


Stimmungsmacher nicht nur in der Winterzeit

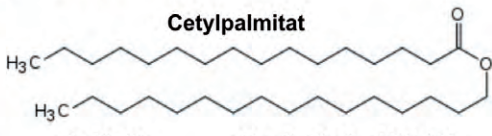
Kerzen: Varianten und Inhalte

Wolfgang Hasenpusch, Universität Siegen



$D = 0,875-0,890$;
 $Smp. = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$
 Verseifungszahl = 120-150
 Iodzahl = 62-93.

Cetylpalmitat



$C_{32}H_{64}O_2$ $D = 0,82\text{ g/cm}^3 (80\text{ }^{\circ}\text{C})$
 $M = 480,87$ $n = 1,4398 (70\text{ }^{\circ}\text{C})$
 $Smp. = 43-45\text{ }^{\circ}\text{C}$

Abbildung 1: Walrat-Öl mit seinen Parametern sowie Hauptbestandteil Cetylpalmitat mit seinen physikalischen Eigenschaften.

Wo im Laufe des Jahres nur bei Feierlichkeiten und religiösen Handlungen Wachskerzen abbrennen, ziehen sie in der kalten Jahreszeit, besonders zu den Advents- und Weihnachtstagen, millionenfach in alle Häuser ein. So viel sie zur feierlichen oder gemütlichen Stimmung auch beitragen mögen, sie sind als ein „Offenes Feuer“ mit besonderer Sorgfalt zu handhaben. Ob Kerzen beim Abbrennen schädliche Emissionen abgeben oder brandgefährlich sein können, hängt von mehreren Faktoren ab, die man nicht aus den Augen verlieren sollte.

Der Autor



Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch hält eine Honorar-Professur an der Universität Siegen in industrieller anorganischer Chemie mit den Schwerpunkten Innovationsmanagement, Recycling und Bionik. Das weite Spektrum an bearbeiteten Themen resultiert aus der vielfachen Dozenten-Tätigkeit am Deutschen Institut für Betriebswirtschaft, den Schulen der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI) sowie Universitäten.

Seit wann gibt es Kerzenlicht?

Der Umgang mit Kerzen ähnlichen Lichtern aus Fett und Talg lässt sich bis ins 3. Jahrhundert v. Chr. verfolgen. Aber schon lange bevor die Geschichte der Kerze begann, verwendeten die Menschen ölgespeiste Ampeln und Lämpchen zur Beleuchtung. Diese ersten Kerzen-Leuchten bestanden aus Stroh, Hanf oder Schilfrohr, welches in Fett, Talg oder Harz getränkt wurde. Man geht aber davon aus, dass es erst nach der Zeit um Christus gelang, eine richtige Kerze ohne Gefäß herzustellen.

Im Mittelalter beleuchteten viele wohlhabende Leute ihre Häuser mit Bienenwachskerzen. Im zweiten Jahrhundert unserer Zeitrechnung waren niedrige Kerzen aus Bienenwachs im Römischen Reich soweit entwickelt, dass sie in Innenräumen ohne übermäßige Rauchentwicklung und strengen Geruch brennen konnten.

Die Gebräuche des Christentums verhalfen dem Einsatz von Kerzen zu einer weiten Verbreitung. Seit der zweiten Hälfte des vierten Jahrhunderts n. Chr. nutzten Kirchen verschiedene Kerzenformen für religiöse Rituale und Zwecke. Dadurch entwickelte sich Bienenwachs als Kerzenrohstoff zu einem wichtigen Handelsgut. Da es sich aber um einen teuren und nur begrenzt verfügbaren Rohstoff handelte, waren diese Kerzen vor allem den Gottes- und Fürstenhäusern vorbehalten.

Gemeine Bürger verwendeten zu dieser Zeit weiterhin Talgkerzen aus Rindernierenfett oder Hammeltalg. Dieses Kerzen-Material verursachte nicht nur einen ranzigen Geruch, sondern auch qualmende Rußschwaden. Ende des 15. Jahrhunderts hielten die Bienenwachs-Kerzen auch in den Häusern wohlhabender Bürger Einzug.

Im 17. Jahrhundert wurden die Talgkerzen mit Arsenik, As_2O_3 , versetzt, um weiße Kerzen zu erhalten, was jedoch zahlreiche Vergiftungen zur Folge hatte.

Mit der Entdeckung des Walrats [1] in den Schädelknochen der Pottwale, ließen sich Öle gewinnen, aus denen glänzend weiße Kerzen

zugänglich waren. Hauptbestandteil dieser Kerzen-Massen war das Cetylpalmitat, deren Parameter der Abbildung 1 zu entnehmen sind [2].

So avancierte das 18. Jahrhundert als das „Kerzen-Jahrhundert“, denn diese preiswerten farblosen Kerzen wurden in verschwenderischer Vielzahl an Fürstenhöfen bei Hoffesten und Krönungen eingesetzt (Abbildung 2).

Erst im 19. Jahrhundert entdeckten Chemiker die Rohstoffe Paraffin und Stearin für die Kerzen-Herstellung, welche bis heute in der Kerzen-Produktion in großen Mengen zum Einsatz kommen.

Mit der Erfindung der Glühbirne letztlich 1879 durch den amerikanischen Erfinder von Thomas Alva Edison (1847-1931) verlor die Kerzenherstellung vorübergehend an Bedeutung. Heute ist die Kerze zwar kein notwendiger Gebrauchsartikel mehr, sie hat aber im Laufe der Zeit wieder an Bedeutung gewonnen. Dieser Tage dienen Kerzen neben ihrem umfangreichen Einsatz im Sakralbereich (Abbildung 3) als Dekorationsartikel, als Stimmungsbereiter und als beliebtes Geschenk [3, 4].

Aus welchem Material bestehen die Kerzen heute?

Paraffin, Bienenwachs und Stearin können sowohl in reiner Form als auch in Mischungen für Kerzen eingesetzt werden. Der Preis, die Verfügbarkeit der Rohstoffe, ihre Verarbeitbarkeit auf den bestehenden Kerzenmaschinen sowie die späteren Produkt-Eigenschaften, wie etwa der Abbrand, entscheiden über den Einsatz der Rohstoffe in der modernen Kerzenproduktion [5].

Paraffin nimmt aufgrund der guten Verarbeitungseigenschaften und seiner Verfügbarkeit den weitaus größten Platz bei der Kerzenproduktion ein (Abbildung 4).

Abbildung 3: „Kerzen-Akkumulation“ in katholischer Kirche.

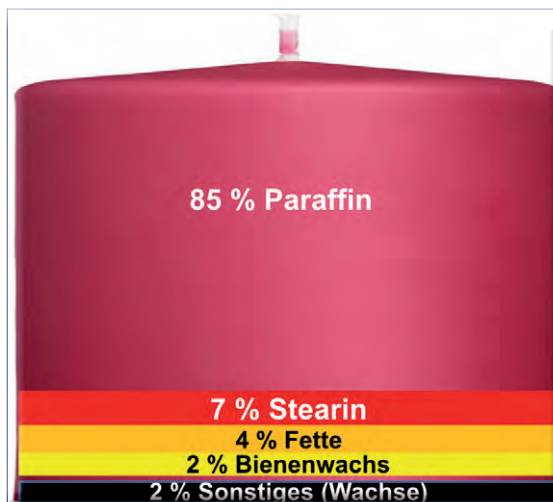


Abbildung 2: Mit Kerzen bestückter Barock-Kronleuchter (heute elektrisch!).

Paraffinwachs ist bei Raumtemperatur von 20 °C ein Gemisch von festen Kohlenwasserstoffen von wachsartiger Konsistenz. Die für die Kerzenproduktion eingesetzten Paraffine werden überwiegend aus dem fossilen Rohstoff Erdöl gewonnen. Bei der Erdöl-Raffination entsteht die so genannte Paraffingatsche als Nebenprodukt. Mit Hilfe aufwändiger nachgeschalteter Verfahrensstufen – Filtration, Entölung, Hydro-raffination – erfolgt die Aufarbeitung zu hochreinen Paraffinen. Diese ausraffinierten Paraffine unterliegen einer ständigen Qualitätskontrolle und sind aus toxikologischer Sicht unbedenklich. Paraffin wird zum Beispiel auch in der Lebensmittelindustrie und für kosmetische Produkte verwendet. Reines Paraffin ist biologisch abbaubar.

Die Erstarrungspunkte der für die Kerzenherstellung gebräuchlichen Paraffine liegen zwischen 45 °C und 70 °C. Erweichungs- und Schmelz-

Abbildung 4: Die Rohstoffe der Kerzen, 2009 (nach Sabine Hecher, Berliner Zeitung/Quelle: ECA).



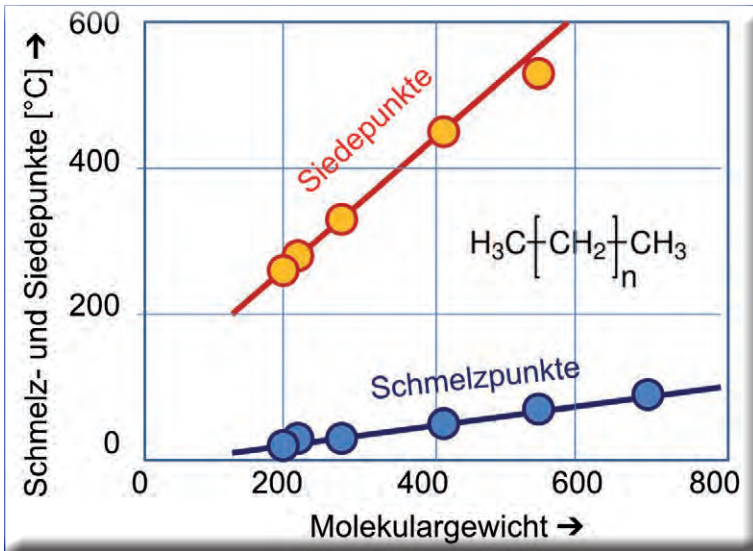
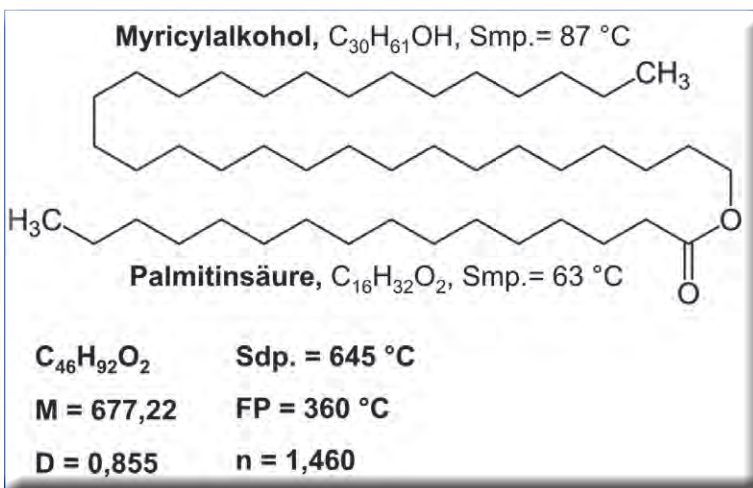


Abbildung 5: Schmelz- und Siedepunkte der n-Alkane mit steigendem Molekulargewicht.

Abbildung 6: Gepresste Bienenwachs-Platte.



Abbildung 7: Palmitinsäuremyricylester, zu 75 % Inhaltsstoff von Bienenwachs.



punkt differieren um ca. 15 °C (Abbildung 5). Weitere wichtige Parameter sind Härte, Ölgehalt und Viskosität. Aufgrund ihrer chemisch-physikalischen Eigenschaften sind Paraffine für alle Kerzenherstellungs-Verfahren geeignet [6].

Die Herstellung preiswerter Kerzen erfolgt zum größten Teil im „Pulverpress-Verfahren“ aus gepresstem Paraffin-Granulat und Docht.

Bienenwachs, der älteste Kerzenrohstoff, ist ein Stoffwechselprodukt der Honigbiene. Das Wachs wird an der Bauchseite der „Baubienen“ ausgeschieden und zum Bau der Waben eingesetzt. Die Farbe und den angenehmen Geruch bekommt das Bienenwachs im Laufe der Zeit durch den Kontakt mit Honig und Pollen (Abbildung 6). Seine Farbe schwankt von gelb über hell- und dunkelgrün bis rot-gelb und dunkelbraun. Es besitzt einen stumpfen, feinkörnigen Bruch, leichte Knetbarkeit, große Plastizität, und verhält sich in der Wärme klebrig. Naturgemäß steht dieser Rohstoff nur begrenzt zur Verfügung.

Hauptbestandteil des Bienenwachses ist der Palmitinsäuremyricylester aus Palmitinsäure und Myricylalkohol [7], dessen Struktur und Parameter in Abbildung 7 dargestellt sind. Natürliches Bienenwachs enthält eine Reihe von Verunreinigungen, die durch verschiedene Reinigungs-Verfahren entfernt werden. Oft wird es danach noch einer Bleichung mit Bleicherde oder Wasserstoffperoxid unterzogen. Weil dadurch jedoch auch die Farbe und der Geruch verloren gehen, werden hochreinem Bienenwachs zum Teil nachträglich wieder Farb- und Duftstoffe zugesetzt. Gebleichtes Bienenwachs wird für Altarkerzen verwendet. Es dient darüber hinaus als Bestandteil für Wachsgemische und wegen seiner Geschmeidigkeit zur Herstellung von Wachsplatten, wie sie für Kerzen-Verzierungen dienen [8].

Stearin besteht im Wesentlichen aus fester Palmitin- und Stearinsäure. Als Ausgangsprodukte für die Herstellung von Stearin dienen tierische und pflanzliche Fette. Tierischen Rohstoffe sind hauptsächlich Rinder- und Schweinefett, seltener Fischöl oder Fischfett. Als pflanzlicher Rohstoff ist vorrangig Palmöl zu nennen. Kerzenhersteller bevorzugen heute pflanzliche Stearinsäure-Derivate. Die Stearinsäure wird aus der Verseifung von Triglyceriden, in reiner Form aus Tristearin gewonnen (Abbildung 8). Der Erstarrungspunkt von Stearin liegt im Bereich von 52 °C bis 60 °C. Eine Besonderheit der Stearine besteht darin, dass Erweichungs- und Schmelzpunkt nahezu identisch sind. Darauf ist u.a. auch die sehr gute Temperaturstabilität von Stearinkerzen zurückzuführen [9].

Unter den gehärteten Fetten dominiert gehärtetes Palmöl mit den Hauptbestandteilen Laurinsäure, Myristinsäure und Ölsäure [10]. Durch

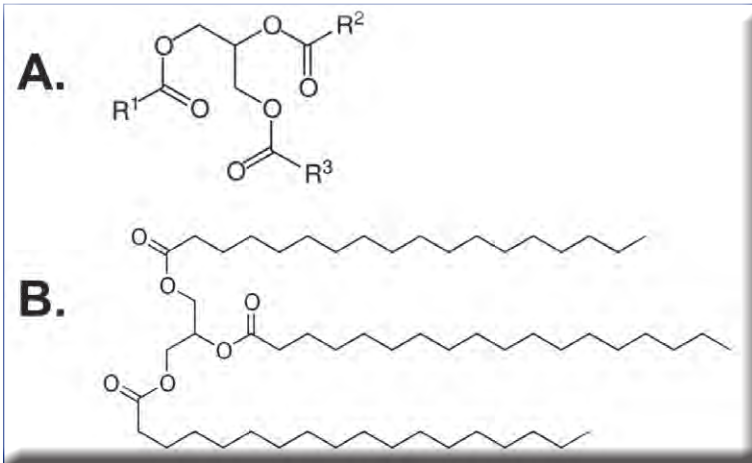


Abbildung 8: Allgemeine Struktur der Triglyceride (A) und Tristearin, ein Triglycerid, bei dem alle drei Hydroxygruppen des Glycerins mit der Stearinsäure verestert sind (B).

Abbildung 9: Durchbohrte, tropffreie Stabkerzen aus Stearin (A) vom Extruder-Band (B).

Auspressen, Entfernen der Schleimstoffe und anschließender Hydrierung mit „Raney-Nickel“ als Katalysator lässt sich die resultierende Masse zu weißen, relativ harten Kerzen verarbeiten.

Neben dem Einsatz im kirchlichen Bereich, für Grablichter und Ölkompagnon-Lichter dienen gehärtete pflanzliche Fette auch mehr und mehr für Haushalts-Kerzen zum Abbrand in Innenräumen. Aufgrund ihres hohen Duft-Bindevermögens werden gehärtete Fette besonders für stark parfümierte Kerzen verwendet.

Welche Varianten bietet der Kerzenmarkt?

Die Variationsbreite auf dem Markt der Kerzen ist in den vergangenen Jahren sehr breit geworden: Das Angebot reicht von Tischkerzen im privaten Haushalten in verschiedenen Formen, Größen, Farben, Duft-Kreationen und Zusammensetzungen über Tischdekorationen im Gastronomie-Gewerbe bis zu Kerzen in Kirchen und auf Friedhöfen.

Daneben sind diverse Verzierungen, Embleme, Zeichen und Schriften auf den Kerzen zu finden. Sie setzen sich farblich und plastisch von dem Kerzenkörper ab und bestehen zum Teil auch aus einer anderen Material-Zusammensetzung.

Auch vielfarbige Figuren, wie Teddybären, Tiere, Tänzer, Köpfe berühmter Personen, stehen als Geschenkideen zur Verfügung.

Eine kreative Idee zum Vermeiden des Tropfens stellen durchbohrte Stabkerzen dar [11]. Auch sie sind nach dem Extrudieren auf großen kreisrunde Haspeln zu transportieren und zwischenzulagern (Abbildung 9).

Neben den Dauerlicht-Kerzen in Kunststoff- oder Aluminium-Näpfen, die dutzendweise im Angebot stehen, setzen sich aus Sicherheitsgründen verstärkt die elektrischen Kerzen-Imitationen mit Flacker-Effekt und Zeitschaltuhr durch.

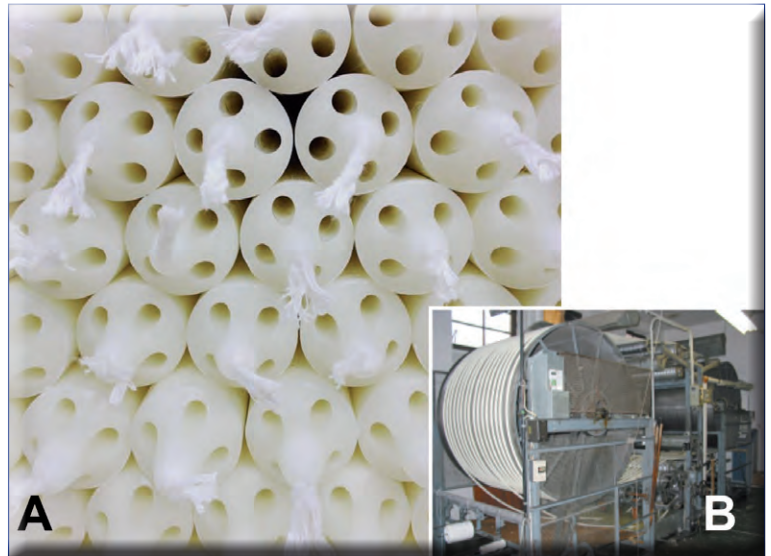


Abbildung 10: Historische Darstellungen zur Kerzenproduktion

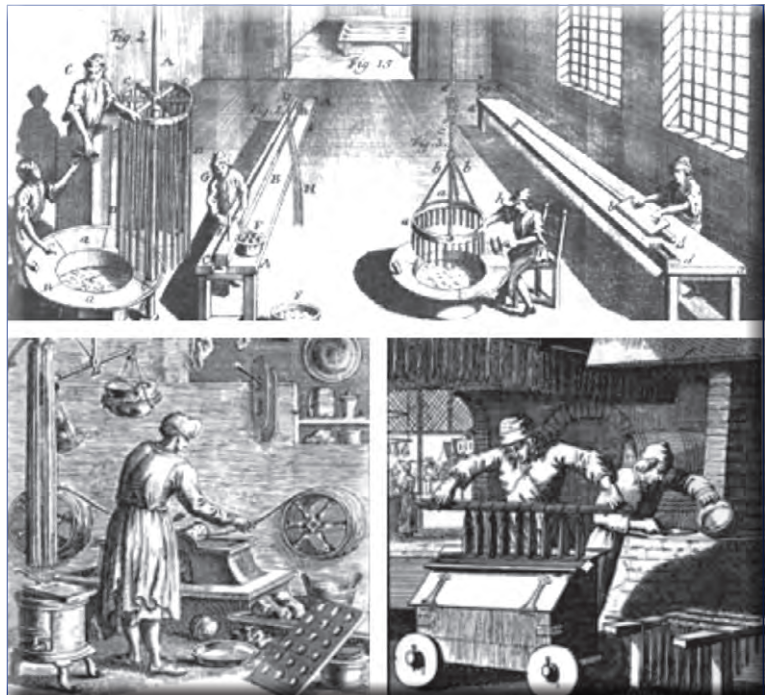


Abbildung 11:
Rückgang der
Kerzenproduktion
in Deutschland
auf etwa 50
Betriebe (2012).



Wie sehen die unterschiedlichen Herstellverfahren aus?

Die Kerzenherstellung durch „Wachszieher“ hat eine lange Tradition in Deutschland und anderen Ländern, wie historischen Bildern (Abbildung 10) und Fotografien (Abbildung 11) zu entnehmen ist. Moderne Maschinen in der Kerzen-Herstellung sind auf der Abbildung 12 zu sehen.

Es gibt mehrere Arten, Kerzen herzustellen: durch Pressen, Gießen, Ziehen, Extrudieren, Tauchen und Aufgießen [12].

Die Kerzenproduktion im Press-Verfahren hat in den letzten Jahrzehnten stark zugenommen. Man unterscheidet zwischen Stempel- und Strangpressen. Beide Verfahren gehen vom gekörnten Paraffin aus. Der Docht wird mit einer Rohrnadel automatisch eingepresst. Diese Herstellungsart wendet man bei der Produktion von

Stumpfen, Kugeln, Teelichtern und Opferlichtern an.

Die Strangpresse besteht aus einem hydraulisch betätigten Kolben, der das Paraffin in einem Kompressionsraum verdichtet und durch entsprechende Lochblenden drückt. Am Ende dieses Raumes ist ein Presskaliber angeordnet. Am Auslauf wird durch ein Führungsrohr der Docht in das Zentrum des Kerzenstranges eingeführt. Diese Herstellungs-Methode hat bei der Produktion von Altar-, Haushalts- und Spitzkerzen Priorität.

Das Gießverfahren zählt zu den ältesten Herstell-Methoden: In Formen wird in der Mitte ein Docht gespannt und dann die Form mit Wachs vollgegossen. Diese Produktionsweise findet auch heute noch seine Anwendung. Die einzelnen Gießformen weisen mannigfaltige Variationen auf. Bei verzierten Kerzen kommen mehrteilige aufklappbare Formen zum Einsatz, zum Teil auch Kautschukformen. Zur Herstellung glatter Konsum-Kerzen reihte man vor dem ersten Weltkrieg mehrere Formen aneinander, und konstruierte nach diesem Prinzip Kerzengießmaschinen. Diese Haushalts- und Baum-Kerzen werden heute meistens gezogen oder stranggepresst.

Das Zieh- oder Zugverfahren ist eines der ältesten Verfahren, um Kerzen herzustellen. Ursprünglich in Handarbeit ist dieses Verfahren in den letzten Jahrzehnten modernisiert und automatisiert worden, so dass die Kerzen auch heute noch in einigen Wachs-

Abbildung 12:
Automaten zur
Kerzenproduktion.



Ziehereien auf diese Art produziert werden. Man benötigt dazu eine Zugmaschine, die aus zwei Zugtrommeln von etwa 1,5 m Durchmesser besteht. Sie sind bei halbautomatischen Zugmaschinen im Abstand von 4 bis 5 m bzw. im Abstand von bis zu 10 m im Falle kontinuierlich arbeitender Kerzen-Zuganlagen aufgestellt. Die Trommeln können mehrere hundert Meter Dochtstrang aufnehmen. Das Dochtband durchläuft mehrfach ein Wachsbad, wobei die Wachsschichten jeweils zwischendurch aushärten. Ist der gewünschte Durchmesser erreicht, gelangt der Wachsstrang in die Weiterverarbeitung [13].

Wie groß ist der Kerzenmarkt?

Im zentraleuropäischen Raum sind über 90% der Kerzen Paraffinkerzen, d. h. bestehen aus Paraffin. Stearinkerzen haben einen Anteil von schätzungsweise 3% - 4%. Stearin wird in einem gewissen Umfang für die Herstellung von Tafelkerzen und Spitzkerzen eingesetzt, entweder für die gesamte Brennmasse oder als Zusatz bis 25% zum Paraffin. In manchen anderen Ländern hat Stearin einen größeren Anteil, z. B. in Norwegen und Schweden. Der Prozentsatz von Kerzen aus Bienenwachs beschränkt sich in der zentraleuropäischen Kerzen-Produktion auf etwa 0,5%. Bienenwachs ist ein knapper Rohstoff und teuer. Bienenwachs stellt wegen seiner Viskosität etwas höhere Anforderungen an die Verarbeitung. Die Verfahren Ziehen und Pulverpressen eignen sich nicht. Die fertigen Kerzen haben die sympathische Bienenwachsfarbe und den leichten Honigduft. Die Brennqualität ist keinesfalls besser als diejenige von Paraffin- und Stearinkerzen. Für die Produkte Grablichte, Brenner, Öllichte wird auch festes Pflanzenfett, Fett tierischen Ursprungs sowie gehärtetes Pflanzenöl eingesetzt.

Angesichts der Elektrifizierung und LED-Kerzenimitate mag man nicht für möglich halten, dass der Kerzenabsatz boomt. Nach Angaben der European Candle Association, ECA, hat umgerechnet jeder EU-Bürger im Jahr 2015 rund 1,3 Kilo Kerzen gekauft, noch 3,4% mehr als im Vorjahr. Die Deutschen verbrennen sogar doppelt so viel wie der EU-Durchschnittsbürger: 2,6 Kilo pro Jahr [14].

2016 erhöhte sich der Kerzenkonsum im Vergleich zum schon starken Vorjahr erneut in deutlicher Weise. Er lag bei etwa 741 300 Tonnen (+ 7,1%, + 49 200 Tonnen). Der Wert der verbrauchten Kerzen stieg im gleichen Zeitraum um 2,0% oder etwa 36 Millionen Euro. Damit hat im Jahr 2016 jeder Bürger der Europäischen Union durchschnittlich 1,45 kg Kerzen (+ 6,7%) im Einkaufswert von 3,60 Euro (+ 1,6%) konsumiert.

Bei der Stearinsäure für die Kerzenproduktion liegen die aktuellen Preise für Kleinmengen prak-

tisch linear bei 6,00 Euro/kg (Abbildung 13). Die europäischen Kerzenhersteller konnten ihre Produktion um 4,7% bzw. 29 900 Tonnen steigern. Der Export ging im Vergleich zum Vorjahr leicht um 1,0% (- 580 Tonnen) zurück.

Aus dem Jahr 2009 liegt eine Angabe über die Produktionsmengen in den einzelnen europäischen Ländern vor [15], wobei Polen und Deutschland in den Produktionsmengen deutlich dominieren (Abbildung 14).

Die Einfuhren stiegen im gleichen Zeitraum um fast 17% bzw. 18 700 Tonnen an. Der Anteil der in Europa hergestellten Kerzen am Gesamtverbrauch liegt weiterhin auf hohem Niveau [16].

2008 hatte die Europäische Kommission gegen mehrere Kerzen-Produzenten wegen der Beteiligung an einem „Wachskartell“ eine Geldbuße von 676 Millionen Euro verhängt. 13 Jahre lang einigten sich die Unternehmen in wettbewerbs-

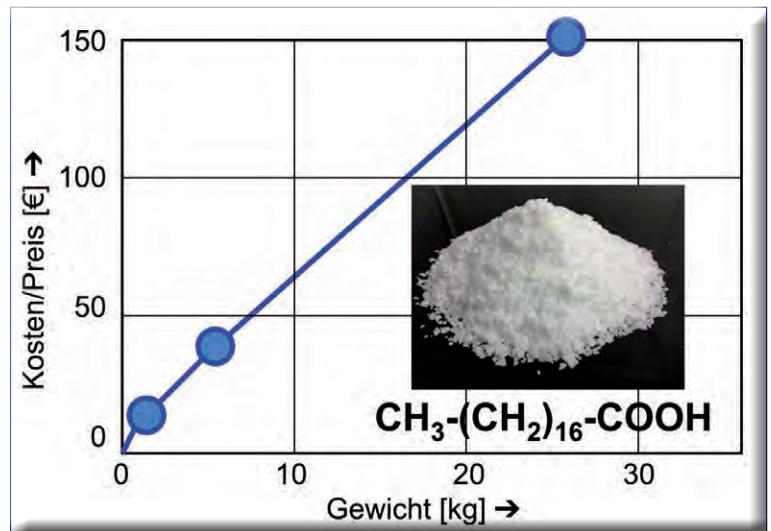
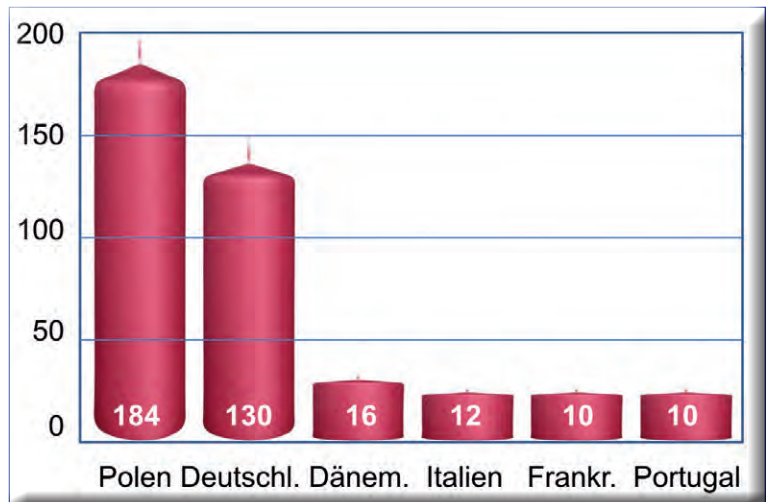


Abbildung 13: Marktpreise von Stearinsäure für die Kerzenproduktion (2018).

Abbildung 14: Kerzenproduktion in der EU (in Tausend; 2009).



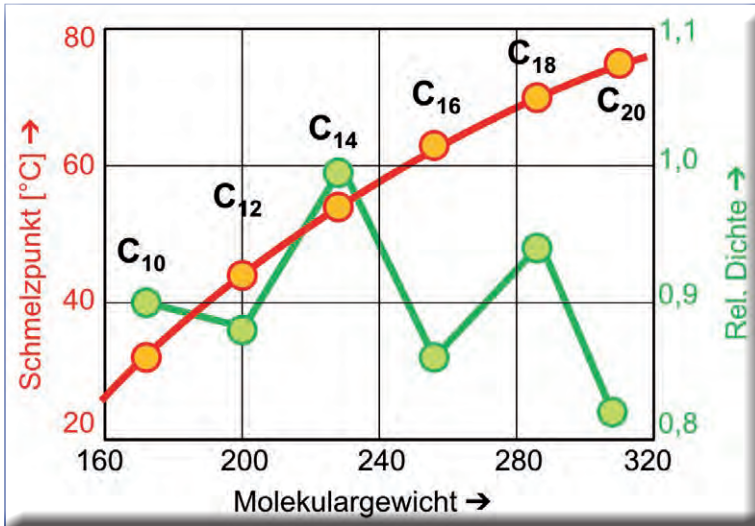


Abbildung 15: Schmelzpunkte (rot) und Dichten (grün) der höheren n-Carbonsäuren in Relation zum Molekulargewicht.

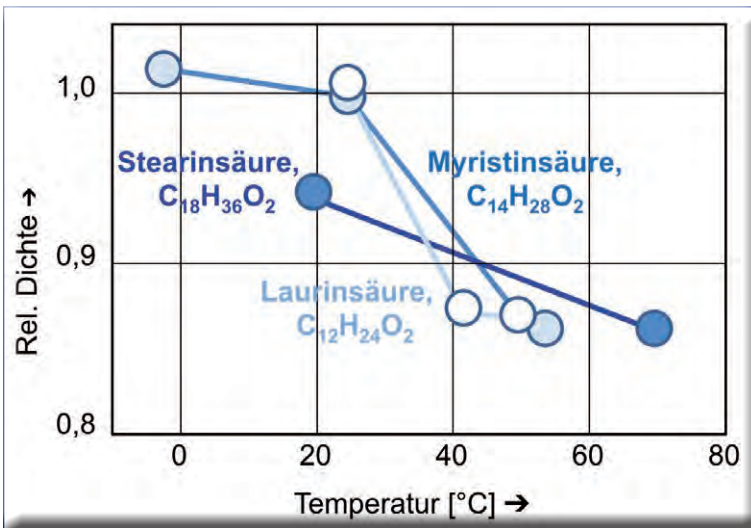
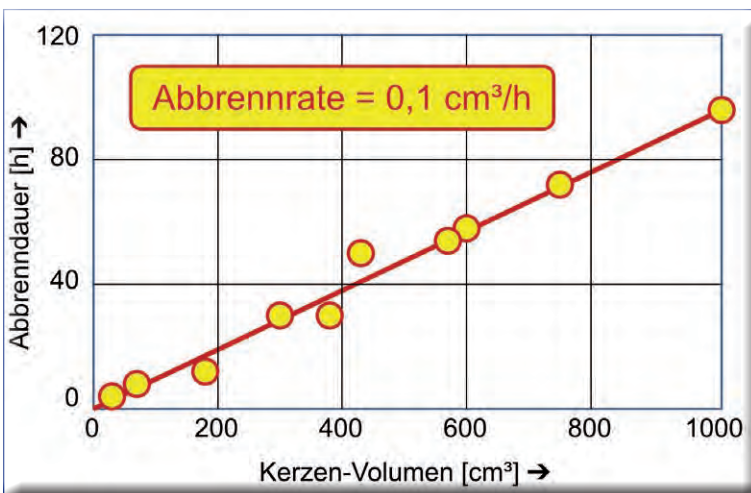


Abbildung 16: Starker Dichte-Abfall mit steigender Temperatur bei den n-Carbonsäuren.

Abbildung 17: Korrelation zwischen Volumen und Abbrenndauer von Stumpenkerzen der Fa. Moera, Krumbach.



schädlicher Weise auf erhöhte Preise für Paraffin-Wachs.

Kerzen-Parameter und Kerzen-Qualität

Paraffin, Bienenwachs und Stearin können sowohl in reiner Form als auch in Mischungen für Kerzen eingesetzt werden. Der Preis und die Verfügbarkeit der Rohstoffe, ihre Verarbeitbarkeit auf den bestehenden Kerzenmaschinen sowie die späteren Produkteigenschaften (z.B. beim Abbrand) entscheiden letztlich über den Einsatz der Rohstoffe in der modernen Kerzenproduktion. Paraffin nimmt aufgrund der guten Verarbeitungseigenschaften und seiner Verfügbarkeit den weitaus größten Platz bei der Kerzenproduktion ein.

Auch in der Kerzenherstellung wird heute vermehrt auf die Umweltverträglichkeit und auf das Verarbeiten von erneuerbaren Rohstoffen gesetzt. Dafür werden unter anderem immer öfter pflanzliche oder tierische Fette für die Kerzenherstellung verwendet.

Ein wichtiger Parameter bei Kerzen ist in der Material-Beschaffenheit zu suchen. Dabei spielen Dichte und Schmelzpunkte eine wichtige Rolle. In der Abbildung 15 sind die Schmelzpunkte und alternierenden relativen Dichten der n-Carbonsäuren bei steigenden Molekulargewichten dargestellt. Die Abbildung 16 verdeutlicht die Abnahme der Dichte von drei n-Carbonsäuren mit steigender Temperatur. Diese Volumenzunahme des Kerzenmaterials mit der Temperatur ist auch einer der Gründe, warum an Kerzen Tropfnasen entstehen.

Ein weiterer Kennwert für Stabkerzen ist die spezifische Abbrenndauer pro cm³. Bei gleicher Zusammensetzung der Kerze und gleichem Durchmesser zeigt sich die Korrelation zwischen Volumen und Abbrenndauer linear (Abbildung 17). Variieren Kerzen-Durchmesser und -Höhe, bestimmt das Abmessungs-Verhältnis die Brenndauer (Abbildung 18): Eine 15 cm hohe Kerze mit 8 cm Dicke brennt 64 % länger als eine 6 cm dicke Kerze gleicher Höhe, was nur einer Volumen Zunahme von 33 % entspricht.

8 cm dicke Kerzen der Höhen 12 und 20 cm verhalten sich in ihren Abbrenndauern wie 1 zu 1,67, exakt wie die Höhen-Verhältnisse. Aus diesem Grund dienten Kerzen früher auch als Zeitmesser, indem in gleichen Abbrenn-Abständen eingelegte Kugeln die verflossenen Stunden anzeigten, indem sie hörbar auf die Unterlage herabfielen.

Vor den Advents-Tagen 2016 prüfte die DEKRA, Stuttgart, wie seit über 20 Jahren schon, die Qualität von Kerzen verschiedener Anbieter auf Konformität mit der entsprechenden RAL-Richtlinie GZ 041 [17]. Bei Erfüllung der Anforderungen

bekommen die Kerzen das RAL-Gütesiegel (Abbildung 19).

Was ist für einen schadlosen Kerzen-Einsatz zu beachten?

Ärzte bescheinigen, dass Vergiftungen durch Stearinsäure, selbst nach Verzehr einer größeren Menge von einigen Gramm eher unwahrscheinlich seien. Auch sind Augen- und Hautreizungen nicht zu erwarten. Eine erhöhte Aufmerksamkeit sollte auf die inhalativen Expositionen gegenüber Aerosolen, heißen Dämpfen und Flamm-Abgasen liegen, auf Haut-Verbrennungen durch Kerzenwachs-Schmelzen sowie ganz besonders auf den vorsorgenden Brandschutz.

Emissionen

Die Kerzenflamme entsteht durch die Verbrennung von Kerzenwachs mit dem Sauerstoff der Luft. Dabei lassen sich Temperaturen von über 1000 °C an der Spitze der Flamme messen (Abbildung 20). Ferner bilden sich bei optimaler Verbrennung erhebliche Mengen an Kohlendioxid auf Kosten des Sauerstoffs im Raum (Abbildung 21).

Da kommt man überschlagsmäßig bei vier 10 x 6 cm-Kerzen eines Adventskranzens auf fast 2 m³ CO₂ und einen Luft-Verbrauch von 10 m³, wenn er den ganzen Tag brennt. Für Tiere in Bodennähe kann das schon gefährlich werden, denn Kohlendioxid ist schwerer als Luft und reichert sich am Boden an.

So wie die Klimabilanz von Erdölprodukten immer negativ ausfällt, gilt das auch für Kerzen aus Paraffin. Das Abbrennen von 150 000 Tonnen Paraffinkerzen alleine in Deutschland setzt jährlich theoretisch rund 525 000 Tonnen CO₂ frei.

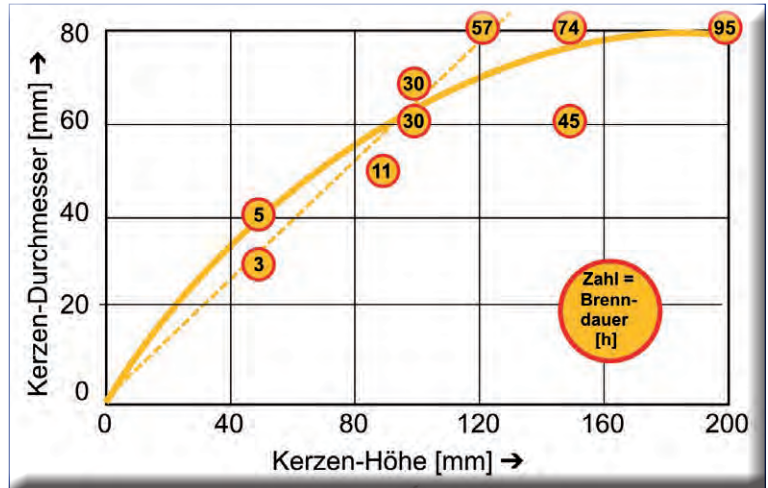


Abbildung 18: Charakteristik von Stumpen-Kerzen der Fa. Moera, Krumbach: Kerzen-Abmessungen und Brenndauer.

Abbildung 21: Überschlagsrechnung zum Sauerstoff-Verbrauch und CO₂-Bildung beim Wachskerzen-Abbrand.

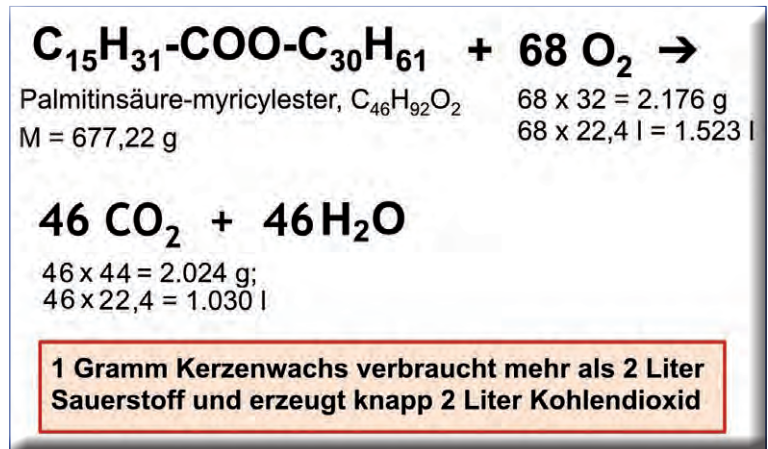


Abbildung 19: RAL-Gütezeichen für Kerzen (RAL = Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung, ehemals "Reichs-Ausschuss für Lieferbedingungen").

Allgemeine Güte- und Prüfbestimmungen für Kerzen – RAL-GZ 041

- Besondere Güte- und Prüfbestimmungen für Haushaltskerzen, Spitzkerzen, Stumpenkerzen und andere Kerzen
- Besondere Güte- und Prüfbestimmungen für Lichte im Innenbereich
- Besondere Güte- und Prüfbestimmungen für Teelichte
- Besondere Güte- und Prüfbestimmungen für Grablichte
- Anforderungen an die Auswahl der eingesetzten Roh- und Hilfsstoffe
- Durchführungsbestimmungen für die Verleihung und Führung des Gütezeichens Kerzen

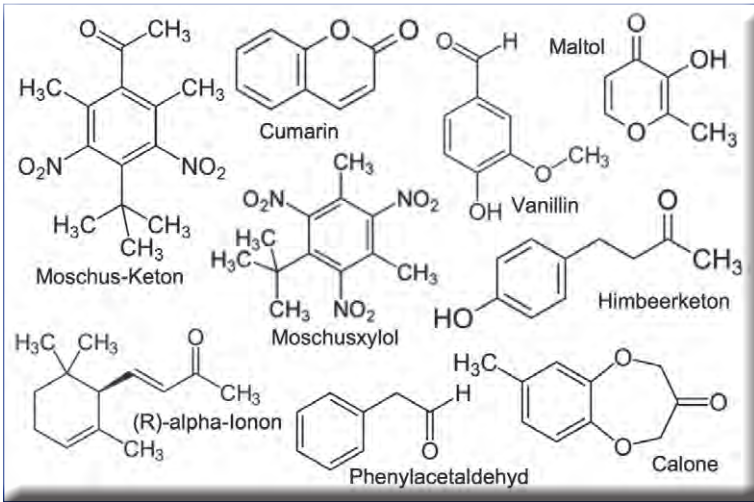


Abbildung 22: Aromatische Strukturen einiger Duftstoffe.

Abbildung 23: Teelicht-Häuschen aus Salzteig?
<http://www.stadtlandkind.info>



Nach einer Studie der South Carolina State University aus dem Jahr 2009 geben Paraffinkerzen etliche bedenkliche Substanzen in den Raum ab, darunter Alkane, Alkene, Ketone, Toluol und Benzol. Das beeinträchtigt noch keinen Menschen, der gelegentlich Kerzen anzündet. Bei häufiger Verwendung von Kerzen, besonders wenn sie gefärbt oder mit Duftstoffen versehen sind, über einen längeren Zeitraum hinweg, kann jedoch das Einatmen dieser gefährlichen Stoffe die Entwicklung von Krankheiten begünstigen, wie auch Allergien, Asthma und sogar Krebs als Folgeschäden bewirken [18].

Besonders angesichts der zahlreichen aromatenhaltigen Parfüms in Duftkerzen ist die Toxizität der Verbrennungsgase leicht nachvollziehbar (Abbildung 22).

Eingehausten Kerzen in Gläsern, Laternen, Salzteig-Gebäuden oder ähnlichem ist die ungestörte Verbrennung durch ausreichende Luftzufuhr oft genommen, so dass giftige Emissionen und Ruß-Bildung in verstärktem Maße auftreten (Abbildung 23). In diesem Fall ist den elektrischen Kerzen-Imitationen der Vorzug zu geben.

Brandgefahren

Kerzen in geschlossenen Räumen brennen zu lassen, bedeutet stets erhöhte Aufmerksamkeit der Bewohner. Das gilt vor allem in der Zeit nach den Festtagen, wenn angetrocknetes Grün leicht Feuer fangen kann (Abbildung 24). Vergessene, unbeobachtete oder falsch angebrachte brennende Kerzen lösen immer wieder gefährliche



Abbildung 24: Brennende Weihnachtsbäume (A, C) und Adventskranz mit Kerzen (B).

Brände aus. Der Deutsche Feuerwehrverband beklagt jedes Jahr an die 12 000 Einsätze allein zur Advents- und Weihnachtszeit [19].

Auch dicht zusammenstehende Dauerlichter, wie in Abbildung 25 veranschaulicht, bergen ein erhöhtes Risiko. Denn die Verdampfung der Kerzenmasse kann durch Erwärmung von benachbarten Lichtern derart stark zunehmen (Abbildung 26), dass die Flammpunkte der Wachse überschritten werden und zu Großbränden führen. Denn schon bei ca. 200 °C steigt die Verdampfung der Kerzenwachs so stark an, dass die untere Explosionsgrenze überschritten wird, die bei höher molekularen Paraffinen deutlich unterhalb eines Volumen-Prozents liegt.

Die Flammpunkte steigen linear mit dem Schmelzpunkt der Kerzenmassen, wie am Beispiel der Paraffine ersichtlich ist (Abbildung 27).

Da Kerzenmassen ab 50 °C zu schmelzen beginnen, sind auch Flammpunkte ab 200 °C zu erwarten.

Kerzen-Recycling

Weil auch Kerzen aus nicht nachwachsenden Rohstoffen, wie dem Paraffin, entstehen, ist ein Recycling oder zumindest eine Weiterverwertung der Reste von Bedeutung. Abhängig von Gewicht und Reinheitsgrad verrechnen einige Hersteller und Vertreiber entsprechende Vergütungen für Kerzenreste.

So lassen sich beispielsweise pro kg Altwachs aus Stumpfen und Kirchenkerzen noch bis zu Euro 0,50 inkl. 20 % Umsatzsteuer Erlösen, und

Abbildung 25: Gefährliches Aneinanderstellen von Dauerlichtern.

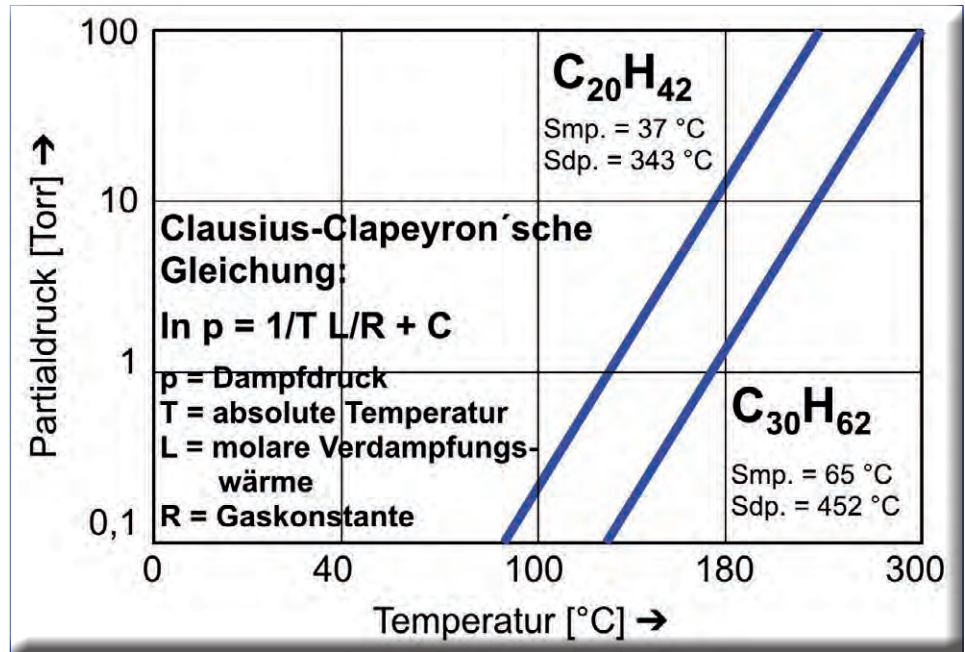


Abbildung 26: Dampfdruck-Geraden der Paraffin-Komponenten Eicosan, $C_{20}H_{42}$ und Triacontan, $C_{30}H_{62}$ im $\lg p-1/T$ -Diagramm.

ab 20 kg übernehmen die Recyclingfirmen auch noch die Transportkosten [20].

Das industrielle Paraffin-Recycling ist auf mehreren Wegen möglich: beispielsweise durch Lösen in Methylethylketon wie auch Aceton und Toluol und Auskristallisieren bei -30 °C oder durch adsorptive Trennung mit Hilfe von Molekularsieben, z. B. nach dem „Parex-Verfahren“, ein cyclischer Adsorptions-Desorptions-Prozess, der aus der Gasphase bei Temperaturen von 300 bis 400 °C und Drücken von 0,5 bis 1,0 MPa erfolgt [21, 22].

Abbildung 27: Lineare Beziehung zwischen den Schmelz- und Flammpunkten der höheren n-Alkane.

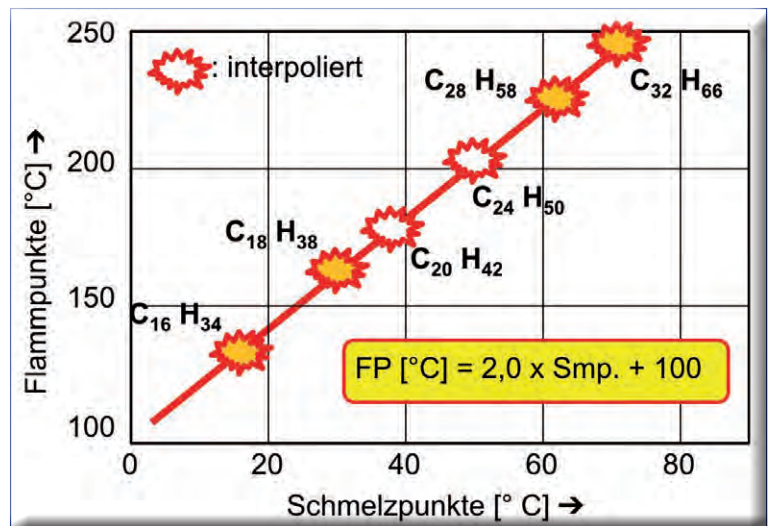




Abbildung 28: Kerzen-Recycling mit dem patentierten Schmelzfeuer der Fa. Denk, Coburg, mit nichtbrennbaren Dauerdocht aus Glasfasern, Prinzip-Skizze und Keramik-Design.

Allerdings lassen sich auch Kerzenreste selbst zu einer Fackel verarbeiten. Eine entsprechend einfache Vorrichtung lässt sich selbst herstellen oder in optimierter Form vom Markt beziehen [23], wofür die Abbildung 28 ein Beispiel zitiert.

Mit hunderten von Kerzenwachs-Fackeln schützen Winzer die jungen Triebe von Weinpflanzen vor den Nachfrösten; auch Obstbauern nutzen diese Wärmequellen (Abbildung 29). 200 dieser Fackeln sind je Hektar notwendig, um die Temperatur bei windstillen Frostnächten um ein Grad Celsius zu erhöhen. Die Winzer selbst begleiten diese Aktion mit größter Aufmerksamkeit [24].

CLB

Literatur

- [1] <https://de.wikipedia.org/wiki/Walrat>
- [2] <https://de.wikipedia.org/wiki/Cetylpalmitat>
- [3] <https://de.wikipedia.org/wiki/Kerze>
- [4] <https://www.balthasar.ch/kerzen/bedeutung-geschichte.html>
- [5] <https://www.balthasar.ch/kerzen/herstellung-rohstoffe.html>
- [6] <https://de.wikipedia.org/wiki/Paraffin>
- [7] <https://de.wikipedia.org/wiki/Myricylpalmitat>
- [8] <https://de.wikipedia.org/wiki/Bienenwachs>
- [9] <https://de.wikipedia.org/wiki/Stearin>
- [10] <https://de.wikipedia.org/wiki/Palm%C3%B6l>
- [11] <https://www.kerzenkampagne.com/shop/>
- [12] <https://de.wikipedia.org/wiki/Kerzenherstellung>
- [13] <http://gasser-kerzen.com/wissenswertes/herstellungsverfahren.html>
- [14] <http://www.faz.net/aktuell/stil/drinne-draussen/kerzenabsatz-boomt-es-zaehlt-allein-der-schoeneschein-14525083.html>
- [15] S. Hecher, Berliner Zeitung/Quelle: ECA (2010)
- [16] https://www.eca-candles.com/index.php?rubrik=9&sprach_id=en
- [17] <https://www.zdf.de/verbraucher/wiso/teuer-oder-billig-kerze-100.html>
- [18] <https://www.codecheck.info/news/Koennen-Kerzen-krank-machen-103164>
- [19] <https://www.welt.de/finanzen/versicherungen/article11606367/12-000-Mal-brennt-es-an-den-Festtagen-in-Deutschland.html>
- [20] office(at)gasser-kerzen.com (Beispiel)
- [21] <https://www.spektrum.de/lexikon/chemie/paraffin/6711>
- [22] <https://www.spektrum.de/lexikon/chemie/parex-verfahren/6733>
- [23] <https://www.schmelzfeuer.de/schmelzfeuer/idee-recycling.html>
- [24] <http://www.duda.news/welt/kerzen-im-weinberg-gegen-frost/>

Abbildung 29: a) Wärmende Kerzenfackeln im frostigen Weinberg (Foto: Tabo Candles) oder auch b) Frostkerzen als Frostschutz in einer blühenden Aprikosenkultur im Rhonetal (Foto: Christian Chazalet).

