

DIN EN ISO 3924



ICS 75.080

Ersatz für
DIN EN ISO 3924:2010-06

**Mineralölerzeugnisse –
Bestimmung des Siedeverlaufs –
Gaschromatographisches Verfahren (ISO 3924:2016);
Deutsche Fassung EN ISO 3924:2016**

Petroleum products –
Determination of boiling range distribution –
Gas chromatography method (ISO 3924:2016);
German version EN ISO 3924:2016

Produits pétroliers –
Détermination de la répartition dans l'intervalle de distillation –
Méthode par chromatographie en phase gazeuse (ISO 3924:2016);
Version allemande EN ISO 3924:2016

Gesamtumfang 32 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)
Fachausschuss Mineralöl- und Brennstoffnormung (FAM) des NMP

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 3924:2016) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 28 „Petroleum products and related products of synthetic or biological origin“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 19 „Gasförmige und flüssige Kraft- und Brennstoffe, Schmierstoffe und verwandte Produkte aus Erdöl, mit synthetischem und biologischem Ursprung“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom NEN (Niederlande) gehalten wird.

Das zuständige nationale Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-06-42 AA „Prüfung von flüssigen Kraftstoffen und Heizölen“ im Fachausschuss Mineralöl- und Brennstoffnormung (FAM) des DIN-Normenausschusses Materialprüfung (NMP).

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 3170	siehe DIN EN ISO 3170
ISO 3171	siehe DIN EN ISO 3171
ISO 3405	siehe DIN EN ISO 3405
ISO 4259	siehe DIN EN ISO 4259

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 3924:2010-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Einführung eines beschleunigten Analyseverfahrens;
- b) Aufnahme der Berechnung der prozentualen Volumenausbeute in Anhang A;
- c) redaktionelle Änderungen.

Frühere Ausgaben

DIN EN ISO 3924: 2010-06

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 3170, *Flüssige Mineralölerzeugnisse — Manuelle Probenahme*

DIN EN ISO 3171, *Flüssige Mineralölerzeugnisse — Automatische Probenahme aus Rohrleitungen*

DIN EN ISO 3405, *Mineralölerzeugnisse — Bestimmung des Destillationsverlaufes bei Atmosphärendruck*

DIN EN ISO 4259, *Mineralölerzeugnisse — Bestimmung und Anwendung der Werte für die Präzision von Prüfverfahren*

Deutsche Fassung

Mineralölerzeugnisse —
Bestimmung des Siedeverlaufs —
Gaschromatographisches Verfahren
(ISO 3924:2016)

Petroleum products —
Determination of boiling range distribution —
Gas chromatography method
(ISO 3924:2016)

Produits pétroliers —
Détermination de la répartition dans
l'intervalle de distillation —
Méthode par chromatographie en phase gazeuse
(ISO 3924:2016)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 15. Juli 2016 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Kurzbeschreibung	6
5 Chemikalien und Materialien	6
6 Geräte	8
7 Probenahme	10
8 Vorbereiten der Geräte	11
9 Kalibrierung	14
9.1 Analysenablaufprotokoll	14
9.2 Basislinienkorrektur	15
9.3 Kalibrierung Retentionszeit gegen Siedepunkt	15
9.4 Referenzmaterialanalyse	16
10 Durchführung	17
10.1 Probenvorbereitung	17
10.2 Probenanalyse	18
11 Berechnung	18
12 Angabe der Ergebnisse	19
13 Präzision	19
13.1 Allgemeines	19
13.2 Wiederholbarkeit	19
13.3 Vergleichbarkeit	20
14 Prüfbericht	20
Anhang A (informativ) Berechnung zu ISO 3405 äquivalenter Werte	21
Anhang B (informativ) Beschleunigtes Analysenverfahren	24
Anhang C (informativ) Siedepunkte von Kohlenwasserstoffen, die keine <i>n</i> -Alkane sind	26
Literaturhinweise	30

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 3924:2016) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 28 „Petroleum products and related products of synthetic or biological origin“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 19 „Gasförmige und flüssige Kraft- und Brennstoffe, Schmierstoffe und verwandte Produkte aus Erdöl, mit synthetischem und biologischem Ursprung“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom NEN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 2017, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis April 2017 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 3924:2010.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 3924:2016 wurde vom CEN als EN ISO 3924:2016 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

ISO 3924 wurde vom Technischen Komitee des Europäischen Komitees für Normung (en: European Committee for Standardization, CEN) CEN/TC 19, *Gasförmige und flüssige Kraft- und Brennstoffe, Schmierstoffe und verwandte Produkte aus Erdöl, mit synthetischem und biologischem Ursprung*, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee der Internationalen Normungsorganisation (en: International Organization for Standardization, ISO) ISO/TC 28, *Petroleum products and related products of synthetic or biological origin*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung der technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Diese vierte Ausgabe ersetzt die dritte Ausgabe (ISO 3924:2010), die technisch überarbeitet wurde. Die dritte Ausgabe erhielt verschiedene Aktualisierungen bezüglich der Berechnung äquivalenter Werte zu ISO 3405 [1]. Da ISO 3924 häufig verwendet und in vielen Kraftstoffspezifikationen zitiert wird, wurde zusätzlich ein beschleunigtes Analysenverfahren aufgenommen. Viele Kraftstoffspezifikationen erfordern die Angabe der prozentualen Volumenausbeute bei 250 °C und 350 °C, die jedoch nicht Teil des Berichts der früheren Version der ISO 3924 waren. Dieses wurde mit dieser Ausgabe aktualisiert (siehe Anhang A), wofür eine Bewertung durch CEN/TC 19 erfolgte. Zusätzlich wurden diverse redaktionelle Anpassungen vorgenommen.

Dieses Verfahren basiert auf den kombinierten Verfahren IP 406 [3] und ASTM D2887 [4].

WARNUNG — Die Anwendung dieser Internationalen Norm kann die Anwendung gefährlicher Stoffe, Arbeitsgänge und Geräte mit sich bringen. Diese Internationale Norm beansprucht nicht, alle damit verbundenen Sicherheitsprobleme zu behandeln. Es liegt in der Verantwortung des Anwenders dieser Internationalen Norm, vor ihrer Anwendung geeignete Maßnahmen für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz des Personals zu ergreifen, und dafür Sorge zu tragen, dass behördliche und gesetzliche Maßnahmen eingehalten werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt ein Verfahren zur Bestimmung des Siedeverlaufes von Mineralöl-erzeugnissen fest. Das Verfahren ist anwendbar auf Mineralölerzeugnisse und Fraktionen mit einem nach dieser Internationalen Norm bestimmten atmosphärischen Siedepunkt von 538 °C oder darunter. Diese Internationale Norm ist nicht anwendbar auf Ottokraftstoff oder Ottokraftstoffkomponenten. Das Verfahren ist beschränkt auf Erzeugnisse mit einem Siedebereich größer als 55 °C und mit einem Dampfdruck, der niedrig genug ist, um eine Probenahme bei Umgebungstemperatur zu erlauben.

Dieses Verfahren wurde bereits erfolgreich auf Proben angewendet, die einen Gehalt von Fettsäuremethylester (en: fatty acid methyl ester, FAME) bis zu 10 % (V/V) aufweisen.

ANMERKUNG Für die Zwecke dieser Internationalen Norm wird zur Angabe des Massenanteils (μ) einer Substanz der Ausdruck „% (m/m)“ und für den Volumenanteil (φ) einer Substanz der Ausdruck „% (V/V)“ verwendet.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 3170, *Petroleum liquids — Manual sampling*

ISO 3171, *Petroleum liquids — Automatic pipeline sampling*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Siedebeginn

IBP

(en: initial boiling point)

Temperatur, die der Retentionszeit entspricht, bei der die Netto-Flächensumme 0,5 % der erhaltenen Gesamtfläche des Chromatogramms beträgt

3.2

Siedeende

FBP

(en: final boiling point)

Temperatur, die der Retentionszeit entspricht, bei der die Netto-Flächensumme 99,5 % der erhaltenen Gesamtfläche des Chromatogramms beträgt

3.3

Flächenabschnittsrate

Anzahl der erhaltenen Datenabschnitte je Zeiteinheit zur Integration des kontinuierlichen (analogen) chromatographischen Detektorsignals während der Analyse

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Flächenabschnittsrate wird in Hz angegeben (z. B. Flächenabschnitte je Sekunde).

4 Kurzbeschreibung

Eine Probe wird auf eine gaschromatographische Säule aufgegeben, welche die Kohlenwasserstoffe in der Reihenfolge aufsteigender Siedepunkte auftrennt. Die Säulentemperatur wird mit reproduzierbarer Geschwindigkeit erhöht, und die Fläche unter dem Chromatogramm wird während der Analyse aufgezeichnet. Siedepunkte werden einer Zeitachse zugeordnet, welche auf Basis einer Kalibrierkurve festgelegt wurde. Die Kalibrierkurve wurde unter identischen Bedingungen für ein Gemisch aus bekannten Kohlenwasserstoffen, die den erwarteten Siedebereich abdecken, bestimmt. Aus diesen Daten wird der Siedeverlauf erhalten.

Anhang A enthält ein Korrelationsmodell zur Berechnung des Verlaufs der physikalischen Destillation (siehe Literaturhinweise [1], [5] und [6]) äquivalenter Werte aus der gaschromatographischen Bestimmung des Siedeverlaufes nach dieser Internationalen Norm.

Anhang B beschreibt ein alternatives, beschleunigtes Analysenverfahren (siehe 8.2).

5 Chemikalien und Materialien

5.1 Stationäre Phase für Säulen, unpolar, die die Kohlenwasserstoffe nach der Reihenfolge ihrer Siedepunkte eluiert.

ANMERKUNG Die folgenden Materialien wurden erfolgreich als flüssige Phasen eingesetzt.

Für gepackte Säulen:

- Silikon UC-W98;
- Silikon GE-SE-30;
- Silikon OV-1;
- Silikon OV-101.

Für Kapillarsäulen:

- Polydimethylsiloxan.

5.2 Trägermaterial für gepackte Säulen, üblicherweise bestehend aus zermahlener Schamotte oder chromatographischer Diatomeen-Erde (Kieselgur).

Korngröße und Beladung müssen so gewählt werden, dass sich optimale Auflösung und Analysendauer ergeben.

ANMERKUNG Im Allgemeinen hat sich eine Beladung von 3 % bis 10 % als sehr zufrieden stellend erwiesen.

5.3 Trägergas, mit einer Mindestreinheit von 99,995 %, bestehend aus

- a) Helium oder Wasserstoff für Wärmeleitfähigkeitsdetektoren, oder
- b) Stickstoff, Helium, Wasserstoff oder Argon für Flammenionisationsdetektoren.

5.4 Wasserstoff, Reinheit geeignet für Flammenionisationsdetektor.

5.5 Komprimierte Luft, frei von Öl und Wasser, festgelegt für Flammenionisationsdetektor.

5.6 Kalibriergemisch, bestehend aus einem genau eingewogenem Gemisch von *n*-Alkanen, das den Bereich von C₅ bis C₄₄ abdeckt und in Kohlenstoffdisulfid (5.8) gelöst ist.

Für gepackte Säulen sollte die Endkonzentration etwa 10 Teile Gemisch von Alkanen auf 100 Teile Kohlenstoffdisulfid betragen. Für Kapillarsäulen sollte die Endkonzentration etwa 1 Teil Gemisch von Alkanen auf 100 Teile Kohlenstoffdisulfid betragen.

Das folgende Gemisch von Alkanen hat sich für die meisten Proben als zufriedenstellend erwiesen: C₅, C₆, C₇, C₈, C₉, C₁₀, C₁₂, C₁₄, C₁₆, C₁₈, C₂₀, C₂₄, C₂₈, C₃₂, C₃₆, C₄₀, C₄₄. Mindestens eine Komponente des Gemischs muss einen Siedepunkt unter dem Siedebeginn der Probe haben, und mindestens eine Komponente muss einen Siedepunkt über dem Siedeende der Probe haben. Die Siedepunkte der Alkane sind in Tabelle 1 enthalten.

Tabelle 1 — Siedepunkte von *n*-Alkanen

C-Zahl	Siedepunkt °C	C-Zahl	Siedepunkt °C
2	−89	24	391
3	−42	25	402
4	0	26	412
5	36	27	422
6	69	28	431
7	98	29	440
8	126	30	449
9	151	31	458
10	174	32	466
11	196	33	474
12	216	34	481
13	235	35	489
14	254	36	496
15	271	37	503
16	287	38	509
17	302	39	516
18	316	40	522
19	330	41	528
20	344	42	534
21	356	43	540
22	369	44	545
23	380	–	–

ANMERKUNG Es wird angenommen, dass das API-Projekt 44 vom 31. Oktober 1972 [7] die ursprünglichen Siedepunktwerte der *n*-Alkane für die früheren Ausgaben dieser Internationalen Norm geliefert hat. Jedoch haben sich über die Jahre hinweg einige Werte, die sowohl im API-Projekt 44 (Thermodynamics Research Center Hydrocarbon Project) als auch in dem Prüfverfahren enthalten sind, geändert. Somit sind die Werte nicht länger gleichwertig. Diese Tabelle stellt die derzeitigen Siedepunktwerte von *n*-Paraffin dar, wie sie von ISO, ASTM und dem Energy Institute anerkannt werden.

Wenn die zu untersuchende Probe signifikante Mengen an *n*-Alkanen enthält, die auf dem Chromatogramm identifiziert werden können, dürfen diese Peaks als interne Siedepunktskalibrierung verwendet werden. Es ist jedoch ratsam, zur sicheren Peakidentifizierung das Kalibriergemisch zu verwenden.

Propan und Butan dürfen dem Kalibriergemisch ohne genaue Mengenangabe zugefügt werden, falls nach 5.6 erforderlich. Dies darf durch Einbringen einer kleinen Menge des Kohlenwasserstoffgases in das Kalibriergemisch, das sich in einem mit Septum verschlossenen Fläschchen befindet, mit Hilfe einer Gasspritze geschehen.

Falls andere stationäre Phasen als die in der Anmerkung zu 5.1 angegebenen verwendet werden, sind außerdem die Retentionszeiten einiger Alkylbenzole wie *o*-Xylol, *n*-Butylbenzol, 1,3,5-Triisopropylbenzol, *n*-Decylbenzol und *n*-Tetradecylbenzol über den Siedebereich zu überprüfen, um sicherzustellen, dass die Säule in der Reihenfolge der Siedepunkte trennt (siehe Anhang C).

5.7 Referenzmaterial, als primäres Referenzmaterial ist „ASTM Reference Gas Oil No. 1“ zu verwenden.

5.8 Kohlenstoffdisulfid, zur Analyse (CAS-Nr. 75-15-0).

6 Geräte

6.1 Gaschromatograph, jeder Gaschromatograph, der die folgenden Leistungsmerkmale aufweist, darf verwendet werden.

6.1.1 Detektor, entweder vom Flammenionisations- oder Wärmeleitfähigkeitstyp.

Der Detektor muss empfindlich genug sein, um unter den Bedingungen dieser Internationalen Norm einen Massenanteil von 1,0 % Dodecan mit einer Peakhöhe von mindestens 10 % der vollen Skala des Aufzeichnungsgerätes zu erkennen, und zwar ohne Verlust der in 8.3 definierten Auflösung. Bei diesem Empfindlichkeitsniveau muss der Detektor so stabil sein, dass die Basislinienverschiebung nicht mehr als 1 % der vollen Skala je Stunde beträgt. Der Detektor muss bei einer Temperatur, die der verwendeten maximalen Säulentemperatur entspricht, kontinuierlich betriebsfähig sein. Der Detektor muss so an die Säule angeschlossen sein, dass jegliche Kältebrücken zwischen Detektor und Säule vermieden werden.

ANMERKUNG Es ist nicht sinnvoll, Wärmeleitfähigkeitsdetektoren bei Temperaturen einzusetzen, die höher als die maximale Säulentemperatur sind. Betrieb bei höheren Temperaturen verkürzt nur die Detektorlebensdauer und führt im Allgemeinen zu höherem Rauschen und größerer Verschiebung.

6.1.2 Programmierbare Säulentemperierung, die den Betrieb über einen programmierbaren Temperaturbereich ermöglicht, der ausreichend ist, um eine Retentionszeit von mindestens 1 min für den Siedebeginn zu erhalten und die gesamte Probe innerhalb der Temperaturrampe zu eluieren.

Die Programmierrate muss genügend reproduzierbar sein, um eine Wiederholbarkeit der Retentionszeit von 6 s für jede Komponente des Kalibriergemischs (5.6) zu erhalten.

Wenn der Siedebeginn weniger als etwa 93 °C beträgt, kann eine anfängliche Säulentemperatur unterhalb der Raumtemperatur erforderlich sein. Sehr niedrige Anfangssäulentemperaturen müssen jedoch vermieden werden, um sicherzustellen, dass die stationäre Phase flüssig bleibt. Die Anfangstemperatur der Säule muss nur niedrig genug sein, um eine Kalibrierkurve nach den Anforderungen dieser Internationalen Norm zu erhalten.

6.1.3 Probenaufgabesystem, entweder so beschaffen, dass ein kontinuierlicher Betrieb bei einer der maximalen Säulentemperatur äquivalenten Temperatur sichergestellt ist, oder bestehend aus einem Ein-Säulen-Injektionsmodul mit Temperaturprogrammierung der gesamten Säule, einschließlich der Probenaufgabe, bis zur maximal erforderlichen Temperatur.

Das Probenaufgabesystem muss so an die chromatographische Säule angeschlossen sein, dass jegliche Kältebrücken zwischen Aufgabesystem und der Säule vermieden werden.

6.2 Säule, jede Säule und jede Prüfbedingung darf verwendet werden, vorausgesetzt dass unter den gewählten Prüfbedingungen Trennungen in der Reihenfolge der Siedepunkte nach Tabelle 1 und eine Säulenauflösung *CR* von mindestens 3 (8.3) erhalten werden. Typische Betriebsbedingungen für die Säulen sind in den Tabellen 2 und 3 angegeben.