

168. Albert Wolfgang Schmidt, Viktor Schoeller und Kurt Eberlein: Über physikalische Daten von 1-Olefinen und *n*-Paraffinen.

[Aus d. Institut f. Chem. Technologie d. Techn. Hochschule München.]

(Eingegangen am 19. Mai 1941.)

Die in den ersten 5 Mitteilungen^{1) 2) 3) 4) 5)} beschriebenen Untersuchungen über die Zusammenhänge zwischen chemischem Aufbau und Temperatur-Viscosität-Verhalten reiner Kohlenwasserstoffverbindungen, deren Vorhandensein man in den Schmierölen vermuten kann, wurden in vorliegender Arbeit auch für die 1-Olefine sowie für die *n*-Paraffine angestellt. Auch bei diesen Körperklassen galt es neben dem Temperatur-Viscosität-Verhalten die anderen physikalischen Daten der rein dargestellten Kohlenwasserstoffe neu zu bestimmen bzw. mit den Literaturwerten zu vergleichen. Dem Umfang der vorhandenen Literatur entsprechend hätte man annehmen können, daß diese Arbeit nicht viel Neues bringen würde. Es zeigte sich jedoch, daß wir an den Literaturwerten einige Korrekturen anbringen können. Die Tatsache, daß wir nicht nur einzelne Individuen dieser Kohlenwasserstoff-Reihe, sondern jeweils mehrere Glieder der homologen Reihe untersuchten, gibt uns dann bei graphischer Auftragung der Werte die Möglichkeit, die verschiedenen Ergebnisse kritisch zu betrachten. Da nun unsere Werte durchweg sehr gut auf dem entsprechenden Kurvenast zu liegen kommen, können unsere Ergebnisse unbedingt einen größeren Anspruch auf Genauigkeit erheben als andere.

An Olefinen wurden Nonen-(1), Decen-(1), Undecen-(1), Dodecen-(1), Tridecen-(1), Pentadecen-(1), Heptadecen-(1) und Heneikosen-(1) nach folgendem Verfahren dargestellt^{6) 7)}:

Zur klassischen Lösung des Organomagnesium-Derivats läßt man unter kräftigem Schütteln und Eiskühlung das mit etwas Äther verdünnte Allylbromid zutropfen. Es erfolgt nicht immer Ausscheidung des Magnesiumhalogenids, sondern häufig treten 2 Schichten auf. Man kocht 1 Stde., läßt abkühlen und zersetzt mit Eiswasser. Das entstandene Rohprodukt wird mit Äther aufgenommen und durch fraktionierte Destillation isoliert. Von anhaftenden Verunreinigungen wird es durch mehrtägiges Stehenlassen über Natriumdraht in der Wärme befreit. Eine abermalige scharfe Fraktionierung liefert dann das reine 1-Olefin. Ausb. an Reinprodukt ungefähr 50 % d. Theorie.

Die *n*-Paraffine: *n*-Octan, *n*-Undecan, *n*-Tridecan, *n*-Heptadecan, *n*-Heneikosan, *n*-Hexakosan und *n*-Triakontan synthetisierten wir wie folgt:

a) *n*-Octan nach der Würtz-Fittigschen Reaktion⁸⁾. Ausb. 60 % d. Theorie.

b) *n*-Undecan, *n*-Tridecan, *n*-Heptadecan und *n*-Heneikosan durch Hydrierung der entsprechenden, nach v. Braun, Deutsch und Schmatloch⁹⁾ dargestellten Olefine mit Platinoxid als Katalysator. Letzteres wurde nach Adams, Voorhees und Shriner⁹⁾ dargestellt. Als Lösungsmittel für die Olefine wurde Cyclohexan gewählt.

Die Hydrierungsgeschwindigkeit war bei allen Körpern äußerst groß.

c) *n*-Hexakosan und *n*-Triakontan durch die Elektrolyse:

¹⁾ A. W. Schmidt, Hopp u. Schoeller, Öl u. Kohle **14**, 985 [1938].

²⁾ A. W. Schmidt, Hopp u. Schoeller, B. **72**, 1893 [1939].

³⁾ A. W. Schmidt u. Grosser, B. **73**, 930 [1940].

⁴⁾ A. W. Schmidt u. Gemassmer, B. **73**, 359 [1940].

⁵⁾ A. W. Schmidt u. Schoeller, B. **74**, 258 [1941].

⁶⁾ v. Braun, Deutsch u. Schmatloch, B. **45**, 1254 [1912].

⁷⁾ Kirmann, Bull. Soc. chim. France [4] **89**, 988 [1926].

⁸⁾ Lewis, Hendricks u. Yohe, Journ. Amer. chem. Soc. **50**, 1993 [1928].

⁹⁾ Org. Syntheses **2**, 452 [1932].

Nach Petersen¹⁰⁾ elektrolysierten wir eine alkoholische Lösung von saurem myristinsäuren Kalium bei 55–60° und einer Stromstärke von 0.96 Amp., bzw. eine alkoholische Lösung von saurem palmitinsäuren Kalium bei etwa 70° und 0.98 Amp.

Die abgeschiedene Ölmenge wurde 2- bis 3-mal mit einer alkoholischen KOH-Lösung, dann mit Wasser ausgekocht.

Die nach 4- bis 5-maligem Umkrystallisieren aus Benzol-Alkohol erhaltenen Kohlenwasserstoffe konnten jedoch nach der Analyse noch nicht als rein angesprochen werden.

Wir behandelten sie nun einige Tage durch Stehenlassen über Natriumdraht in der Wärme und fraktionierten hierauf im Hochvakuum. Es gelang so, absolut reine Körper zu erhalten.

Da Petersen seine Kohlenwasserstoffe weder destilliert noch mit Natriumdraht behandelt hat, darf wohl angenommen werden, daß es sich bei seinen Präparaten nicht um reine Produkte handelte. Ausb. an Reinprodukt 60 % d. Theorie.

Wie bisher wurden ermittelt und überprüft: Analyse, Brechungsexponent, Dichte, Mol.-Refraktion, Schmelzpunkt und Temperatur-Viscosität-Abhängigkeit.

Tafel 1 enthält die physikalischen Eigenschaften und Analysen der 1-Olefine, Tafel 2 die der *n*-Paraffine.

Tafel 1.

Physikalische Eigenschaften und Analysen von 1-Olefinen.

Nonen-(1), C_9H_{18} : Mol.-Gew. 126.14. Sdp.₁₁ 33.5°. Schmp. —88°. d_4^{20} 0.7296. n_D^{20} 1.4169. Mol.-Refr. 43.47 (ber. 43.30).

24.95 mg Sbst.: 78.22 mg CO_2 , 31.11 mg H_2O .

C_9H_{18} . Ber. C 85.62, H 14.38. Gef. C 85.50, H 14.40.

Decen-(1), $C_{10}H_{20}$: Mol.-Gew. 140.16. Sdp.₁₁ 52°. Schmp. —66.3°. d_4^{20} 0.7396. n_D^{20} 1.4220. Mol.-Refr. 48.16 (ber. 47.91).

21.90 mg Sbst.: 68.81 mg CO_2 , 27.76 mg H_2O .

$C_{10}H_{20}$. Ber. C 85.62, H 14.38. Gef. C 85.69, H 14.18.

Undecen-(1), $C_{11}H_{22}$: Mol.-Gew. 154.18. Sdp.₁₁ 74.8°. Schmp. —49.5°. d_4^{20} 0.7506. n_D^{20} 1.4270. Mol.-Refr. 52.74 (ber. 52.53).

22.86 mg Sbst.: 71.80 mg CO_2 , 29.38 mg H_2O .

$C_{11}H_{22}$. Ber. C 85.62, H 14.38. Gef. C 85.66, H 14.38.

Dodecen-(1), $C_{12}H_{24}$: Mol.-Gew. 168.19. Sdp.₁₁ 89–89.5°. Schmp. —33.6°. d_4^{20} 0.7582. n_D^{20} 1.4308. Mol.-Refr. 57.40 (ber. 57.15).

24.23 mg Sbst.: 75.92 mg CO_2 , 30.74 mg H_2O .

$C_{12}H_{24}$. Ber. C 85.62, H 14.38. Gef. C 85.46, H 14.19.

Tridecen-(1), $C_{13}H_{26}$: Mol.-Gew. 182.21. Sdp.₁₁ 104°. Schmp. —22.2°. d_4^{20} 0.7658. n_D^{20} 1.4340. Mol.-Refr. 61.96 (ber. 61.77).

23.14 mg Sbst.: 72.58 mg CO_2 , 29.74 mg H_2O .

$C_{13}H_{26}$. Ber. C 85.62, H 14.38. Gef. C 85.54, H 14.38.

Pentadecen-(1), $C_{15}H_{30}$: Mol.-Gew. 210.24. Sdp.₁₁ 135.2°. Schmp. —4°. d_4^{20} 0.7769. n_D^{20} 1.4394. Mol.-Refr. 71.24 (ber. 71.00).

24.94 mg Sbst.: 78.37 mg CO_2 , 32.05 mg H_2O .

$C_{15}H_{30}$. Ber. C 85.62, H 14.38. Gef. C 85.70, H 14.38.

Heptadecen-(1), $C_{17}H_{34}$: Mol.-Gew. 238.27. Sdp.₁₁ 157°. Schmp. +11°. d_4^{20} 0.7854. n_D^{20} 1.4438. Mol.-Refr. 80.59 (ber. 80.24).

23.22 mg Sbst.: 72.72 mg CO_2 , 30.20 mg H_2O .

$C_{17}H_{34}$. Ber. C 85.62, H 14.38. Gef. C 85.41, H 14.55.

Heneikosen-(1), $C_{21}H_{42}$: Mol.-Gew. 294.36. Sdp._{0.04} 134°. Schmp. +35.5°. d_4^{20} 0.7985 (extrapol.). n_D^{20} 1.4510 (extrapol.). Mol.-Refr. 99.26 (ber. 98.17).

23.31 mg Sbst.: 73.10 mg CO_2 , 29.75 mg H_2O .

$C_{21}H_{42}$. Ber. C 85.62, H 14.38. Gef. C 85.53, H 14.28.

¹⁰⁾ Ztschr. Elektrochem. 12, 144 [1906].

Tafel 2.

Physikalische Eigenschaften und Analysen von *n*-Paraffinen.

n-Octan, C_8H_{18} : Mol.-Gew. 114.14. Sdp.₇₆₀ 124°. Schmp. —57.0°. d_4^{20} 0.7037. d_D^{20} 0.6623. n_D^{20} 1.3984. n_D^{25} 1.3742. Mol.-Refr. 39.37 (ber. 39.14).

20.80 mg Sbst.: 64.08 mg CO_2 , 29.41 mg H_2O .

C_8H_{18} . Ber. C 84.12, H 15.88. Gef. C 84.02, H 15.82.

n-Undecan, $C_{11}H_{24}$: Mol.-Gew. 156.19. Sdp.₁₁ 74°. Schmp. —24.8°. d_4^{20} 0.7404. d_D^{20} 0.7032. n_D^{20} 1.4180. n_D^{25} 1.3957. Mol.-Refr. 53.45 (ber. 53.00).

22.91 mg Sbst.: 70.90 mg CO_2 , 31.60 mg H_2O .

$C_{11}H_{24}$. Ber. C 84.52, H 15.48. Gef. C 84.40, H 15.43.

n-Tridecan, $C_{13}H_{28}$: Mol.-Gew. 184.22. Sdp.₁₁ 104°. Schmp. —5.5°. d_4^{20} 0.7565. d_D^{20} 0.7209. n_D^{20} 1.4266. n_D^{25} 1.4049. Mol.-Refr. 62.61 (ber. 62.23).

24.35 mg Sbst.: 75.78 mg CO_2 , 33.25 mg H_2O .

$C_{13}H_{28}$. Ber. C 84.68, H 15.32. Gef. C 84.78, H 15.28.

n-Heptadecan, $C_{17}H_{36}$: Mol.-Gew. 240.28. Sdp.₁₁ 157°. Schmp. +21.2°. d_4^{20} 0.7666. d_D^{20} 0.7442. n_D^{20} 1.4356. n_D^{25} 1.4170. Mol.-Refr. 81.19 (ber. 80.71).

15.15 mg Sbst.: 47.18 mg CO_2 , 20.66 mg H_2O .

$C_{17}H_{36}$. Ber. C 84.90, H 15.10. Gef. C 84.93, H 15.26.

n-Heneikosan, $C_{21}H_{44}$: Mol.-Gew. 296.34. Sdp._{0.05} 129°. Schmp. +39.4°. d_4^{20} 0.7596. d_4^{25} 0.7477. n_D^{20} 1.4352. n_D^{25} 1.4250. Mol.-Refr. 99.75 (ber. 99.18).

22.11 mg Sbst.: 68.86 mg CO_2 , 29.06 mg H_2O .

$C_{21}H_{44}$. Ber. C 85.04, H 14.96. Gef. C 84.94, H 14.71.

n-Hexakosan, $C_{26}H_{54}$: Mol.-Gew. 366.42. Sdp._{0.05} 169°. Schmp. +56.4°. d_4^{20} 0.7780. d_4^{25} 0.7691. n_D^{20} 1.4357. n_D^{25} 1.4312. Mol.-Refr. 121.96 (ber. 121.71).

25.85 mg Sbst.: 80.61 mg CO_2 , 34.23 mg H_2O .

$C_{26}H_{54}$. Ber. C 85.15, H 14.85. Gef. C 85.05, H 14.82.

n-Triakontan, $C_{30}H_{62}$: Mol.-Gew. 422.48. Sdp._{0.05} 202°. Schmp. +65.5°. d_4^{20} 0.7750. d_4^{25} 0.7684. n_D^{20} 1.4352. n_D^{25} 1.4302.

23.83 mg Sbst.: 74.28 mg CO_2 , 30.75 mg H_2O .

$C_{30}H_{62}$. Ber. C 85.22, H 14.78. Gef. C 85.01, H 14.44.

Brechungsexponenten.

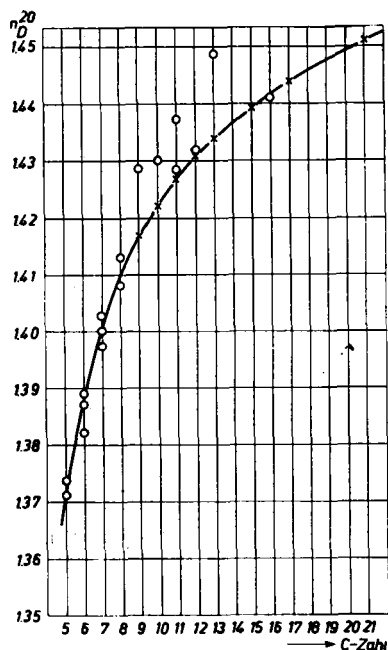
Die graphische Auftragung ($\times$ = eigene Werte, $\circ$ = Literatur-Werte) ergeben die Abbild. 1 und 2. Wenn man die hierbei entstandene Kurve für die 1-Olefine betrachtet, so ergibt sich, daß unsere Werte sich durch eine gute Lage auf der Kurve auszeichnen. Die angeführten Literatur-Werte zeigen für diesen Kurvenast mit Ausnahme von C_9 , C_{10} , C_{11} und C_{13} ebenfalls nur geringe Abweichungen. Die Werte für C_5 bis C_9 , die wir der Literatur entnahmen, lassen sich auf einem Kurvenast auftragen, der sich aus der Fortsetzung unserer festgelegten Kurve ergeben müßte.

Bei der Kurve der *n*-Paraffine ergeben sich beträchtliche Abweichungen unserer Kurven-Werte von den Literatur-Werten, besonders bei den Paraffinen mit Kohlenstoffzahlen ab C_{14} .

Die Brechungskurve der 1-Olefine verläuft höher als die der *n*-Paraffine. Mit fallender C-Zahl wird die Olefin-Kurve steiler und nähert sich der der *n*-Paraffine.

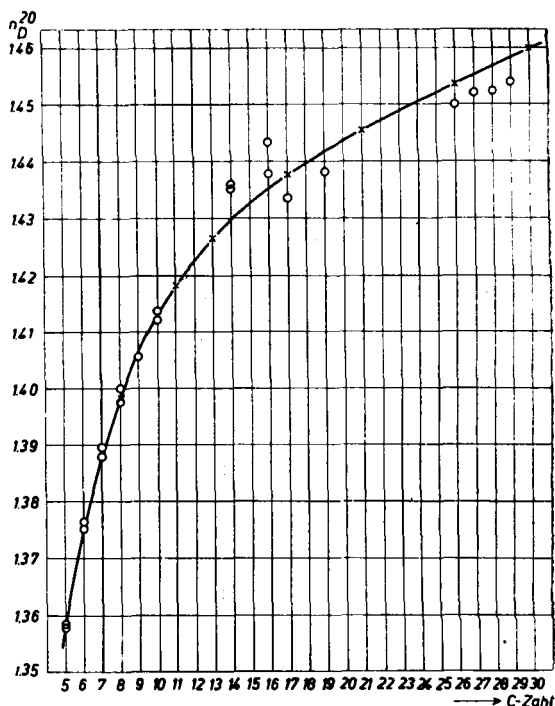
Dichten.

In gleicher Weise wurden die Kurven für die Dichten ermittelt und entsprechend Abbildd. 3 und 4 aufgetragen. Bei den 1-Olefinen ist die Darstellung einer kontinuierlich verlaufenden Kurve aus den Literatur-Werten nicht möglich. Unsere Werte dagegen zeigen einen einwandfreien Kurvenverlauf. Größere Abweichungen ergeben besonders Literatur-Werte von C_9 , C_{11} und C_{13} .



Abbild. 1. Brechung der 1-Olefine.

× × × eigene Werte.
○ ○ ○ Literatur-Werte.



Abbild. 2. Brechung der n-Paraffine.

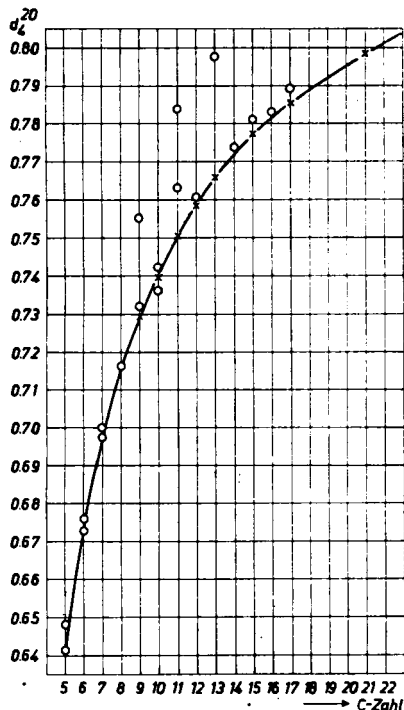
× × × eigene Werte.
○ ○ ○ Literatur-Werte.

Bei den n -Paraffinen folgen die Literatur-Werte im allgemeinen gut unserer Kurve mit Ausnahme von Werten für C_{10} , C_{11} , C_{12} , C_{14} und C_{16} , die wesentliche Abweichungen nach oben ergeben. Ähnlich wie bei den Brechungen liegen die Dichten der Körper mit Doppelbindungen höher als die der Stoffe mit einfachen Bindungen, und die Kurven nähern sich einander mit sinkender C-Zahl.

Schmelzpunkte.

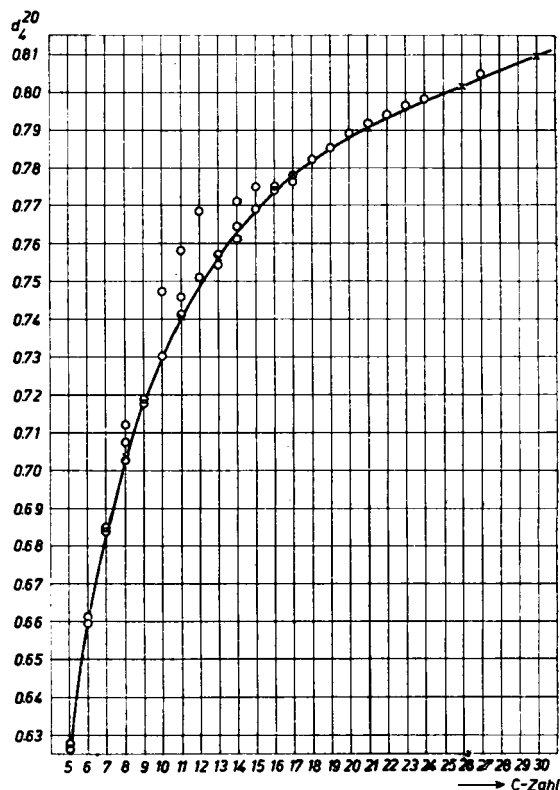
Die durch die Darstellung der Schmelzpunkte erhaltenen Kurven sind in den Abbildungen 5 und 6 dargestellt.

Beim Vergleichen der Literatur-Werte mit unseren Werten in der Olefinreihe ergibt sich eine gute Übereinstimmung. Teilweise liegen die Werte von Körpern, die wir nicht darstellten, direkt auf der Kurve. Die Fortsetzung dieser Kurve in den Bereich von Verbindungen mit geringerer C-Zahl bis in den Temperaturbereich von -140° ergibt eine beträchtliche Abweichung von den Literatur-Angaben.



Abbild. 3. Dichten der 1-Olefine.

× × × eigene Werte.
○ ○ ○ Literatur-Werte.



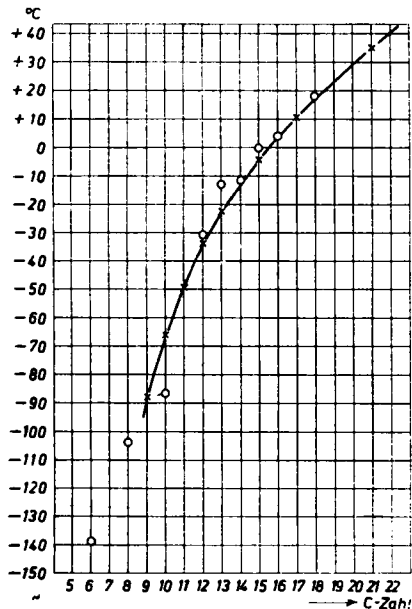
Abbild. 4. Dichten der n-Paraffine.

× × × eigene Werte.
○ ○ ○ Literatur-Werte

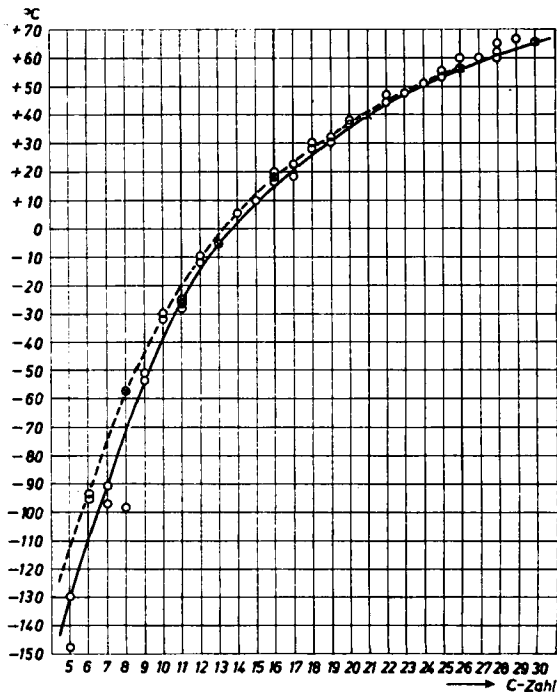
Bei der Reihe der n-Paraffine zeigt der Kurvenverlauf die bekannte Abweichung zwischen Paraffinen mit gerader und ungerader C-Zahl. Wesentliche Streuungen zeigen die Literatur-Werte von C_5 und C_8 .

Die Schmelzpunkte der Olefine liegen tiefer als die der Paraffine. Die Kurven der Olefine und Paraffine scheinen sich bei C_{24} zu überschneiden.

Die gefundenen Werte, die für die graphische Darstellung des Brechungs-exponenten, der Dichte und des Schmelzpunktes dienten, sind in den Tafeln 3 und 4 zusammengestellt.



Abbild. 5. Schmelzpunkte der 1-Olefine.
× × × eigene Werte.
○ ○ ○ Literatur-Werte.



Abbild. 6. Schmelzpunkte der n-Paraffine.
× × × eigene Werte.
○ ○ ○ Literatur-Werte.

Tafel 3.

Schmelzpunkte, Dichten und Brechungen von 1-Olefinen.

	Schmp.		d_4^{20}		n_D^{20}	
	Literatur-Werte	Eigene Werte	Literatur-Werte	Eigene Werte	Literatur-Werte	Eigene Werte
Penten			0.6414 ¹¹⁾ 0.6420 ^{12a)} 0.6483 ¹³⁾		1.3736 ¹¹⁾ 1.3711 ^{12a)}	
Hexen	—139 ⁰¹⁴⁾ —138 ⁰¹⁶⁾		0.6766 ¹¹⁾ 0.6752 ¹⁶⁾ 0.6760 ¹⁸⁾ 0.6726 ¹³⁾ 0.6740 ¹⁹⁾		1.3821 ¹²⁾ 1.3870 ¹⁷⁾ 1.3891 ¹⁸⁾ 1.3868 ¹¹⁾ 1.3877 ¹⁶⁾ 1.3862 ¹⁹⁾	
Hepten			0.6977 ¹¹⁾ 0.6973 ²⁰⁾ 0.6993 ²¹⁾ 0.6972 ^{12a)} 0.7003 ²²⁾ 0.6992 ²⁴⁾ 0.7004 ¹⁹⁾		1.3976 ¹¹⁾ 1.3996 ²⁰⁾ 1.4000 ^{12a)} 1.4029 ¹⁵⁾ 1.3999 ²³⁾ 1.3999 ²¹⁾ 1.4032 ²²⁾ 1.4027 ²⁴⁾ 1.3990 ¹⁹⁾	

Tafel 3 (Fortsetzung).

	Schmp.		d_4^{20}		n_D^{20}	
	Literatur-Werte	Eigene Werte	Literatur-Werte	Eigene Werte	Literatur-Werte	Eigene Werte
Octen	—104 ^{0 25)}		0.7158 ¹¹⁾ 0.7181 ²⁶⁾ 0.715 ²⁷⁾ 0.7155 ²⁵⁾ 0.7187 ²²⁾ 0.7165 ²⁴⁾		1.4082 ¹¹⁾ 1.4087 ²⁷⁾ 1.4132 ²²⁾ 1.4128 ²⁴⁾ 1.4132 ²⁶⁾	
Nonen		—88°	0.7315 ¹¹⁾ 0.7552 ²⁸⁾ 0.7302 ²⁹⁾	0.7296	1.4163 ¹¹⁾ 1.4286 ²⁸⁾	1.4169
Decen	—87 ^{0 30)}	—66.3°	0.7360 ²⁹⁾ 0.7421 ²⁹⁾	0.7396	1.4301 ²⁸⁾	1.4220
Undecen		—49.5°	0.7630 ⁶⁾ 0.7839 ²⁸⁾	0.7506	1.4284 ⁶⁾ 1.4376 ²⁸⁾	1.4270
Dodecen	—31.5 ^{0 31)}	—33.6°	0.7605 ²⁹⁾ 0.7598 ²⁸⁾	0.7582	1.4319 ²⁴⁾	1.4308
Tridecen	—13 ^{0 32)}	—22.2°	0.7977 ²⁸⁾	0.7658	1.4488 ²⁸⁾	1.4340
Tetradecen ..	—12 ^{0 31)}		0.7737 ²⁹⁾			
Pentadecen ..	—0.5 ^{0 33)} —2.8 ^{0 32)}	—4°	0.7809 ³²⁾	0.7769		1.4394
Hexadecen ..	+4 ^{0 31)} +4 ^{0 38)}		0.7830 ²⁹⁾ 0.7821 ³⁴⁾		1.4411 ³⁴⁾ 1.4414 ³⁶⁾	
Heptadecen ..	+11.2 ^{0 32)}	+11°	0.7892 ³²⁾	0.7854		1.4438
Octadecen ...	+18 ^{0 31)} +18 ^{0 37)}					
Heneikosen ..		+35.5°		0.7985		1.4510

¹¹⁾ Wilkinson, Journ. chem. Soc. London 1931, 3057.¹²⁾ Brooks u. Humphrey, Journ. Amer. chem. Soc. 40, 832 [1918].^{12a)} Sherrill, Mayer u. Walter, Journ. Amer. chem. Soc. 56, 926 [1934].¹³⁾ Michailov u. Arbuzov, C. 1937 I, 2579.¹⁴⁾ Risseghem, Bull. Soc. chim. Belg. 35, 328 [1926].¹⁵⁾ Böseken, Rec. Trav. chim. Pays-Bas 54, 657 [1935].¹⁶⁾ Waterman u. de Kok, Rec. Trav. chim. Pays-Bas 52, 251 [1933].¹⁷⁾ Kishner, Journ. Russ. phys.-chem. Ges. 45, 973 [1913].¹⁸⁾ Petrow, Meschtscherjakow u. Andrejew, B. 68, 1 [1935].¹⁹⁾ Campbell u. O'Connor, Journ. Amer. chem. Soc. 61, 2897 [1939].²⁰⁾ Waterman u. de Kok, Rec. Trav. chim. Pays-Bas 52, 298 [1933].²¹⁾ Soday u. Boord, Journ. Amer. chem. Soc. 55, 3293 [1933].²²⁾ Kao u. Chang, Sci. Rep. Nat. Tsing Hua Univ. Ser. A. 4, 35 [1937].²³⁾ Wibaut u. Pelt, Rec. Trav. chim. Pays-Bas 57, 1055 [1938].²⁴⁾ Jostes u. Bartels, Öl u. Kohle 18, 1167 [1937].²⁵⁾ Waterman u. de Kok, Rec. Trav. chim. Pays-Bas 53, 725 [1934].²⁶⁾ Waterman u. Te Nuyl, Rec. Trav. chim. Pays-Bas 51, 533 [1932].²⁷⁾ Whitmore u. Herndon, Journ. Amer. chem. Soc. 55, 3428 [1933].²⁸⁾ Pictet u. Potok, Helv. chim. Acta 2, 508 [1919].²⁹⁾ Maman, Publ. sci. techn. Ministère de l'Air 66, 1 [1935].³⁰⁾ Noorduyt, Rec. Trav. chim. Pays-Bas 38, 333 [1919].³¹⁾ Krafft, B. 16, 3024 [1883].³²⁾ Kozacik u. Reid, Journ. Amer. chem. Soc. 60, 2436 [1938].³³⁾ Landa u. Landova, Chem. Listy Vědu Průmysl 24, 221 [1930].³⁴⁾ Langedijk u. Steichonder, Rec. Trav. chim. Pays-Bas 56, 526 [1937].³⁵⁾ Messer, Chem. News 188, 292 [1929].³⁶⁾ Waterman u. Leendertse, Trans. Faraday Soc. 35, 985 [1939].³⁷⁾ K. H. Meyer u. Streuli, Helv. chim. Acta 20, 1179 [1937].

Tafel 4.
Schmelzpunkte, Dichten und Brechungsindex der n-Paraffine

	Schmp		d		n _D ²⁰	
	Literatur-Werte	Eigene Werte	Literatur-Werte	Eigene Werte	Literatur-Werte	Eigene Werte
Pentan	—147.5 ^{0 38)} —129.93 ^{0 40)} —130.8 ^{0 42)}		1.62783 ³⁹⁾ 1.62632 ⁴⁰⁾ 1.62624 ⁴¹⁾ 1.6294 ⁴³⁾ interpol.		.35828 ³⁹⁾ .35769 ⁴¹⁾	
Hexan	—93.5 ^{0 38)} —94.3 ^{0 42)} —95.39 ^{0 40)} —95.5 ^{0 41)}		1.6603 ⁴⁴⁾ 1.6595 ⁴⁶⁾ 1.6612 ⁴⁷⁾ 1.65945 ⁴⁰⁾ 1.6592 ²⁰⁾ 1.6583 ⁴⁸⁾ 1.65943 ⁴¹⁾ 1.6591 ¹⁹⁾		.37536 ⁴⁵⁾ .37515 ²⁰⁾ .37499 ⁴¹⁾ .3763 ¹⁹⁾	
Heptan	—97.1 ^{0 42)} —90.65 ^{0 40)} —90.8 ^{0 41)} —90.576 ^{0 50)}		1.68480 ³⁹⁾ 1.68378 ⁴⁰⁾ 1.6839 ²⁰⁾ 1.6836 ⁴⁹⁾ 1.68378 ⁴¹⁾ 1.68372 ⁵⁰⁾ 1.6835 ¹⁹⁾ 1.68368 ³⁹⁾		.38936 ³⁹⁾ .3872 ²⁰⁾ .3879 ⁴⁹⁾ .38777 ⁵⁰⁾ .3883 ¹⁹⁾ .38764 ⁴⁴⁾ .38775 ⁴¹⁾	
Octan	—98.2 ^{0 38)} —56.5 ^{0 42)} —57.4 ^{0 53)} —58.61 ^{0 51)} —56.90 ^{0 40)} —56.8 ^{0 41)}	—57.0 ⁰	0.70729 ⁴⁰⁾ 0.7016 ⁵¹⁾ 0.7030 ⁵²⁾ 0.7027 ⁵⁴⁾ 0.7024 ²⁵⁾ 0.7040 ⁵⁵⁾ 0.7031 ²⁹⁾ 0.7028 ⁴¹⁾ 0.7039 ¹⁹⁾ 0.712 ⁵⁶⁾	0.7037	.39761 ⁵¹⁾ .3979 ⁵²⁾ .3975 ²⁵⁾ .3986 ⁵⁵⁾ .3977 ⁴¹⁾ .39987 ¹⁹⁾	1.3984
Nonan	—51 ^{0 57)} —53.68 ^{0 40)} —53.8 ^{0 41)}		0.7177 ⁵⁷⁾ 0.71780 ⁴⁰⁾ 0.7176 ⁵⁴⁾ 0.7189 ²⁹⁾ 0.7173 ¹⁹⁾		1.40561 ⁴¹⁾ 1.4055 ¹⁹⁾	
Decan	—32 ^{0 57)} —29.76 ^{0 40)} —30.1 ^{0 59)}		0.7304 ⁵⁷⁾ 0.7467 ⁵⁸⁾ 0.7473 ²⁸⁾ 0.74014 ⁴⁰⁾ 0.7298 ⁵⁴⁾ 0.7304 ²⁹⁾ 0.73014 ⁵⁹⁾ 0.7301 ¹⁹⁾		1.4136 ²⁸⁾ 1.41203 ⁵⁹⁾ 1.4122 ¹⁹⁾	
Undecan . . .	—26.5 ^{0 57)} —25.65 ^{0 40)} —28 ^{0 61)}	—24.8 ⁰	0.7411 ⁵⁷⁾ 0.7581 ⁶⁰⁾ 0.741 ⁶²⁾ 0.74025 ⁴⁰⁾ 0.7457 ⁶¹⁾ 0.7433 ²⁹⁾	0.7404		1.4180

Fußnote siehe Seite 1322.

Tafel 4 (Fortsetzung).

	Schmp.		d_4^{20}		n_D^{20}	
	Literatur-Werte	Eigene Werte	Literatur-Werte	Eigene Werte	Literatur-Werte	Eigene Werte
Dodecan	—12 ^{0 57)} —9.6 ^{0 63)} —11 ^{0 64)}		0.7511 ⁵⁷⁾ 0.7684 ⁵⁸⁾ 0.7500 ⁵⁹⁾			
Tridecan	—6.2 ^{0 57)} —5.5 ^{0 65)} —6 ^{0 61)}	—5.5 ⁰	0.7571 ⁵⁷⁾ 0.7543 ⁶¹⁾	0.7565		1.4266
Tetradecan . .	+5.5 ^{0 66)}		0.7645 ⁶⁶⁾ 0.7709 ⁶⁸⁾ 0.761 ⁶⁸⁾ 0.7638 ⁶⁹⁾		1.4358 ⁶⁸⁾ 1.4352 ⁶⁷⁾ extrap.	
Pentadecan . .	+10 ^{0 57)} +9.7 ^{0 65)}		0.7689 ⁵⁷⁾ 0.7750 ⁶⁸⁾			
Hexadecan . .	+19—20 ^{0 69)} +18 ^{0 57)} +20 ^{0 71)} +16.5 ^{0 70)} +17.5 ^{0 64)} +17.7 ^{0 41)} +17.0 ^{0 78)}		0.7741 ⁵⁷⁾ interp. 0.7751 ⁷⁰⁾ 0.77387 ⁴¹⁾ 0.7752 ⁷²⁾		1.4435 ⁴⁷⁾ 1.4352 ⁷⁰⁾ 1.4345 ⁷²⁾ 1.4347 ⁴¹⁾	
Heptadecan . .	+22.5 ^{0 57)} +18.5—19 ^{0 73)}	+21.2 ⁰	0.7763 ⁷³⁾ 0.7783 ⁵⁷⁾ extrap.	0.7781 extrap.	1.4335 ⁷³⁾	1.4377 extrap.
Octadecan . .	+28 ^{0 74)} +30 ^{0 75)}		0.7823 ⁵⁷⁾ extrap.			
Nonadecan . .	+32 ^{0 74)} +30—31 ^{0 62)}		0.7855 ⁵⁷⁾ extrap.		1.4380 ⁶⁷⁾ extrap.	
Eikosan	+36.7 ^{0 57)} +38 ^{0 76)}		0.7891 ⁵⁷⁾ extrap.			
Heneikosan . .	+40.4 ^{0 57)} +40.3—40.5 ^{0 77)}	+39.4 ⁰	0.7918 ⁵⁷⁾ extrap.	0.7909 extrap.		1.4454 extrap.
Dokosan	+44.4 ^{0 57)} +47 ^{0 76)} +43.5 ^{0 78)}		0.7941 ⁵⁷⁾ extrap.			
Trikosan	+47.7 ^{0 57)} +47.25—47.4 ^{0 77)}		0.7965 ⁵⁷⁾ extrap.			
Tetrakosan . .	+51.1 ^{0 57)}		0.7982 ⁵⁷⁾ extrap.			
Pentakosan . .	+55.5—56 ^{0 79)} +53.3 ^{0 63)}					
Hexakosan . .	+56.5 ^{0 10)} +59—60 ^{0 76)}	+56.4 ⁰		0.8014 extrap.	1.4500 ⁸⁰⁾ extrap.	1.4537 extrap.
Heptakosan . .	+59.5 ^{0 57)}		0.8049 ⁵⁷⁾ extrap.		1.4521 ⁸⁰⁾ extrap.	
Octakosan . .	+62 ^{0 80)} +64—65 ^{0 76)} +60 ^{0 64)} +60—61.5 ^{0 81)}				1.4525 ⁸⁰⁾	
Nonakosan . .	+63.5 ^{0 80)}				1.4540 ⁸⁰⁾ extrap.	
Triakontan . .	+66.1 ^{0 10)} +65.2—65.5 ^{0 82)} +66.8 ^{0 83)}	65.5 ⁰		0.8098 extrap.		1.4600 extrap.

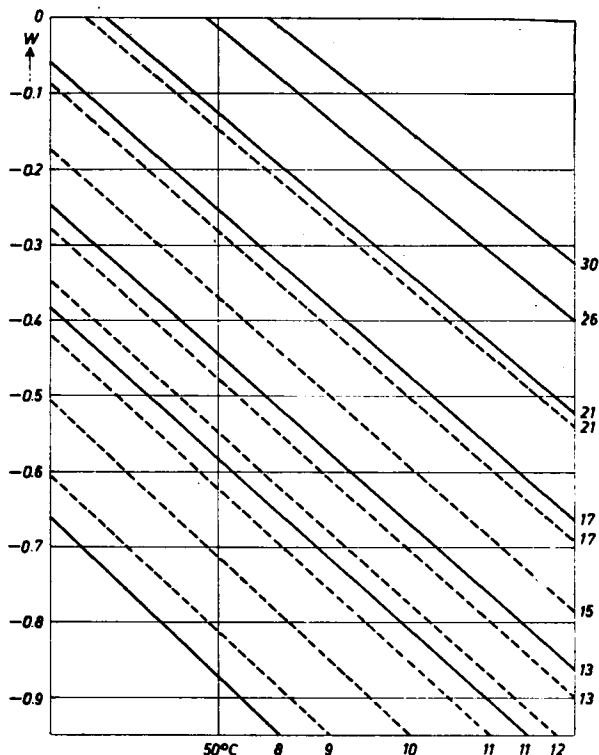
Fußnoten für Tafel 4.

- ³⁸⁾ Guttman, Journ. Amer. chem. Soc. **29**, 347 [1907].
³⁹⁾ Karvonen, C. **1931** I, 3344.
⁴⁰⁾ Shepard, Henne u. Midgley jr., Journ. Amer. chem. Soc. **53**, 1948 [1931].
⁴¹⁾ Wibaut, Hoog, Langedijk, Overhoff u. Smittenberg, Rec. Trav. chim. Pays-Bas **58**, 329 [1939].
⁴²⁾ Timmermans, Bull. Soc. chim. Belg. **25**, 300 [1911].
⁴³⁾ Perkin, Journ. prakt. Chem. [2] **31**, 488 [1885].
⁴⁴⁾ Brooks, Howard u. Crafton jr., C. **1940** II, 1277.
⁴⁵⁾ Brühl, A. **200**, 184 [1879].
⁴⁶⁾ Lowry, Journ. chem. Soc. London **105**, 91 [1914].
⁴⁷⁾ Dobrjanski u. Chessin, C. **1930** I, 2662.
⁴⁸⁾ Maman, C. **1934** II, 37.
⁴⁹⁾ Kao u. Chang, C. **1934** II, 1606.
⁵⁰⁾ Brooks, C. **1940** I, 195.
⁵¹⁾ Seyer u. Gallagher, C. **1927** II, 1926.
⁵²⁾ Waterman u. van Vlodrop, Rec. Trav. chim. Pays-Bas **52**, 469 [1933].
⁵³⁾ Forcrand, Compt. rend. Acad. Sciences **172**, 31 [1921].
⁵⁴⁾ Chavanne u. Tock, Bull. Soc. chim. Belg. **41**, 630 [1932].
⁵⁵⁾ Kasansky u. Plate, B. **69**, 1862 [1936].
⁵⁶⁾ Joseph u. Gardner, Journ. org. Chemistry **5**, 61 [1940].
⁵⁷⁾ Krafft, B. **15**, 1687 [1882].
⁵⁸⁾ Mabery, Amer. chem. Journ. **19**, 419 [1897].
⁵⁹⁾ Calingaert u. Soroos, Journ. Amer. chem. Soc. **58**, 635 [1936].
⁶⁰⁾ Mabery u. Hudson, Amer. chem. Journ. **19**, 482 [1897].
⁶¹⁾ Ruhoff, Journ. Amer. chem. Soc. **55**, 3889 [1933].
⁶²⁾ Clemmensen, B. **46**, 1841 [1913].
⁶³⁾ Parks u. Huffman, C. **1931** II, 3086.
⁶⁴⁾ Ziegler, Dersch u. Wollthan, A. **511**, 13 [1934].
⁶⁵⁾ Skraup u. Nieden, B. **57**, 1294 [1924].
⁶⁶⁾ Krafft, B. **19**, 2223 [1886].
⁶⁷⁾ Vorländer u. Selke, Ztschr. physik. Chem. **129**, 445 [1927].
⁶⁸⁾ Gilman u. Beaver, Journ. Amer. chem. Soc. **47**, 518 [1925].
⁶⁹⁾ Lachowicz, A. **220**, 181 [1883].
⁷⁰⁾ Waterman, Spijker u. van Westen, Rec. Trav. chim. Pays-Bas **48**, 1103 [1929].
⁷¹⁾ Oddo, Gazz. chim. Ital. **31** I, 347 [1901].
⁷²⁾ Waterman, Leendertse u. van Krevelen, Journ. Instn. Petrol. Technologists **25**, 801 [1939].
⁷³⁾ Stratford, C. **1929** II, 1286.
⁷⁴⁾ Krafft u. Weilandt, B. **29**, 1323 [1896].
⁷⁵⁾ v. Braun u. Sobbecki, B. **44**, 1470 [1911].
⁷⁶⁾ Levene, West u. van der Scheer, Journ. biol. Chem. **20**, 526 [1915].
⁷⁷⁾ Strating u. Backer, Rec. Trav. chim. Pays-Bas **55**, 903 [1936].
⁷⁸⁾ Komori, C. **1940** II, 1418.
⁷⁹⁾ Brigl, Ztschr. physiol. Chem. **95**, 161 [1915].
⁸⁰⁾ Glud, B. **52**, 1039 [1919].
⁸¹⁾ Snyder, Kuck u. Johnsons, Journ. Amer. chem. Soc. **60**, 105 [1938].
⁸²⁾ Gascard, Compt. rend. Acad. Sciences **153**, 1485 [1911].
⁸³⁾ Kohlhaas u. Soremba, C. **1939** I, 83.

Viscosität-Temperatur-Abhängigkeit.

In den Tafeln 5 und 6 haben wir die Werte für die 1-Olefine und n-Paraffine, die wir bei den Viscositätsmessungen bei verschiedenen Temperaturen fanden, in cst.- und Engler-Graden angegeben. Daraus ergeben sich Darstellungen der Geraden nach Ubbelohde-Walther, die in der Abbild. 7 wiedergegeben sind.

Bei einem Vergleich der Darstellung nach Abbild. 7 ergibt sich hinsichtlich der Viscositäts-Temperatur-Abhängigkeit wieder ein annähernd paralleles Verhalten der von uns synthetisierten Körper.



Abbild. 7. Viscositäts-Temperatur-Geraden der 1-Olefine
 --- und n-Paraffine — nach Ubbelohde-Walther.
 Die Zahlen rechts und unten geben die Anzahl C an.

Tafel 5. Viscositäten der 1-Olefine.

	20°		30°		40°		50°	
	cst.	E°	cst.	E°	cst.	E°	cst.	E°
Nonen	0.867	—	0.768	—	0.691	—	0.626	—
Decen	1.090	1.012	0.957	—	0.848	—	0.763	—
Undecen	1.386	1.051	1.204	1.027	1.054	1.007	0.934	—
Dodecen	1.720	1.089	1.469	1.060	1.280	1.037	1.119	1.016
Tridecen	2.152	1.145	1.806	1.099	1.546	1.069	1.346	1.046
Pentadecen ...	3.214	1.236	2.626	1.182	2.187	1.139	1.879	1.106
Heptadecen ...	4.667	1.365	3.718	1.282	3.044	1.220	2.549	1.173
Heneikosen ...	—	—	—	—	5.403	1.427	4.364	1.338

Tafel 5 (Fortsetzung).

	60°		70°		80°	
	cst.	E°	cst.	E°	cst.	E°
Nonen	0.573	—	0.529	—	0.492	—
Decen	0.689	—	0.631	—	0.575	—
Undecen	0.837	—	0.755	—	0.689	—
Dodecen	0.999	—	0.893	—	0.808	—
Tridecen	1.184	1.025	1.055	1.008	0.946	—
Pentadecen ...	1.622	1.078	1.425	1.055	1.261	1.035
Heptadecen ...	2.165	1.136	1.860	1.104	1.636	1.080
Heneikosen ...	3.592	1.270	3.028	1.219	2.586	1.178

Tafel 6.

Viscositäten der *n*-Paraffine.

	20°		30°		40°		50°	
	cst.	E°	cst.	E°	cst.	E°	cst.	E°
Octan	0.765	—	0.682	—	0.617	—	0.562	—
Undecan	1.539	1.068	1.329	1.043	1.160	1.022	1.027	1.004
Tridecan	2.42	1.162	2.03	1.122	1.72	1.089	1.50	1.064
Heptadecan ...	—	—	4.15	1.320	3.38	1.252	2.80	1.198
Heneikosan ...	—	—	—	—	—	—	4.78	1.374
Hexakosan ...	—	—	—	—	—	—	—	—
Triakontan ...	—	—	—	—	—	—	—	—

	60°		70°		80°		90°	
	cst.	E°	cst.	E°	cst.	E°	cst.	E°
Octan	0.517	—	0.479	—	0.448	—	—	—
Undecan	0.918	—	0.825	—	0.752	—	—	—
Tridecan	1.31	1.041	1.16	1.022	1.04	1.006	—	—
Heptadecan ...	2.38	1.158	2.05	1.124	1.78	1.095	1.56	1.071
Heneikosan ...	3.92	1.300	3.27	1.240	2.77	1.195	2.38	1.158
Hexakosan ...	6.56	1.527	5.32	1.421	4.46	1.347	3.74	1.284
Triakontan ...	—	—	7.78	1.633	6.30	1.511	5.20	1.410

	100°		110°		120°		130°	
	cst.	E°	cst.	E°	cst.	E°	cst.	E°
Octan	—	—	—	—	—	—	—	—
Undecan	—	—	—	—	—	—	—	—
Tridecan	—	—	—	—	—	—	—	—
Heptadecan ...	—	—	—	—	—	—	—	—
Heneikosan ...	2.08	1.127	1.83	1.101	—	—	—	—
Hexakosan ...	3.20	1.235	2.76	1.194	2.42	1.162	—	—
Triakontan ...	4.36	1.338	3.75	1.284	3.20	1.235	2.80	1.198