe einer Destillationsanlage:

Bei der Standortwahl ist die **betriebseigene Destillation** im Produktionsbetrieb eine von drei Möglichkeiten. Sie ist vor allem in selbstvermarktenden Betrieben von Vorteil, da hier der Betriebsleiter den Zeitpunkt der Destillationen und die jeweilige Destillationsmethode frei wählen kann.

Für die betriebseigene Anlage spricht auch der kürzere Transportweg und die schnelle qualitätsschonende Verarbeitung nach der Ernte. Außerdem ist die eigene Anlage dort zu empfehlen, wo das Destilliergut hohe spezifische Anforderungen an die Destillationsbedingungen stellt und deshalb vorteilhaft in kleineren Blasen verarbeitet wird.

Sehr nützlich für die Qualitätssicherung ist, daß im eigenen Betrieb eine individuelle Kontrolle jederzeit durchgeführt werden kann, und das Endprodukt dann auch dem Kundenwunsch entspricht. Außerdem kann die Anlage dem Kunden im Betrieb direkt vorgestellt werden. Meist ist jedoch ein Produktionsbetrieb nicht in der Lage, eine Destillationsanlage in einer Größenordnung zu bauen, wie sie für einen rationalen Ablauf von Ernte-Verarbeitung-Lagerung notwendig wäre. Dadurch ergeben sich im Vergleich zu größeren Gemeinschaftsanlagen höhere Produktionskosten. Außerdem ist eine gleichmäßige Auslastung der Anlage über einen längeren Erntezeitraum häufig nicht gegeben, wenn nur wenige Kulturarten destilliert werden sollen. Inwieweit diese Mehrkosten durch bessere Preise ausgeglichen werden können, hängt vom Einzelfall ab. Andererseits besteht in vielen Betrieben die Möglichkeit, leerstehende Gebäude oder vorhandene Dampferzeuger so kostengünstig umzubauen, daß sie für eine Frischpflanzen-Destillation geeignet sind.

Die zweite Möglichkeit ist eine **zentrale, genossenschaftliche Destillationsanlage**, meist in Verbindung mit großen rationalen Ernte- und Aufbereitungseinrichtungen. Zahlreiche Brennereien sind so organisiert. Solche großen Anlagen sind immer dann gefragt, wenn große Erntemengen und eine große Anzahl Kulturarten zu großhandelsfähigen Einheiten zusammengefaßt werden sollen. Eine zentrale Station ermöglicht eine bessere Position gegenüber den Marktpartnern und erlaubt durch den optimierten Einsatz von Arbeitskraft und größeren Maschinen eine höhere Arbeitsproduktivität. Bei der Planung einer großen genossenschaftlichen Anlage kommt der Kostenkalkulation besonders große Bedeutung zu. Hier sind Löhne, Energie und Kapitalkosten der Folgejahre ebenso zu berücksichtigen wie die technische Nutzungsdauer und die Zukunftschancen des Anbaugesbietes.

Eine dritte Möglichkeit der Anlagenutzung ist die **Lohndestillation**, wie es in ähnlicher Weise bei Trocknungsanlagen praktiziert wird. Die Anlage ist so über einen größeren Zeitraum ausgelastet, bei Mißernten oder Strukturänderungen sind die Kosten geringer, individuelle Wünf-

sche der einzelnen Nutzer können berücksichtigt werden. Findet man jedes Jahr genügend Auftraggeber, so bietet sich diese Lösung für besonders anspruchsvolle hochwertige und somit teure Destillationsanlagen an.

Die Größe einer Destillationsanlage ist für die spätere Kostenbelastung des Endproduktes von entscheidender Bedeutung. Dabei muß sich die Größe des Dampferzeugers nach der Größe (Querschnittsfläche) der verwendeten Destillationsblasen richten. Die einzelnen Blasen sind auf die zu verarbeitenden Erntemengen in einem bestimmten Zeitraum ausgerichtet. Die Größe (Kühlfläche) des Röhrenkühlers mit angeschlossenem Kondensat- und Phasentrenngefäß richtet sich nach der zu kühlenden Dampfmenge, der gewünschten Kondensattemperatur, der Kühlwassertemperatur und der zur Verfügung stehenden Kühlwassermenge. In unserer Versuchsanlage ist ein Röhrenkühler mit einer Kühlfläche von 3,2 m<sup>2</sup> installiert. Um 100 kg Dampf in einer Stunde auf 20 °C Kondensattemperatur zu kühlen, benötigt er 300 l Kühlwasser von 15 °C. Das abgeführte Kühlwasser hat dann eine Temperatur von 80–90 °C.

Neben der Anbaufläche und der Produktpalette ist auch die Entfernung zum Feld für die Größe der Blasen ausschlaggebend. Transportmöglichkeiten und Transportgeschwindigkeiten sind wichtige Parameter für die Schlagkraft und Logistik einer Destillationsanlage. Gleichmäßiges und schnelles Be- und Entladen der Blase entscheiden über die Qualität des Produktes und die Produktivität einer Anlage, weil dadurch die Destillation optimiert, Energieverluste reduziert und der Arbeitsanfall minimiert werden. Zu große Blasen (über 1 m Durchmesser) erfordern sehr hohe Dampfmenngen, die vorgehalten werden müssen, und stellen hohe Anforderungen an die Gleichmäßigkeit des Erntegutes und der Befüllung. Kleine Einheiten (unter 0,3 m Durchmesser) sind sehr arbeitsintensiv und erlauben nur einen Testmaßstab. Zum Testen von neuen Produktarten oder zur Beurteilung der zu erwartenden Ölqualitäten sind Testanlagen aus Glas mit einer Blasengröße von 0,1 m Durchmesser und einem elektrischen Dampferzeuger hervorragend geeignet. Für Erzeugerbetriebe mit vielen Einzel-

flächen empfiehlt sich die Anschaffung mehrerer kleiner **fahrbarer** Blasen in einer Größe von 0.5 m bis 1 m Durchmesser. Sie können mobil auf dem Feld direkt ohne Zwischenlagerung befüllt und dann an der Anlage schnell ausgetauscht werden. Diese Größe ist auch dort erforderlich, wo Kulturarten mit unterschiedlichen Abnehmeransprüchen verarbeitet werden müssen. Wurde der Dampferzeuger ausreichend groß dimensioniert (500–1000 KW Leistung entsprechend 800–1600 kg Dampf/h), können die mobilen Blaseneinheiten den wachsenden betrieblichen Anforderungen beliebig angepaßt werden, indem ihre Anzahl erhöht wird. Eine größere Zahl mehrerer leicht zu bedienender kleiner Blasen läßt sich den jeweiligen Anforderungen an Dampfdosierung, Blasenfüllung und Pflanzenart besonders einfach, ohne großen Aufwand anpassen. Die stationären Anschlußmöglichkeiten der Blasen für den Dampf und die Kondensatableitung sowie der Raumbedarf für das Handling sollten ausbaufähig abgestimmt sein.

Je höher die Ansprüche an die Qualität sind, um so hochwertiger (Edelstahl) sollte eine Anlage erstellt, und um so besser sollte das Destillati-

onsverfahren durch Meßmöglichkeiten von Temperatur, Druck und Kondensatmengen kontrolliert werden.

In der Anfangsphase wird man sich eher an die örtlichen Verhältnisse anpassen, vorhandene beziehungsweise leerstehende Räume nutzen, arbeitswirtschaftliche Nachteile in Kauf nehmen und kostengünstig eine Destillationsanlage im kleinen Maßstab oder sogar nur eine Testdestillation erstellen. Ist bereits ein Dampferzeuger, der Sattedampf liefert, vorhanden, wird nur noch eine zylindrische Blase benötigt und ein günstiger Edelstahl-Röhrenkühler angeschlossen. Liegen die ersten Ergebnisse vor, kann an Hand eigener Erfahrungen eine Optimierung der Anlage erfolgen. Zu den einfach zu destillierenden ätherischen Ölen zählen Pfefferminzöl, Majoranöl, Salbeiöl oder Thymianöl.

### Kosten:

Wegen der Vielfalt der Anlagentypen, Baumethoden, verwendeten Materialien, Bauvorschriften und örtlichen Verhältnisse lassen sich die **Kosten einer Anlage nur innerhalb großer Spannen** angeben. Es erscheint daher wenig sinnvoll, an dieser Stelle

le detaillierte Kostenvoranschläge aufzustellen. Die Ermittlung der Kosten für eine individuelle Anlage muß vor Ort aktuell geschehen. Ausgehend von der stationären Pilotanlage auf dem Staatlichen Versuchsgut Baumannshof und anhand unserer Erfahrungen ergibt sich nachfolgende **Modellkalkulation** (s. Abb. 18) für eine einfache betriebseigene Destillationsanlage mit zwei mobilen zylinderförmigen Blasen. Es wird davon ausgegangen, daß diese kleine Wasserdampf-Destillationsanlage zwei Raumcontainer (2 m x 4 m x 3 m), einen Dampferzeuger von 100 kW (entsprechend 150 kg Dampf pro Stunde bei 5 bar Druck) und 2 Blasen-Einheiten von 0.5 m Durchmesser und 1,8 m Füllhöhe sowie einen Röhrenkühler mit 3,2 m<sup>2</sup> Kühlfläche besitzt. Die Befüllung der Blasen erfolgt auf dem Feld. Zwei Blasen können nacheinander angeschlossen und betrieben werden. Dadurch wird ein nahezu kontinuierlicher Betrieb möglich.

### Chancen:

Die Destillation ätherischer Öle aus frischem oder angewelktem Pflanzenmaterial könnte für die heimische Landwirtschaft eine kleine weitere

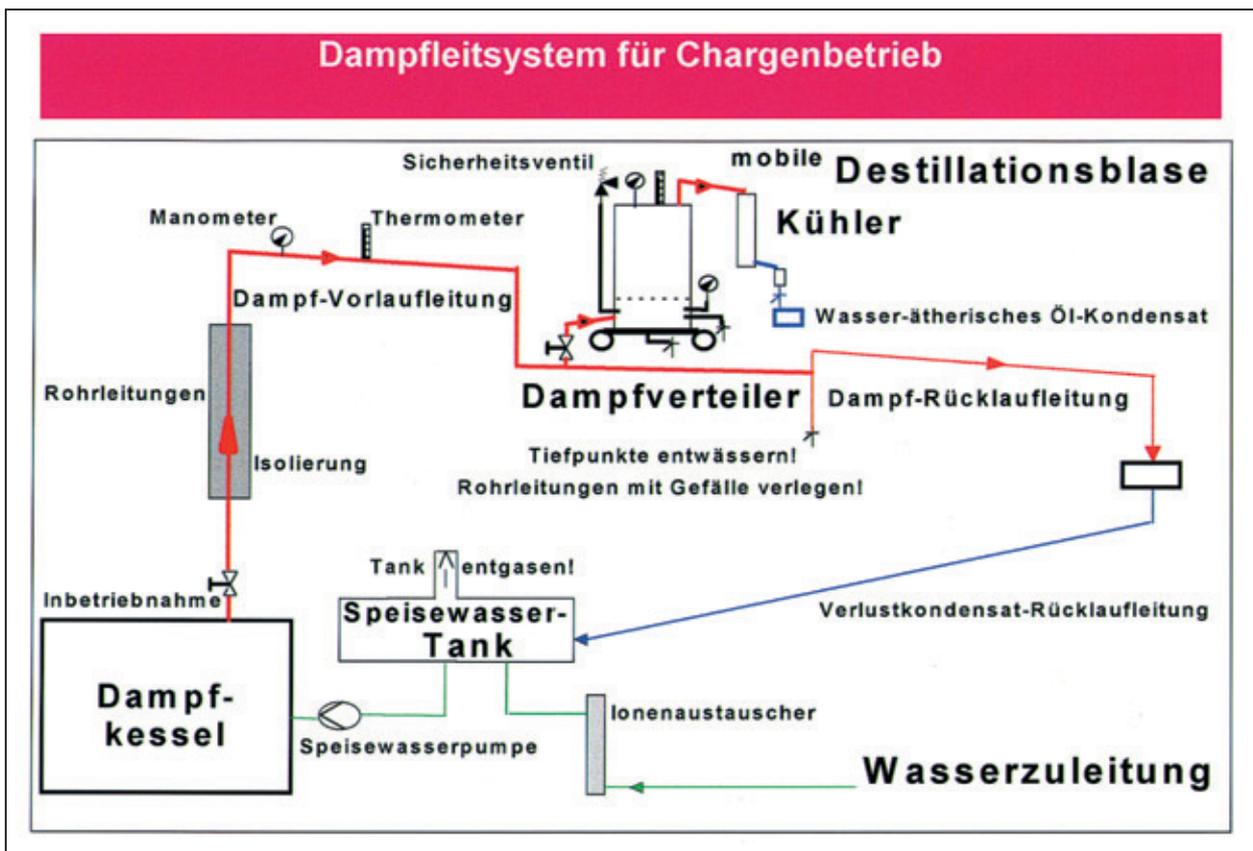


Abbildung 17

Anbau- und Absatzalternative darstellen, wenn die beschriebenen Voraussetzungen erfüllt werden können. Dazu sollten auch neue Absatzwege gefunden, potentielle Nachfrager gesucht und vom Nutzen und Wert der neuen Ware und Leistung überzeugt werden. Bei der Suche nach neuen Märkten kommt der Produktgestaltung in Form der Verpackung besondere Bedeutung zu. Qualität muß für den Kunden und Konsumenten nachvollziehbar präsentiert werden. Der Quellennachweis gehört ebenso dazu wie die genaue Deklaration und Bemusterung. Gemeinsame Vertriebswege führen zu neuen Markterfahrungen. Problem und Chance zugleich stellt die Tatsache dar, daß die Ansprüche an ein

und dasselbe Produkt je nach Verwendungszweck sehr unterschiedlich sind und von totaler Ablehnung bis zu höchster Akzeptanz reichen können! Pfefferminzöl zum Beispiel nach Arzneibuchqualität muß andere Ansprüche erfüllen als für Kosmetikartikel. Es ist daher sinnvoll, Ölmuster an verschiedene Abnehmer zu schicken und beurteilen zu lassen. Neueinsteiger in diese interessante Materie müssen sich bewußt sein, daß für den Erfolg sowohl bei der Produktion als auch bei der Vermarktung erst längere Zeit Erfahrung gesammelt werden muß. Von bereits praktizierenden Destillationsbetrieben ist aus Wettbewerbsgründen kaum Hilfe zu erwarten. Die LBP dagegen ist gerne bereit, ihre Erfahrung und ihr

Wissen **bei der Produktion** ätherischer Öle sowie Adressen von Anlagefirmen bekannt zu geben.

### Literatur:

Denny, E. F. K., 1991: Field Distillation for Herbaceous Oils. Denny, McKenzie Associates, Lilydale, Tasmania 7268, P.O. Box 42, Australia. 2. Auflage.

Eichlinger, A. und Kriener A., 1998: Schriftliche Mitteilung TÜV Anlagen- und Umwelttechnik GmbH München.

Ernst, H., 1996: Hochdruckdampferzeugung – Schnelldampferzeuger oder Großwasserraumkessel. Flüssiges Obst **3**, 1, 26-28.

<b>Kosten der wichtigsten Anlagenteile:</b>	
<i>Container für Versorgungstechnik inklusive Dampferzeuger, Frischwasseraufbereitung und Dampf-Reguliereinrichtungen</i>	<b>100.000,- DM</b>
<i>2 Destillationsblasen, mobil auf Rädern mit Dreh- und Kippvorrichtung:</i>	<b>40.000,- DM</b>
<i>Kühler mit Kondensat- und Phasentrennvorrichtung:</i>	<b>15.000,- DM</b>
<i>Container für Aufbereitungstechnik und Lager mit Glasbehältnissen:</i>	<b>15.000,- DM</b>
<b>Gesamtkosten inklusive Projektierung und Nebenkosten</b>	<b>ca. 200.000 DM.</b>
<i>Die Kosten einer kleinen Testdestillationsanlage liegen bei etwa</i>	<b>10.000.- DM.</b>

<b>Berechnungsgrundlage für die jährlichen Betriebskosten (Nutzungsdauer 20 Jahre):</b>		
<b>Fixkosten</b>		
<i>Abschreibung und Zinsen:</i>	8 %	
<i>Reparaturen/Instandhaltung:</i>	5 %	
<i>Versicherung:</i>	1 %	
<b>Betriebsmittel</b>		
<i>Heizöl:</i>	7 l	<i>pro 100 kg Dampf beziehungsweise 100 kg frisches Kraut</i>
<i>Wasser:</i>	300 l	<i>pro 100 kg Dampf beziehungsweise 100 kg frisches Kraut</i>
<i>Strom:</i>	500 W	<i>pro 100 kg Dampf beziehungsweise 100 kg frisches Kraut</i>
<i>Arbeitszeit:</i>	100 Minuten	<i>pro 100 kg Dampf beziehungsweise 100 kg frisches Kraut (Ernte, Aufbereitung, Einfüllen, Entleeren und Reinigen)</i>

Abbildung 18: Kosten

### Impressum:

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising-Weißenstephan, Vöttinger Straße 38, 85354 Freising, Internet: <http://www.LfL.bayern.de>  
 Redaktion: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Am Gereuth 8, 85354 Freising, Tel. (081 61) 71-3637  
 Text: R. Rinder, U. Bomme, LBP  
 Fotos: R. Rinder (8), U. Bomme (1), LBP (1), J. Rintelen (1), G. Wanner (1)  
 Grafiken: R. Rinder (5)  
 1. Auflage August 1998 · Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier