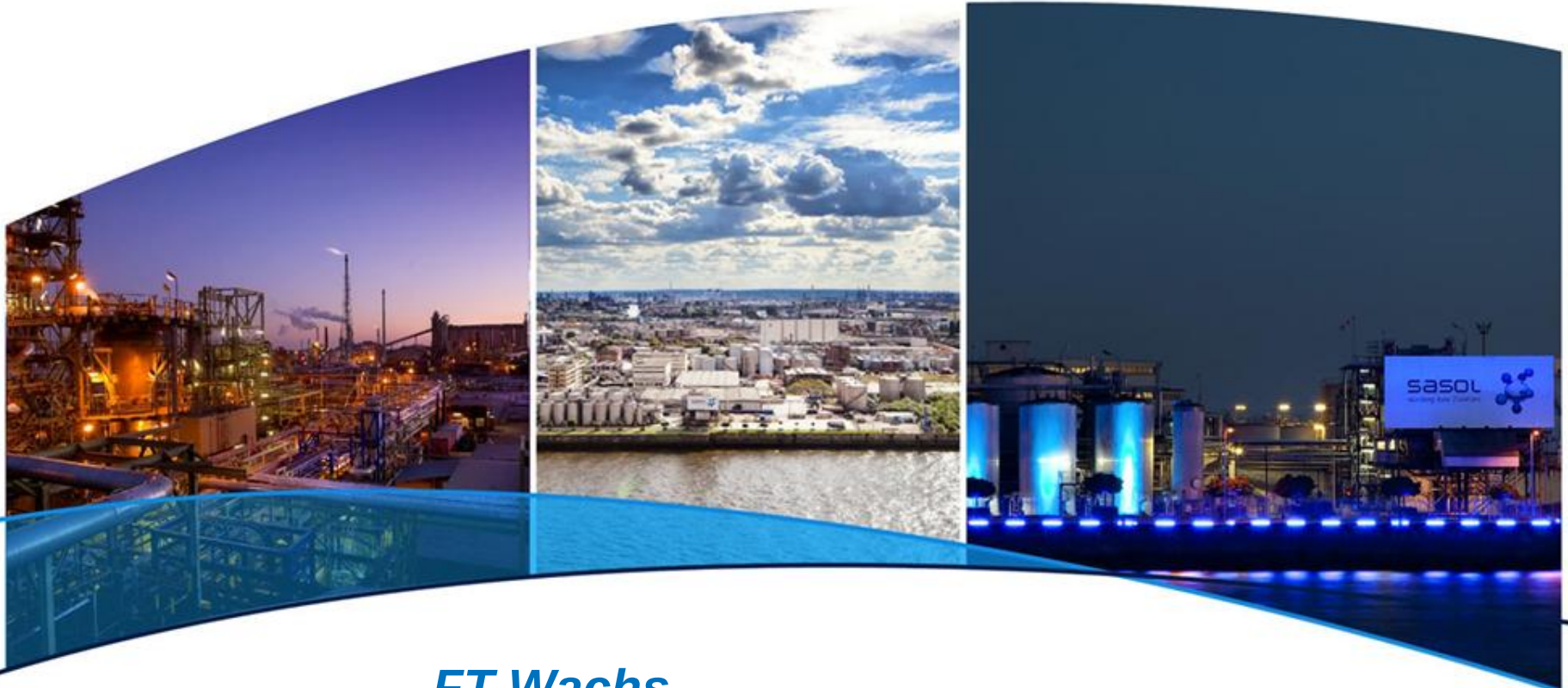




***FT Wachs –  
Kerzenbrennmasse der nächsten Generation  
Helmut Gutberlet***

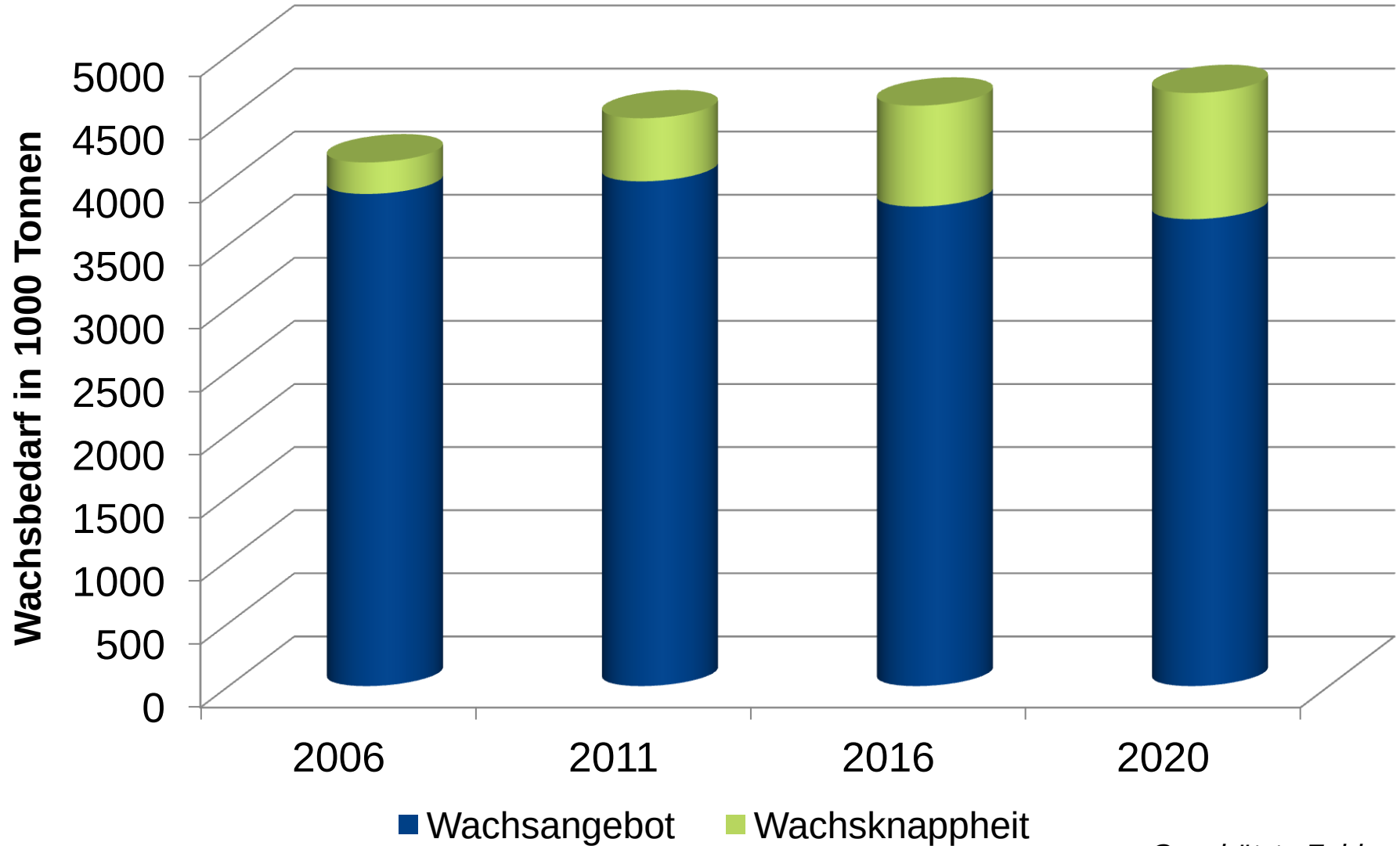
- **Einführung**
- Fischer-Tropsch Prozess
- Struktur und Eigenschaften von FT Wachs
- Anwendungen von FT Wachs in der Kerze
- Brenneigenschaften von FT Wachs
- Nachhaltigkeit und Ausblick

Wir alle wollen schöne Kerze in aller Vielfalt haben.  
Werden wir in der Lage sein, sie alle in Zukunft herzustellen?



# Einführung

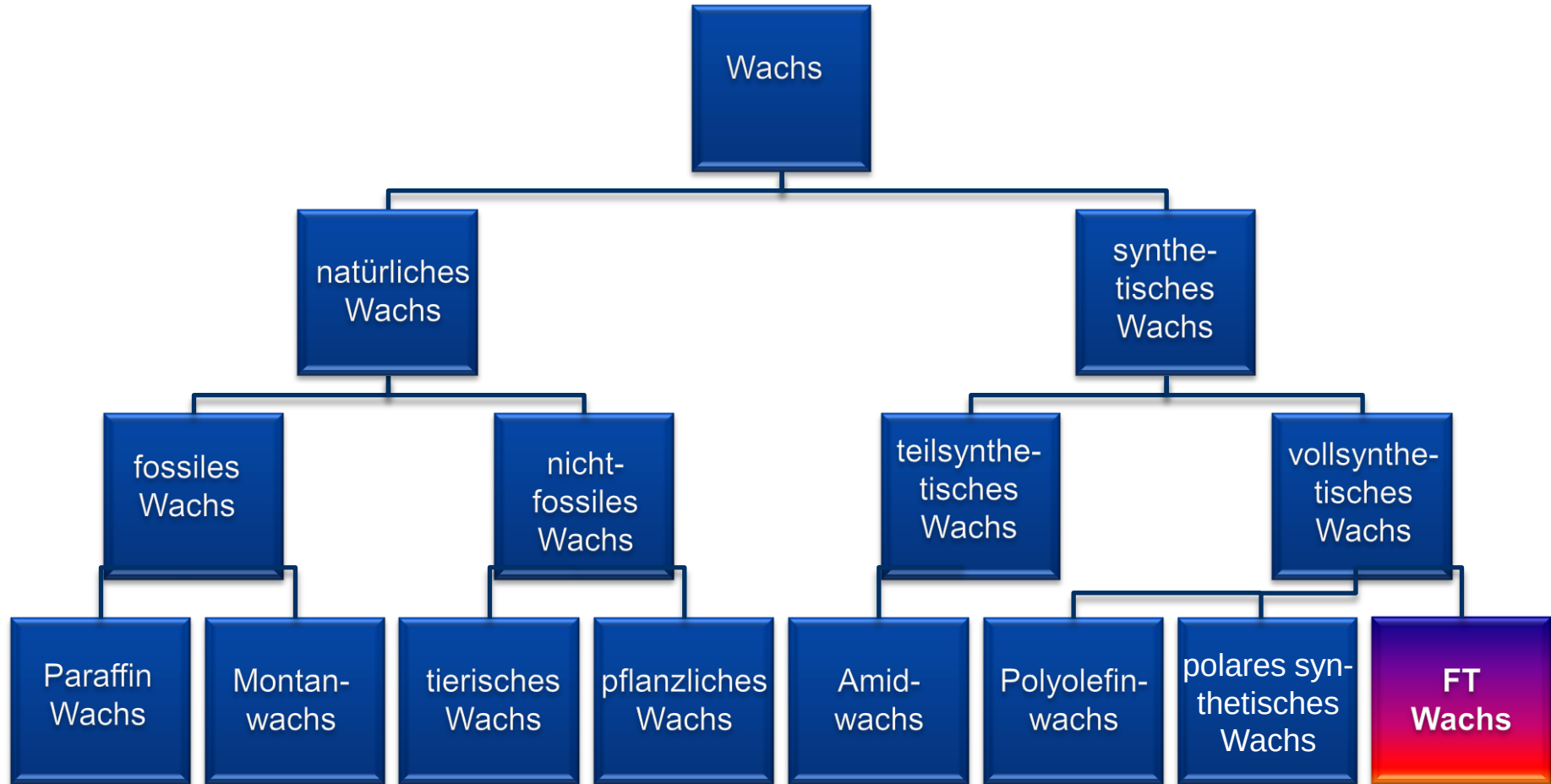
## Weltweiter Wachsbedarf



*Geschätzte Zahlen*

# Einführung

## Klassifikation der Wachse



- Einführung
- **Fischer-Tropsch Prozess**
- Struktur und Eigenschaften von FT Wachs
- Anwendungen von FT Wachs in der Kerze
- Brenneigenschaften von FT Wachs
- Nachhaltigkeit und Ausblick

# Einführung

## Geschichte des FT Prozesses



Prof. Dr. Franz **Fischer**  
1877 - 1947

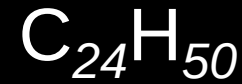
Erfinder des Fischer-  
Tropsch (FT)  
Prozesses (1925)

Kaiser-Wilhelm Institut  
für Kohlenforschung,  
Mülheim

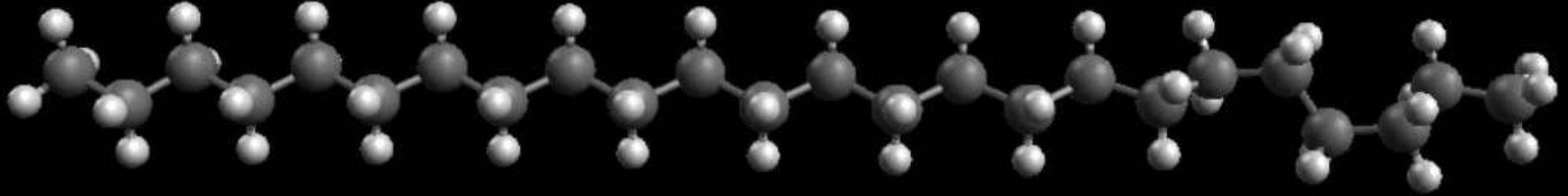


Dr. Hans **Tropsch**  
1889 - 1935

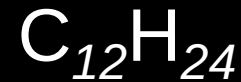
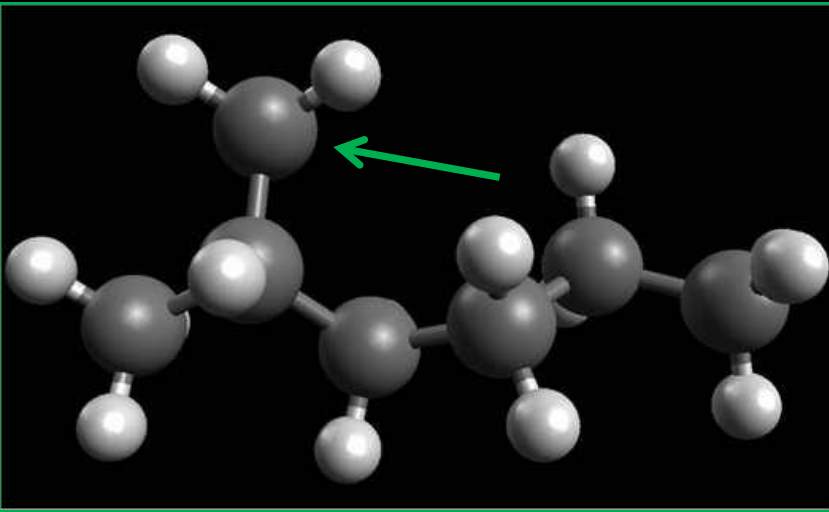
**Fischer-Tropsch Prozess**  
**Kohlenwasserstoff-Moleküle**



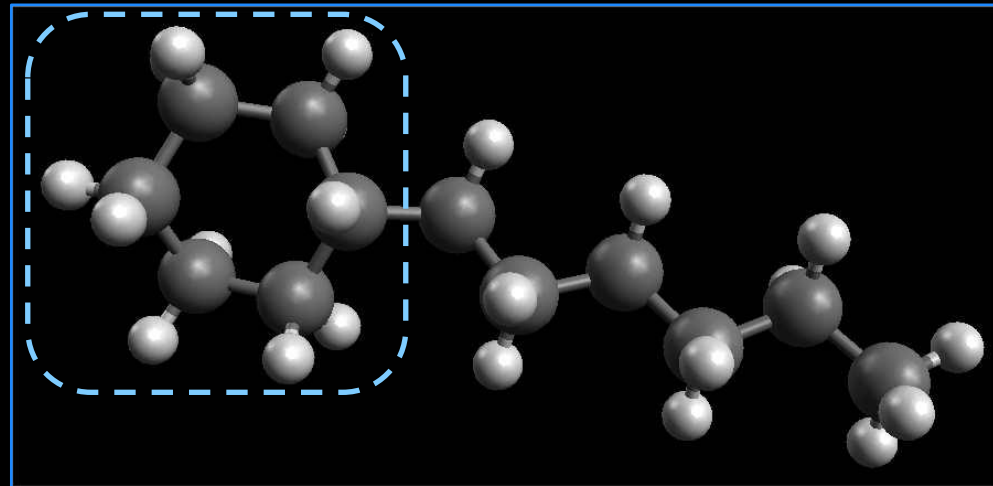
*n*-Alkane, linear



*iso*-Alkane, verzweigt



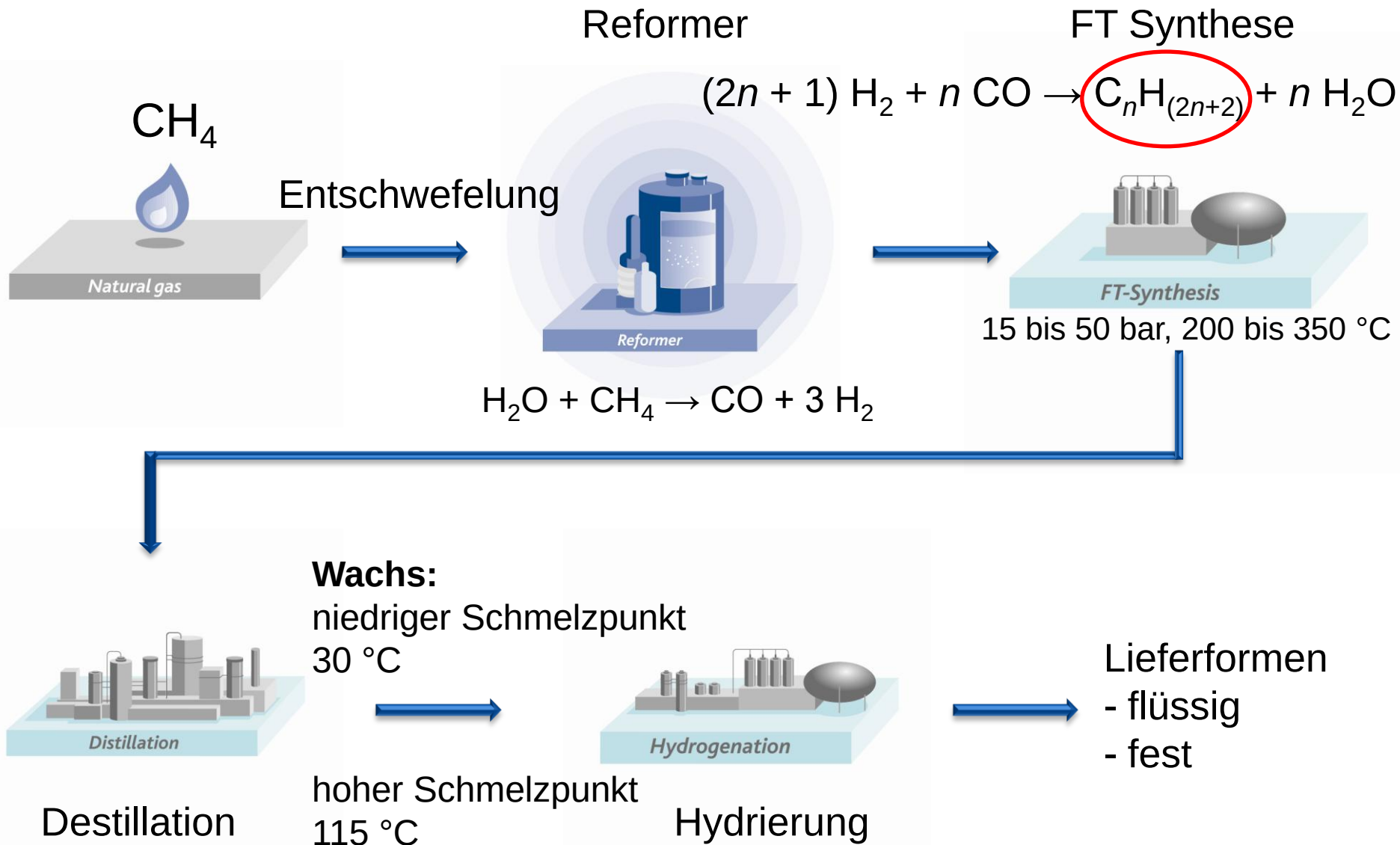
Cykloalkane



Bemerkung: FT Wachse enthalten keine Cykloalkane



# Fischer-Tropsch Prozess



# *Fischer-Tropsch Prozess*

## *Ausgangsmaterialien*

FT Prozesse können je nach Ausgangsmaterial für die Herstellung von Synthesegas unterschieden werden:

- Erdgas – **GTL**, **G**as to Liquid
- Kohle – **CTL**, **C**oal to Liquid
- Biomasse – **BTL**, **B**iomass to Liquid



**Der FT Prozess kann nicht nur Wachs produzieren, sondern auch andere Produkte:**

- Diesel
- Naphtha
- Kerosin
- Grundöl
- Paraffinöl
- usw.



# Fischer-Tropsch Prozess Produktionsstandorte



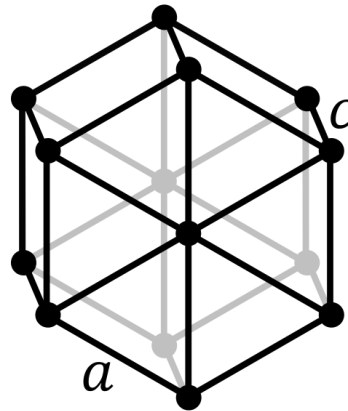
● bestehende Produktion

- Einführung
- Fischer-Tropsch Prozess
- **Struktur und Eigenschaften von FT Wachs**
- Anwendungen von FT Wachs in der Kerze
- Brenneigenschaften von FT Wachs
- Nachhaltigkeit und Ausblick

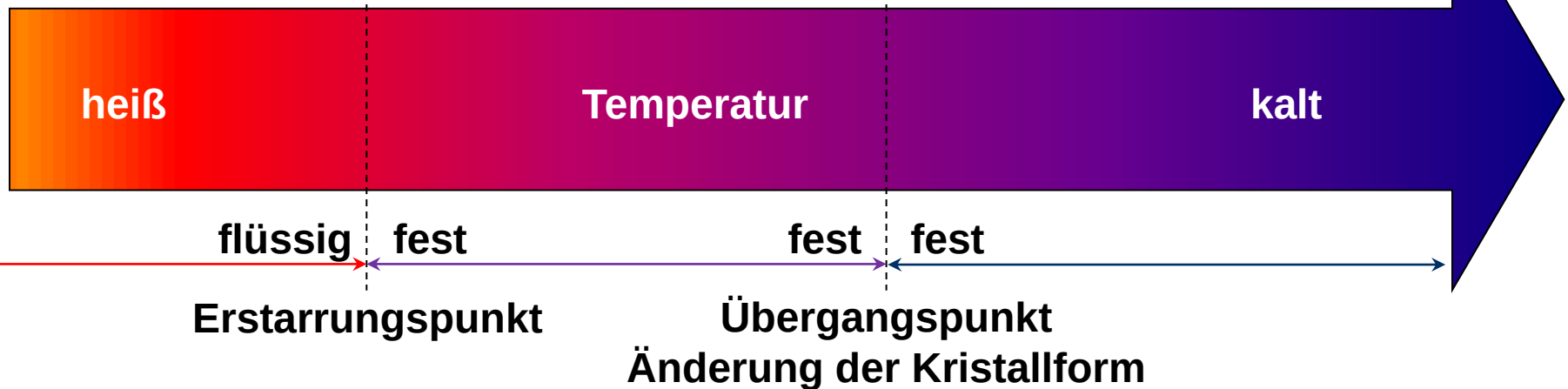
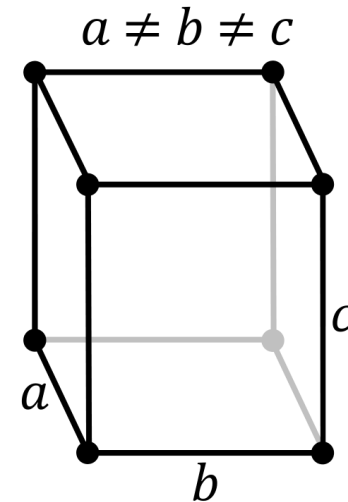
# Struktur und Eigenschaften von FT Wachsen Kristalle

**keine** Kristalle  
heiß und flüssig

**hexagonale** Kristalle  
warm und weich  
(Erstarrungspunkt  
< 75 °C)

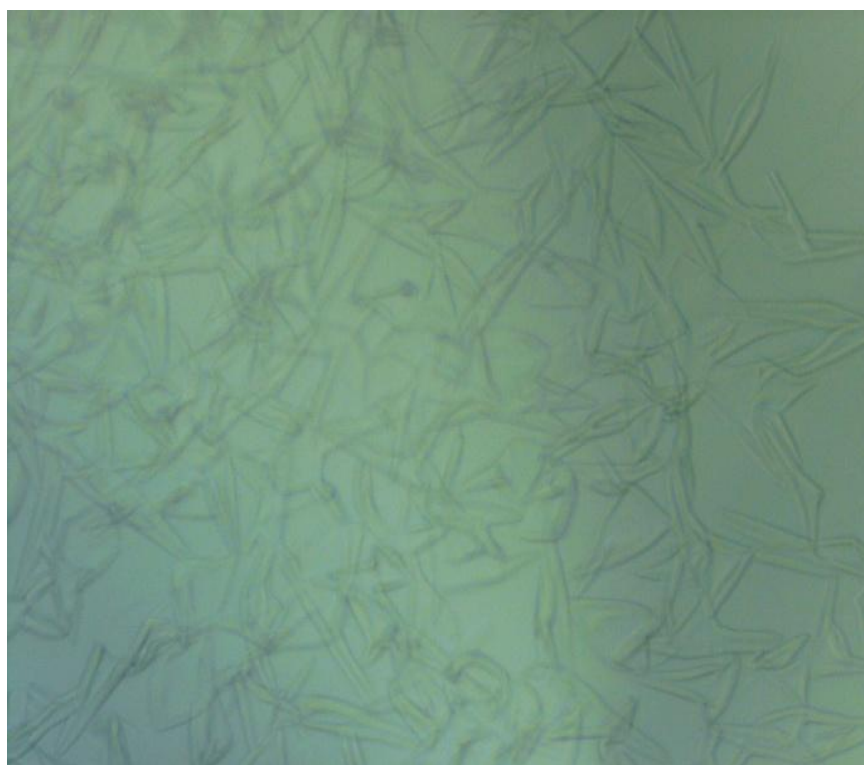


**orthorhombische** Kristalle  
kalt und hart



# Struktur und Eigenschaften von FT Wachsen

## Betrachtung mit optischem Mikroskop



**Paraffin** - Kristallstruktur.  
Es kristallisiert in der Form von  
Nadeln.

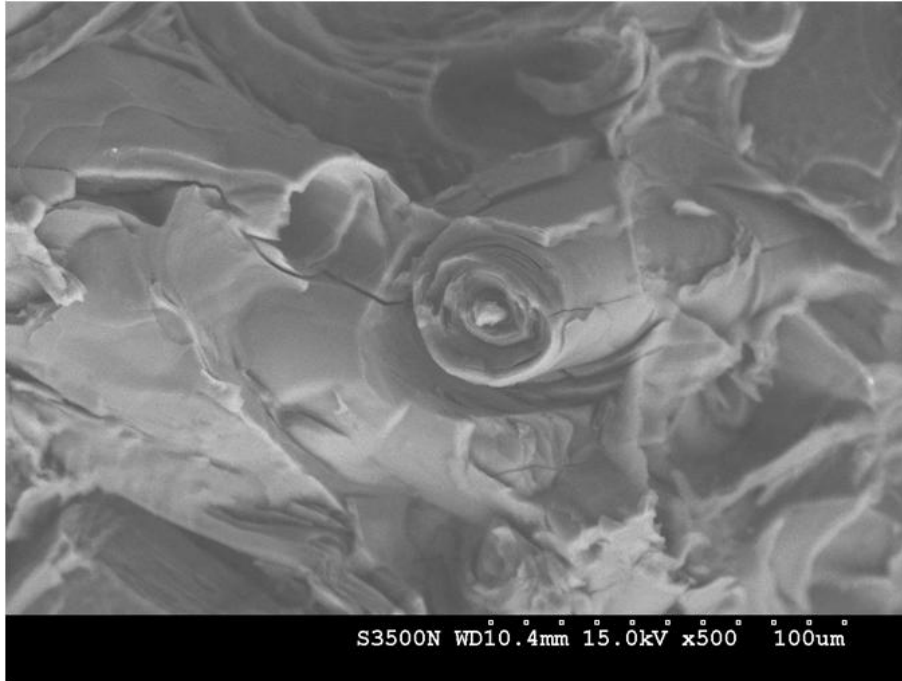


**FT Wachs** – Kristallstruktur.  
Es kristallisiert in der Form  
von Lamellen.



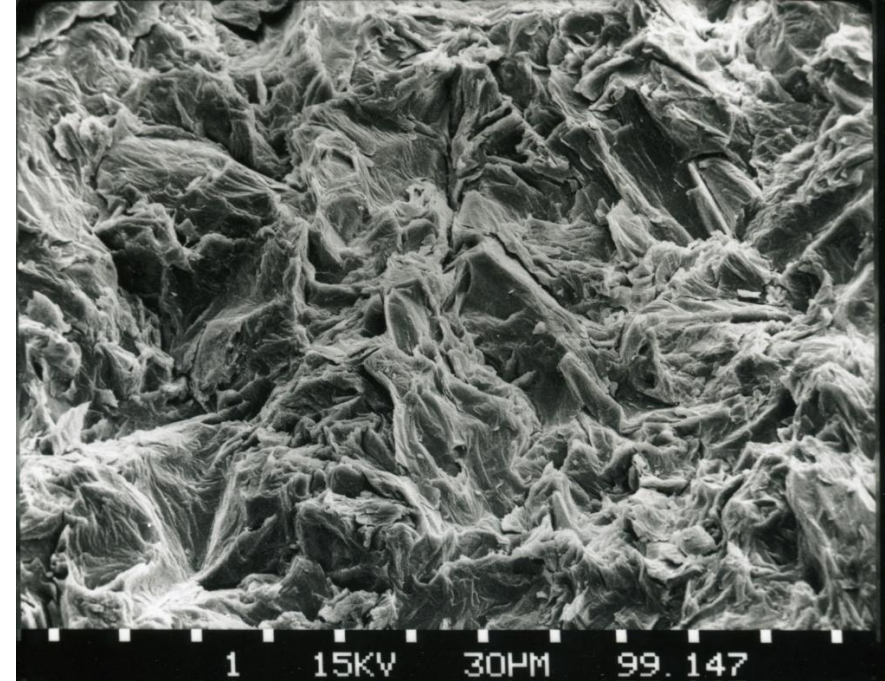
# Struktur und Eigenschaften von FT Wachsen

## Betrachtung mit Elektronenmikroskop



100  $\mu\text{m}$

**Paraffin Kristalle**



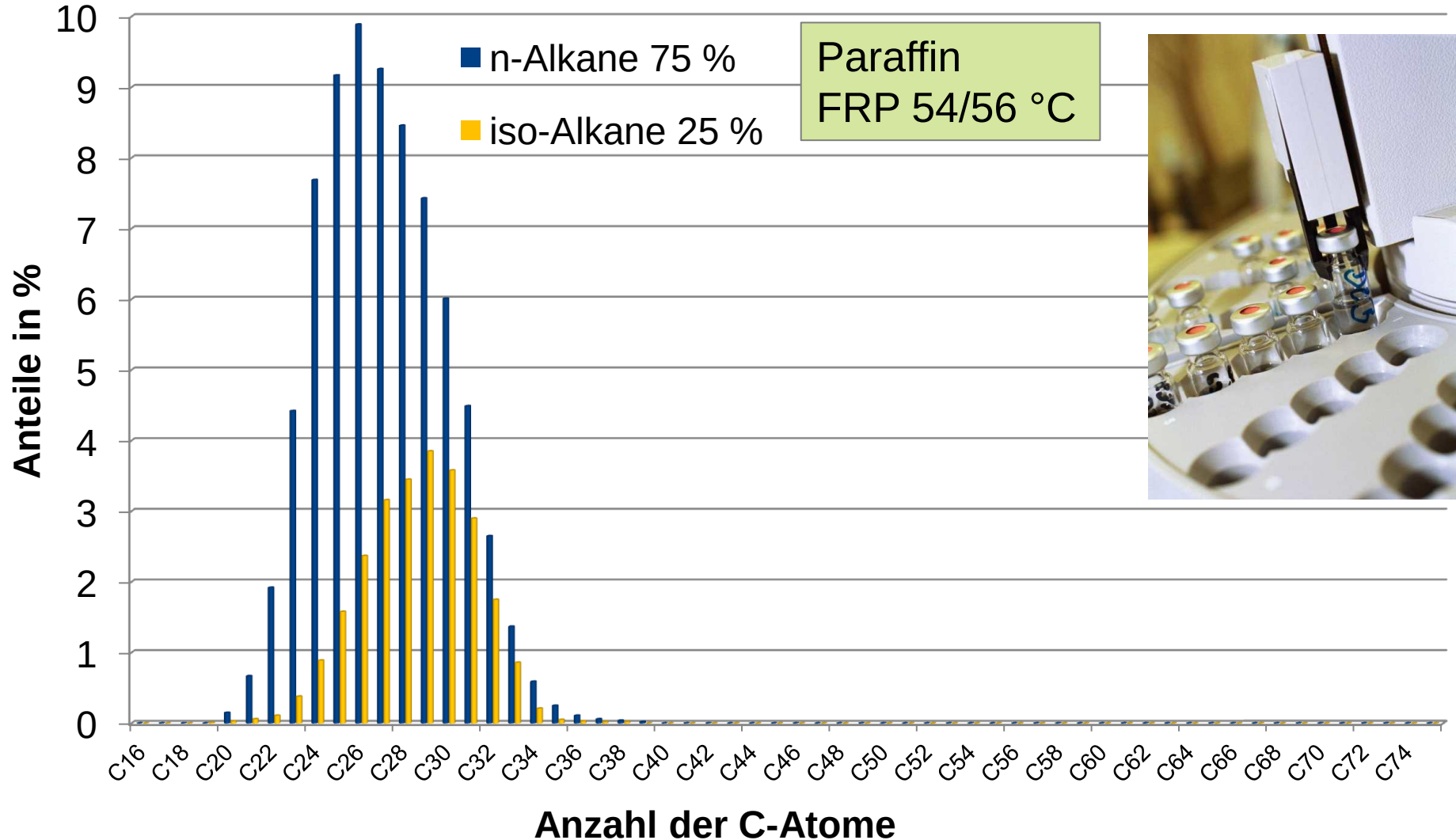
30  $\mu\text{m}$

**FT Wachs Kristalle**

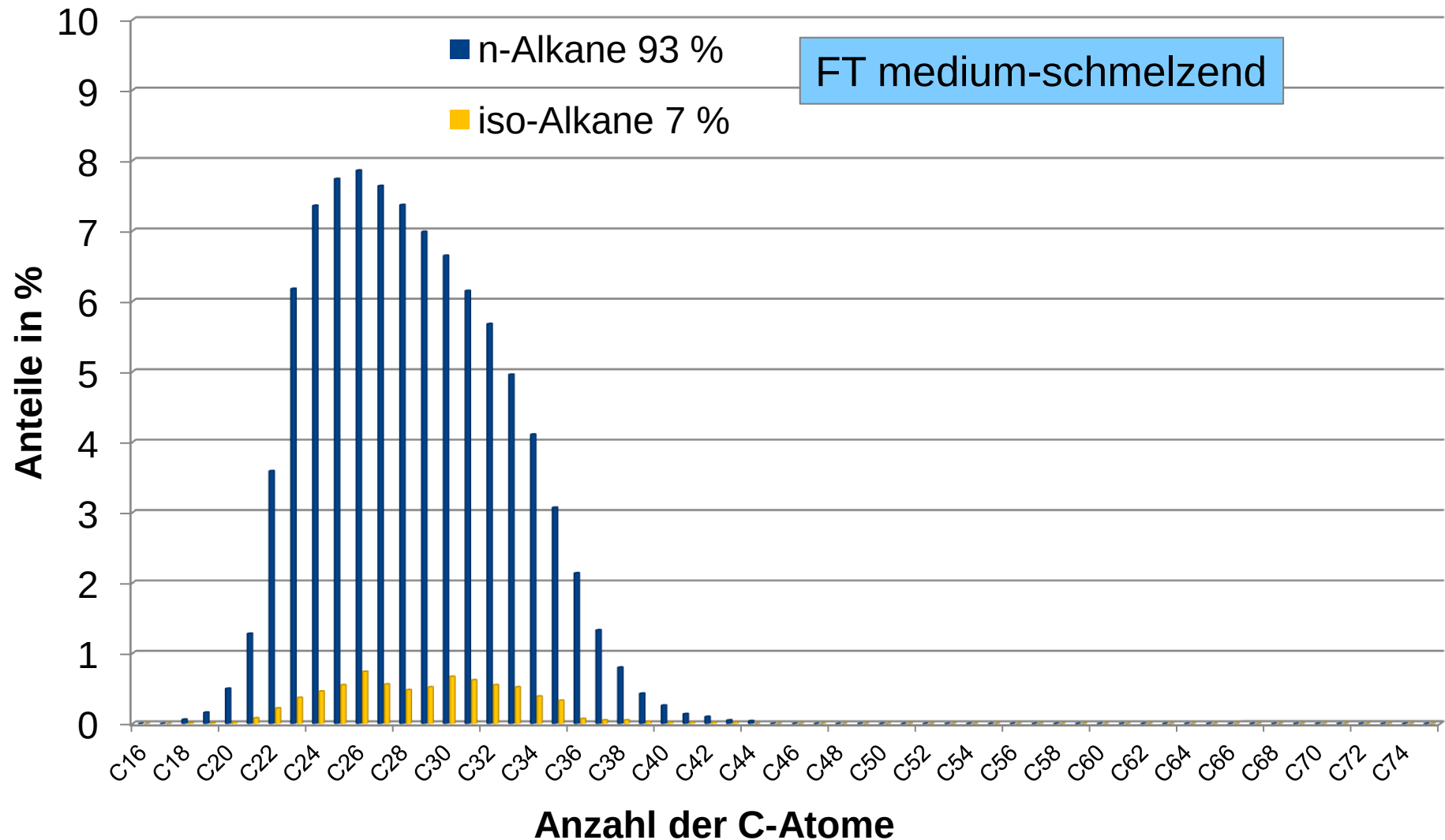


# Struktur und Eigenschaften von FT Wachsen

## Gaschromatographie (GC)

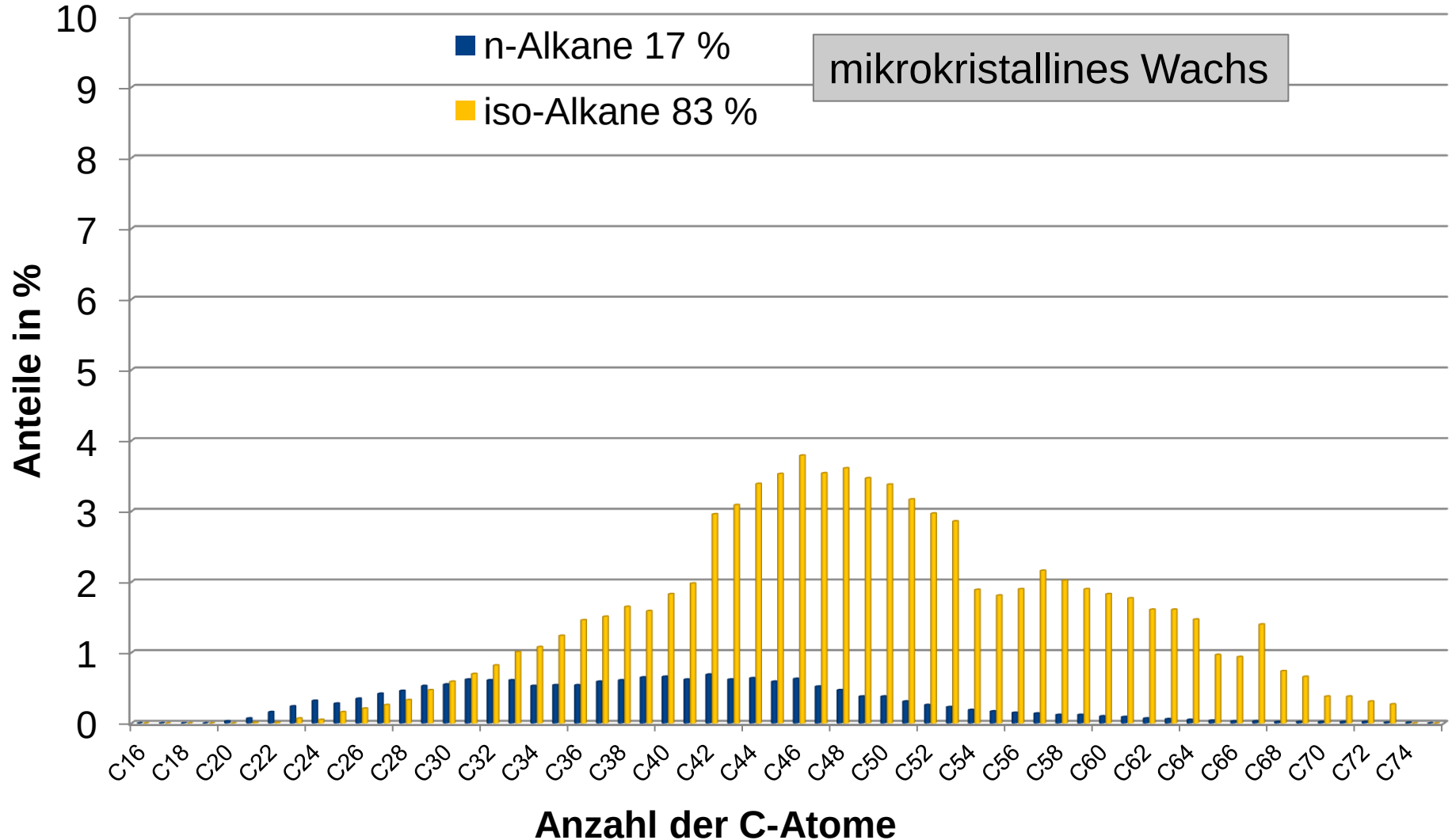


Struktur und Eigenschaften von FT Wachsen  
Gaschromatographie (GC), FT medium-schmelzendes Wachs



# Struktur und Eigenschaften von FT Wachsen

## Gaschromatographie (GC), mikrokristallines Wachs



# Struktur und Eigenschaften von FT Wachsen

## Erstarrungspunkt

FT Wachse decken ein breites Spektrum von Schmelz- und Erstarrungspunkten ab:

von 30 bis 115 °C

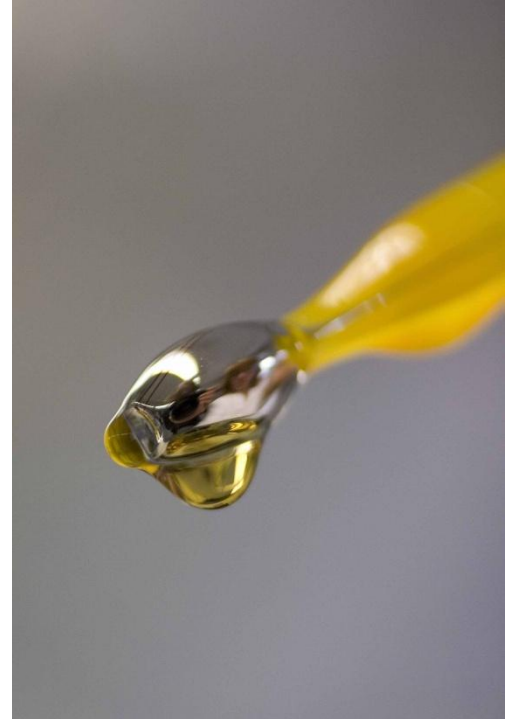
Terminologie

FT **medium-schmelzendes** Wachs:

50 bis 70 °C

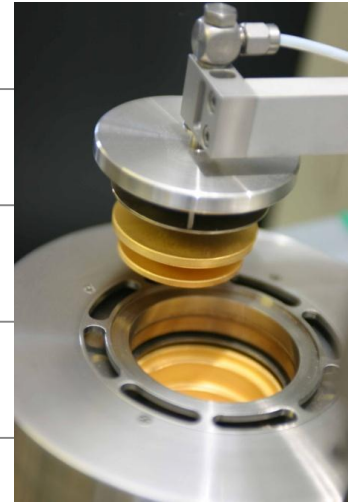
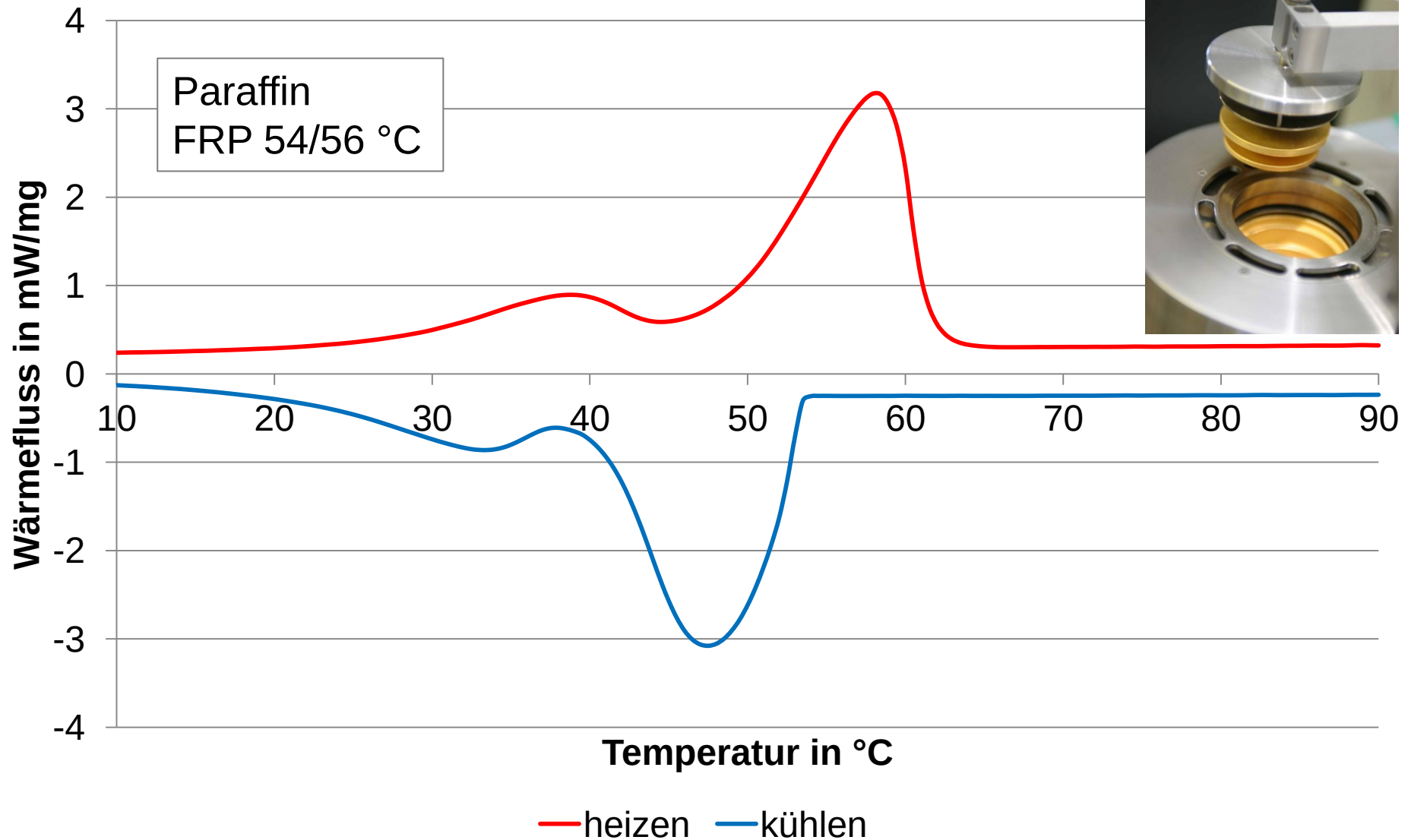
FT **hochschmelzendes** Wachs:

70 bis 115 °C



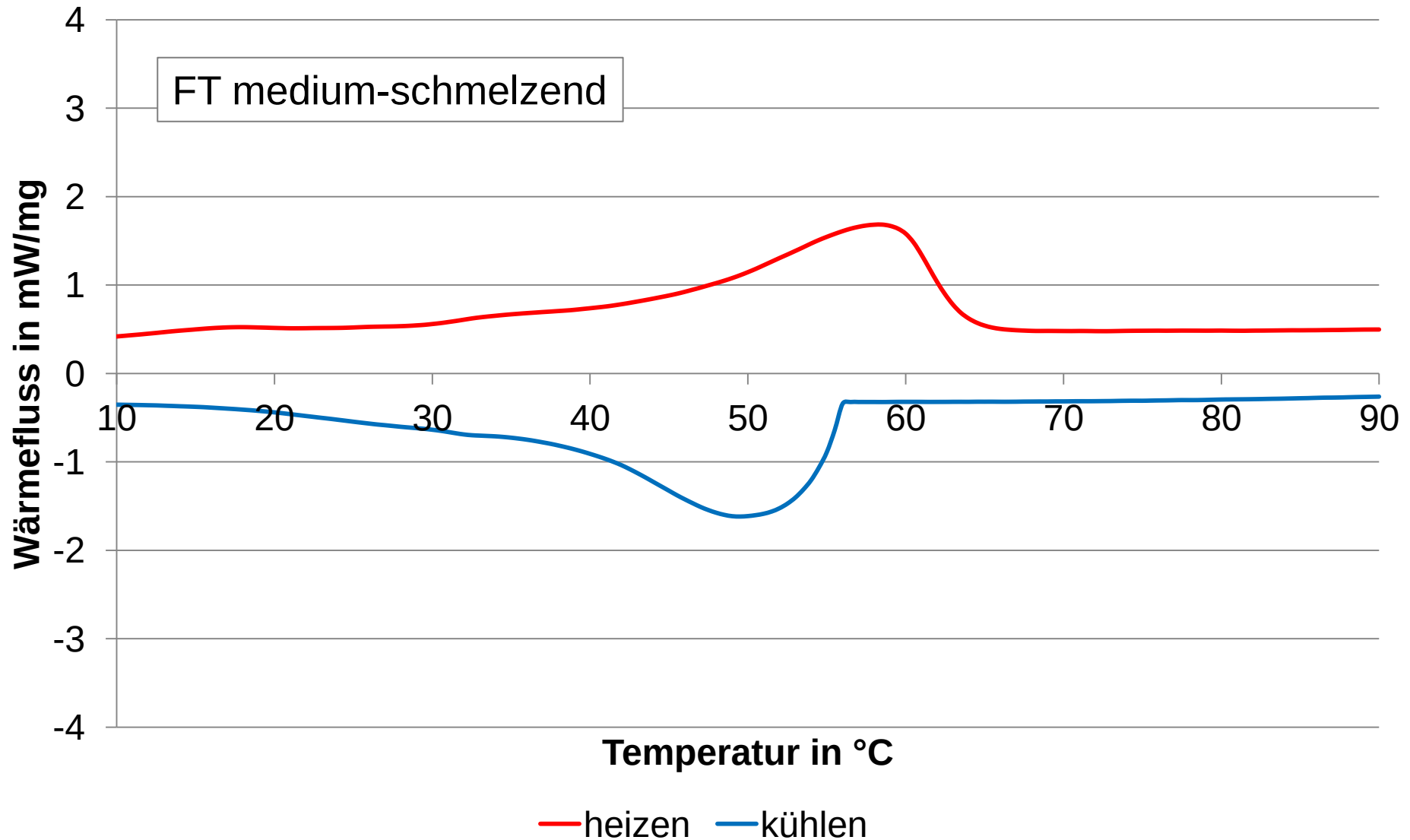
# Struktur und Eigenschaften von FT Wachsen

## Differential Scanning Kalorimetrie (DSC), Paraffin



# Struktur und Eigenschaften von FT Wachsen

## Differential Scanning Kalorimetrie (DSC), FT Wachse



FT Wachse (und Paraffine) lassen sich in folgende Kategorien unterteilen:

|                        | Ölgehalt       |
|------------------------|----------------|
| Vollraffiniertes Wachs | $\leq 0.5 \%$  |
| Halbraffiniertes Wachs | $> 0.5 - 3 \%$ |
| Scalewax               | $> 3 - 6 \%$   |
| Gatsch                 | $> 6 \%$       |



hochölhaltiger, paraffinischer Gatsch, nicht hydriert

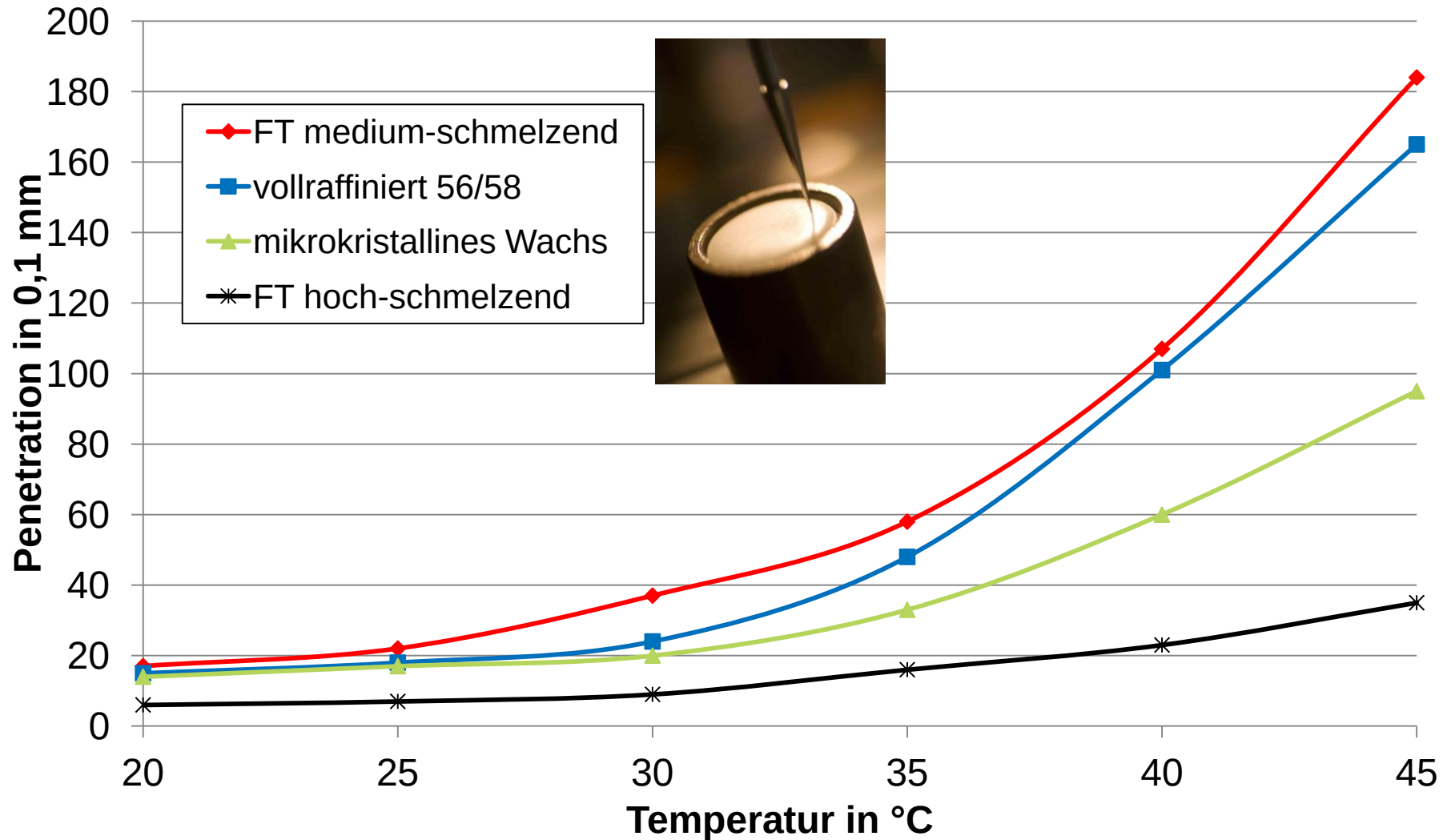
Der ölige Teil von FT Wachs ist nicht identisch mit dem von Paraffin:

- Das „Öl“ von FT Wachs enthält hauptsächlich verzweigte Kohlenwasserstoffe
- Das „Öl“ von Paraffin enthält hauptsächlich zyklische Kohlenwasserstoffe



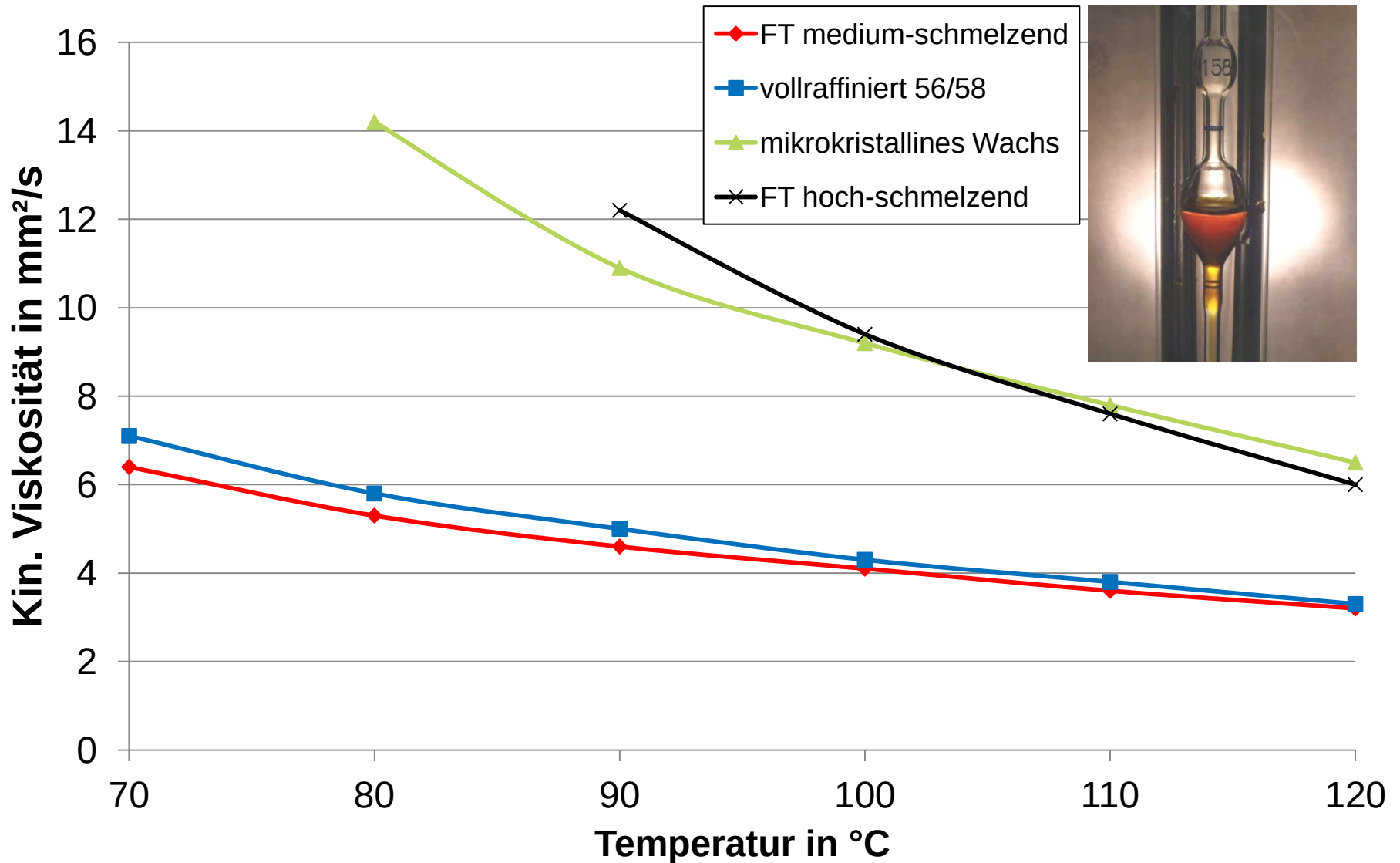
# Struktur und Eigenschaften von FT Wachsen

## Härte, Penetration



# Struktur und Eigenschaften von FT Wachsen

## Viskosität



# Struktur und Eigenschaften von FT Wachsen

## Vergleich mit Paraffin und Mikrowachs

|                     | FT medium-schmelzendes Wachs  | Paraffin                    | FT hoch-schmelzendes Wachs   | mikrokristallines Wachs       |
|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Anzahl an C-Atomen  | 20 – 45                       | 20 – 45                     | 20 – 110                     | 20 – 75                       |
| n-Alkan Gehalt      | 85 – 90 %                     | 60 – 90 %                   | 85 – 90 %                    | 15 – 30 %                     |
| iso-Alkan Gehalt    | 10 – 15 %                     | 10 – 40 %                   | 10 – 15 %                    | 70 – 85 %                     |
| Aromaten            | 0 ppm                         | 0 ppm                       | 0 ppm                        | 0 ppm                         |
| Schwefel            | 0 ppm                         | ≤ 20 ppm                    | 0 ppm                        | ≤ 20 ppm                      |
| Erstarrungspunkt    | 50 – 70 °C                    | 40 – 70 °C                  | 70 – 115 °C                  | 55 – 90 °C                    |
| Ölgehalt            | 0 – 4 %                       | 0 – 6 %                     | 0 – 2 %                      | 0 – 4 %                       |
| Penetration @ 25 °C | 10 – 40<br>[0,1 mm]           | 12 – 100<br>[0,1 mm]        | < 10<br>[0,1 mm]             | 10 – 40<br>[0,1 mm]           |
| Viskosität @ 100 °C | 3 – 4,5<br>mm <sup>2</sup> /s | 3 – 8<br>mm <sup>2</sup> /s | 7 – 12<br>mm <sup>2</sup> /s | 11 – 25<br>mm <sup>2</sup> /s |

Alle Wachse sind hydriert. Lebensmittelkontaktqualität und pharmazeutische Sorten aller Wachse sind möglich.

- Einführung
- Fischer-Tropsch Prozess
- Struktur und Eigenschaften von FT Wachs
- **Anwendungen von FT Wachs in der Kerze**
- Brenneigenschaften von FT Wachs
- Nachhaltigkeit und Ausblick

## FT Wachse für die Herstellung von Kerzen. Was bedeutet dies für den Hersteller?

- 1) Lieferformen
- 2) Lagerung
- 3) Kerzenarten
- 4) Maschinen und Produktionsverfahren
- 5) Dochte
- 6) Farben und optisches Aussehen
- 7) Düfte
- 8) Andere Additive



### 1) Lieferformen von FT Wachsen

- Flüssig
- Tafel
- Pastillen
- Pulver



### 2) Lagerung von FT Wachsen

- a) Flüssig – Standardtanks, Edelstahl ist nicht erforderlich, Stahl ist ausreichend. 20 °C über Schmelzpunkt
- b) Fest – trocken bei Raumtemperatur, ohne direkte Sonneneinstrahlung

### 3) Kerzenarten

- Stumpen
- Gläserkerzen
- Haushaltskerzen
- Votivkerzen
- Stabkerzen
- Teelichte
- usw.



### 4) Produktionsverfahren

- Extrudieren
- Gießen
- Füllen
- Pressen
- Ziehen
- Tunken



Alle Kerzen mit  $\varnothing \leq 10$  cm sind möglich (ein Docht).



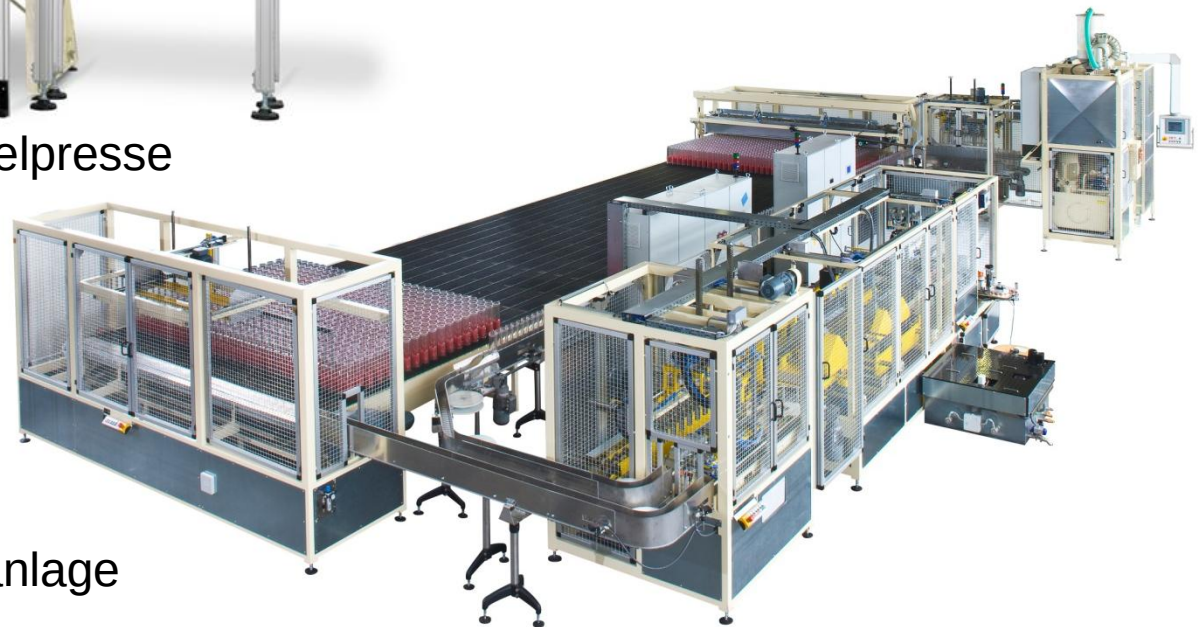
# Anwendungen von FT Wachsen in der Kerze

## Maschinenauswahl

Bestehende Maschinen können weiterhin benutzt werden.  
Eine Modifizierung ist nicht erforderlich.



z. B. hydraulische Stempelpresse



z. B. Füllanlage



### 5) Die richtige Dochtwahl ist der Schlüssel für eine gut brennende Kerze

- FT Wachse brauchen keinen neuen Dochtarten. Alle Dochte für Paraffin sind geeignet
- Die Stärke der Dochte könnte eventuell etwas geringer sein, weil FT Wachse eine niedrige Viskosität aufweisen
- Dochte für FT Wachse benötigen keine besondere chemische Präparation



Standarddocht für Paraffinkerzen ist geeignet.

### 6) FT Wachskerzen können mit Standardkerzenfarben gefärbt werden (flüssig und fest)

- Farbstoffe zur Durchfärbung
- Pigmente für das Übertauchen mit normalen Kerzentauchmassen
- Lacke für die Oberflächenveredelung

### Optisches Aussehen

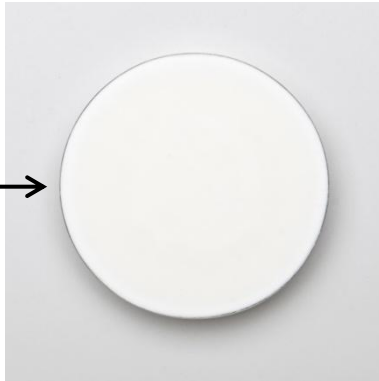
- Die Transparenz variiert von transluzent bis opak (wie Paraffin)
- Mottling-Effekt (sichtbare Kristalle) ist möglich
- Hochglänzende Oberfläche



# Anwendungen von FT Wachsen in der Kerze

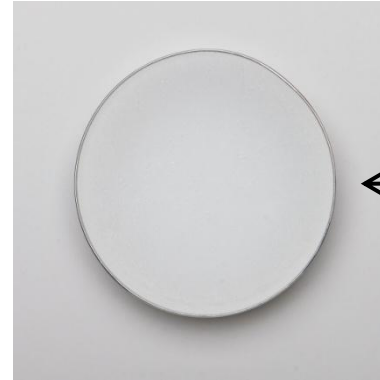
## Ohne Farbstoff

opak



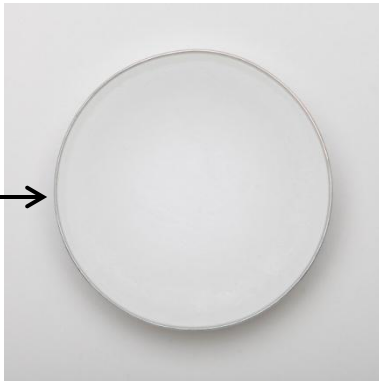
**Fett**

transluzent



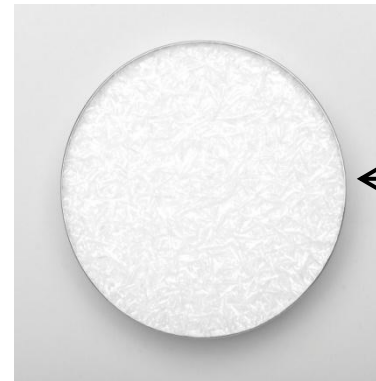
**FT Wachs**

transluzent



**Paraffin**

opak



**Stearin**

Ohne Farbstoff

# Anwendungen von FT Wachsen in der Kerze

## Roter Farbstoff



***Fett***



***FT Wachs***



***Paraffin***



***Stearin***

Jede Probe ist mit dem gleichen Farbstoff und der gleichen Konzentration gefärbt

### 7) Duftstoffe für Kerzen

- Düfte, die sich gut mit Paraffin verarbeiten lassen, können auch in FT Wachs verwendet werden
- FT hoch-schmelzende Wachse können als Additiv verwendet werden, um die Duftölbindung zu verbessern
- Die Duftintensität von FT Wachs-kerzen ist vergleichbar mit Paraffin-kerzen



### 8) FT Wachse sind vollkommen mischbar mit anderen Materialien:

- Paraffin
- Fett, z. B. Sojafett, Palmfett, Talg, usw.
- Fettsäuren, z. B. Stearin (auf pflanzlicher und tierischer Basis)
- Bienenwachs
- Polymerwachse, z .B. PE-Wachs
- Stabilisatoren





- Einführung
- Fischer-Tropsch Prozess
- Struktur und Eigenschaften von FT Wachs
- Anwendungen von FT Wachs in der Kerze
- **Brenneigenschaften von FT Wachs**
- Nachhaltigkeit und Ausblick



# Brenneigenschaften von FT Wachsen

## Schmelzen von Wachs

Infrarotbilder von brennenden Kerzen aus FT Wachs und Paraffin



Paraffin

FT Wachs

**Behälterkerzen**, Ø = 60 mm  
Sequenz: 5 Stunden



FT Wachs

Paraffin

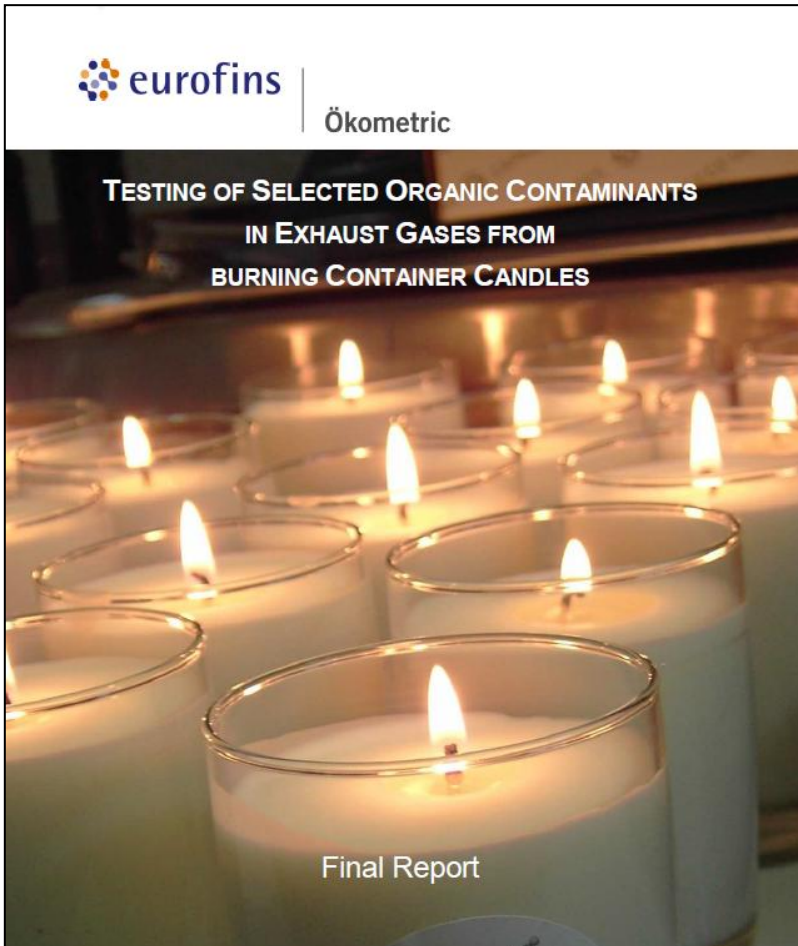
Paraffin

**Stumpenkerzen**, Ø = 100 mm  
Sequenz: 8 Stunden

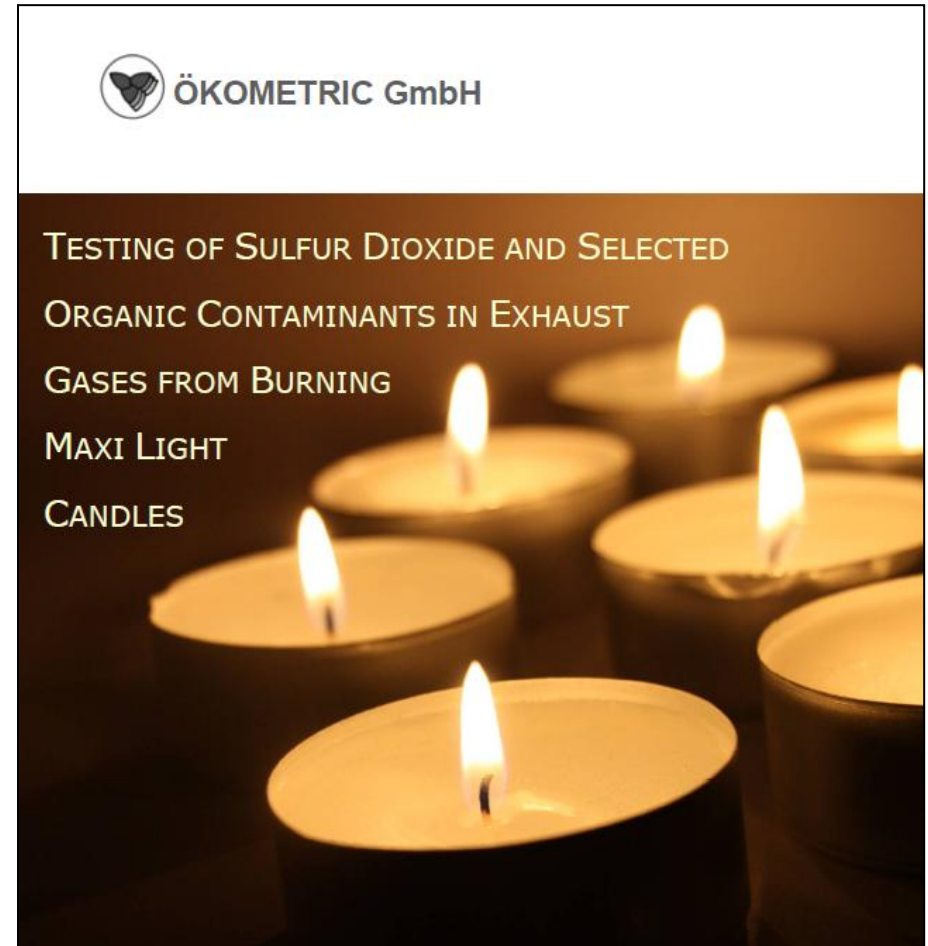
FT Wachse und Paraffin zeigen ein sehr ähnliches Schmelzverhalten

# Brenneigenschaften von FT Wachsen

## Emissionsvergleich von Kerzenbrennmassen



2007  
Abbrandstudie



2013  
Neue Abbrandstudie

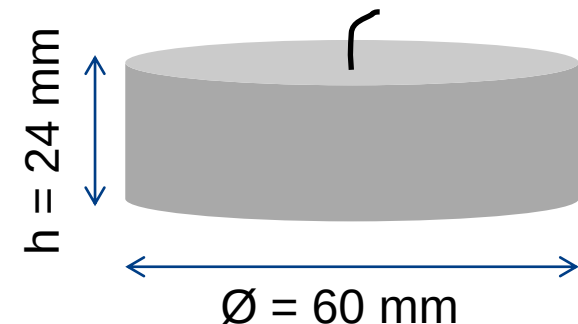
### **Was ist neu in der Studie von 2013?**

- im Auftrag von Sasol Wax
- FT Wachs wurde getestet
- Palmfett wurde getestet
- Paraffine mit unterschiedlichen Schwefelgehalten wurden getestet

Schwefel ist ein guter Indikator für die Reinheit von Paraffin. Der Schwefelgehalt sollte immer < 20 ppm sein

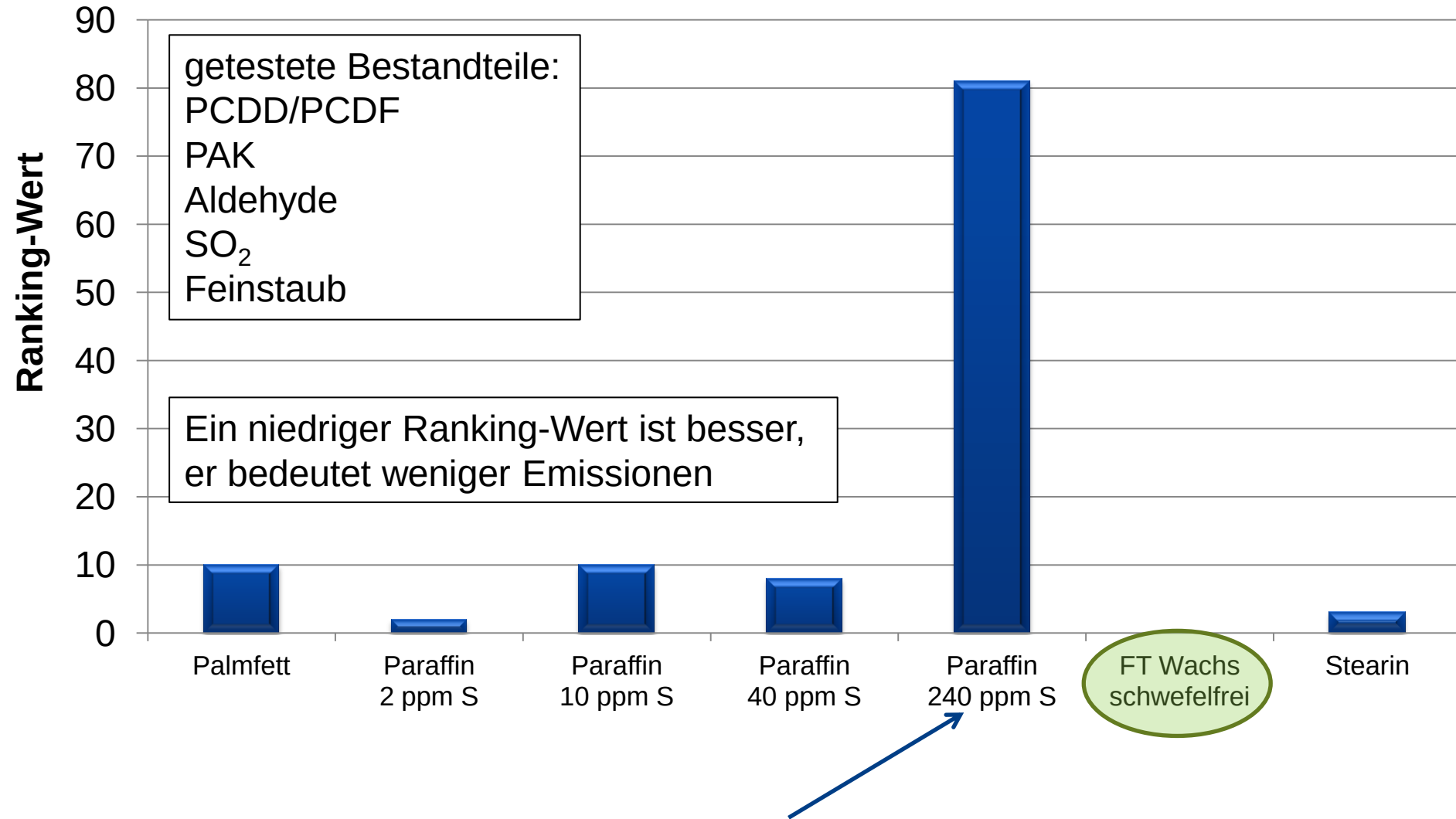


Maxilicht



# Brenneigenschaften von FT Wachsen

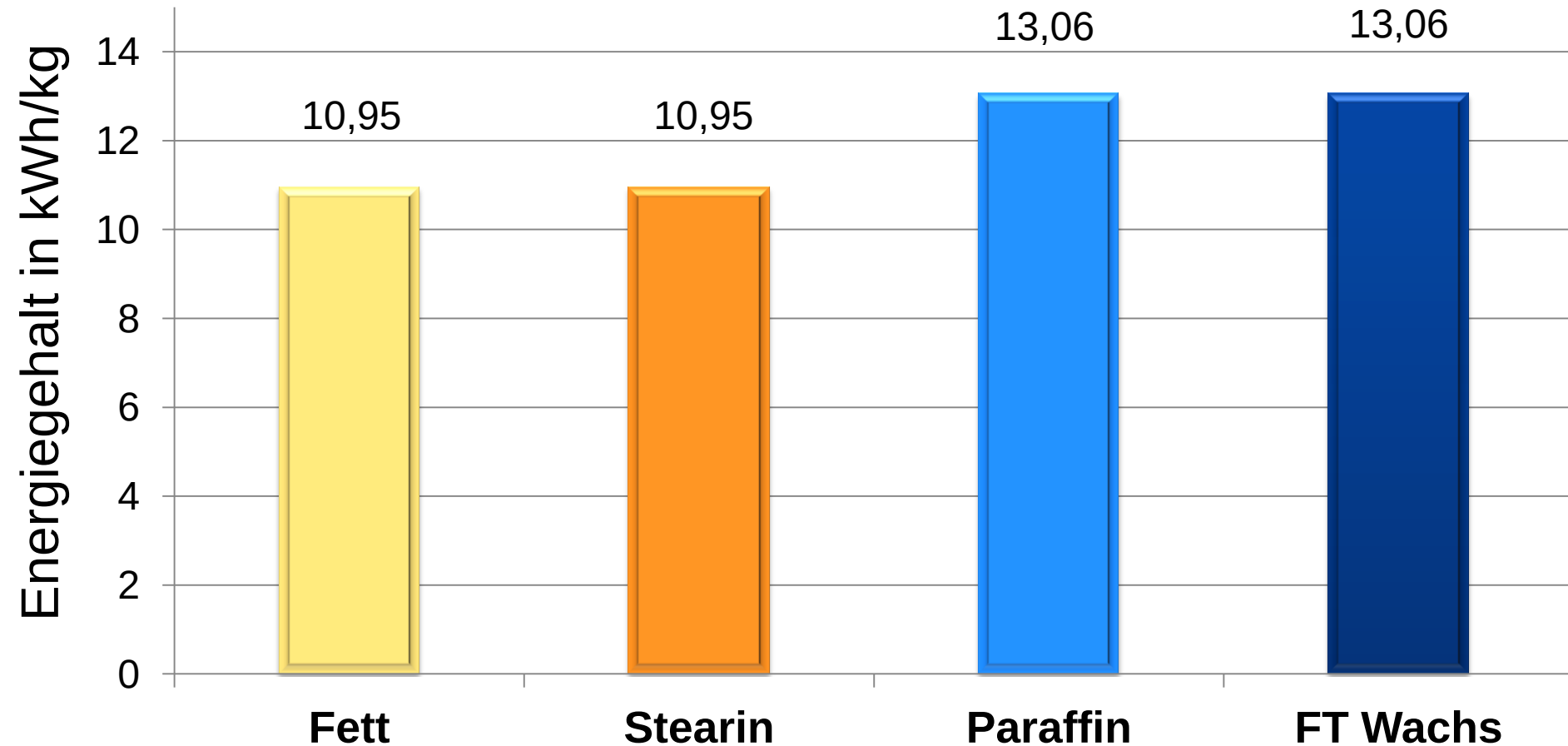
## Emissionsvergleich, Studie 2013



Nur die Probe Paraffin (240 ppm S) überschreitet Grenzwerte zur Luftreinhaltung

# ***Brenneigenschaften von FT Wachsen***

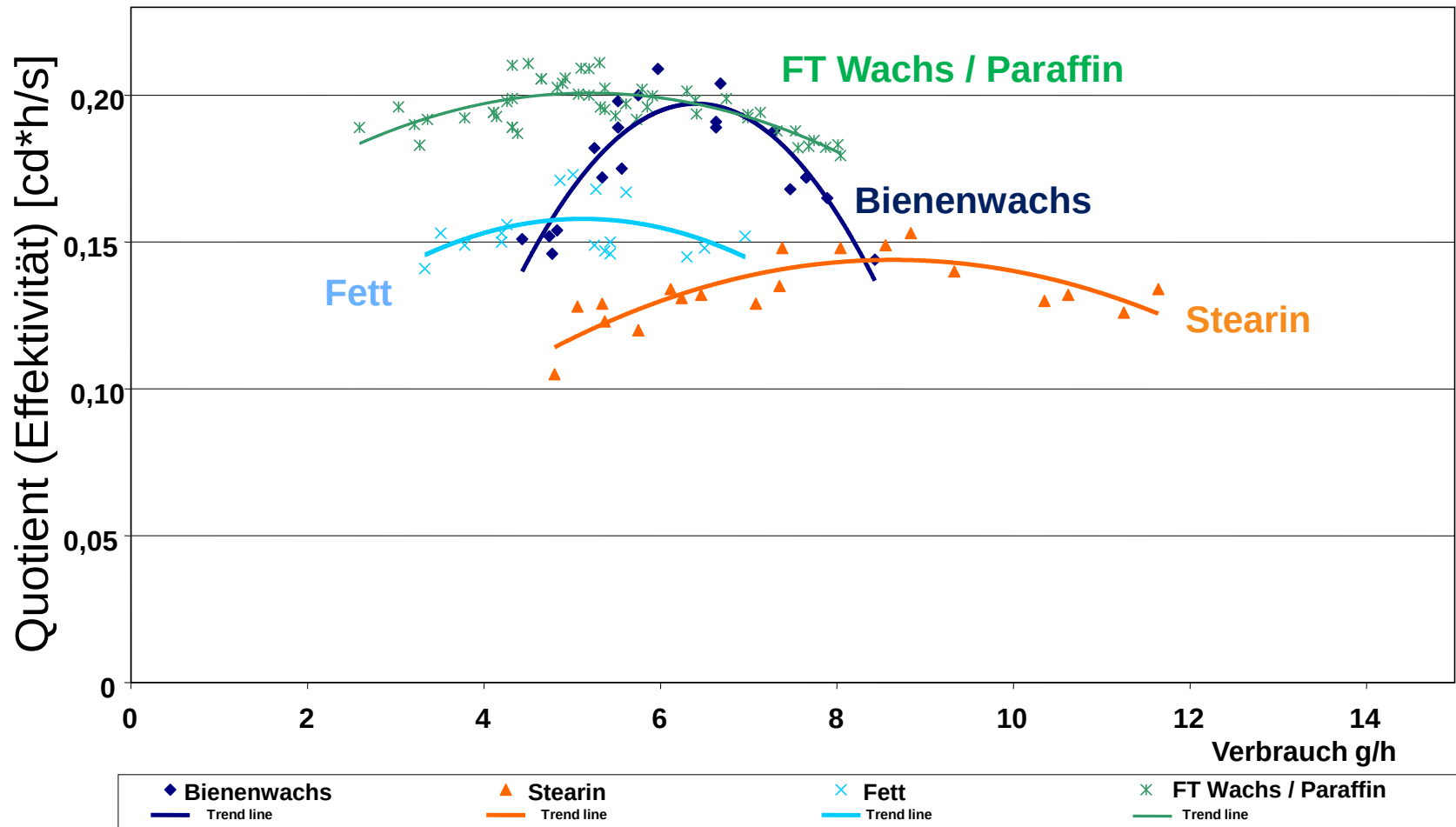
## ***Energiegehalt von Kerzenbrennmassen***



FT Wachs und Paraffin sind reine Kohlenwasserstoffe. Die Verbrennung erreicht daher die höchsten Emissionen in Form von Wärme und Licht.

# Brenneigenschaften von FT Wachsen

## Emission von Licht, Helligkeit von Kerzenflammen



FT Wachs- und Paraffinkerzenflammen erreichen bei gleicher Flammengröße die höchste Helligkeit aller Brennmassen.

- Einführung
- Fischer-Tropsch Prozess
- Struktur und Eigenschaften von FT Wachs
- Anwendungen von FT Wachs in der Kerze
- Brenneigenschaften von FT Wachs
- **Nachhaltigkeit und Ausblick**



**Nachhaltigkeit ist ein komplexes Thema.  
Ein bloßer Blick auf das Thema Erneuerbarkeit  
wäre zu einfach!**



- Ist eine Ressource bald aufgebraucht oder nicht? Alle Faktoren, die den Verbrauch beschleunigen oder verlangsamen müssen beurteilt werden
- Produktqualität ist wichtig bei der Betrachtung von Nachhaltigkeit
- Lagerstabilität von FT Wachsen und lange Haltbarkeit der FT Wachskerzen reduzieren Abfall in der Produktion und Verwendung
- FT Wachse haben besonders niedrige Abbrandemissionen. FT Wachse sind völlig frei von Schwefel
- FT Wachse stehen nicht im Wettbewerb mit Nahrungsmitteln

- FT Wachse mit guten Eigenschaften für die Kerzenherstellung werden ein bedeutender Teil der Wachsversorgung in Zukunft sein
- Bei gleichbleibendem Rückgang der Paraffinproduktion wird alle 7 bis 10 Jahre eine neue „World-Scale“-FT-Wachs Anlage erforderlich sein
- Eine solche Anlage wird vollsynthetische Wachse mit konstanten Eigenschaften erzeugen, die maßgeschneiderte Produkte mit Schmelzpunkten zwischen 50 bis 100 °C ermöglichen
- FT Wachse erfüllen die steigenden Ansprüche an die Reinheit und Qualität von Konsumgütern

## FT Wachse

- sind synthetisch hergestellte, reine Kohlenwasserstoffe
- haben sehr ähnliche Eigenschaften wie Paraffin
- eignen sich für die Herstellung aller Art von Kerzen
- sind für alle Kerzenproduktionsverfahren geeignet
- können mit allen Kerzenbrennmassen, Düften und Farben gemischt werden
- haben ein gutes Brandverhalten und geringste Emissionen

⇒ Aus praktischer Sicht sind FT Wachse und Paraffine in der Kerzenherstellung miteinander austauschbar

FT Wachse werden dazu beitragen auch in Zukunft  
schöne Kerzen aller Art herzustellen



# *Danksagung*



Dr. Thorsten Butz

Dr. Hendrik Eberhard

Kerstin Knauer

Gary Kok

Uwe Kurras

Kai Lüdeke

Dr. Maik Malessa

Dr. Gernot Meyer

Dr. Mark Veit

Dr. Glenda Webber

***Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit***

