

DIN EN 15195



ICS 75.160.20

Einsprüche bis 2022-03-07
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 15195:2015-02

Entwurf

**Flüssige Mineralölerzeugnisse –
Bestimmung des Zündverzugs und der abgeleiteten Cetanzahl (ACZ) von
Kraftstoffen aus Mitteldestillaten in einer Verbrennungskammer mit
konstantem Volumen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 15195:2022**

Liquid petroleum products –
Determination of ignition delay and derived cetane number (DCN) of middle distillate fuels by
combustion in a constant volume chamber;
German and English version prEN 15195:2022

Produits pétroliers liquides –
Détermination du délai d'inflammation et de l'indice de cétane dérivé (ICD) des distillats
moyens par combustion dans une chambre à volume constant;
Version allemande et anglaise prEN 15195:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-01-07 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs
besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an stellungnahme@fam-hamburg.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Fachausschuss Mineralöl- und Brennstoffnormung (FAM) des NMP, 22205 Hamburg, Postfach 60 05 49 oder Überseering 40, 22297 Hamburg.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 60 Seiten

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

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 15195:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 19 „Gasförmige und flüssige Kraft- und Brennstoffe, Schmierstoffe und verwandte Produkte aus Erdöl und mit biologischem oder synthetischem Ursprung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von NEN (Niederlande) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-06-43 AA „Verbrennungscharakteristik von Kraftstoffen“ im Fachausschuss Mineralöl- und Brennstoffnormung (FAM) des DIN-Normenausschusses Materialprüfung (NMP).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Dieses Dokument enthält neben den gesetzlichen Einheiten auch die Einheit „psi“, die in Deutschland nicht zugelassen ist. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Anwendung dieser Einheit im nationalen amtlichen und geschäftlichen Verkehr auf Grund des Gesetzes über Einheiten im Messwesen und die Zeitbestimmung (EinhZeitG) nicht zulässig ist. Die Angabe dieser Einheit dient lediglich als Hilfe im amtlichen und geschäftlichen Verkehr (z. B. bei Einfuhr und Ausfuhr) mit solchen Staaten, die diese Einheit anwenden.

Umrechnung:

Nicht zugelassene Einheit	Zugelassene Einheit	Umrechnung
psi	Pa	1 psi = 6 894,757 Pa

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 3696 siehe DIN ISO 3696

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 15195:2015-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Anwendungsbereich wurde im Einklang mit den Ergebnissen der von CEN/TC 19 im Jahr 2013 durchgeführten Ringversuchsstudie auf paraffinischen Diesel aus Synthese oder Hydrotreating ausgeweitet;
- b) basierend auf der Überprüfung der PT-Daten aus den EI- und NEG-Korrelationsschemata wurde das untere Ende des Zündverzögerungsbereichs auf 2,58 ms (76,8 DCN) erweitert, der früher bis zu 2,8 ms betrug (71 DCN);
- c) die Einleitung wurde mit historischen Informationen zur Methodenentwicklung aktualisiert;
- d) Anhang D zu Gleichungen außerhalb des Anwendungsbereichs der Methode wurde entfernt.

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 3696, *Wasser für analytische Zwecke; Anforderungen und Prüfungen*

— Leerseite —

<i>Titel de:</i>	Flüssige Mineralölerzeugnisse — Bestimmung des Zündverzugs und der abgeleiteten Cetanzahl (ACZ) von Kraftstoffen aus Mitteldestillaten in einer Verbrennungskammer mit konstantem Volumen
<i>Titel en:</i>	Liquid petroleum products — Determination of ignition delay and derived cetane number (DCN) of middle distillate fuels by combustion in a constant volume chamber
<i>Titel fr:</i>	Produits pétroliers liquides — Détermination du délai d'inflammation et de l'indice de cétane dérivé (ICD) des distillats moyens par combustion dans une chambre à volume constant

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Kurzbeschreibung	8
5 Chemikalien und Hilfsmittel	8
6 Prüfgerät	9
7 Probenahme	11
8 Geräteaufbau und Inbetriebnahme	12
9 Vorbereitung des Gerätes	12
9.1 Anfahren und Aufwärmen des Systems	12
9.2 Standard-Betriebs- und Prüfbedingungen	12
10 Kalibrierung, Verifizierung und Qualitätskontrolle	14
10.1 Allgemeines	14
10.2 Kalibrierung	14
10.3 Verifizierung des Gerätes	15
10.4 Qualitätskontrolle (QK)	15
11 Prüfverfahren	15
12 Berechnung	16
13 Angabe der Ergebnisse	16
14 Präzision	16
14.1 Allgemeines	16
14.2 Wiederholbarkeit, r	16
14.3 Vergleichbarkeit, R	17
15 Prüfbericht	18
Anhang A (normativ) Beschreibung des Prüfgerätes	19
A.1 Allgemeines	19
A.2 Beschreibung und Aufbau des Gerätes	19
A.3 Hilfsmittel	21
A.4 Regelung und Datenerfassung	21
A.5 Hilfsgeräte	21
Anhang B (normativ) Betriebsbezogene Einzelheiten zur Unterstützung des genormten Prüfverfahrens	22
B.1 Spülen des Kraftstoffeinspritzsystems	22
B.2 Befüllen und Durchspülen des Kraftstoffeinspritzsystems	23
B.3 Prüfserie	23
B.3.1 Allgemeines	23
B.3.2 Prüfserie	24

B.3.3	Datenaufzeichnung	25
B.4	Reinigung des Kraftstoffeinspritzsystems	25
B.5	Alternative Reinigung des Kraftstoffeinspritzsystems	26
Anhang C (informativ) Gerätewartung		27
C.1	Allgemeines	27
C.2	Tägliche Wartung	27
C.3	Wöchentliche Wartung	27
C.4	Jährliche Wartung	27
Literaturhinweise		28

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 15195:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 19 „Gasförmige und flüssige Kraft- und Brennstoffe, Schmierstoffe und verwandte Produkte aus Erdöl und mit biologischem oder synthetischem Ursprung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von NEN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 15195:2014 ersetzen.

Im Vergleich zur Vorgängerausgabe wurden die folgenden technischen Änderungen vorgenommen:

- der Anwendungsbereich wurde in Übereinstimmung den Ergebnissen des von CEN/TC 19 im Jahr 2013 [1] organisierten Ringversuchs auf paraffinischen Dieselmotorkraftstoff aus Synthese oder Hydrierungsverfahren ausgeweitet;
- auf der Grundlage der Überprüfung der PT-Daten aus EI- und NEG-Korrelationsschemata wurde das untere Ende des Zündverzugsbereichs, das früher bei bis zu 2,8 ms (ACZ 71) lag, auf 2,58 ms (ACZ 76,8) erweitert;
- die Einleitung wurde mit historischen Informationen zur Verfahrensentwicklung aktualisiert;
- Anhang D zur Gleichung außerhalb des Anwendungsbereichs des Verfahrens wurde gestrichen.

Einleitung

Dieses Dokument stammt aus der gemeinsamen Normungsarbeit vom „Energy Institute“ und „ASTM International“. Es beruht ursprünglich auf der vom „Energy Institute“ veröffentlichten IP 498/06 [2] und ist mit dem äquivalenten Standardprüfverfahren von ASTM [3] harmonisiert.

Das beschriebene Verfahren ist eine alternative quantitative Bestimmung der Cetanzahl von Kraftstoffen aus Mitteldestillaten für den Einsatz in Dieselmotoren. Untersuchungen zur Korrelation zwischen diesem Verfahren und EN ISO 5165 sind durchgeführt worden, und die Ergebnisse sind in diesem Dokument enthalten.

Die Grundlage dieses Verfahrens ist die in Abschnitt 12 angegebene Korrelationsgleichung für die abgeleitete Cetanzahl (ACZ). Die Gleichung mit dem Bezug zwischen der abgeleiteten Cetanzahl und dem Zündverzug, die ursprünglich 1997 [6] entwickelt wurde, lautete: $ACZ = 83,99(ZV - 1,512)^{(-0,658)} + 3,547$. Diese Gleichung wurde aus einem Korrelationsprüfprogramm hergeleitet, bestehend aus Kontrollbrennstoffen der ASTM National Exchange Group (NEG), Heptamethylnonan, Cetan und hausinternem Kontrollbrennstoff. 2005 wurde die Gleichung von EI und ASTM erneut überprüft, und zwar durch Korrelation von Cetanzahl-Daten aus dem IP und dem „National Exchange Group (NEG) Diesel Fuel Engine Correlation Schemes“ und aus mehrjährigen Daten zum Zündverzug für dieselben Proben aus den IP- und NEG-IQT-Korrelationsschemata [7]. Eine weitere Überprüfung im Jahr 2006 von ASTM [8] führte zu der aktuell angegebenen Gleichung, die eine optimale Anpassung über den Anwendungsbereich darstellt.

Die laufende Validierung der Gleichung wie in Gleichung (1) wird durch die bestehenden monatlichen amerikanischen und europäischen Austauschprogramme für Kraftstoffe überwacht und ausgewertet. Eine Überprüfung der Validierungsunterlagen wird von CEN/TC 19 mindestens alle zwei Jahre vorgenommen. Als Ergebnis dieser Überprüfung entscheidet CEN/TC 19, ob gegebenenfalls die vorhandene Gleichung bzw. Korrelation anzupassen oder eine neue aufzustellen ist. Als ein Teil dieser Überprüfung werden die Probenarten untersucht und wenn bestimmte Arten unterrepräsentiert sind, dürfen weitere Schritte unternommen werden, um deren Verhalten zu bewerten.

Zurzeit werden die Grundlagen für einen einzelnen Gerätetyp beschrieben¹. Sobald weitere Korrelationsdaten von verschiedenen Gerätetypen zur Bestimmung der abgeleiteten Cetanzahl vorliegen, wird von CEN/TC 19 eine Überarbeitung dieses Dokuments in Betracht gezogen.

1 Die Einspritzpumpe im derzeit beschriebenen Gerät ist durch ein Patent geschützt.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt ein Prüfverfahren zur quantitativen Bestimmung des Zündverzugs von Kraftstoffen aus Mitteldestillaten für den Einsatz in Dieselmotoren fest. Das Verfahren nutzt eine Verbrennungskammer mit konstantem Volumen, die für den Betrieb durch Selbstzündung ausgelegt ist, und es setzt direkte Kraftstoffeinspritzung in komprimierte Luft ein, die auf festgelegte Druck- und Temperaturwerte geregelt wird. Die Berechnung der abgeleiteten Cetanzahl (ACZ) aus der Messung des Zündverzugs erfolgt über eine angegebene Gleichung.

Dieses Dokument umfasst den Zündverzugsbereich von 2,58 ms bis 6,34 ms (ACZ 76,8 bis ACZ 33,9). Mit dem Verbrennungsprüfgerät können sowohl kürzere als auch längere Zündverzüge gemessen werden, die Präzision ist jedoch nicht bekannt.

Dieses Dokument ist anwendbar auf Dieselmotoren mit einem Gehalt an Fettsäuremethylestern (FAME) von bis zu 30 % (V/V). Die Prüfung ist ebenfalls anwendbar auf Mitteldestillate nicht mineralölstämmiger Herkunft, auf ölsandbasierte Kraftstoffe, auf Biodieselmotoren enthaltende Kraftstoffmischungen, auf Dieselmotoren, welche Zündverbesserer enthalten, und auf Dieselmotoren mit niedrigem Schwefelgehalt. Anwender, die diese Norm im Besonderen auf unkonventionelle Destillat-Kraftstoffe anwenden, werden jedoch darauf hingewiesen, dass die Beziehung zwischen der abgeleiteten Cetanzahl und dem Verbrennungsverhalten in realen Motoren noch nicht völlig geklärt ist.

Das Prüfverfahren ist weiterhin einsetzbar zur quantitativen Bestimmung der Zündeigenschaften, insbesondere des Zündverzugs, von FAME. Die verfügbaren Korrelationsdaten waren jedoch hinsichtlich der Präzision der Gleichung nicht eindeutig. Daher wurde die Bestimmung der abgeleiteten Cetanzahl für FAME-Kraftstoffe, auch bekannt als B100, nicht in die Bestimmung der Präzision nach Abschnitt 12 einbezogen.

Ein 2013 von CEN durchgeführter Ringversuch [1] bestätigte, dass dieses Prüfverfahren auch auf paraffinischen Dieselmotoren aus Synthese oder Hydrierungsverfahren anwendbar ist, der einen Volumenanteil von bis zu 7 % Fettsäuremethylester (FAME) enthält, und dass die Präzision des Prüfverfahrens mit der bei herkömmlichen Brennstoffen vergleichbar ist.

ANMERKUNG 1 Am 13. Juli 2021 hat ASTM International der Nutzung seiner nationalen Diesel Exchange Group-Programmdaten zugestimmt, auf deren Grundlage das untere Ende des Zündverzugsbereichs von 2,8 ms auf 2,58 ms (von ACZ 71 auf ACZ 76,8) erweitert wurde. Das zuständige Unterkomitee ASTM D02.01 hat diese Erweiterung des Anwendungsbereichs nicht befürwortet und daher die Schlussfolgerungen für seine entsprechende Norm [3] nicht übernommen. Unterstützende Daten wurden beim Sekretariat von CEN/TC 19 hinterlegt.

ANMERKUNG 2 Für die Zwecke dieses Dokuments wird zur Angabe des Volumenanteils einer Substanz der Ausdruck „% (V/V)“ und für den Massenanteil einer Substanz der Ausdruck „% (m/m)“ verwendet.

WARNUNG — Die Anwendung dieser Norm kann die Anwendung gefährlicher Stoffe, Arbeitsgänge und Geräte mit sich bringen. Diese Norm beansprucht nicht, alle damit verbundenen Sicherheitsprobleme zu behandeln. Es liegt in der Verantwortung des Anwenders dieser Norm, vor der Anwendung angemessene Maßnahmen im Hinblick auf Sicherheit und Gesundheit zu ergreifen, und die Anwendbarkeit einschränkender Vorschriften zu ermitteln.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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).

EN ISO 3170, *Flüssige Mineralölerzeugnisse — Manuelle Probenahme (ISO 3170)*

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

EN ISO 3696, *Wasser für analytische Laborzwecke — Spezifikation und Prüfverfahren (ISO 3696)*

EN ISO 5165:2020, *Mineralölerzeugnisse — Bestimmung der Zündwilligkeit von Dieseldieselkraftstoffen — Cetan-Verfahren mit dem CFR-Motor (ISO 5165:2020)*

ISO 1998-2:1998, *Petroleum industry — Terminology — Part 2: Properties and tests*

ISO 4010, *Diesel engines — Calibrating nozzle, delay pintle type*

IP 537, *Determination of the purity of Derived Cetane Number reference materials — Gas chromatography method*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 1998-2:1998 und die folgenden Begriffe.

3.1

Cetanzahl

CZ

Maß für das Zündverhalten eines Dieseldieselkraftstoffes in einem genormten Motorenprüflauf auf einer Skala, die durch Referenzkraftstoffe definiert ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Cetanzahl wird ausgedrückt durch den Volumenanteil in Prozent von Hexadecan (Cetan) in einer Referenzmischung, welche denselben Zündverzögerung aufweist wie der zu untersuchende Kraftstoff. Je höher die Cetanzahl, desto kleiner der Zündverzögerung.

Anmerkung 2 zum Begriff: In ISO 1998-2 ist die Cetanzahl als „Zahl auf einer per Konvention festgelegten Skala, welche das Zündverhalten eines Dieseldieselkraftstoffes unter genormten Bedingungen anzeigt“ definiert, für dieses Dokument wird jedoch die vorstehend angegebene Definition gewählt, weil seit dem Aufkommen neuer Geräte ab 1998 die Bezugnahme auf einen Prüfmotor unerlässlich geworden ist.

3.2

Zündverzögerung

ZV

Zeitspanne, in Millisekunden, zwischen Beginn der Kraftstoffeinspritzung und Beginn der Verbrennung

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Kontext dieser Norm wird diese Zeitspanne mit Bewegungs- und Drucksensoren im Instrument ermittelt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Im Kontext dieser Norm kennzeichnet ein signifikanter und anhaltender Anstieg der Druckänderungsrate, der die laufende Verbrennung sicherstellt, den Beginn der Verbrennung.

3.3

abgeleitete Cetanzahl

ACZ

Zahl, die durch Anwendung einer Gleichung errechnet wird, welche den Zündverzögerung des Verbrennungsprüfgeräts mit der Cetanzahl korreliert

3.4

akzeptierter Referenzwert

ARW

als Referenz für Vergleichszwecke vereinbarter Wert

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Wert wird hergeleitet als (1) ein theoretischer oder feststehender Wert, beruhend auf wissenschaftlichen Grundlagen, (2) ein zugewiesener Wert, beruhend auf experimenteller Arbeit einer nationalen oder internationalen Organisation oder (3) ein einvernehmlich festgelegter Wert, beruhend auf gemeinschaftlicher experimenteller Arbeit unter der Schirmherrschaft einer wissenschaftlich oder ingenieurmäßig arbeitenden Gruppe.

3.5

Qualitätskontrollprobe

QK-Probe

stabile(s) und homogene(s) Material(ien), welche(s) dem zu prüfenden Material in der Beschaffenheit ähnlich ist (sind), die zur Sicherstellung der Integrität sachgemäß gelagert werden und die in ausreichender Menge für wiederholte Langzeitversuche zur Verfügung stehen

3.6

Kalibrierreferenzflüssigkeit

stabile und homogene Flüssigkeit, die zum Kalibrieren der Leistung des Verbrennungsprüfgerätes dient

3.7

Kontrollreferenzflüssigkeit

stabile und homogene Flüssigkeit, die zur Überprüfung der Leistung des Verbrennungsprüfgerätes dient

4 Kurzbeschreibung

Ein Probenteil des zu prüfenden Materials wird in eine beheizte, temperatur- und druckgeregelte Verbrennungskammer mit konstantem Volumen eingespritzt, die zuvor mit Druckluft befüllt worden ist. Sensoren erfassen den Beginn der Einspritzung und den Beginn der Verbrennung für jeden einzelnen Einspritzzyklus. Eine vollständige Prüfserie besteht aus 15 vorausgehenden Verbrennungszyklen, um die Gleichgewichtseinstellung des Gerätes sicherzustellen, und 32 nachfolgenden Prüfzyklen, um die Werte für den Zündverzug zu erhalten. Der Mittelwert des Zündverzugs (ZV) aus diesen 32 Prüfzyklen wird in eine Gleichung eingesetzt, um die abgeleitete Cetanzahl (ACZ) zu erhalten. Die nach diesem Verfahren erhaltene ACZ ist ein Schätzwert für die Cetanzahl (CZ), die sich aus der konventionellen, umfangreichen Prüfung mit Motor nach EN ISO 5165 ergibt.

5 Chemikalien und Hilfsmittel

5.1 Wasser, sofern nicht anders festgelegt, entsprechend den Anforderungen nach EN ISO 3696, Qualität 3.

5.2 Kühlmittel, handelsübliches Kühlerfrostschutzmittel (aluminiumkompatibel, Ethylenglykol) gemischt mit Wasser (5.1) im Verhältnis von 50 : 50 (V/V).

ANMERKUNG Diese Mischung erfüllt die Anforderungen an den Siedepunkt und bietet hinreichenden Schutz des Kühlsystems gegen Korrosion und mineralische Ablagerungen, die den Wärmeübergang und die Bewertungsergebnisse ändern können. Die korrekte Qualität des Ethylenglykolfrostschutzmittels ist dem Handbuch des Herstellers zu entnehmen.

5.3 Kalibrierreferenzflüssigkeit, Heptan mit einem Reinheitsgrad von min. 99,5 % (m/m) ist als Material mit akzeptiertem Referenzwert für den zugeordneten Zündverzug von 3,78 ms zu verwenden.

Wenn die Ausgangsreinheit nicht bekannt ist, muss die Reinheit nach IP 537 überprüft werden.

5.4 Kontrollreferenzflüssigkeit, Methylcyclohexan (MCH) mit einem Reinheitsgrad von min. 99,0 % (m/m) ist als Material mit akzeptiertem Referenzwert für den zugeordneten Zündverzug von 10,4 ms zu verwenden.

Wenn die Ausgangsreinheit nicht bekannt ist, muss die Reinheit nach IP 537 überprüft werden.

Selbst wenn die Kontrollreferenzflüssigkeit die Reinheitskriterien erfüllt, erfüllt sie möglicherweise nicht die Anforderungen an den Zündverzugs (siehe Tabelle 2). Es wird daher empfohlen, das fragliche MCH entweder durch eine Filtersäule zu leiten, um Verunreinigungen durch Peroxide zu entfernen, oder eine Flasche des MCH zu überprüfen, die nachweislich die Anforderungen an den Zündverzug erfüllt. Es wird empfohlen jede Flasche MCH zu überprüfen, bevor sie als Kontrollreferenzflüssigkeit verwendet wird, um eine akzeptable Qualität zu bestätigen.

5.5 Qualitätskontrollprobe, stabile und homogene Materialien mit ähnlicher Beschaffenheit wie die zu prüfenden Materialien (siehe 3.5).

5.6 Verbrennungsladeluft, Luft mit einem Sauerstoffgehalt von $20,9 \% (V/V) \pm 1,0 \% (V/V)$, und mit Gehalten von weniger als $0,003 \% (V/V)$ an Kohlenwasserstoffen sowie weniger als $0,025 \% (V/V)$ an Wasser.

ANMERKUNG 1 Der Sauerstoffgehalt der Verbrennungsladedruckluft kann zwischen unterschiedlichen Chargen (Flaschen) unterschiedlich sein. Signifikante Abweichungen führen zu Veränderungen des Zündverzugs (höherer Sauerstoffgehalt führt zu kürzerem Zündverzug).

ANMERKUNG 2 Die Auswirkungen der Sauerstoffkonzentration sind untersucht worden [4].

5.7 Arbeitsluft, ölfreie Druckluft mit weniger als $0,1 \% (V/V)$ Wasser und mit einer beständigen Druckversorgung von min. 1,5 MPa.

5.8 Komprimierter Stickstoff, mit einem Reinheitsgrad von min. 99,9 % (V/V).

6 Prüfgerät

6.1 Verbrennungsprüfgerät

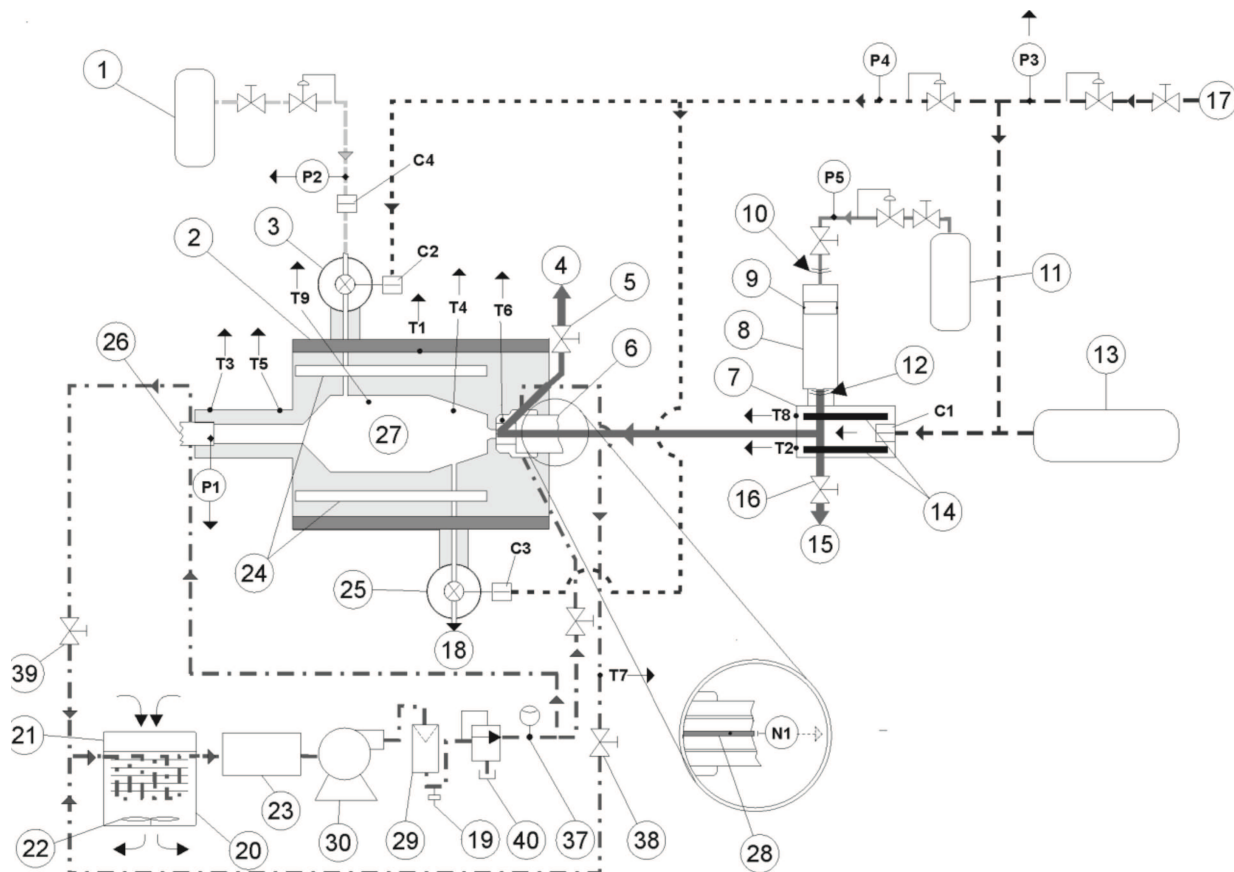
6.1.1 Allgemeines

Im Anhang A wird das Gerät detailliert beschrieben. Für die Aufstellungs- und Inbetriebnahmeverfahren und eine detaillierte Systembeschreibung ist das Handbuch des Herstellers heranzuziehen.

Das in dieser Norm beschriebene System besteht aus einer isolierten beheizten Verbrennungskammer mit konstantem Volumen (siehe 6.1.2) mit Flüssigkeitskühlung ausgewiesener Bereiche und außen angebrachten, pneumatisch betätigten Einlass- und Auslass-Ventilen der Kammer mit den zugehörigen Leitungen, einer beheizten pneumatisch betriebenen Kraftstoffeinspritzpumpe, einem Kraftstoffzuführsystem mit konstantem Druck, einem Kühlmittelumwälzsystem, Magnetschaltern, Sensoren, Regel- und Steuereinrichtungen, Verbindungselementen für die Druckgasversorgung, und einem Computer zur Steuerung der Prüfabläufe. Eine schematische Darstellung des Prüfgerätes wird in Bild 1 gezeigt.

6.1.2 Verbrennungskammer, eine Kammer aus Stahl mit einem Nenninhalt von $0,213 \text{ l} \pm 0,002 \text{ l}$, detailliert beschrieben in Anhang A.

6.2 Filtermittel, mit einer Nennporengröße von $3 \mu\text{m}$ bis $5 \mu\text{m}$, hergestellt aus Glasfaser, Polytetrafluorethylen (PTFE) oder Nylon, in passender Größe für das zum Filtrieren der Probe benutzte Gerät (siehe 7.5).



Legende

P1: Verbrennungskammerdruck

P2: Verbrennungsladeluftdruck

P3: Luftdruck für Einspritzantrieb

P4: Antriebsluftdruck am Einlass-/Ablassventil (Anzeiger)

P5: Druck im Kraftstoffprobenbehälter (Anzeiger)

T1: Temperatur der äußeren Oberfläche der Verbrennungskammer

T2: Kraftstoffeinspritzpumpentemperatur

T3: Temperatur des Verbrennungskammerdrucksensors

T4: Ladelufttemperatur

■■■■■: Ladeluftleitung

■■■■: Einlass-/Ablassventilantriebsluftleitung

—: Stickstoffversorgungsleitung für den Kraftstoffbehälter

T5: (wird für diagnostische Funktionen verwendet)

T6: Einspritzdüsenkühlkanaltemperatur

T7: Kühlmittelrückflusstemperatur

T8: (wird für diagnostische Funktionen verwendet)

T9: Lufttemperatur der hinteren Verbrennungskammerseite

N1: Bewegungssensor der Einspritzdüsenadel

C1: digitales Signal - Kraftstoffeinspritzantrieb

C2: digitales Signal - Einlassventilantrieb

C3: digitales Signal - Auslassventilantrieb

C4: digitales Signal - Ladeluftventilantrieb

■■■■: Kraftstoffeinspritzpumpenantriebsluftleitung

■■■■■: Kühlsystemleitung

—: Hochdruck-Kraftstoffleitung

Mechanisches System

1. Ladeluftversorgung

2. Isolierung

3. Einlassventil

4. kohlenwasserstoffhaltige Abluft

5. Ablassdüse

6. Einspritzdüse

18. Abgasleitung zur Entlüftung

19. Ablauf

20. Flüssigkeit-Luft-Wärmeaustauscher

21. Luftfilter

22. Ventilator

23. Kühlmittelbehälter

- | | |
|---|--|
| 7. Kraftstoffeinspritzpumpe | 24. Kammerheizelemente |
| 8. Kraftstoffprobenbehälter mit oder ohne Rückschlagventil ² | 25. Ablassventil |
| 9. Tauchkolben | 26. Kühl(mittel)gehäuse für die Drucksensoren der Verbrennungskammer |
| 10. Schnellverschlusskupplung mit Ventil | 27. Verbrennungskammer |
| 11. Versorgung mit komprimiertem Stickstoff für den Kraftstoffbehälter ³ | 28. Einspritzdüsenverlängerung |
| 12. Schnellverschlusskupplung mit Ventil | 29. Kühlmittelfilter |
| 13. pneumatisch betriebener Druckluftbehälter | 30. Kühlmittelpumpe |
| 14. Pumpenheizelemente | 37. Kühlmittel-Strömungsanzeiger |
| 15. kohlenwasserstoffhaltige Abluft | 38. Kühlmittel-Durchflussregelventil für die Einspritzdüse |
| 16. Ablasspumpe | 39. Kühlmittel-Durchflussregelventil für den Drucksensor |
| 17. Druckluftzufuhr zur Versorgung des Stellteils | 40. Druckentlastungsventil |

Bild 1 — Schematischer Aufbau des Verbrennungsprüfgerätes

7 Probenahme

7.1 Falls nicht anders festgelegt, sind Proben in Übereinstimmung mit den Verfahren nach EN ISO 3170 oder EN ISO 3171 zu entnehmen.

7.2 Um die Einwirkung von UV-Strahlung zu minimieren, die chemische Reaktionen auslösen kann, die die Bestimmung des Zündverzugs beeinflussen können, sind die Proben in Probenbehältern zu sammeln und aufzubewahren, die entweder aus Materialien bestehen, die die Lichtdurchlässigkeit minimieren, wie z. B. dunkelbraune Flaschen, Blechkanister, oder Behälter sind, die direkt nach der Befüllung nochmals umwickelt oder in lichtundurchlässige Behälter verpackt werden müssen. Wenn die Probe nicht innerhalb von 24 h untersucht wird, ist sie in einer dunklen, kühlen Umgebung aufzubewahren, vorzugsweise unter einem Inertgas.

ANMERKUNG 1 Selbst eine nur kurzzeitige Einwirkung von UV-Strahlung mit Wellenlängen unter 550 nm auf mineralölstämmige Kraftstoffe beeinflusst nachweislich den Zündverzug [5].

ANMERKUNG 2 Die Bildung von Peroxiden und Radikalen, welche den Zündverzug beeinflussen, wird minimiert, wenn die Probe in einer dunklen, kühlen Umgebung unter Stickstoff gelagert wird.

7.3 Die Laborprobe wird vor der Prüfung auf eine Temperatur von 18 °C bis 32 °C gebracht.

7.4 Vor der Prüfung ist die Probe auf ausgefallene Paraffine zu überprüfen. Falls ein Niederschlag vorhanden ist, ist die Probe auf eine Temperatur etwa 14 °C oberhalb des erwarteten Cloudpunktes des zu prüfenden Materials zu erwärmen, wobei darauf zu achten ist, dass dabei keine niedriger siedenden Bestandteile verloren gehen. Durch Schütteln der Probe der Niederschlag wieder in Lösung zu bringen und es ist sicherzustellen, dass vor der Filtration eine homogene Probe vorliegt.

2 Der Standard-Kraftstoffprobenbehälter besitzt kein Rückschlagventil. Ein Kraftstoffprobenbehälter mit größerem Volumen besitzt ein Rückschlagventil und erlaubt das Befüllen und Reinigen des Kraftstoffprobenbehälters in einem entfernten, gut belüfteten Bereich bei Verwendung in Verbindung mit einer entfernten Befüll- und Reinigungsstation. Bezüglich der Einzelheiten für den Kraftstoffbehälter mit größerem Volumen und die Befüllstation sind die Herstelleranweisungen heranzuziehen.

3 Darf auch mit einem angeschlossenen Stickstoff-Adapter verwendet werden. Der Adapter zum Spülen des Kraftstoffsystems wird wie in B.4 eingesetzt, wenn größere Kraftstoffprobenbehälter mit einem Rückschlagventil verwendet werden, um das Kraftstoffeinspritzsystem mit Stickstoff spülen zu können.

7.5 Die Laborprobe ist bei Umgebungstemperatur durch das Filtermittel (siehe 6.2) zu filtrieren, und zwar ohne Unterdruck. Zu verwenden ist ein Überdruck-Filtrationssystem. Die filtrierte Probe ist unmittelbar in einem Behälter aufzufangen, wie in 7.2 beschrieben.

WARNUNG — Bei Benutzung einer Glasspritze zur Filtrierung der Probe muss sichergestellt werden, dass die Filterkapsel korrekt auf dem Spritzenanschluss angeordnet ist. Der Spritzenkolben darf nicht mit übermäßiger Kraft bedient werden, da das zum Zerschlagen der Glasspritze führen könnte. Es wird empfohlen, während des Filtriervorgangs Schutzhandschuhe zu tragen.

8 Geräteaufbau und Inbetriebnahme

Anhang A und Anhang B beschreiben im Detail Aufbau und Inbetriebnahme des Gerätes. Das Gerät ist auf einem ebenen Boden aufzustellen mit Anschlussvorrichtungen für alle Versorgungsleitungen und Gase. Der Anwender muss die Einhaltung aller lokalen und nationalen Vorschriften sicherstellen. Das Gerät erfordert eine Umgebungstemperatur von 18 °C bis 32 °C. Die Abgase müssen in ein Unterdruckabsaugsystem geleitet werden.

ANMERKUNG Der Wärmetauscher des Kühlsystems und die Einspritzpumpe arbeiten bei 18 °C bis 32 °C zufriedenstellend.

ACHTUNG 1 — Das Gerät erfordert kurzzeitig komprimierte Luft unter hohem Druck mit hohem Durchfluss.

ACHTUNG 2 — Ohne Lärmschutz beträgt der Geräuschpegel etwa 86 dB, gemessen in einem Abstand von 1,5 m, und mit Lärmschutz etwa 77 dB. Lokale Vorschriften können bei hohem Geräuschpegel zu beachten sein, es sollte jedoch Gehörschutz getragen werden, wenn das Gerät in Betrieb ist.

9 Vorbereitung des Gerätes

9.1 Anfahren und Aufwärmen des Systems

9.1.1 Einzelheiten sind dem Handbuch des Herstellers zu entnehmen.

9.1.2 Das Verbrennungsprüfgerät und die Kühlmittelpumpe sind einzuschalten.

9.1.3 Das System ist aufzuwärmen.

ANMERKUNG Am Ende der automatischen Aufwärmsequenz werden die Anlaufzeit und die gesamten Aufwärmzeit auf dem Computerbildschirm dargestellt. Typische Werte liegen zwischen 1 300 s und 1 800 s für die Anlaufzeit und 1 500 s bis 2 300 s für die gesamte Aufwärmzeit. Eine signifikante Zunahme der mittleren Anlaufzeit (mehr als 5 %) oder der gesamten Aufwärmzeit (mehr als 10 %) weisen auf eine mögliche Fehlfunktion der Heizelemente in der Verbrennungskammer hin. Für Diagnoseverfahren wird auf das Handbuch des Herstellers verwiesen.

9.2 Standard-Betriebs- und Prüfbedingungen

9.2.1 Der Druck für die Stickstoffversorgung (P5) zum Kraftstoffprobenbehälter ist auf etwa 345 kPa (50 psi) einzustellen.

9.2.2 Der Luftdruck für Einspritzantrieb (P3) ist nach den Anforderungen in Tabelle 1 einzustellen.

9.2.3 Es ist zu überprüfen, dass die Temperaturen des Kühlmittels (T6 und T7) den Anforderungen in Tabelle 1 für die Temperatur und Toleranzen entsprechen. Falls diese nicht eingehalten werden, sind die im Handbuch des Herstellers angegebenen Diagnoseverfahren zu befolgen.

Tabelle 1 — Standard-Betriebs- und Prüfbedingungen

Parameter	Grenzwerte
Ladeluftdruck (P2)	2,137 MPa $\pm$ 0,007 MPa (310 psi $\pm$ 1 psi)
Luftdruck für Einspritzantrieb (P3)	1,21 MPa $\pm$ 0,03 MPa (175 psi $\pm$ 4 psi)
Einspritzdüsenkühlkanaltemperatur (T6)	50 °C $\pm$ 4 °C
Kühlmittelrückflusstemperatur (T7)	40 °C $\pm$ 10 °C
— Ladelufttemperatur (T4)	$(T_{4\max} - T_{4\min}) < 2,5$ °C
— Temperatur des Drucksensors der Verbrennungskammer (T3)	$(T_{3\max} - T_{3\min}) < 8$ °C
Kraftstoffeinspritzpumpentemperatur (T2)	35 °C $\pm$ 3 °C

9.2.4 Die Temperatur der Kraftstoffeinspritzpumpe (T2) ist nach den Anforderungen in Tabelle 1 einzustellen.

9.2.5 Der Ladeluftdruck (P2) ist nach den Anforderungen in Tabelle 1 einzustellen.

9.2.6 Die Dichtheit der Verbrennungskammer ist durch die Messung des Druckverlustes während eines Beladungstests nach den Vorgaben aus dem Betriebshandbuch des Herstellers zu prüfen. Im Falle eines Druckverlustes von mehr als 3,5 kPa/s (0,5 psi/s) sind die im Handbuch des Herstellers angegebenen Diagnoseverfahren zu befolgen.

9.2.7 Mittels Durchführung einer Prüfung unter Verwendung der Kalibrierreferenzflüssigkeit (5.3) ist nach Abschnitt 11 zu überprüfen, ob die Betriebstemperaturen und Betriebsdrücke innerhalb der in Tabelle 1 angeführten Toleranzen liegen und die Toleranzen aus Tabelle 2 für Einzelbestimmungen eingehalten werden.

ANMERKUNG T₆, T_{6min}, T_{6max}, T_{3min} und T_{3max} werden als zusätzliches Ausgabeergebnis im Ausdruck angegeben. T₆ ist ebenfalls während des Prüflaufs auf dem Monitor dargestellt.

9.2.8 Falls ein oder mehrere Bedingungen nach Tabelle 1 nicht eingehalten werden, sind die im Handbuch des Herstellers angegebenen Diagnoseverfahren zu befolgen, um das Problem zu erkennen und anschließend zu beheben.

ANMERKUNG 1 Die Ladelufttemperatur wird durch eine Werkskalibrierung erstmalig eingestellt und später durch eine Kalibrierung der Leistungsmerkmale des Geräts durch den Anwender angepasst. Die Ladelufttemperatur liegt im Allgemeinen bei 545 °C $\pm$ 30 °C.

ANMERKUNG 2 Die Temperatur des Drucksensors der Verbrennungskammer bei einem in dieser Norm beschriebenen Geräteaufbau liegt normalerweise im Bereich von 130 °C $\pm$ 20 °C.

9.2.9 Falls die Anforderungen in Tabelle 2 für eine Einzelbestimmung unter Verwendung der Kalibrierreferenzflüssigkeit (5.3) nicht eingehalten werden, sollte der Fall untersucht und der Vorgang nach 9.2.7 wiederholt werden.

9.2.10 Wenn die Anforderungen in Tabelle 1 und Tabelle 2 erfüllt sind, wird die Qualitätskontrollprobe (5.5) geprüft oder das Gerät nach Abschnitt 10 kalibriert und verifiziert.

Tabelle 2 — Toleranzgrenzen für die Kalibrierung und Verifizierung des Gerätes

Flüssigkeit	Prüfart	Toleranzgrenzen ms
Kalibrierung (Heptan)	Einzelmessung	$3,78 \pm 0,06$
Kalibrierung (Heptan)	Mittelwert von 3 Messungen	$3,78 \pm 0,01$
Verifizierung (MCH)	Einzelmessung	$10,4 \pm 0,6$
Verifizierung (MCH)	Mittelwert von 2 Messungen	$10,4 \pm 0,5$

10 Kalibrierung, Verifizierung und Qualitätskontrolle

10.1 Allgemeines

Die Kalibrierung des Verbrennungsprüfgerätes ist bei jedem der folgenden Ereignissen durchzuführen:

- 1) nach Installation und Inbetriebnahme;
- 2) nach Austausch von kritischen Teilen oder Komponenten der Verbrennungskammerbaugruppe, des Kraftstoffeinspritzsystems oder von Gerätesensoren;
- 3) nach Kalibrierung der Datenerfassungskarte; und
- 4) immer, wenn Messungen an Qualitätskontrollproben nicht beherrscht (unter statistischer Prozesslenkung) sind und die Ursachen für die Nichtübereinstimmung bei der Qualitätskontrolle in geeigneter Weise behandelt wurden.

ANMERKUNG Weitere Hinweise zur Wartung finden sich im Anhang C.

10.2 Kalibrierung

10.2.1 Der Zündverzögerung der Kalibrierreferenzflüssigkeit (siehe 5.3) ist dreimal nach dem in Abschnitt 11 angegebenen Verfahren zu bestimmen.

10.2.2 Die drei einzelnen Prüfergebnisse und ihr Mittelwert sind gegen die in Tabelle 2 angegebenen Toleranzen zu überprüfen. Wenn die Toleranzen eingehalten werden, ist das Gerät kalibriert und bereit für die Verifizierung.

10.2.3 Wenn die Werte in 10.2.2 um mehr als die in Tabelle 2 angegebenen Toleranzgrenzen abweichen, ist der Einsatz des Gerätes nicht zulässig und eine Anpassung der Ladelufttemperatur ist erforderlich. Die Außenflächentemperatur der Verbrennungskammer ist neu einzustellen, um die Lufttemperatur nachzuregulieren, eine Stabilisierungszeit von mindestens 10 min ist einzuhalten und 10.2.1 ist zu wiederholen.

ANMERKUNG 1 Der Zündverzögerung nimmt zu bei abnehmender Temperatur der Verbrennungsladeluft, und umgekehrt nimmt er ab, wenn die Temperatur der Verbrennungsladeluft zunimmt.

ANMERKUNG 2 Wenn die Sollwerteinstellung des Temperaturreglers der vorherigen Einstellung $\pm 4^\circ\text{C}$ übersteigt, ist von einer Fehlfunktion des Systems auszugehen und diagnostische Verfahren zur Feststellung und Behebung des Problems werden empfohlen. Siehe Handbuch des Herstellers.