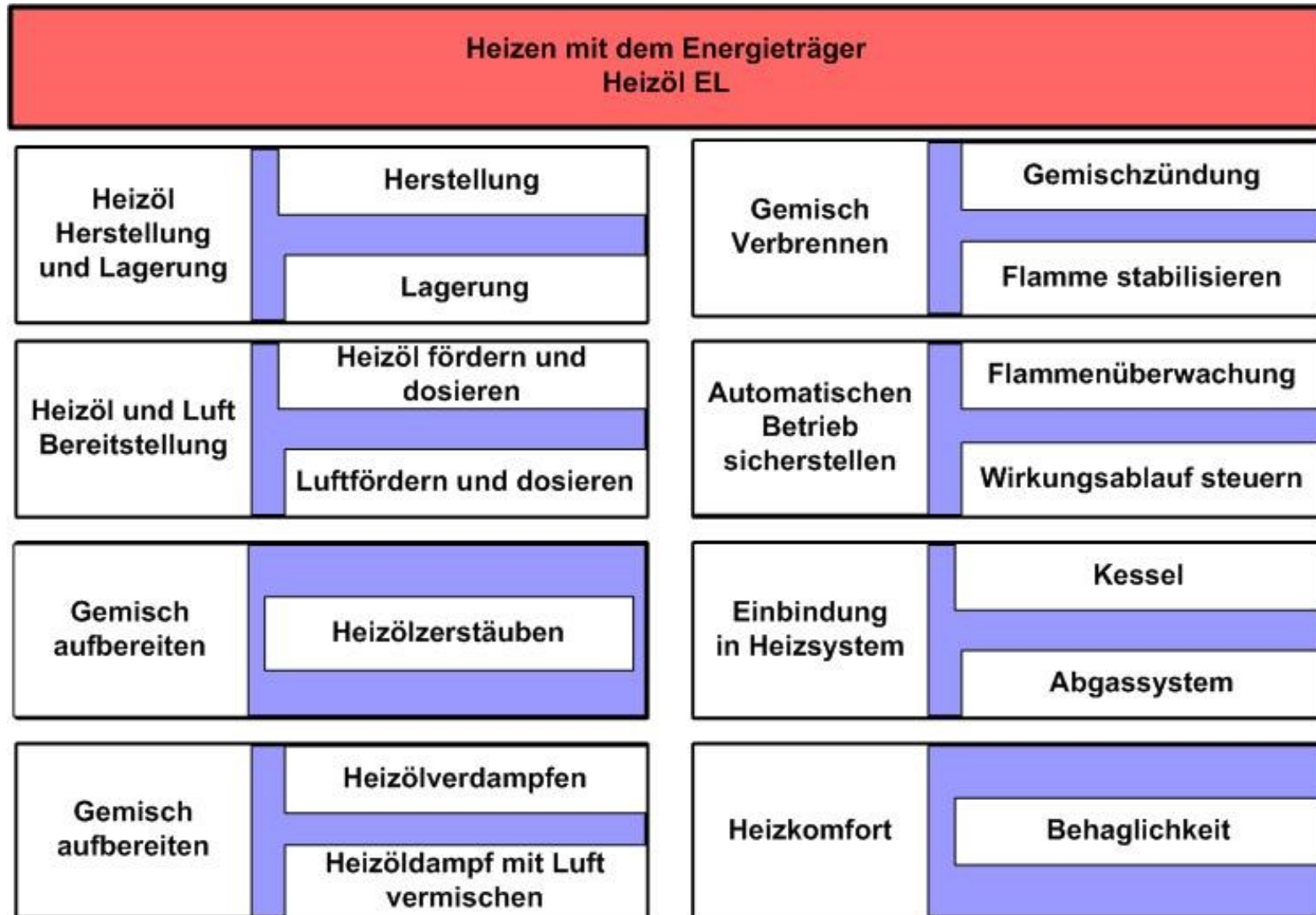
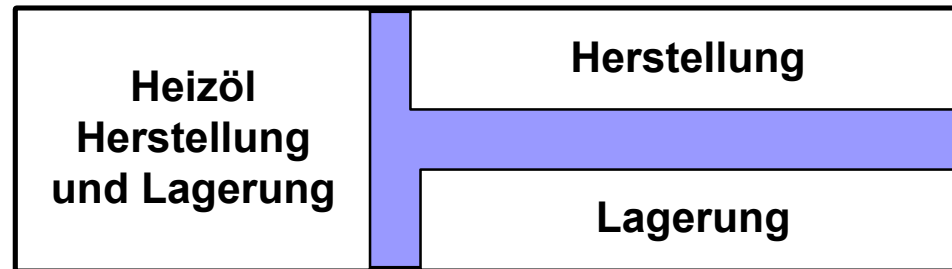


Angewandte Thermofluiddynamik

Dr.-Ing. F. v. Issendorff

Inhalte der Vorlesungen





Brennstoffe für Haushaltsfeuerungen – Heizöle, Erdgas, Biomasse

Brennstoff Heizöl/Diesel

- Herstellung, Zusammensetzung
- Physikalische und chemische Eigenschaften, Einsatz von Bioölen

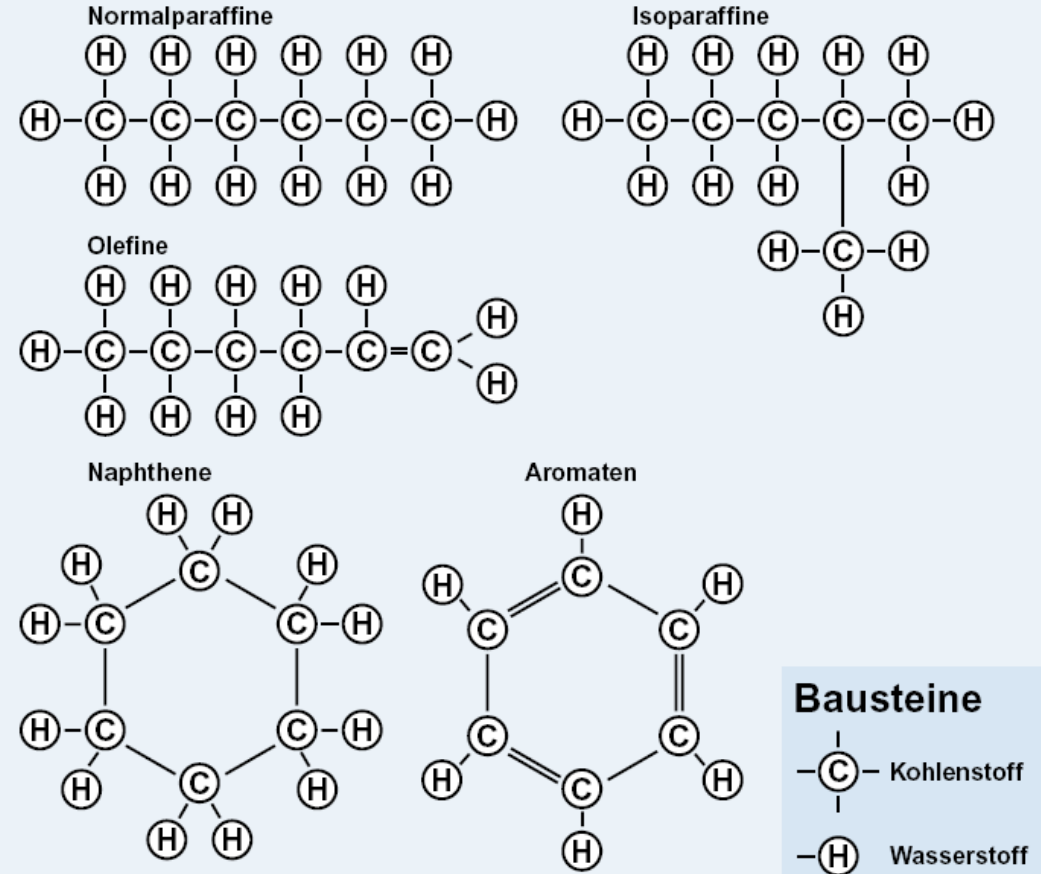
Einführung der Verbrennungsgrößen

- Mindestluftbedarf
- Abgaszusammensetzung, Mindestabgasmenge
- Heizwert, Brennwert
- Adiabate Flammentemperatur + Brenngeschwindigkeit

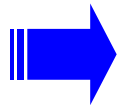
Erdöl besteht aus einer Vielzahl von Kohlenwasserstoffen. Diese Verbindungen bestehen im Wesentlichen aus Kohlenstoff (C) und Wasserstoff (H), können aber auch Schwefel (S), Stickstoff (N) und andere chemische Elemente enthalten.

Nach der Anordnung der Kohlenstoffatome unterscheidet man vier Hauptgruppen von Kohlenwasserstoffen:

- Paraffine
- Naphthene
- Olefine
- Aromaten



Gefördertes Rohöl enthält oft Gas und Wasser.
Vor dem Transport, muss es davon befreit werden.



Korrosion der Pipelines und die Transportschiffe

Die Befreiung von Gas geschieht in sogenannten Gas-Separatoren.
Heutzutage werden sie gereinigt, verflüssigt und als Propan, Butan
oder Pentan in Druckflaschen verkauft.

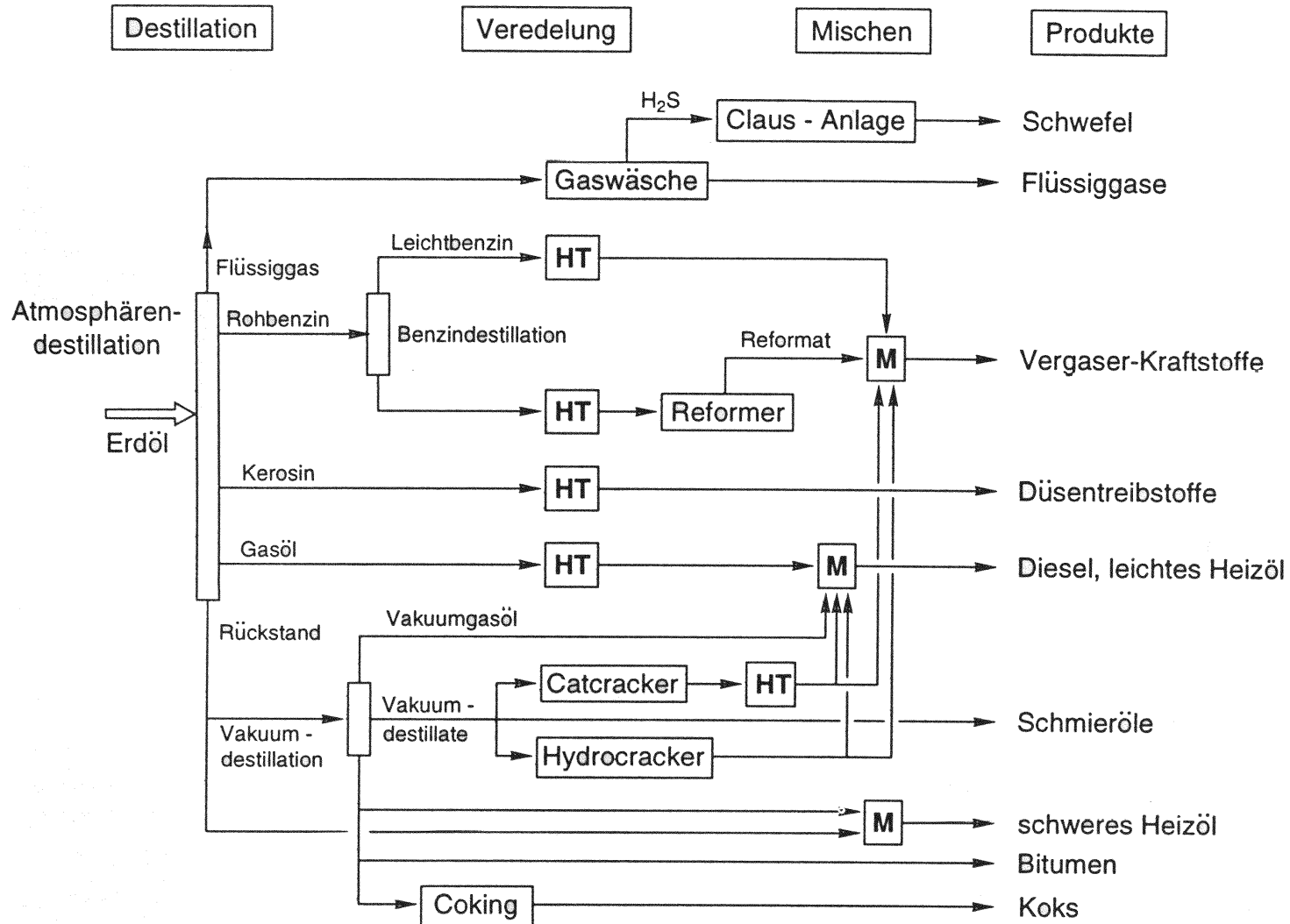
Zur Befreiung von Salzwasser setzt man sogenannte Öl-Wasser-Separatoren ein.

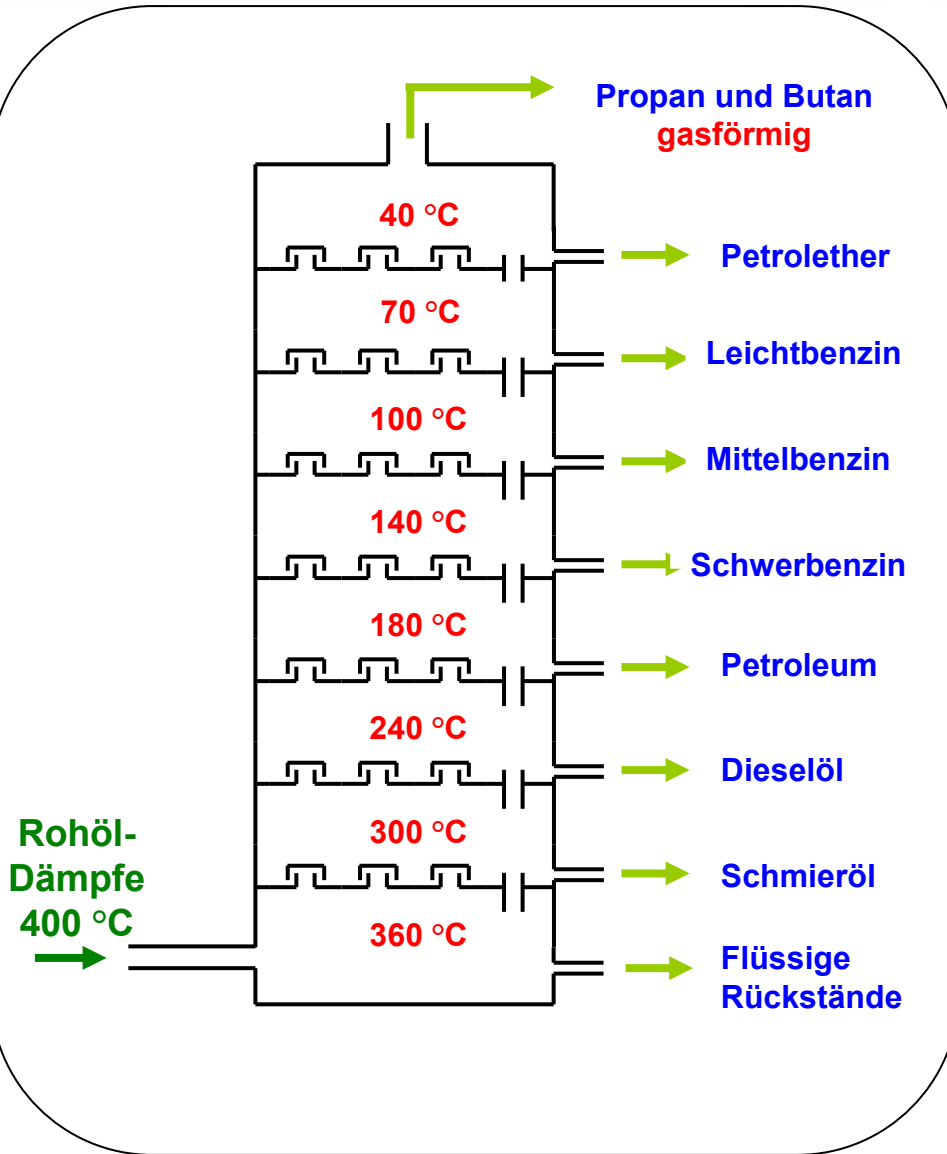
Die Auftrennung des Rohöls in Fraktionen
erfolgt in einer Raffinerie.
In einer solchen Anlage durchläuft das Rohöl
der Reihe nach drei Prozesse:


- Destillation unter Normaldruck,
- Destillation unter Vakuum
- Konversion



Vereinfachtes Gesamtschema Raffinerie





Erhitzung des Rohöls in Röhrenofen auf **400 °C** ||  vollständige Verdampfung

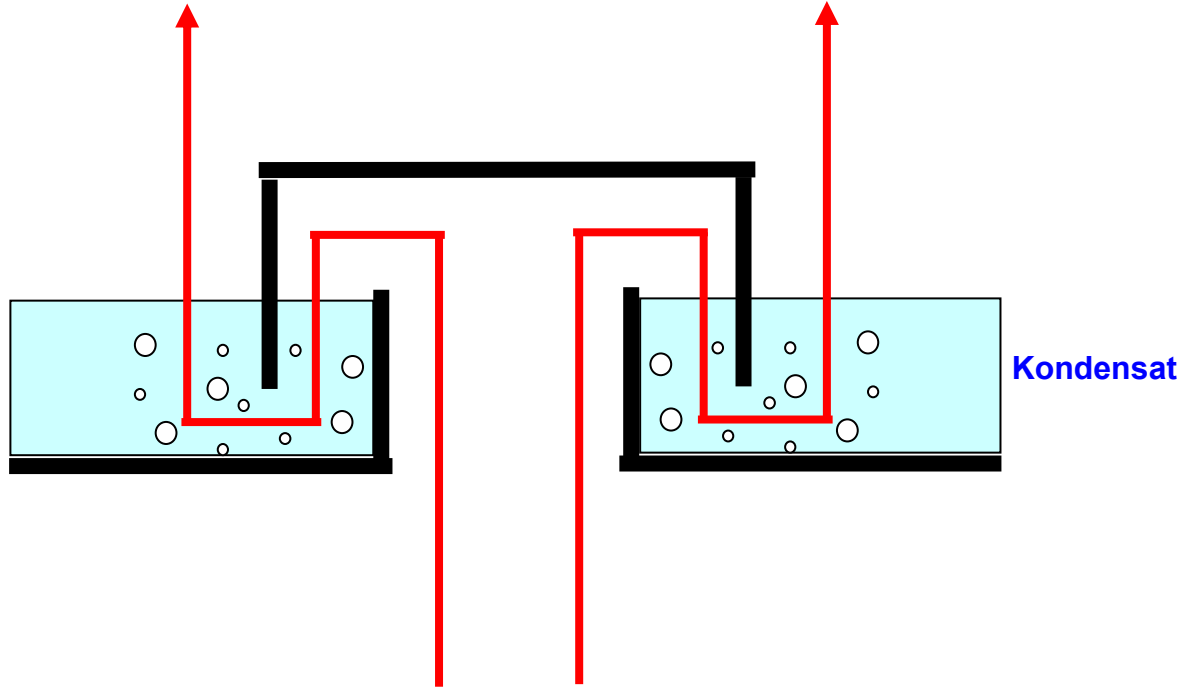
Die Dämpfe werden in einen etwa 50 m hohen Destillationsturm mit Glockenböden geleitet. Die einzelne Dampfkomponenten kondensieren gemäß ihren Siedepunkten auf verschiedenen Böden.

Komponenten mit Siedepunkten über **360 °C** sammeln sich in flüssiger Form am Boden des Destillationsturms. Sie werden zur weiteren Auftrennung einer Destillation unter Vakuum zugeführt.

Glockenboden

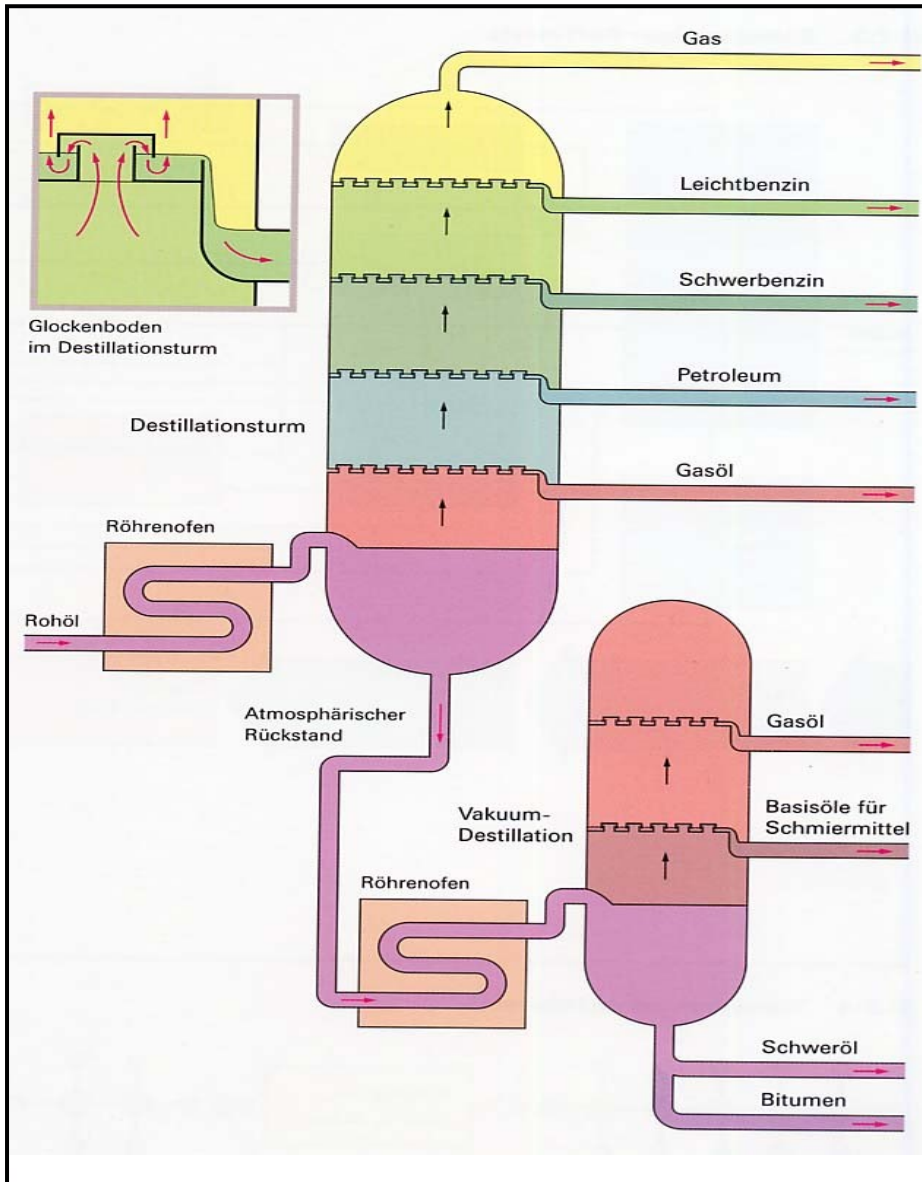
Erdöl-Dämpfe

Erdöl-Dämpfe



Erdöl-Dämpfe

Destillation unter Vakuum



Siedebereich	Bezeichnung	Anzahl C-Atome	Typische Verwendung
040 - 070 °C	Petrolether	5 - 6 pro Molekül	Lösemittel für Fette, Chemikalienquelle
070 - 100 °C	Leichtbenzin	6 - 8 pro Molekül	Benzinkocher, Reinigungsmittel
100 - 140 °C	Mittelbenzin	8 - 10 pro Molekül	Treibstoff für PKW
140 - 180 °C	Schwerbenzin	9 - 12 pro Molekül	Treibstoff für Düsenflugzeuge
180 - 240 °C	Petroleum	12 - 20 pro Molekül	Farbenindustrie, Pinselreiniger
240 - 300 °C	Dieselöl	12 - 20 pro Molekül	Treibstoff für LKW, Heizöl
300 - 360 °C	Schmieröl	12 - 20 pro Molekül	Motorenöl, Maschinenöl

Auftrennung des Rückstands aus der Normaldruck-Destillation

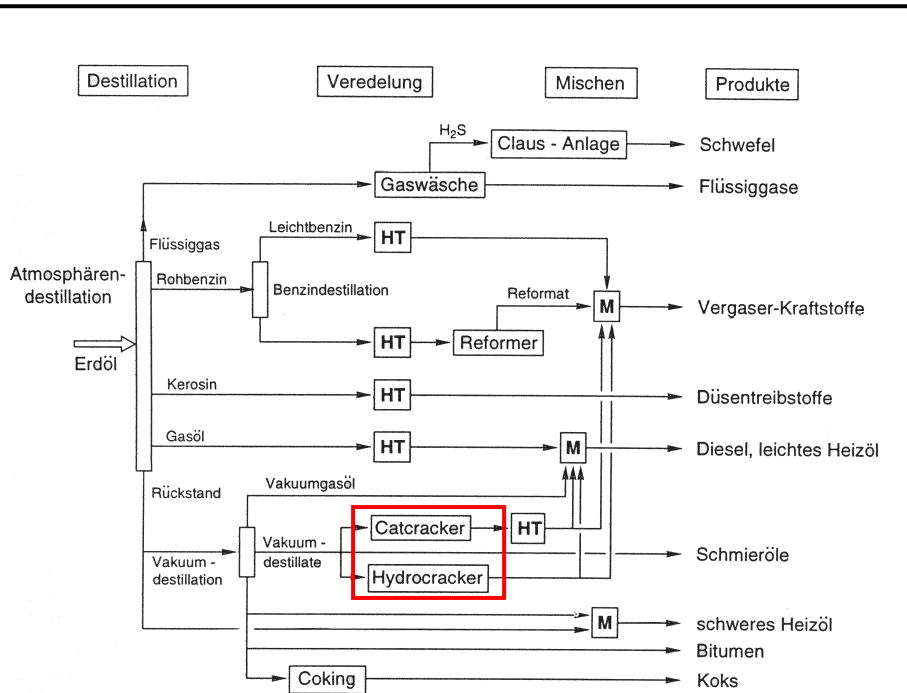
Durch die Vakuum Destillation.



Reduktion des Druckes sinken die Siedepunkte der Komponenten um durchschnittlich **100 °C**,

Die Vakuumdestillation liefert besonders langkettige Moleküle. Sie können vielfältig verwendet werden.

Konversion



Hydrotreating HAT

Zur Entfernung von Verunreinigungen
Bsp. Hydrierung von
Schwefelverbindungen zum H₂S

Beim **Cracken** werden schwersiedende Kohlenwasserstoffe (z.B. schweres Heizöl) in leichtsiedende (z.B. Benzine und Mitteldestillate) umgewandelt:

Thermisches Cracken:

Der Spaltprozess unter einem Druck von 70 bar bei 900 °C. Die Ausbeute an kleineren Molekülen beträgt allerdings höchstens 25 %.

Steam Cracken: Spaltung in Gegenwart von Wasserdampf

Katalytisches Cracken

Im Gegensatz zum thermischen Cracken: wesentlich bessere Umsetzungsergebnisse bei deutlich niedrigeren Temperaturen und Drücken

Hydrocracker (C_xH_y + H₂)

Beim Hydrocracken werden die Kohlenwasserstoffe gespalten und gleichzeitig die dabei entstehenden Alkene zu Alkanen hydriert. Durch den hohen Wasserstoffdruck wird die Koksbildung verzögert

Druck: **100 bis 200 bar**

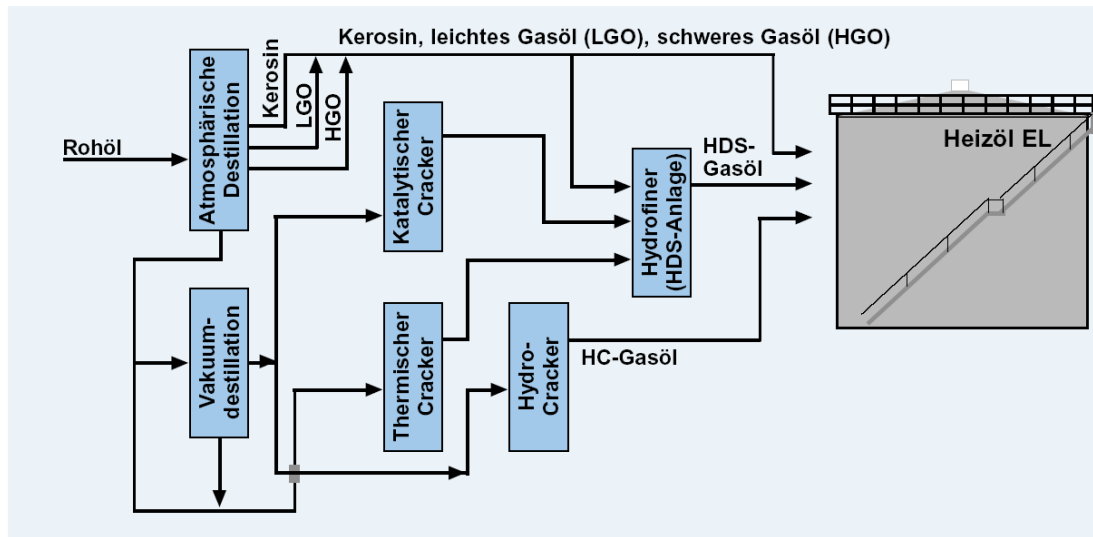
Temperatur: **300 bis 450 °C**

Einsatzprodukte: Vakuumdestillate

Das **Visbreaken** ist ein thermisches Crackverfahren. Im Visbreaker wird effektiv die Viskosität dieses Rückstandes der atmosphärischen Destillation, dem schweren Heizöl, herabgesetzt.

Coken: Umwandlung der Rückstände der Vakuumdestillation zu Koks

FCC: Cracken im Flugstaubreaktor



Herstellung von Heizöl EL

- ✓ Zerlegung vom Rohöl in verschiedene Fraktionen.
- ✓ Vorwärmung des Rohöls in Wärmeübertragern vorgewärmt und anschließende Aufheizung in Röhrenöfen auf Destillationstemperatur.
- ✓ Auftrennung in die einzelnen Produktgruppen im Hauptturm der Rohöldestillation aufgrund der unterschiedlichen Siedebereiche gekennzeichnet
Beispiel: Benzin siedet z.B. zwischen 50 °C und 180 °C,
Mitteldestillate (z.B.Heizöl EL) dagegen erst bei 170 °C bis 370 °C.

Auszüge aus der DIN 51 603-1 an Heizöl EL Ausgabe September 2003

Eigenschaft		Anforderung		Prüfung nach
		min.	max	
Dichte bei 15 °C	kg/m ³		860	DIN 51 757
Heizwert	MJ/kg	42,6		DIN 51 900-1, -2 o. -3 oder Berechnung ¹⁾
Flammpunkt	°C	55		DIN EN 22 719
Kinematische Viskosität bei 20 °C	mm ² /s		6,00	DIN 51 562-1
Cloud Point	°C		3	DIN EN 23015
Cold Filter Plugging Point (Temperaturgrenzwert der Filtrierbarkeit)				
– bei Cloud Point = 3 °C	°C		-12	DIN EN 116
– bei Cloud Point = 2 °C	°C		-11	
– bei Cloud Point ≤ 1 °C	°C		-10	
Koksrückstand von 10 % Dest.-Rückstand	% m/m		0,3	DIN 51 551, DIN EN ISO 10 370
Schwefelgehalt für Heizöl EL-1 Standard	mg/kg	> 50	2000	DIN EN 24 260, DIN EN ISO 8754, DIN EN ISO 14 596
Schwefelgehalt für Heizöl EL-1 schwefelarm	mg/kg		50	DIN 51400-11, DIN EN 24 260, DIN EN ISO 14 596
– Sicherstellung der Schmierfähigkeit bei Heizöl EL-1 schwefelarm	µm		460	DIN EN ISO 12 156-1
Wassergehalt	mg/kg		200	DIN 51 777-1 o. ISO/DIN 12 937
Gesamtverschmutzung	mg/kg		24	DIN EN 12 662
Asche	% m/m		0,01	DIN EN ISO 6245

Die Mindestanforderungen an die Qualität von Heizöl EL sind in der DIN 51 603-1 festgelegt. Diese Norm beschreibt die wesentlichen Qualitätseigenschaften, die für die Anwendung des Produkts von Bedeutung sind.

Bezüglich des Schwefelgehaltes werden in der DIN 51 603-1 zwei Qualitäten festgelegt.

Heizöl EL Standard

Ein extra leichtflüssiger Brennstoff, der aus Kohlenwasserstoffen besteht und dessen Schwefelgehalt bis (2000 mg/kg) liegt.

Heizöl EL schwefelarm

Ein extra leichtflüssiger Brennstoff, dessen Schwefelgehalt 50 mg/kg nicht überschreitet.

¹⁾ Berechnung des Heizwertes H_f in MJ/kg von Heizöl EL: $H_f = 52,92 - \frac{11,93 \cdot \delta_{15}}{1,000} - 0,29 \cdot w(S)$.
Hierin bedeuten: δ_{15} Dichte des Heizöls in kg/m³ bei 15 °C, w(S) Massenanteil an Schwefel im Heizöl EL in Prozent.

Zündtemperatur

Untere Grenze für mögl.
Selbstzündung (DIN 51794)

$\lambda=1, 1\text{bar}$	Zündtemp.
H ₂ /Luft	560°C
CH ₄ /Luft	610°C
C ₃ H ₈ /Luft	470°C
C ₈ H ₁₈ /Luft	210°C
C ₆ H ₆ /Luft	555°C
Benzin	430-550°C

**(Bestimmung: Gemisch im
Erlenmeyer-Kolben erhitzen)**

(Anm.: Reale Zündtemp. ist
parameterabhängig)

Flammpunkt

Temp. einer Flüssigkeit,
oberhalb derer der Dampf mit
einer offenen Flamme
entzündet werden kann

Gefahren- klasse	Flammpunkt
I	< 21°C
II	21-55°C
III	55-100°C
Benzin	-16 ... +10°C
Heizöl EL	+70 ... +120°C

Die Kälteeigenschaften von Heizöl lassen sich im Labor durch festgeschriebene Testverfahren charakterisieren.

Der **Cloud Point CP** ist die Temperatur, bei der ein blankes flüssiges Produkt unter festgelegten Prüfbedingungen durch die Ausscheidung von Paraffinkristallen trüb oder wolkig wird. DIN: max +3 °C.

Die Temperatur, bei der ein Prüffilter unter definierten Bedingungen durch ausgefallene Paraffine verstopft, wird als **Cold Filter Plugging Point CFPP** bezeichnet. Die Grenzwerte für den CFPP sind in Abhängigkeit vom CP festgelegt.

DIN: max. -12 °C bei einem CP von +3 °C

max. -11 °C bei einem CP von +2 °C

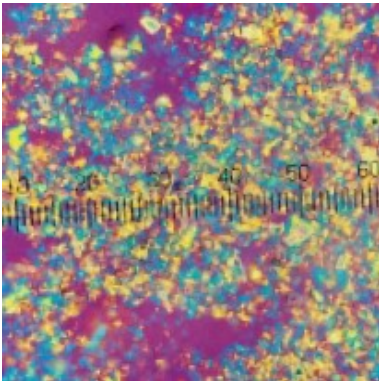
max.-10 °C bei einem CP kleiner gleich +1°C.

Als **Pour Point** bezeichnet man die niedrigste Temperatur, bei der das Heizöl EL eben noch fließt, wenn es unter festgelegten Bedingungen abgekühlt wird.

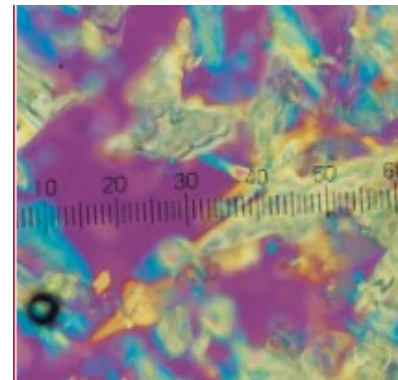
Für die Praxis ist dieser Wert weniger aussagefähig, da dabei z.B. nicht berücksichtigt wird, dass der Heizölvorfilter bereits bei Temperaturen oberhalb des Pour Point verstopfen kann.

Heizölzusätze (Additive)

Fließverbesserer bewirken, dass das Wachstum der Paraffinkristalle bei tiefen Temperaturen begrenzt wird. Diese Additive bestehen aus aschefreien Polymeren, die sich im Heizöl EL lösen und das Wachstum der Paraffinkristalle begrenzen



Mit Fließverbesserer
Paraffinkristalle bleiben
klein und damit filtergängig



ohne Fließverbesserer
Beim Unterschreiten des
Cloud Point (CP) bilden
sich Paraffinkristalle

Verbrennungsverbesserer

Vereinfacht dargestellt basieren diese Additive überwiegend auf in Heizöl EL löslichen organischen Eisenverbindungen mit der katalytischen Eigenschaft, die Rußbildung im Ansatz zu unterbinden.

Langzeitstabilität

Die Stabilität und damit das Langzeitlagerverhalten von Heizöl EL können durch spezielle Additive verbessert werden.

Biobrennstoffe und Gemische

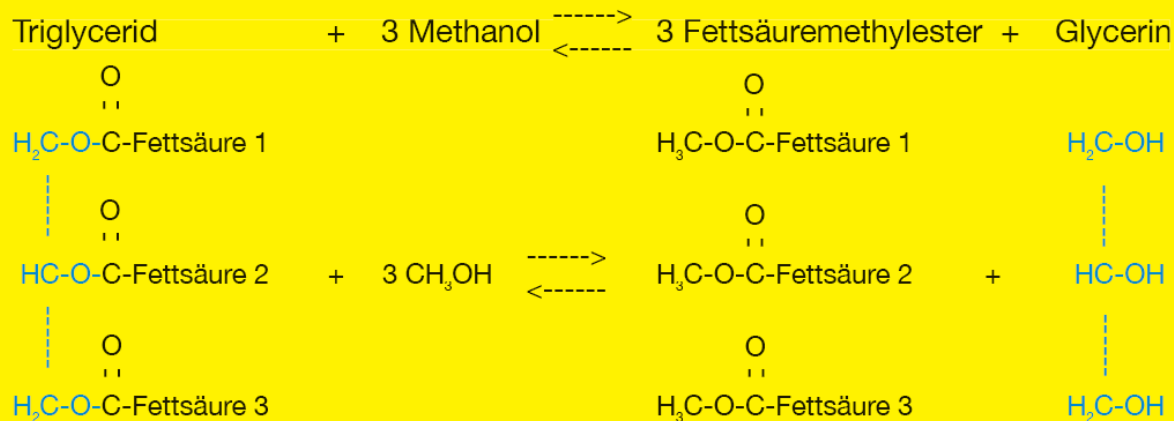
Aufgrund der CO₂ Neutralität von Biobrennstoffen gewinnt FAME an Bedeutung. FAME (Fatty Acid Methyl Ester) ist der übergeordnete Begriff für den auch unter dem Handelsnamen "Biodiesel" .

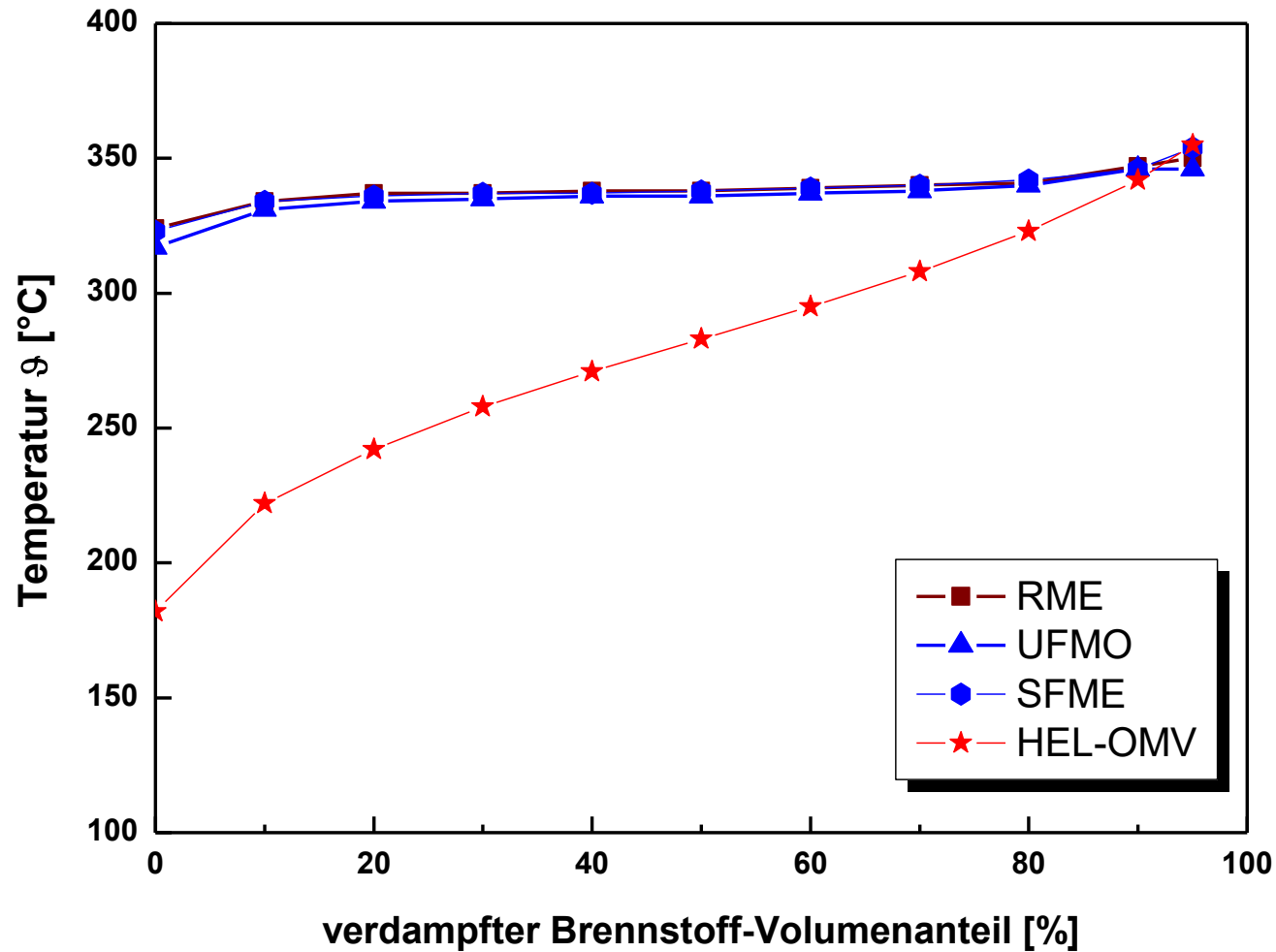
Die Herstellung von FAME erfolgt durch die synthetische Veresterung von Bioölen mit Methanol.

Mit Hilfe eines Katalysators (z.B. Kalilauge) und unter Zugabe von 10% Methylalkohol erfolgt die Aufspaltung des Rapsöls.

Neben dem Biodiesel fallen als Nebenprodukte u.a. Glycerin und Methanol an. Das überschüssige Methanol wird durch Destillation entfernt und wieder dem Kreislauf zugeführt.

Umesterung von Pflanzenöl zu Pflanzenölmethylester (Biodiesel)





Physikalische Eigenschaft	Einheit	5%	20%	5%	20%	HEL
		RME	RME	UFOME	UFOME	OMV
Viskosität bei 40°C	mm ² /s	3,43	3,553	3,448	3,616	3,403
Dichte bei 15°C	kg/m ³	852,8	857,2	852,8	857,1	851,4
Flammpunkt	°C	76	77	75	77	75
Wassergehakt	mg/kg	72	94	85	119	61
Heizwert Hu	MJ/kg	42,423	41,683	42,362	41,574	42,674

RME Rapeseed Oil Methyl Ester

UFOME Used Frying Oil Methyl Ester

Physikalische Eigenschaft	Einheit	RME	UFOME	SFME	HEL
Viskosität 40°C	mm ² /s	4,504	4,897	4,145	3,403
Dichte 15°C	kg/m ³	882,8	881,9	885	851,4
Flash point	°C	158	161	175	75
Wassergehalt	mg/kg	296	377	188	61
Heizwert Hu	MJ/kg	37,353	37,185	37,542	42,674

RME Rapeseed Oil Methyl Ester

SFME Sun Flower Oil Methyl Ester

UFOME Used Frying Oil Methyl Ester

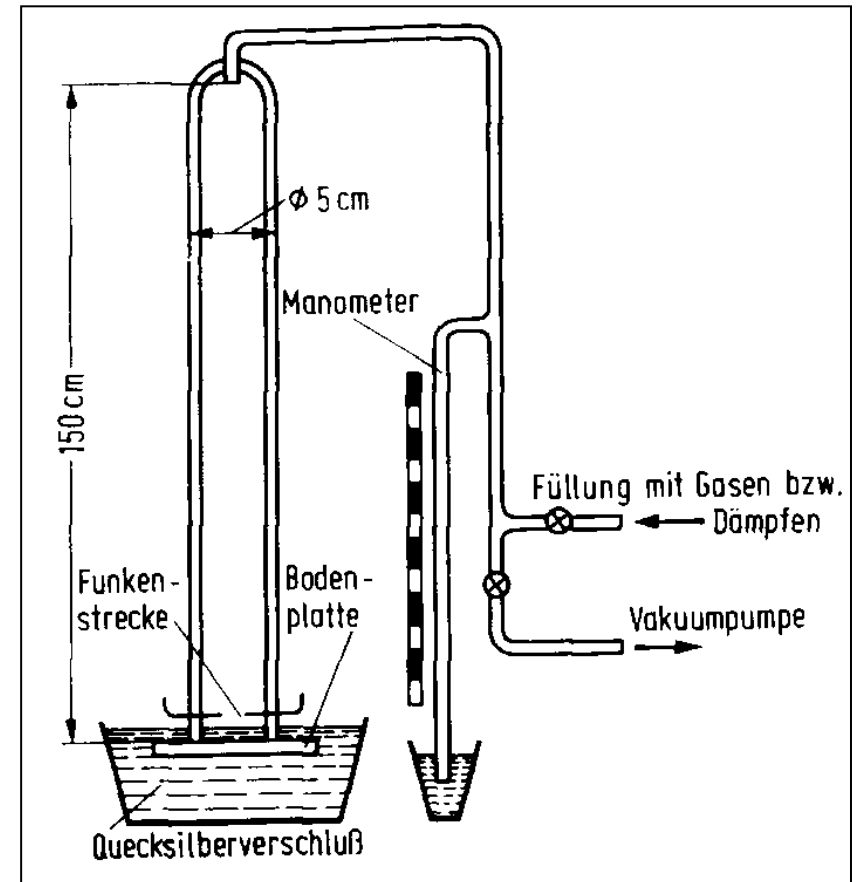
Zündgrenzen

(Sicherheitsrelevant !)

Bei zu wenig O₂ oder zu wenig Brennstoff
keine Zündung möglich

Gemisch	Untere Zündgr. (Vol% Br.-Gas)	Obere Zündgr. (Vol% Br.-Gas)
H ₂ /Luft	4	75
CH ₄ /Luft	5	15
C ₃ H ₈ /Luft	2,1	9,5
CH ₄ /Luft, 50 bar	4,8	48
CH ₄ /Luft, 100 bar	4,6	57
CH ₄ /O ₂	5	60
Benzin/Luft	0,6 - 1	6 - 8
Diesel/Luft	ca. 0,6	ca. 6,5

Daten für 25°C



**Bestimmung der Zündgrenze
nach Coward und Jones**

Produktspezifische Anforderungen an die Lagerung

Frostfreie Lagerung

Um Anlagenstörungen bei niedrigen Temperaturen durch Paraffinausscheidungen sicher zu vermeiden, ist es erforderlich, dass die Lagerung von Heizöl EL frostfrei erfolgt (DIN 4755). Dies gilt insbesondere auch für die Rohrleitungen und Bauelemente zwischen Tank und Brenner.

Einflüsse auf die Lagerungsstabilität

Heizöl EL unterliegt einer natürlichen Alterung, die durch Einwirken von Wärme, Sauerstoff, Licht, Wasser, Mikroorganismen sowie Metallen und deren Oxiden beschleunigt werden kann. Dadurch kann es zur Bildung ö unlöslicher Sedimente kommen.

Die Lagerungsstabilität des Heizöls kann durch so genannte **Stabilitätsverbesserer** verbessert werden. Detergentien und Dispergatoren sind in der Lage, vorhandene Alterungsprodukte im Heizöl zu binden, und können so Tankanlage und Rohrleitungen über lange Zeit frei von Ablagerungen halten.

Um der **Bildung von Alterungsprodukten vorzubeugen**, sollten folgende Hinweise beachtet werden:

- Transparente Kunststofftanks (auch solche aus glasfaserverstärktem Kunststoff [GFK]) lichtgeschützt aufstellen.
- Das Einstrangsystem ist dem Zweistrangsystem für die Heizölversorgung des Brenners vorzuziehen. Das Einstrangsystem wirkt sich positiv auf die Lagerungsstabilität des Heizöls aus, da kein erwärmtes Heizöl in den Tank zurückgeführt wird. Eine Durchmischung im Tank sowie eine mögliche Anreicherung von Sauerstoff
- Lange Leitungswege für die Brennstoffversorgung zwischen Tank und Brenner vermeiden. Bei extrem langen Leitungen können auch Stahl- oder Aluminiumrohre verwendet werden.
- In Abständen von mehreren Jahren den Tank vor einer weiteren Lieferung möglichst weit leer fahren, um so die durchschnittlichen Lagerzeiten zu verkürzen.

Die **baurechtlichen Anforderungen** an die Lagerung von Heizöl EL werden in der **Feuerungsverordnung (FeuVO)** der jeweiligen Bundesländer beschrieben.

Es gelten darüber hinaus die:

Anforderungen der TRbF (Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten)

Die jeweilige **Landes-VAwS** (Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen).

Die Lagerung von Heizöl EL in allgemein zugänglichen Fluren, Durchgängen und Durchfahrten, auf Dächern und in Dachräumen, ist unzulässig. Darüber hinaus gelten für die Zulässigkeit der Lagerung die bau- und wasserrechtlichen Vorschriften.

Bis zu einer Menge von 5.000 Litern darf Heizöl EL im gleichen Raum gelagert werden, in dem sich auch die Heizungsanlage befindet.

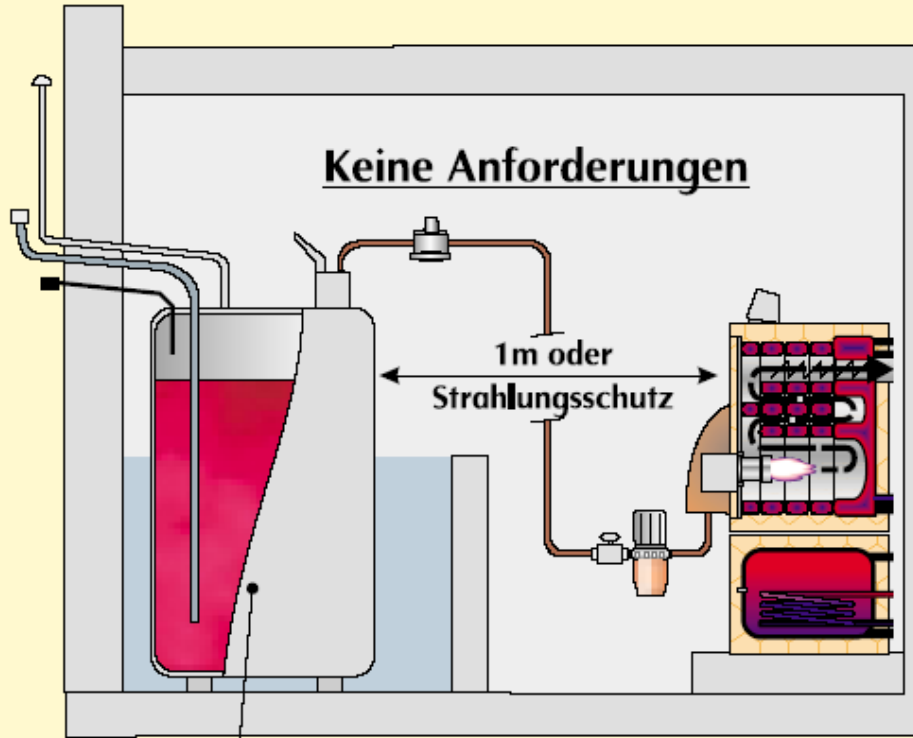
Bei einem Gesamtlagervolumen von mehr als 5.000 Litern ist ein separater Lagerraum erforderlich. Dieser muss von der Feuerwehr vom Freien aus beschäumt und gelüftet werden können und darf nicht anderweitig genutzt werden.

Gemäß der Feuerungsverordnung (FeuVO) und der TRbF 20 müssen die Wände und Decken eines Lagerraumes (> 5.000 Liter) feuerbeständig sein und aus nicht brennbaren Baustoffen bestehen. Dies gilt auch für den Fußboden des Lagerraums.

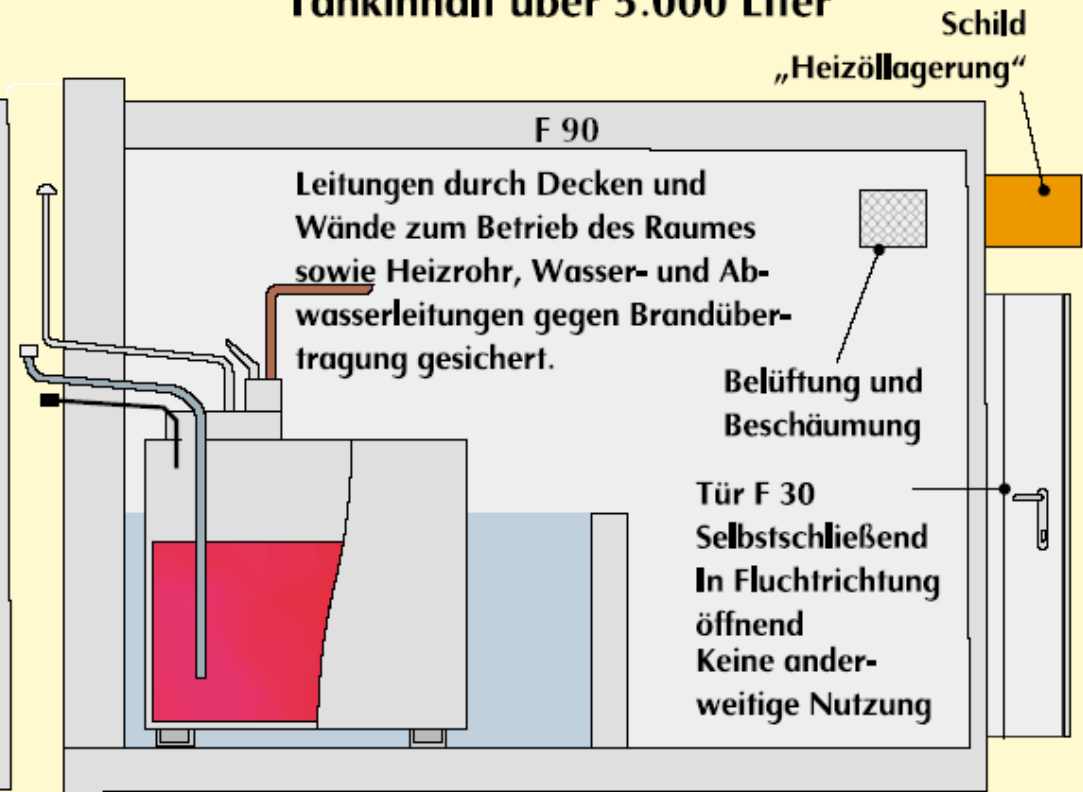
Türen müssen in Fluchrichtung zu öffnen, selbstschließend sowie, ausgenommen Türen ins Freie, mindestens feuerhemmend (F 30/T 30) sein. Durch die Decke und die Wände des Lagerraums dürfen nur Heizrohrleitungen, Wasser- und Abwasserleitungen sowie die Leitungen, die zum Betrieb der Tankanlage erforderlich sind, geführt werden.

Das Betreten des Lagerraums durch Unbefugte ist durch ein deutlich sichtbares und gut lesbares Schild zu verbieten.

Tankinhalt max. 5.000 Liter



Tankinhalt über 5.000 Liter



Bei Tanks aus thermoplastischem Kunststoff und standortgefertigten Tanks aus GFK gelten auch für Lagervolumen < 5.000 Liter die Anforderungen an Lagerräume (Ausnahmen: Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen)

Die DIN 51 603-1 schreibt vor, dass Heizöl EL ein reines Produkt aus der Mineralölverarbeitung ist, das vorher zu keinem anderen Zweck eingesetzt werden darf. Aufgearbeitetes Altöl und Beimischungen von chlorhaltigen Stoffen sowie anorganischen Säuren sind daher im Heizöl EL nicht enthalten.

Seine Hauptbestandteile:

Kohlenstoff mit einem mittleren Masseanteil von 86,5 %

Wasserstoff mit einem mittleren Masseanteil von 13,3 %.

Heizöl EI setzt sich aus:

n-Alkanen (45% Mass. %)

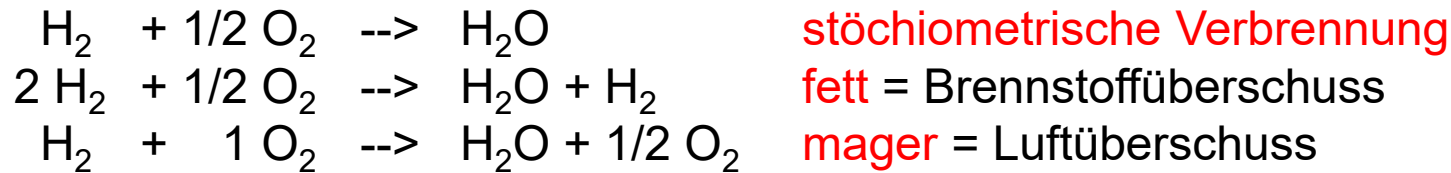
Zyklische Kohlenwasserstoffe (20 Mass. %)

Aromaten (30% Mass. %)

Die Moleküllängen der enthaltenen n-Alkanen reichen von C_7H_{16} bis $C_{24}H_{50}$

Stoffumwandlung in Verbrennung durch Reaktionsgleichungen beschrieben
--> Umgruppierung der Atome --> Atomenerhaltung (Massenerhaltung)

Beispiel für Reaktionsgleichung:

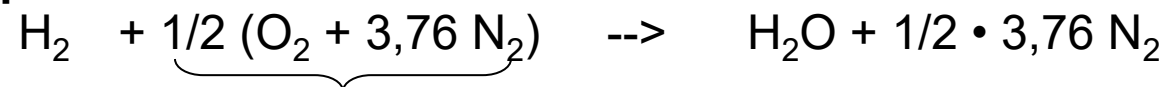


Luft: 21 % O₂
79 % N₂ (Inertgase mitgezählt)



$$\begin{array}{l} \frac{n_{\text{N}_2}}{n_{\text{O}_2}} = 3,76 \\ n_{\text{L}} = 4,76 \cdot n_{\text{O}_2} \end{array}$$

Bsp.:



$$n_{\text{L}} = 1/2 \cdot 4,76 \text{ mol Luft} = 2,38 \text{ mol}$$

$$n_{\text{B}} = 1 \text{ mol}$$

Luftmenge, Luftzahl

'Molare Luftmenge' $L := \frac{n_L}{n_B}$ (2.6)

'Mindest - Luftmenge' $L_{\min} := \frac{n_{L,\min}}{n_B}$ für stöch. Verbrennung (2.7)

Bem.: Der Begriff 'Mindest'-Luftmenge kommt daher, dass technische Brenner i.a. mit Luftüberschuss betrieben werden: $n_L > n_{L,\min}$

'Luftverhältnis' $\lambda := \frac{n_L}{n_{L,\min}} = \frac{L}{L_{\min}}$ (2.8)

(häufig auch **'Luftzahl'** genannt, ist Maß für Luftüberschuss)

International üblich:

'Stöchiometrisches Verhältnis' $\Phi = \frac{1}{\lambda}$ (2.9)

(auch **'Äquivalenzverhältnis'**, engl.: **'Stoichiometry'**)

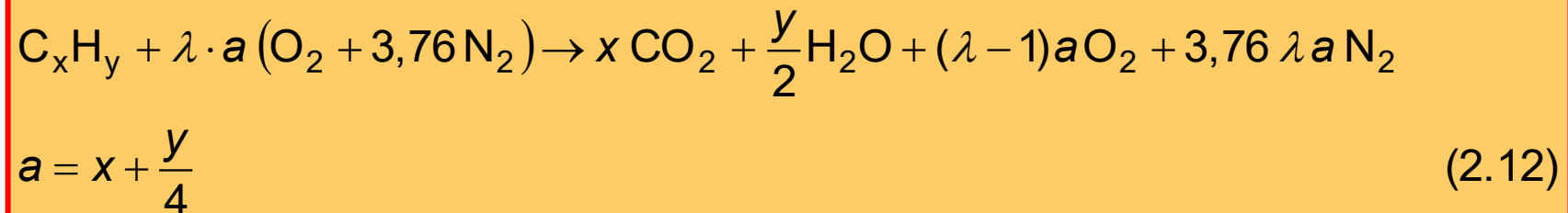
Stöch. Verbrennung: $\Phi = 1$ $\lambda = 1$
Fette Verbrennung: $\Phi > 1$ $\lambda < 1$
Magere Verbrennung: $\Phi < 1$ $\lambda > 1$

$$\text{'Brennstoffanteil'} \quad X_{B,(st)} := \frac{n_B}{n_B + n_{L,(min)}} = \frac{1}{1 + L_{(min)}} \quad (2.10)$$

Auch 'spezifische', d.h. massebezogene Größen üblich. (Manchmal wird die Luft auch in Normkubikmeter und der Brennstoff in kg angegeben. In der Praxis immer auf angegebene Dimensionen achten!).

$$l := \frac{m_L}{m_B}, \quad l_{min} = \frac{m_{L,min}}{m_B}, \quad \lambda = \frac{m_L}{m_{L,min}} = \frac{l}{l_{min}}, \quad Y_{B,(st)} = \frac{m_B}{m_B + m_{L,(min)}} = \frac{1}{1 + l_{(min)}} \quad (2.11)$$

Allgemeine Form der globalen Reaktionsgleichung für Kohlenwasserstoff-Verbrennung (für $\lambda \geq 1$)



Für die benötigte Luftmenge $L = n_L / n_B$ folgt:

$$L_{\min} = 4,76 a$$
$$L = \lambda \cdot 4,76 a \quad (2.13)$$

Mithilfe obiger Gleichung kann für vollständige Verbrennung auch die entstehende **Abgasmenge und ihre Zusammensetzung** berechnet werden.

Tabelle 2.1: Mindestluftmenge und Brennstoffanteil für beispielhafte Brennstoffe

Brennstoff	a	Mindestluftmenge			Stöch. Brennstoffanteil	
		L_{\min} [$\text{m}^3_{\text{N}}/\text{m}^3_{\text{N}}$]	l_{\min} [$\text{m}^3_{\text{N}}/\text{kg}$]	l_{\min} [kg/kg]	$X_{\text{B,st}}$ [Vol%]	$Y_{\text{B,st}}$ [Massen%]
H ₂	0,5	2,38	26,44	34,06	29,59	2,85
CH ₄	2	9,52	13,29	17,12	9,51	5,52
C ₂ H ₄	3	14,28	11,40	14,69	6,54	6,38
C ₃ H ₈	5	23,80	12,09	15,57	4,03	6,03
C ₇ H ₁₆	11	52,36	11,70	15,07	1,87	6,22
C ₈ H ₁₈	12,5	59,50	11,67	15,03	1,65	6,24
Benzin			11,5			
Diesel			11,2			
Steinkohle			ca. 8			

Memo: Pro kg Brennstoff wird etwa 11-12 m³ Luft benötigt

Typisch: etwa 6 Massen-% Brennstoff

 Stadtwerke Heidelberg AG <i>Ihr Dienstleistungspartner</i>	Informationsblatt ERDGAS - H	51 - Gasversorgung gültig ab 01.01.2006
---	---	--

Analyse (Mittelwerte 2005 , Mol. %)

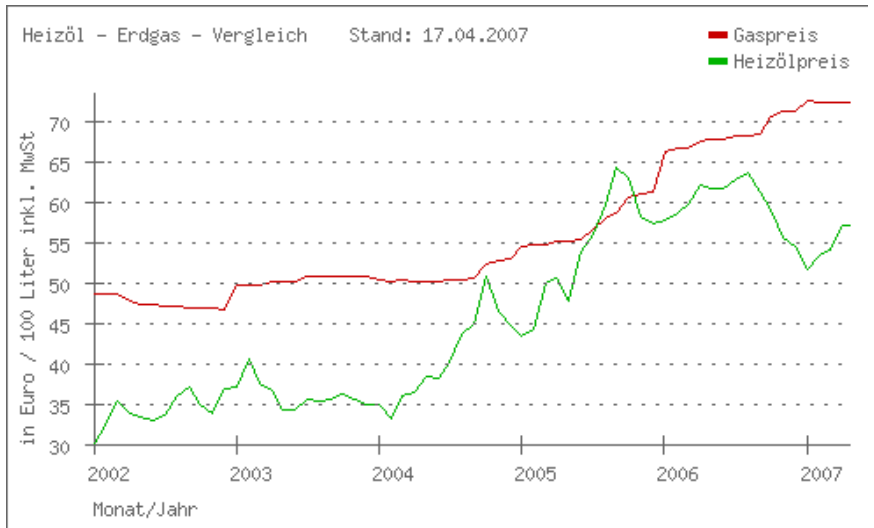
Kohlendioxyd	CO2	0,768
Stickstoff	N2	2,213
Methan	CH4	93,470
Ethan	C2H6	2,975
Propan	C3H8	0,449
Butan	C4H10	0,101
Pentan	C5H12	0,016
Höhere Kohlenwasserstoffe	C6H14+	0,008
		100,000

Erdgas der Gruppe H (kurz H-Gas, auch High-Gas) kommt meistens aus:
GUS-Staaten , Nordsee der Erdgasfelder von Norwegen, Niederlande und Dänemark.
Methan-Anteil liegt zwischen 87 und 99,1 Vol. %.
Der Heizwert liegt in der Regel zwischen 10,0 und 11,1 kWh/m³.

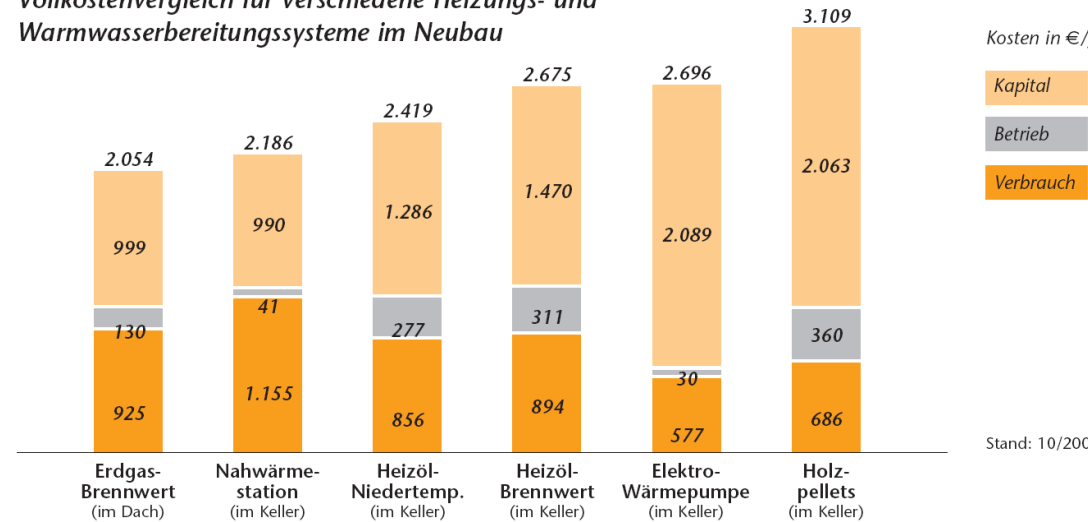
Kenndaten

Brennwert	Ho , N	11,10 kWh/m³	
Betriebsbrennwert	Ho , B		
(Messdruck 15°C 21 mbar, (24 mbar))		21 mbar	24 mbar
	Zone 1	10,61 kWh/m ³	10,64 kWh/m ³
	Zone 2	10,55 kWh/m ³	10,58 kWh/m ³
	Zone 3	10,49 kWh/m ³	10,52 kWh/m ³
	Zone 4	10,43 kWh/m ³	10,46 kWh/m ³
Heizwert	Hu , N	10,007 kWh/m³	
Betriebsheizwert	Hu , B		
(Messdruck 15°C 21 mbar, (24 mbar))		21 mbar	24 mbar
	Zone 1	9,58 kWh/m ³	9,61 kWh/m ³
	Zone 2	9,52 kWh/m ³	9,55 kWh/m ³
	Zone 3	9,47 kWh/m ³	9,50 kWh/m ³
	Zone 4	9,41 kWh/m ³	9,44 kWh/m ³
Wobbeindex (bez. auf Ho , N)	Wo	14,43	
Wobbeindex (bez. auf Hu , N)	Wu	13,01	
obere Zündgrenze	OZG	ca.: 16,2 Vol. % in Luft	
untere Zündgrenze	UZG	ca.: 4,0 Vol. % in Luft	
Normdichte	Rho	0,766	
relative Dichte zu Luft	d	0,592	

L-Gas (heisst aus dem Englischen übersetzt: Low-Gas), Methangehalt liegt zwischen 79,8 und 87 Vol. %.
Der Heizwert liegt in der Regel zwischen 8,2 und 8,9 kWh/m³



Vollkostenvergleich für verschiedene Heizungs- und Warmwasserbereitungssysteme im Neubau



Vorteile des Energieträgers Holz

- Holz ist gespeicherte Sonnenenergie
- Holz ist regional verfügbar und wächst ständig nach
- Holz trägt nicht zum Treibhauseffekt durch zusätzliche CO₂-Emissionen bei
- Holz ist frei von Schwefel

Verfügbarkeit von Brennholz

Holzvorrat in Deutschland **2.5 Milliarden m³**
Es wachsen jährlich hinzu **60 Millionen m³**
Es werden jährlich **40 Millionen m³** genutzt

Scheitholz



Holzbricketts



Holzackschnitzel

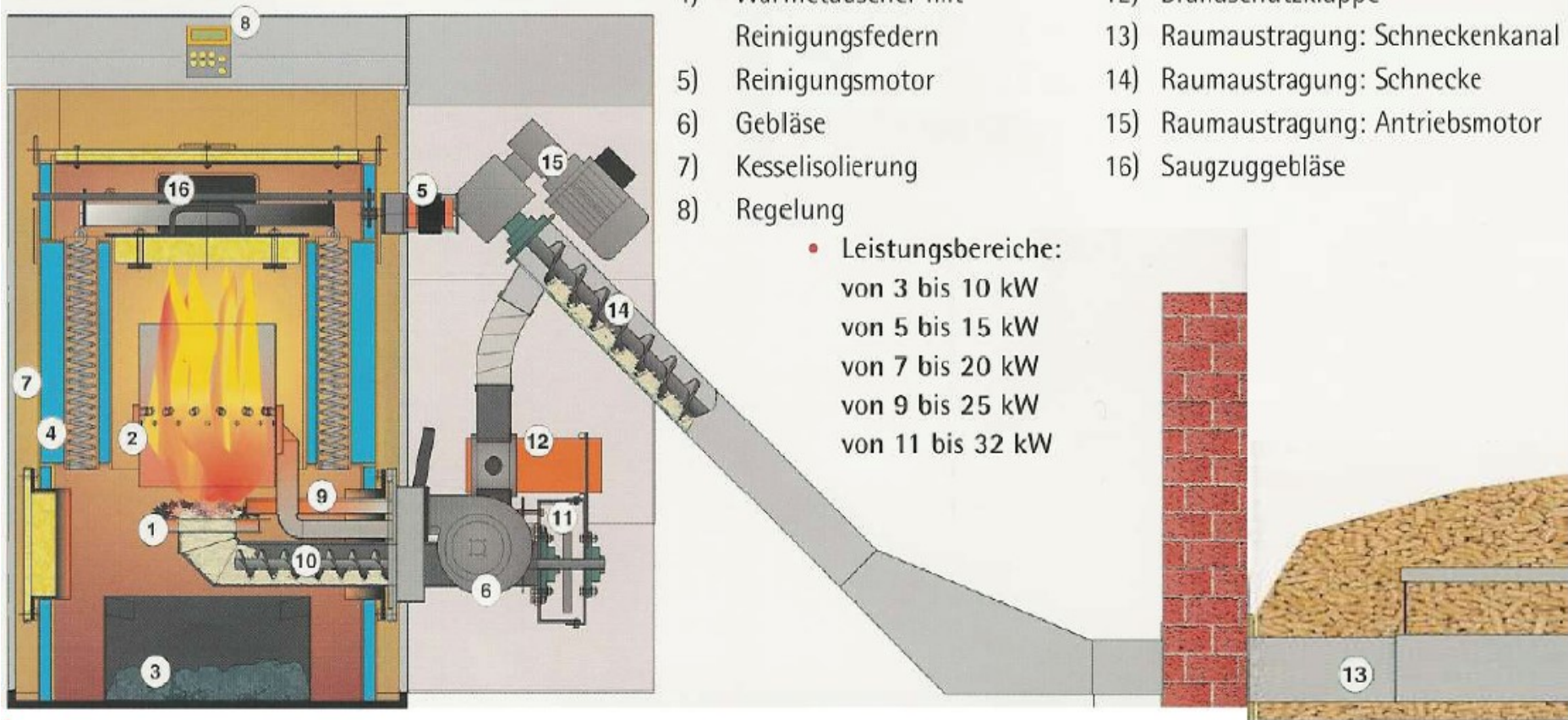


Holzpellets



Holzpellets-Heizanlagen - Die Technik

- | | |
|--|------------------------------------|
| 1) Brennteller | 9) Elektro-Zündung |
| 2) Flammrohr | 10) Brennerschnecke |
| 3) Aschenbox | 11) Hauptantrieb und Getriebe |
| 4) Wärmetauscher mit
Reinigungsfedern | 12) Brandschutzklappe |
| 5) Reinigungsmotor | 13) Raumaustragung: Schneckenkanal |
| 6) Gebläse | 14) Raumaustragung: Schnecke |
| 7) Kesselisolierung | 15) Raumaustragung: Antriebsmotor |
| 8) Regelung | 16) Saugzuggebläse |



	Jahre						
Brennstoff	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Okt.2003
Heizöl	0,14 €	0,15 €	0,19 €	0,33 €	0,49 €	0,35 €	0,38 €
Pellets	0,43 €	0,40 €	0,39 €	0,35 €	0,35 €	0,35 €	0,35 €

Der Preis bezieht sich auf 1l Heizöl bzw. 2kg Holzpellets.
Preisentwicklung für Heizöl und Erdgas ist steigend (u.a. auch steuerlich).
Preisentwicklung für Pellets durch Massenproduktion tendenziell rückläufig!