

WHITEPAPER

Cannabis-Workflow

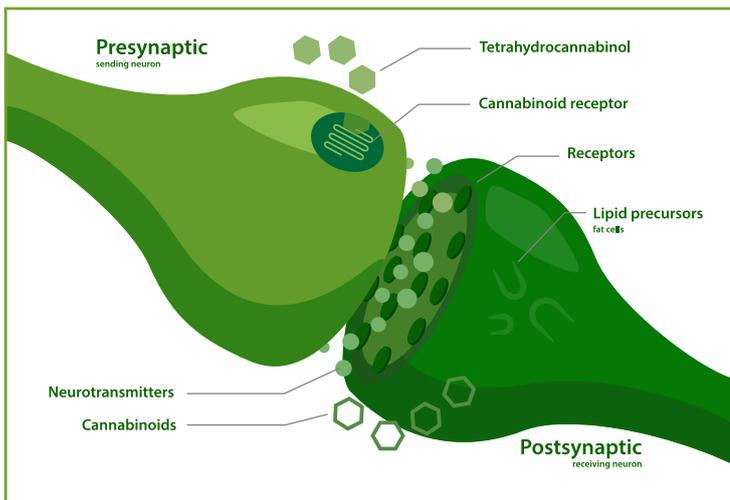
Hanfextrakte sicher und effizient gewinnen

Der zunehmende liberalere Umgang mit Anbau und Gebrauch der Hanfpflanze in vielen Teilen der Welt lässt nicht allein die Herzen derer höherschlagen, die Cannabis seiner berauschenden Wirkung wegen konsumieren. Die wohl älteste Heil- und Nutzpflanze der Menschheit ist zudem reich an Stoffwechselprodukten, die ein pharmakologisches beziehungsweise therapeutisches Potenzial besitzen. Dieses Potenzial zu heben haben sich nicht allein Arzneimittelhersteller, sondern auch Produzenten von Lebens- und Nahrungsergänzungsmitteln sowie Getränken und Körperpflegeprodukten zum Ziel gesetzt. Nicht ohne Grund: Schätzungen zufolge wird der Umsatz auf dem weltweiten Cannabis-Markt in 2023 mit rund 50 Milliarden Euro beziffert, mit einer Steigerung von 15 Prozent pro Jahr bis 2027 [1]. Ein lohnendes Geschäft, also nicht zuletzt auch mit freiverkäu-

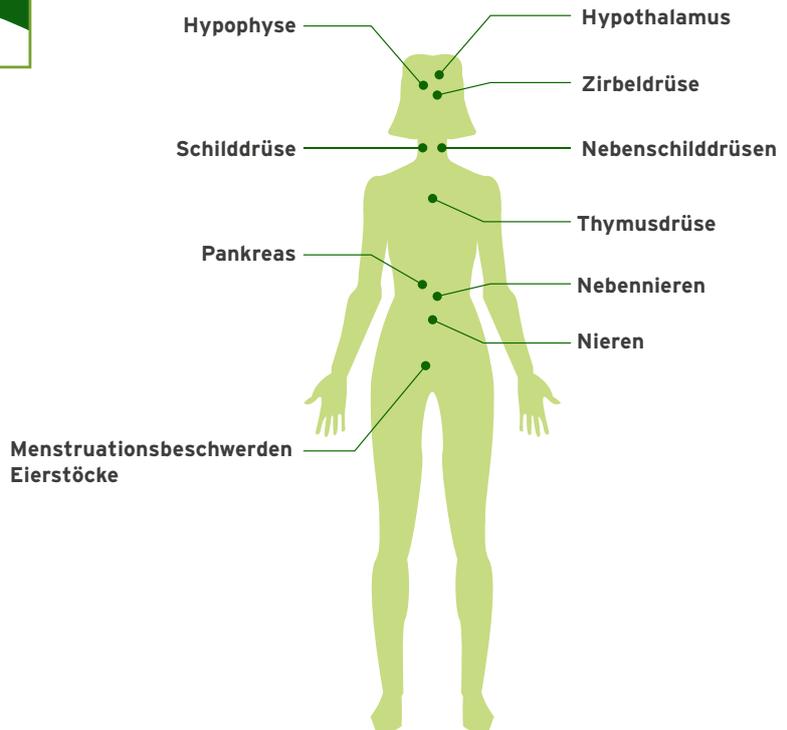
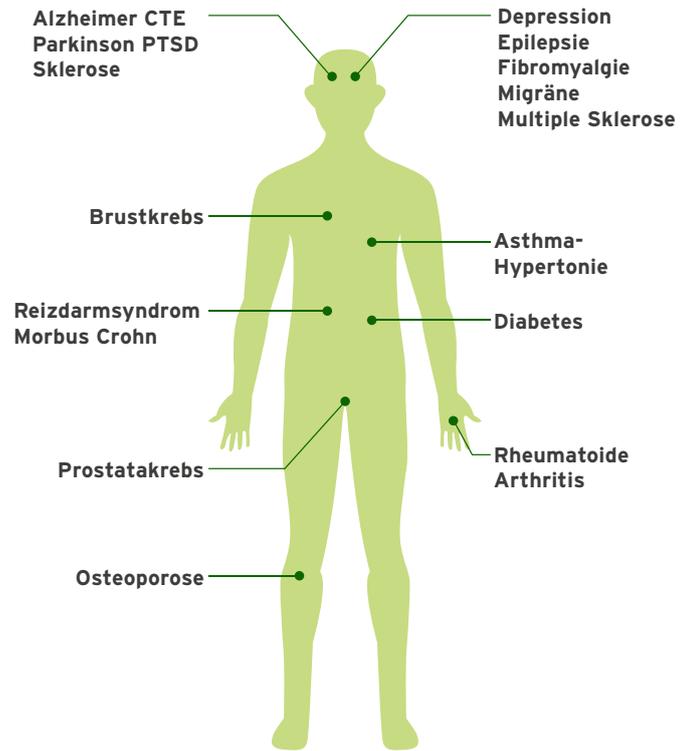
flichen Hanfprodukten. Die aber unterliegen strengen Kontrollen, dürfen sie doch kein Δ^9 -Tetrahydrocannabinol (THC) in relevanten Mengen enthalten, also jenen Inhaltsstoff, dem die berauschende Wirkung des Cannabis zugeschrieben wird. Andererseits steht die Frage im Raum, auf welche Art und Weise man eine möglichst hohe Ausbeute jener Hanfinhaltsstoffen erzielt, von denen man sich den gewünschten kommerziellen Nutzen erhofft. Der Extraktionstechnik kommt hierbei eine große Bedeutung zu. Das Ihnen hier vorliegende Whitepaper beleuchtet verschiedene Vorgehensweisen, die weit verbreitet und üblich sind für die Extraktion der Cannabinoide THC und CBD und zeigt gleichsam auf, welche Rolle hierbei die Temperatur spielt, die zu regeln und optimal einzugleichen von großer Bedeutung ist für den Prozessserfolg.

WHITEPAPER

Cannabis, eine den Hanfgewächsen zugehörige Pflanzengattung, ist das wohl älteste bekannte Nutz- und Heilkraut, das neuesten Erkenntnissen zufolge erstmals in der frühen Jungsteinzeit in Ostasien domestiziert wurde [2]. Von China aus trat es über Indien und die frühen Hochkulturen Vorderasiens seinen Weg um den Globus an. Die Verbreitung erfolgte nicht allein der Gewinnung von Pflanzenfasern wegen - aus Hanf lassen sich Taue, Seile, Netze, Bindfäden und Zwirn herstellen [3]: Historische Quellen aus der Zeit 2000 Jahren vor Christi Geburt weisen darauf hin, dass Cannabis vornehmlich für den Drogenkonsum angebaut wurden. Die berauschende Form breitete sich in den verschiedensten Regionen der Welt aus: im 13. Jahrhundert nach Afrika, im 16. Jahrhundert nach Lateinamerika, und im 20. Jahrhundert erreichte es vom indischen Subkontinent kommend Nordamerika [2].



CBD kommt auch bei neuropathischen Schmerzen zum Einsatz.



CBD in den Alltag zu integrieren kann eine positive Wirkung auf Geist und Körper haben.

Bislang wurden mehr als 530 verschiedene und chemisch unterschiedliche, dem primären und sekundären Stoffwechsel der Hanfpflanze entstammende Verbindungen identifiziert. Darunter sind etwa 110 Cannabinoide, zu den aktuell wichtigsten gehören Δ^9 -Tetrahydrocannabinol (THC) sowie Cannabidiol (CBD), und 140 Terpene. Letztgenannte sind ihrer organoleptischen Eigenschaften wegen sowie ihres Potenzials für den chemischen Fingerabdruck verschiedener Sorten und ihrer synergetischen Wechselwirkung mit den Cannabinoiden von besonderer Bedeutung. [7]

Neben seiner rauschverursachenden Wirkung, die insbesondere dem Δ^9 -Tetrahydrocannabinol (THC) zugeschrieben wird, wusste man schon früh das gesundheitsfördernde Potenzial von Cannabis zu nutzen. In China etwa wurde es zur Behandlung einer Vielzahl von Leiden eingesetzt, etwa bei Verstopfung, Gicht, Malaria, Rheuma, Fieber, Appetitlosigkeit, phlegmatischen Zuständen und Sprechschwierigkeiten [4]. Heute gilt das pharmakologische Potenzial von Cannabis - man unterscheidet im Wesentlichen zwei Arten, namentlich *Cannabis sativa* und *Cannabis indica* [5] - als gesichert. Nachweislich ist dessen therapeutische Wirkungen auf verschiedene Krankheiten, etwa die von chronischen Schmerzen und Multipler Sklerose (MS) bis hin zu Epilepsie und Angstzuständen reichen [6]. Was aber macht Hanf zu einem derart nützlichen Pharmakon? Weit entfernt von der anfänglichen vereinfachten Betrachtung, dass nur Δ^9 -THC die biologische Aktivität des Cannabis trage, schreiben Flavio A. Franchina,

Lea M. Dubois und Jean-François Focant aus der Molecular Systems, Organic and Biological Analytical Chemistry Group, der Universität Liège (Lüttich) in Belgien, dass zahlreiche Studien die Bedeutung und das Zusammenwirken der verschiedenen in Cannabis vorliegenden Metaboliten aufgezeigt und zur Entdeckung und Isolierung neuer aktiver Verbindungen geführt hätten [7]. Cannabis enthält - je nach Art - mehr oder weniger Δ^9 -THC sowie andere endogene Metaboliten, Cannabidiol (CBD) etwa, ebenfalls ein Cannabinoid; CBD wird unter anderem eine entkrampfende, entzündungshemmende, schmerzstillende, angstlösende und beruhigende Wirkungen zugeschrieben [8]. Wenngleich einzelne Cannabis-Metaboliten einen stärkeren Effekt zeigten als andere, sei das Gleichgewicht und Zusammenwirken aller Metabolite für die Wirkung der Hanfpflanze bedeutend. Das betreffe nicht allein medizinische Anwendungen, sondern auch die Verwendung von Cannabis in Lebensmitteln und Kosmetika.

Cannabis-Wirkstoffe extrahieren - Schritt für Schritt

Cannabis kommerziell erfolgreich vermarkten zu wollen, verlangt nicht alleine eine dezidierte Kenntnis der chemischen Zusammensetzung der enthaltenen primären und sekundären Stoffwechselprodukte. Zudem sind die gewünschten Cannabiskomponenten sauber und effizient zu isolieren und in präparativ relevanten Mengen anzureichern. Effizienz ist gefragt. Zu diesem Zweck bedient man

sich verschiedener, wissenschaftlich fundierter und etablierter Extraktionstechniken, die sich bereits in einem weiten Anwendungsspektrum bewährt haben. Im Wesentlichen handelt es sich um drei lösungsmittelbasierte Extraktionsverfahren, mit denen sich die Cannabisinhaltsstoffe aus dem Pflanzenmaterial gewinnen lassen. Werfen wir einen dezidierten Blick auf die grundlegenden Arbeitsprozesse.

Extraktion

Trennverfahren, bei dem mithilfe eines festen, flüssigen oder gasförmigen Extraktionsmittels eine oder mehrere Komponenten aus einem aus mehreren festen, flüssigen oder gasförmigen Einzelstoffen bestehenden Stoffgemischs herausgelöst wird. Die Zubereitung von Kaffee in einer haushaltsüblichen Kaffeemaschine ist ein gängiges Beispiele für die Extraktion, der sich ein Filterprozess zur Abtrennung der aromatischen flüssigen Phase vom extrahierten Kaffeepulver anschließt.

Destillation

Thermisches Trennverfahren, um verdampfbare Flüssigkeiten zu gewinnen oder Lösungsmittel von schwer verdampfenden Stoffen abzutrennen, zu isolieren und durch Kondensation aufzufangen. Bis auf die Destillationsapparatur bedarf es keiner weiteren Materialien wie Adsorbentien oder Lösungsmittel; die Trennung der Komponenten erfolgt alleine über den Eintrag von Wärmeenergie und die Berücksichtigung der erforderlichen Siedetemperatur. Brennereien, als Beispiel, nutzen die Destillation, um aus einer Maischemischung, etwa aus fermentiertem Getreide, Spirituosen als Destillat zu gewinnen.

Überkritische Flüssigextraktion

Ein sicheres, ungiftiges und umweltfreundliches Verfahren, um Inhaltsstoffe aus pflanzlichen Quellen zu gewinnen oder zu entfernen, ist die Extraktion entsprechend aufbereiteten pflanzlichen Materials mit überkritischem Kohlendioxid (CO_2). Zur Anwendung kommt diese Form der Flüssigextraktion, etwa um Kaffeebohnen zu entkoffeinieren, Nikotin aus Tabak zu gewinnen, bei der Herstellung ätherischer Öle oder auch bei der Extraktion von Hopfen für die Bierherstellung. Ebenso bedient man sich diese Verfahrens zur Gewinnung eines Cannabinoidreichen Harzes aus Hanf. Hierbei wird CO_2 mittels Änderung des Drucks in einen überkritischen Zustand versetzt; die Eigenschaften von Kohlenstoffdioxid im überkritischen Aggregatzustand liegen zwischen denen von Gas und Flüssigkeit, wobei überkritisches Kohlenstoffdioxid ebenso dicht ist wie eine Flüssigkeit, jedoch die Viskosität eines Gases besitzt.

Die Extraktion der Cannabisinhaltsstoffe erfolgt, während das überkritische Kohlendioxid eine Kammer durchströmt, die das Hanfmaterial enthält. Wird der Druck schließlich herabgesetzt, verdampft das Kohlendioxid und hinterlässt als Rückstand das lösungsmittelfreie Cannabisextrakt (Siehe Abb. 1: Phasendiagramm von Kohlendioxid).

Apropos: Durch das Anpassen von Temperatur und Druck können CO_2 -Systeme Extrakte mit einem vollständigen Terpenprofil liefern. Anspruchsvolle Extraktionsapparate erlauben zudem eine Fraktionierung und isolierte Gewinnung gewünschter Komponenten. Verfügt das System über ein integriertes Kälteaggregat, lässt sich das verwendete Kohlendioxid verflüssigen und recyceln. Andererseits sorgt eine Umlaufheizung im Verdampfer mit Temperaturen um 30 °C für hochreine Extrakte, da sie dabei helfen, Kohlendioxid vollständig aus dem Extrakt zu entfernen. Eine konsistente, genaue Temperaturkontrolle beider Komponenten ist entscheidend für eine sichere und zuverlässige Prozessführung sowie hohe Trennschärfe und Ausbeute.

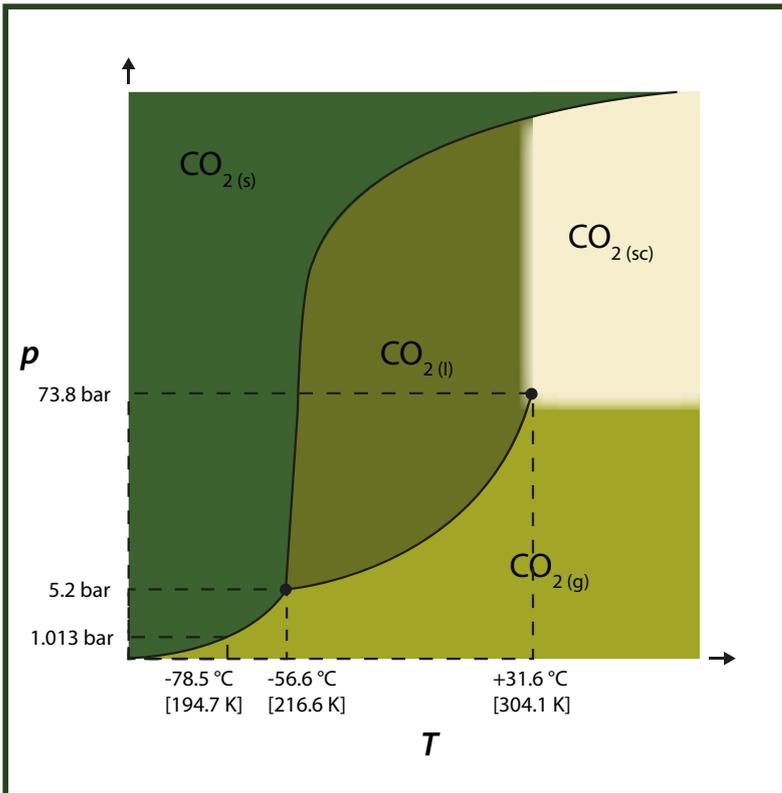


Abb. 1: Phasendiagramm von Kohlendioxid

Extraktion mit flüssigen Kohlenwasserstoffen

Ein übliches Verfahren zur Extraktion pflanzlicher Inhaltsstoffe ist die Verwendung verflüssigter niedermolekularer Kohlenwasserstoffe wie Butan oder Propan, wie man sie in haushaltsüblichen Feuerzeugen verwendet. Flüssiger Kohlenwasserstoff wird zunächst durch ein Bett aus Hanfmaterial geleitet und gefiltert und man erhält ein Lösungsmittel-extrakt, der die gewünschten Pflanzeninhaltsstoffe enthält und frei ist von störenden Matrixbestandteilen. Für das weitere Vorgehen bedarf es einer Druckminderung, in deren Folge der flüssige Kohlenwasserstoff verdampft und ein lösungsmittelfreier Cannabinoidreicher Extrakt zurückbleibt. Die Extraktion mit flüssigen Kohlenwasserstoffen erfordert, und zwar aufgrund der leichten Entflammbarkeit der verwendeten Verbindung, besondere Sicherheitsvorkehrungen. Niedrige Temperaturen sind vonnöten, um den unter Druck stehenden Kohlenwasserstoff in einem flüssigen Zustand zu behalten. Rezirkulierende Temperaturregeleinheiten (TCUs), die eine Kühlung auf -60 °C (-76 °F) und darunter zulassen, erleichtern die Prozessführung. Gleichzeitig bedarf es einer möglichst homogenen Wärmeverteilung, um den eingesetzten Kohlenwasserstoff vollständig zu verdampfen und einen lösungsmittelfreien Extrakt zu erhalten. Die Kühl- und Heizleistung der TCUs muss den der Größe der Anwendung erforderlichen Leistung entsprechen.

Vakuumdestillation

Destillation unter vermindertem Druck: Indem ein flüssiges Gemisch unter Vakuum gesetzt wird, werden die Siedepunkte der zu trennenden Flüssigkeit herabgesetzt; die thermischen Gleichgewichte verschieben sich, was sich günstig auf die Trennleistung auswirkt. Unter Vakuum wird allerdings auch die Dampfdichte und Destillationsrate herabgesetzt, das heißt es sind weniger Moleküle pro Raumeinheit vorhanden. Dieser Umstand hat Einfluss auf die Destillationsgeschwindigkeit; man versucht nach Möglichkeit, unter atmosphärischen Bedingungen zu destillieren, weil es schneller geht. Andererseits wird die thermische Belastung temperaturempfindlicher Komponenten unter Vakuum abgesenkt, was sich wiederum günstig auf das Destillationsergebnis auswirkt. Und auch die Prozessgeschwindigkeit kann positiv beeinflusst werden, wenn sich die Aufheizzeiten verkürzen lassen.

Decarboxylierung

Chemische Reaktion, bei der einem Molekül, nicht selten bei höherer Temperatur oder enzymatisch katalysiert, ein Kohlenstoffdioxid-Molekül abgespalten wird. Hitzewirkung erleichtert und fördert die Gewinnung der Cannabinoide THC und CBD, die in der Cannabispflanze größtenteils als pharmakologisch inaktive Carbonsäuren (THC-A und CBD-A) vorliegen. Bei der Decarboxylierung wird unter Einwirkung von Hitze ein Kohlenstoffdioxidmolekül abgespalten und beide Verbindungen in ihre aktive phenolische Formen (THC und CBD) überführt. Getrocknetes Pflanzenmaterial wird dazu zerkleinert und für eine gewisse Zeit auf 100 bis 150 °C erhitzt. Bei Extrakten erfolgt der Prozess der Decarboxylierung nach der Winterisierung durch Erhitzen des resultierenden Ölextrakts (100 bis 160 °C)

Winterisierung

Verfahren zur Stabilisierung von Speiseölen durch Auskristallisieren und Abfiltrieren ausgeflockter Fettbestandteilen wie Wachse und hochschmelzende Glyceride bei Temperaturen bis 5 °C. Die Winterisierung lässt sich nutzen, um Stoffe, die sich nicht oder nur begrenzt aufgrund ähnlicher Siedepunkte unterscheiden, anhand ihrer Schmelzpunkte aufgetrennt werden können, also über den Phasenübergang flüssig-fest statt flüssig-gasförmig.

Extraktion mit Ethanol

Alkohol ist in der Lage, pflanzliche Zellwände und Zellmembranen leicht zu passieren und die in den Zellen enthaltenen Stoffe auf schonende Art und Weise herauszulösen. Diese Eigenschaft macht man sich auch bei der Extraktion von Cannabinoiden aus der Cannabispflanze zunutze, wobei Ethanol in Lebensmittel- oder USP-Qualität (United States Pharmacopeia) als Lösungsmittel verwendet wird. Die Alkoholextraktion zeigt eine große Variationsbreite in Bezug auf die verwendeten Behälter und Reaktoren. Entscheidend für den Extraktionsverlauf ist allerdings nicht zuletzt die Verweilzeit des Pflanzenmaterials im Alkohol und die Temperatur. Weitverbreitet wird Ethanol auf -20 °C (-4 °F) gekühlt und dann in einen Behälter mit Cannabis gepumpt. Kommt ein ummantelter Behälter zur Kühlung des Ethanols zum Einsatz, fungiert eine Niedertemperatur-TCU als Kühlquelle. Nach dem Abschluss der Einweichzeit wird die Lösung entweder filtriert oder aber man entfernt das ausgelaugte Pflanzenmaterial wie einen Teebeutel aus einer Tasse. Der resultierende Extrakt wird durch Entfernen des Ethanols in Form eines Öls konzentriert. Typischerweise werden für diesen Schritt Rotationsverdampfer, Fallfilmverdampfer oder ein diskontinuierliches Vakuumdestillationssystem eingesetzt.



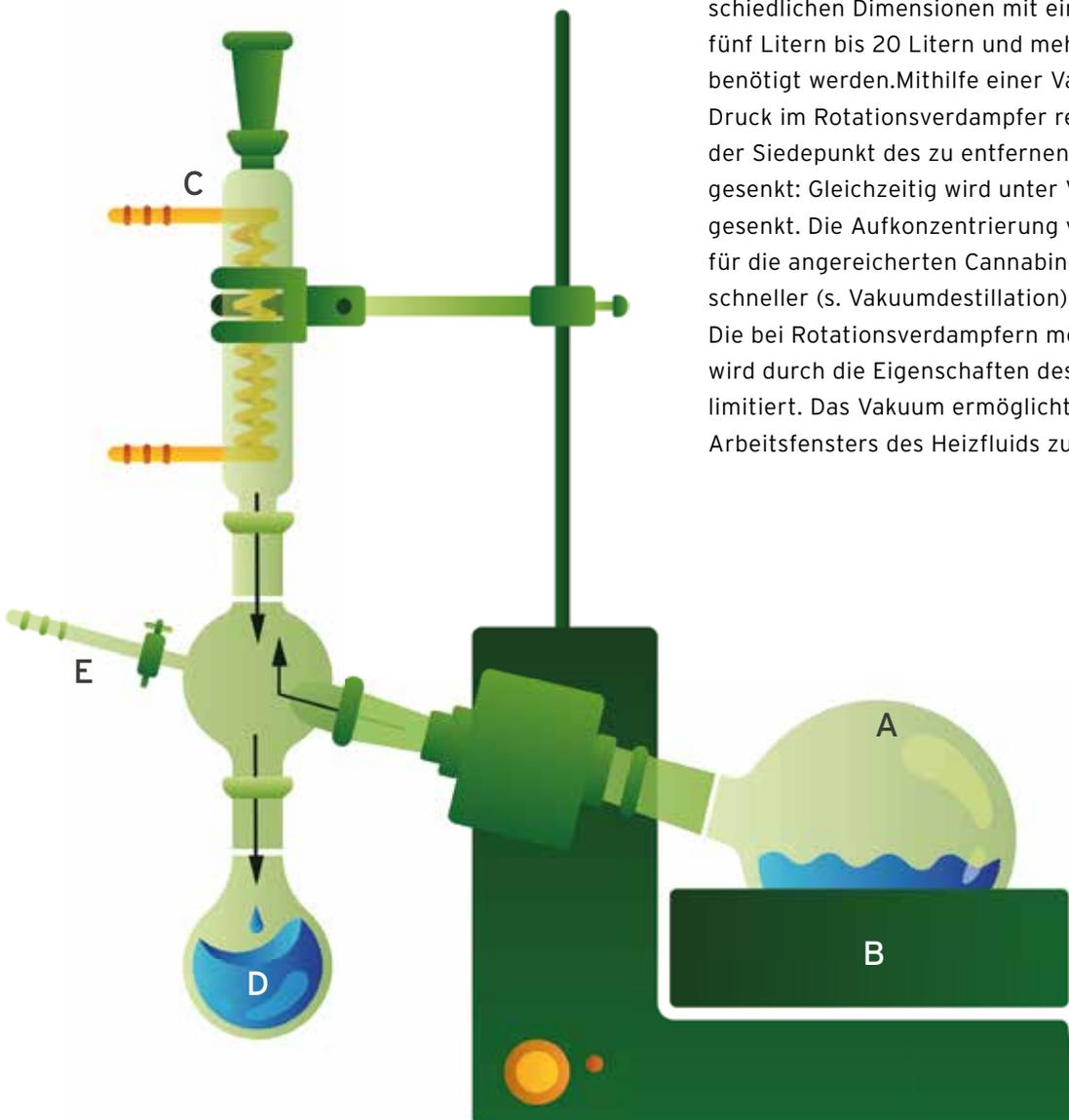
Aufreinigen der Cannabisextrakte

Alle beschriebenen Extraktionsmethoden ergeben ein Öl, sobald das jeweils verwendete Lösungsmittel entfernt wurde. Dieses Öl enthält neben Terpenen, THC, CBD und anderen Stoffwechselprodukten des Cannabis, Pflanzwachse, Lipide und möglicherweise auch Chlorophyll, die ausfallen können, sobald das Öl in Ethanol gegeben und bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt gelagert wird. Durch

Filtrieren lassen sich unerwünschte und störende Matrixbestandteile entfernen. In Abhängigkeit des jeweiligen Verwendungszwecks bedarf es einer weiteren Aufreinigung des Extrakts (Winterisierung) sowie Konzentrierung, um ein hochreines Isolat zu erhalten, das auch für medizinische Anwendungen geeignet ist. Gängig und weitverbreitet wird hierbei auf Rotationsverdampfer zurückgegriffen.

Rotationsverdampfung

Seit seiner Erfindung im Jahr 1950 ist der Rotationsverdampfer ein wertvolles Instrument, um hochreine Isolate zu gewinnen. Rotationsverdampfer ermöglichen die kontrollierte Entfernung von Lösungsmittel unter Vakuum. Verfügbar sind Rotationsverdampfer in unterschiedlichen Dimensionen mit einem Kolbenvolumen von fünf Litern bis 20 Litern und mehr, wie sie im Pilotmaßstab benötigt werden. Mithilfe einer Vakuumpumpe wird der Druck im Rotationsverdampfer reduziert und damit der Siedepunkt des zu entfernenden Lösungsmittels gesenkt: Gleichzeitig wird unter Vakuum die Abdampftrate gesenkt. Die Aufkonzentrierung verläuft schonender für die angereicherten Cannabinoide, nicht aber per se schneller (s. Vakuumdestillation). Interessant zu wissen: Die bei Rotationsverdampfern möglich Maximaltemperatur wird durch die Eigenschaften des Heizfluids (Wasser/Öl) limitiert. Das Vakuum ermöglicht es folglich, innerhalb des Arbeitsfensters des Heizfluids zu arbeiten.



Ablauf der Verdampfprozesses bei der Rotationsverdampfung.

Und so verläuft der Verdampfungsprozess:

Üblicherweise wird der Destillierkolben (A) zur Hälfte mit Lösungsmittel-extrakt angefüllt. Das Wasserbad (B) wird auf 30 bis 40°C erhitzt. Die Kondensatortemperatur (C), geregelt durch einen Umlaufkühler, wird auf -10 bis 0 °C eingestellt (Reduzierung der hitzebedingte Zersetzungsrate der Cannabinoide). Sobald das Wasserbad und der Kühler die Sollwerte erreicht haben, wird der Destillationskolben mit 150 bis 200 U/min in Rotation versetzt und die Flüssigkeit als dünner Film auf die Wandung der Innenseite des Glaskolbens gezogen. Hierdurch vergrößert sich die Oberfläche der Lösung und die Verdunstungsrate des Lösungsmittels steigt. Das Anlegen eines geeigneten Vakuums an das System (E) senkt den Siedepunkt. Das Vakuum ist dabei so einzustellen, dass die Temperatur des Ethanol-dampfs 15 bis 20 °C beträgt. Er kondensiert und sammelt sich im Destillatkolben (D). Die Reproduzierbarkeit lässt sich mit wenigen Einstellungen optimieren. Ablauf des Verdampfungsprozesses bei der Rotationsverdampfung (siehe Abb. links)

Am Rande bemerkt:

Wird die Verdampfungsrate durch Verringerung des Vakuums und/oder Erhöhung der Wasserbadtemperatur gesteigert, kann das zu einer Überlastung des Kondensators führen, und zwar, indem die Verdampfungsrate die Kondensationskapazität des Umlaufkühlers überschreitet. In diesem Fall strömt Ethanol-dampf durch den Kondensator in die Vakuumpumpe, was, je nach Geräteausstattung, eventuell folgenlos bleiben, aber auch zu einem Totalversagen der Pumpe führen kann. Um den Durchsatz zu erhöhen, lassen sich Rotationsverdampfer von Fall zu Fall erweitern und zum Beispiel mit einer automatischen Vakuumsteuerung sowie Nachfüllzubehör (manuell und automatisch) ausstatten.



JULABO Eintauchkühler FT900.

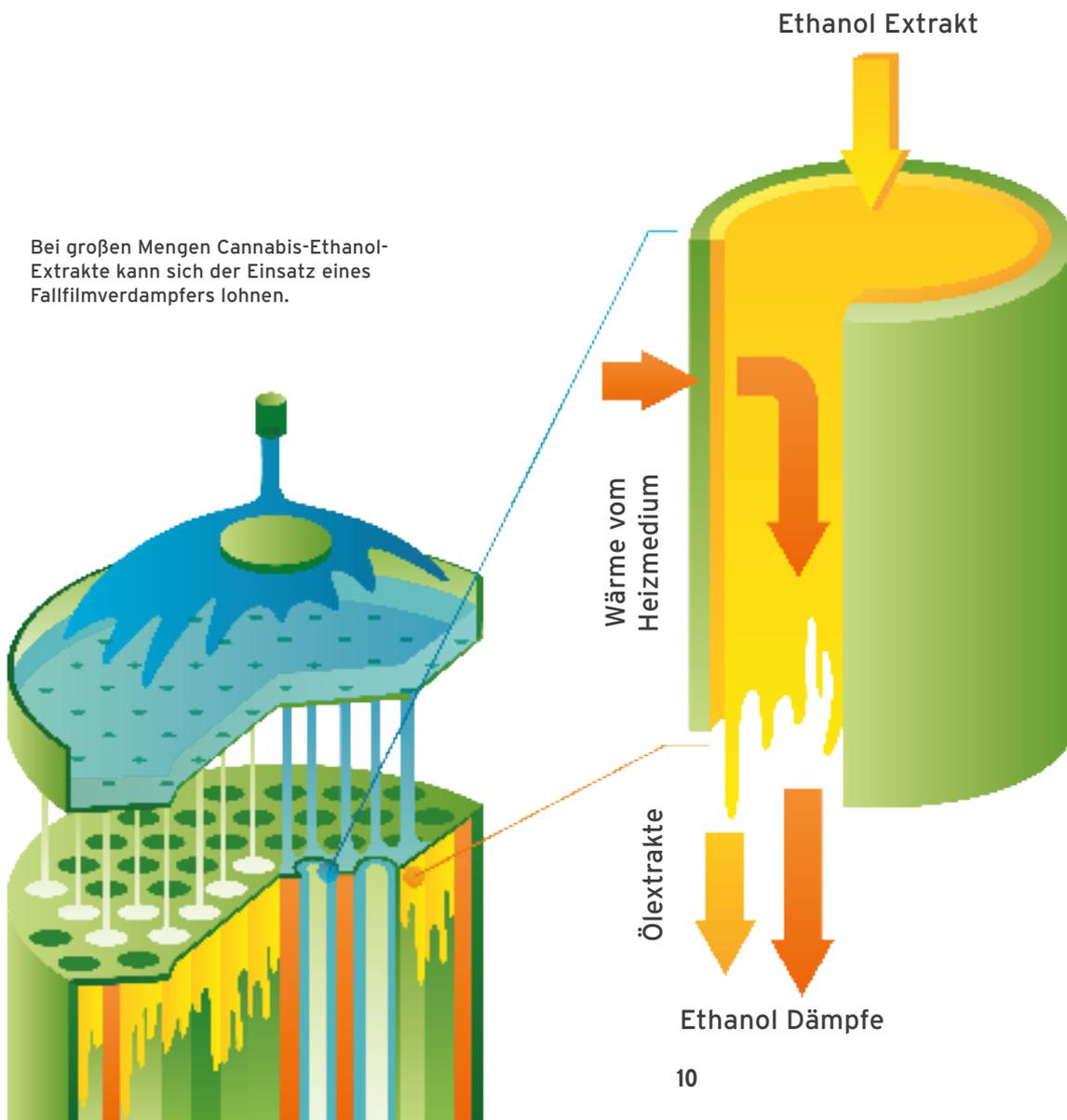


JULABO Eintauchkühler FT200

Im Übrigen sind die meisten Vakuumpumpen aus dem oben genannten Grund mit einer vorgeschalteten Kühlfalle ausgestattet. In dieser werden leichtflüchtige Bestandteile, die den Hauptkondensator durchschlagen, bei -40°C bis -90°C abgeschieden, damit sie nicht bis in die Pumpe gelangen. Zum Betreiben der Kühlfalle eignet sich etwa ein Eintauchkühler, etwa ein Julabo FT-200 beziehungsweise FT-900.

Fallende Filmverdampfung

Sind große Mengen Cannabis-Ethanol-Extrakt zu handhaben, kann sich der Einsatz Fallfilmverdampfers als lohnenswert erweisen. Fallfilmverdampfer sind, vereinfacht gesagt, vertikal ausgerichtete Rohrbündelwärmetauscher. Unter Vakuum fließt die ethanolische Lösung durch ein oder mehrere extern beheizte Rohre, wobei das Ethanol verdampft. Der Dampf sammelt sich in einem Kondensator beziehungsweise einer Kühlfalle, während der höhersiedende Cannabisextrakt an der Innenwand des Rohrs hinab in ein Sammelgefäß fließt. Dieses Verfahren bietet eine hohe Verdampfungskapazität bei kurzer Wärmeeinwirkungszeit auf den Extrakt bei gleichzeitiger Möglichkeit eines kontinuierlichen Betriebs. Diese Vorrichtung erfordert allerdings geeignet bemessene Heizzirkulatoren, um den Verdampfungsprozess zu erleichtern, sowie Kühler, um den Ethanol Dampf zu kondensieren.



Gewinnung hochreiner Cannabisextrakte

Nicht zuletzt medizinische und andere Anwendungen erfordern den Einsatz hochreiner THC- und CBD-Extrakte. Zudem darf Δ^9 -Tetrahydrocannabinol (THC) bei freiverkäuflichen Hanf- beziehungsweise CBD-haltigen Produkten nicht in relevanten Mengen vorhanden sein. Ein wichtiges Augenmerk der Prozessführung kann also darauf liegen, den THC-Gehalt zu reduzieren, um den damit verbundenen und zu erwartenden psychoaktiven Effekt zu eliminieren und ein CBD-reiches Produkt zu erhalten.

Destillative Verfahren eignen sich hierfür nur in begrenztem Umfang: Während sich Terpene relativ gut destillativ trennen lassen, gelingt das bei THC (157 °C) und CBD (160-180 °C) nicht; THC lässt sich daher nicht abdestillieren. Allerdings kann es gelingen, das Verhältnis zwischen CBD und TCH in begrenztem Umfang über die Auswahl geeigneten Pflanzenmaterials (Sorte, Züchtung) einzustellen. Will man Komponenten prozesstechnisch entfernen, braucht es geeignete chromatographische Verfahren.

Möglichkeiten der Vakuumdestillation

ÜBER-KOPF-DESTILLATION

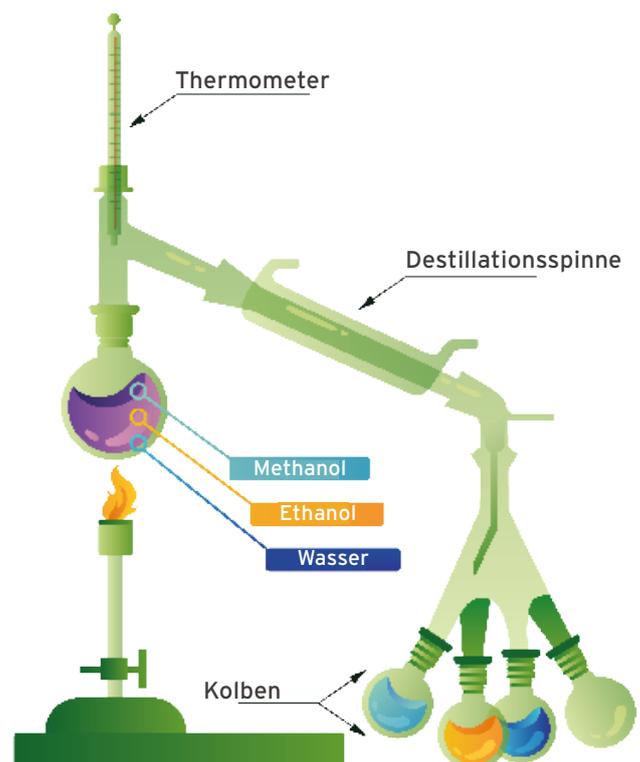
Einfache Form der destillativen Trennung flüssiger Gemische. Das Öl wird in einem Kolben unter Vakuum (typischerweise mit einer Magnetrührer-Heizplatte) mit kurzen Destillationsaufsatz erhitzt. Ein Umlaufkühler sorgt für die Kühlung des Kondensators beziehungsweise die Kondensation der Dämpfe. Diese Form der Destillation, wie sie sich zur Abtrennung von Lösungsmitteln oder gelegentlich auch im Spirituosen-Bereich zum Einsatz kommt, erweist sich bei der Gewinnung von Cannabisextrakten als ungeeignet: Die lange Verweilzeit der Probe im Kolben bei hoher Temperatur unter Normaldruck kann zur Zersetzung der Cannabinoiden führen.



Über-Kopf-Destillation: Einfache Form der destillativen Trennung flüssiger Gemische.

FRAKTIONIERTE DESTILLATION

Um bessere Trennergebnisse zu erzielen, lassen sich flüssige Stoffgemische fraktioniert destillieren, sprich das Destillat wird je nach Siedepunkt in einem eigenen Auffanggefäß gesammelt. Steigt die Dampftemperatur an, was auf eine neue Verbindungsbeziehungsweise Mischungsfraction hinweist, wird die Position der Aufnahmekolben angepasst, um die verschiedenen Fraktionen zu isolieren.



Fraktionierte Destillation: Um bessere Trennergebnisse zu erzielen, werden flüssige Stoffgemische auch fraktioniert destilliert.

DÜNNSCHICHT-DESTILLATION

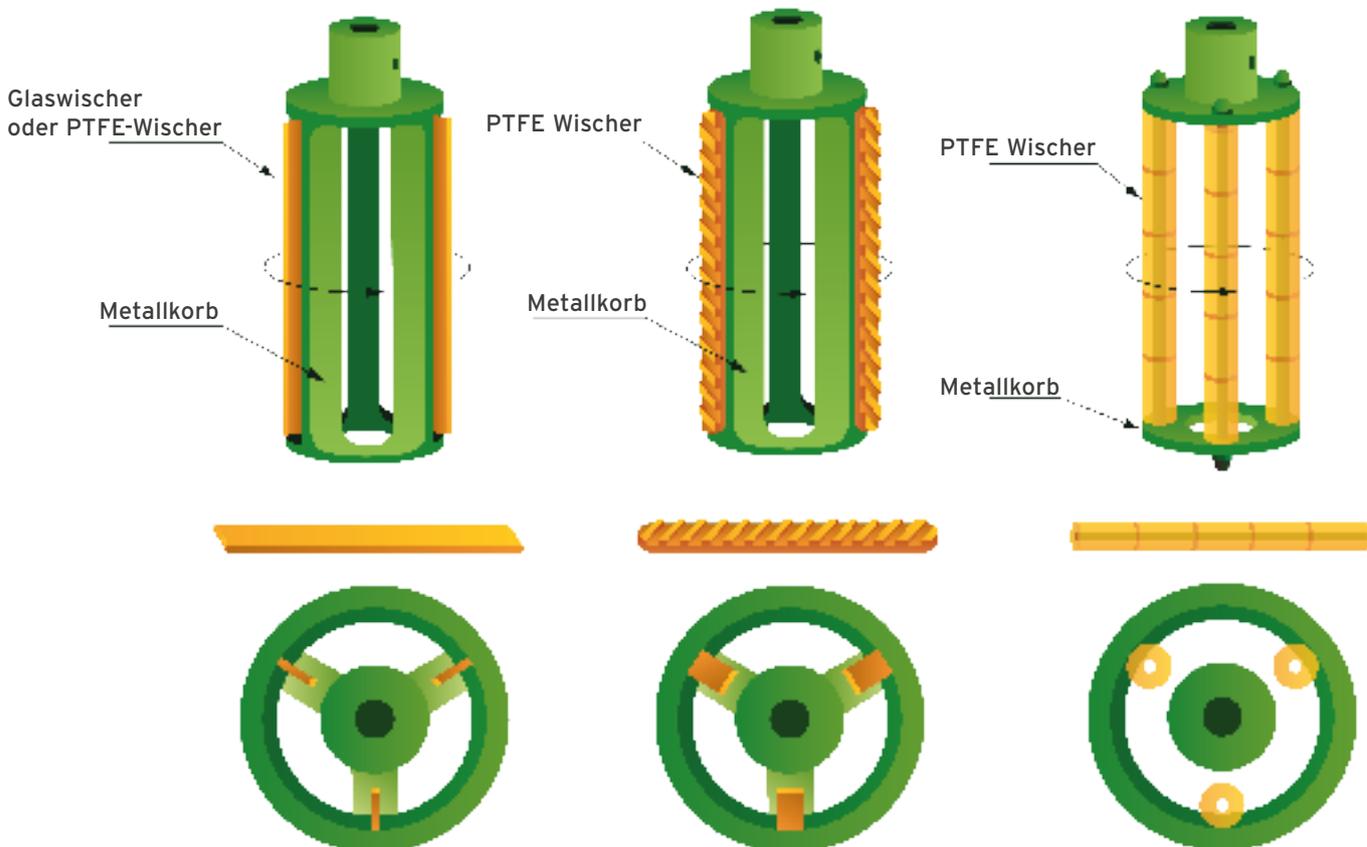
Diese horizontal oder vertikal ausgeführte Destillationsvariante (Wiped-Film) kann chargenweise oder kontinuierlich betrieben werden: Das Öl wird, je nach Anwendung unter Atmosphärendruck oder unter Vakuum (bis ca. 1 mbar), auf die Oberseite eines beheizten vertikalen Zylinders gegeben. Durch rotierende Abstreifer oder Walzen wird das Öl in einem dünnen Film auf die erhitzten Oberfläche gezogen.

Die Kondensation des Dampfes kann auf unterschiedliche Weise erfolgen: mittels eines Kurzweg-Dünnschichtverdampfer mit innenliegendem Kondensator oder physisch voneinander getrennt über einem Dünnschichtverdampfer mit externer Kolonne, womit der Kondensationsweg verlängert wird. Auffanggefäße sammeln das Kondensat und den Hochtemperaturrückstand am Boden. Die verkürzte Expositionszeit des Öls gegenüber Hochtemperaturbedingungen ist der Hauptmehrwert dieser Technik. Die Möglichkeit, auf einen kontinuierlichen Betrieb zu wechseln, fördert die Produktivität. Ein Umlauferhitzer sorgt für die Temperaturkontrolle des Zufuhrbehälters und des äußeren ummantelten Wischfolienkörpers.

Kältethermostate kühlen den Kondensator und die Kühlfalle. Um die gewünschte Komponentenzusammensetzung im Destillat zu erhalten, bedarf es einer Optimierung der Zufuhrrate, des Vakuums und der Temperaturen. Die gewünschte Reinheit und Zusammensetzung des Destillats lässt sich durch Feinjustierung des Prozesses erreichen. Die Dünnschicht-Destillation eignet sich zur Abtrennung der Terpene von der schweren Fraktion, sprich den Cannabinoiden und den Matrixrückständen im Sumpf.

KURZWEG-/MOLEKULAR-DESTILLATION

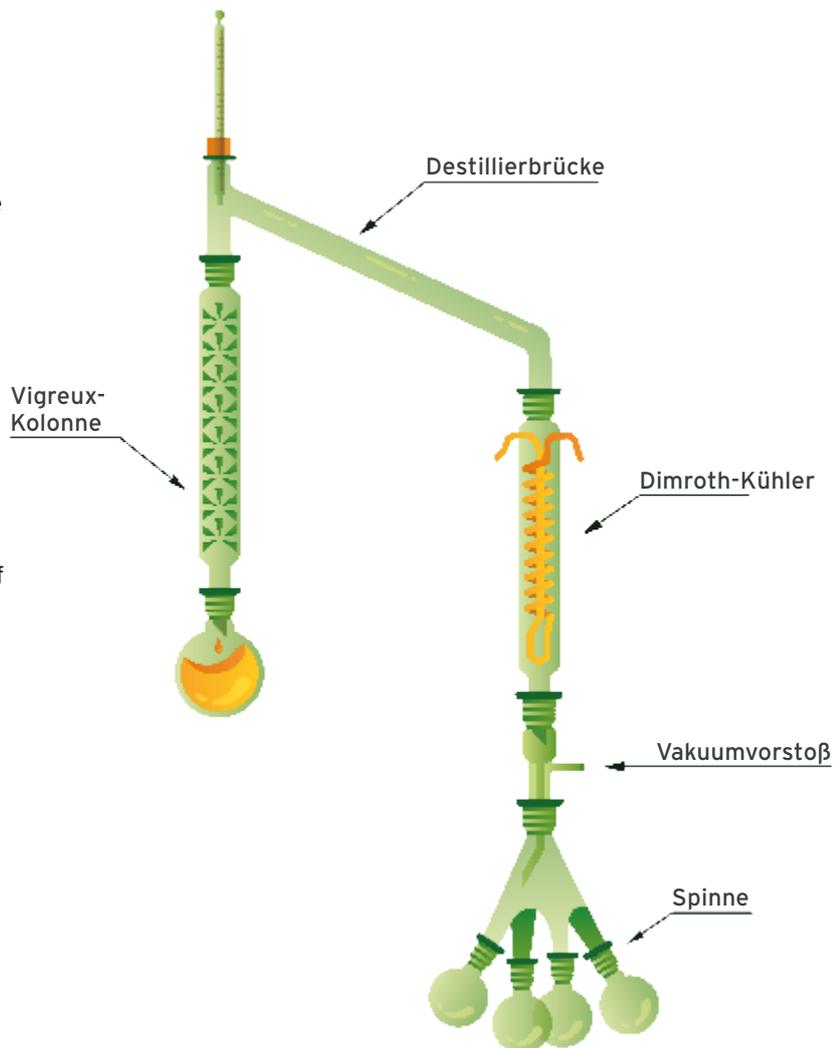
Variante der Wiped-Film-Destillation zum Einsatz im Hochvakuum (kleiner 10^{-2} mbar). Verdampfer und Kondensator müssen nah beieinander liegen, daher die Bezeichnung Kurzweg-Destillation. Das Vakuum wiederum muss so hoch sein, dass die freie Weglänge eines verdampften Moleküls länger ist, als der Abstand zwischen Verdampfer und Kondensator. Unter diesen Bedingungen lässt sich der Siedepunkt maximal absenken und die Cannabinoide im Dampf von der schwereren Sumpffraktion abtrennen.



Die Dünnschicht-Destillation eignet sich zur Abtrennung der Terpene von der schweren Fraktion.

REKTIFIKATION

Destillation mit einer Kolonne: Mithilfe einer Kolonne lässt sich die Trennleistung einer Destillationsanlage verbessern. Diese Kolonne kann aus verschiedenen Säulentypen (Vigreux, Oldershaw u.a.) bestehen, die eine feinere Auftrennung der Komponenten ermöglichen. Zum besseren Verständnis: Bei der Destillation stellt sich nur einmal ein Gleichgewicht ein zwischen der flüssigen und der Dampfphase, und zwar an der Flüssigkeitsoberfläche; sie ist sozusagen die erste Trennstufe. Mit Kolonne (Bodenkolonne, gepackte Kolonne, etc.) wechselwirken aufsteigender Dampf und herabfließendes Kondensat mehrmals miteinander - auf jedem Boden einer Bodenkolonne oder fließend entlang einer gepackten Kolonne. Auf diesem Weg lassen sich mehrere Trennstufen realisieren; mit einer Hochleistungspackung zum Beispiel bis zu 100 Böden, was 100 einzelnen, in Reihe geschalteten Überkopf-Destillationen entspricht. Das heißt, die Länge der Fraktionierkolonne mit ihren Vorsprüngen, Böden oder Packungsmaterial bewirkt, dass sich zwischen Dampf und Flüssigkeit mehrmals ein Gleichgewicht einstellt, was die Trennung der Komponenten begünstigt.



Rektifikation: Bei der Destillation mit einer Kolonne lässt sich die Trennleistung einer Destillationsanlage verbessern.

Apropos Temperatur

Wenn es darum geht, Cannabisextrakte und Cannabinoide in der gewünschten Reinheit und Trennschärfe zu gewinnen, bedarf es einer geeigneten technischen Ausstattung. Als zentral erweist sich für den Extraktionserfolg die Steuerung und Kontrolle der Prozesstemperatur. Eine maximale Extraktionsausbeute und -reinheit lässt sich in der Regel nur erzielen, wenn alle Prozess- und Verarbeitungsparameter feinjustiert sind. Ein Gespräch mit Anbietern von Flüssigkeitstemperiergeräten gibt

Aufschluss über die grundlegenden Prozesse, Methoden und Maßstäbe und führt im Idealfall zur Wahl des richtigen Produkts. Wichtig ist: Die Temperatur ist von Anfang an bei der Gerätebewertung zu berücksichtigen. Qualitativ hochwertige Flüssigkeitstemperier-Systeme, die über die erforderlichen Heiz- und/oder Kühlkapazitäten verfügen, haben einen positiven Einfluss auf den Materialdurchsatz, die Qualität und die Betriebszeit.

JULABO - Die Top-Adresse für perfekte Temperiertechnik

JULABO zählt zu den weltweit führenden Herstellern von Temperiergeräten für Forschung, Industrie und Wissenschaft. Seit über fünf Jahrzehnten bieten wir mit unseren Premiumprodukten Spitzenleistungen in der Anwendung und unseren Kunden immer die exakte Temperatur zum gewünschten Zeitpunkt. Fachlich fundiert und beherzt treiben wir die Entwicklung in der Temperiertechnik voran, beflügelt von der Verantwortung, die wir als Premiumanbieter an der Weltmarktspitze haben.

Apropos: Wenn Sie daran interessiert sind, eine moderne Destillationsanlage, die von der Pilodist GmbH in Meckenheim betrieben wird und die durch JULABO-Laborthermostate perfekt temperiert ist, in Augenschein zu nehmen, dann klicken Sie hier oder folgen Sie dem QR-Code.

Um nicht zu viel vorwegzunehmen: Die Pilodist GmbH ist ein weltweit führender Anbieter von Anlagen und Systemen zur thermischen Trennung, für Forschung, Entwicklung und Qualitätskontrolle. Für die verschiedenen Destillationsanlagen liefert JULABO als langjähriger Partner des Unternehmens zuverlässig exakte Temperaturen für sämtliche Prozesse. JULABO temperiert die Anlagen von Pilodist mit unterschiedlichen Produkten wie Wärmethermostaten, Kältethermostaten und Eintauchkühlern. Damit werden folgende Anwendungen realisiert: Rohöldestillation, Dünnschichtverdampfer, Pilotdestillationsanlagen, Cannabisextraktion.

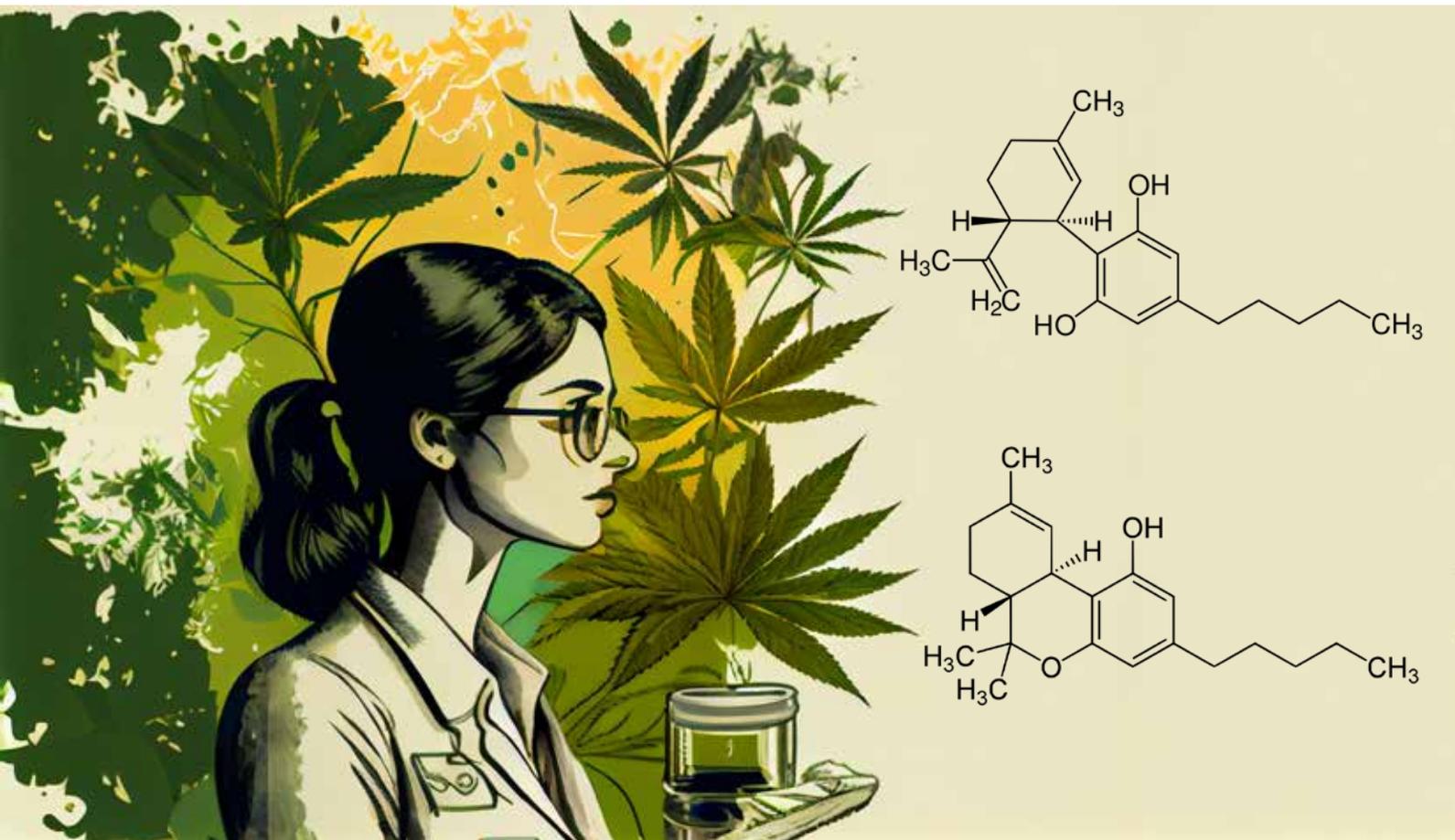


Superior
TEMPERATURE
TECHNOLOGY for a
better **Life**



Es kommt auf Sie an

Das JULABO-Team unterstützt Sie in allen Fragen rund um Extraktion, Verarbeitung, Heiz- und Kühlprozesse. Klicken Sie hier, um jetzt mit einem unserer Spezialisten Kontakt aufzunehmen.



Referenzen

[1] <https://de.statista.com/outlook/hmo/cannabis/weltweit#umsatz>

[2] Ren et al., Large-scale whole-genome resequencing unravels the domestication history of Cannabis sativa, Science Advances 7, 29 (2021), <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abg2286>

[3] (Indischer) Hanf - Cannabis, Kooperation Phytopharmaka, Arzneimittelllexikon, <https://arzneipflanzenlexikon.info/cannabis.php>, 16.11.2021

[4] Alexandra Latour, Die Geschichte von Cannabis als Medizin, Leafly 11.06.2018, <https://www.leafly.de/die-geschichte-von-cannabis-als-medizin/>

[5] Alexandra Latour, Cannabis Sorten: Indica, Sativa und Ruderalis - Das sind die Unterschiede, Leafly (2018), <https://www.leafly.de/indica-sativa-ruderalis-cannabis-sorten/>

[6] Arno Hazekamp, Katerina Tejkalová und Stelios Papadimitriou, Cannabis: From Cultivar to Chemovar II—A Metabolomics Approach to Cannabis Classification, Cannabis und Cannabinoid Research 1 (2016) 202-215, <https://doi.org/10.1089/can.2016.0017>

[7] Falvio A. Franchina, Lea M. Dubois und Jean-François Focant, In-Depth Cannabis Multi-class Metabolite Profiling Using Sorptive Extraction and Multidimensional Gas Chromatography with Low and High-Resolution Mass Spectrometry, Analytical Chemistry 92 (2020) 10512-10520, <https://dx.doi.org/10.1021/acs.analchem.0c01301>

[8] [15] Cannabidiol (CBD) Wirkung & Fakten, Krankenkassen Zentrale, <https://www.krankenkassenzentrale.de/wiki/cbd>

Grafiken: YipYips Digitalagentur, Philipsstraße 2, 52068 Aachen, Deutschland, hi@yipypips.de, www.yipypips.de