

ICS 67.250; 85.060

**Prüfung von Papier, Karton und Pappe –
Bestimmung des Übergangs von Mineralölkohlenwasserstoffen aus
Lebensmittel-Bedarfsgegenständen, die mit Altpapierstoffanteilen
hergestellt werden;
Text Deutsch und Englisch**

Testing of paper and board –

Determination of the transfer of mineral oil hydrocarbons from food contact materials
manufactured with portions of recycled pulp;

Text in German and English

Essais des papiers, cartons et pâtes –

Détermination de la migration des hydrocarbures pétroliers des objets destinés d'être en
contact avec les denrées alimentaires fabriqués avec les pâtes recyclés;

Texte en allemand et anglais

Zur Erstellung einer DIN SPEC können verschiedene Verfahrensweisen herangezogen werden:
Das vorliegende Dokument wurde nach den Verfahrensregeln einer PAS erstellt.

Gesamtumfang 27 Seiten

Dieses Dokument wurde durch die im Vorwort genannten Verfasser erarbeitet und verabschiedet.

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Kurzbeschreibung	6
5 Reagenzien.....	7
6 Geräte und Materialien.....	7
7 Probenvorbereitung.....	8
8 Prüfbedingungen	8
8.1 Allgemeines	8
8.2 Retentionsbereich	8
9 Durchführung.....	9
9.1 Allgemeines zur Durchführung	9
9.2 Herstellung Standardlösung.....	9
9.3 Herstellung Extraktionsstandard.....	10
9.4 Lagerung mit MPPPO in Petrischalen	10
9.5 Lagerung mit MPPPO in Migrationszellen	10
9.6 Aufarbeitung.....	10
9.6.1 Aufarbeitung MPPPO mit Extraktionsstandard.....	10
9.6.2 Aufarbeitung MPPPO ohne Extraktionsstandard.....	11
9.7 Bestimmung von MOSH und MOAH in MPPPO.....	11
10 Prüfbericht.....	12
Literaturhinweise.....	13

Vorwort

Diese DIN SPEC wurde nach dem PAS-Verfahren erarbeitet. Die Erarbeitung von DIN SPEC nach dem PAS-Verfahren erfolgt in Workshops und nicht zwingend unter Einbeziehung aller interessierten Kreise.

Die Erarbeitung und Verabschiedung des Dokuments erfolgte durch die nachfolgend genannten Initiatoren und Verfasser:

- Buchmann GmbH, Josua Leonhardt;
- Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e. V., Dr. Sieglinde Stähle;
- Hans Kolb Wellpappe GmbH & Co. KG, Hermann Fraidling;
- FFI Fachverband Faltschachtel-Industrie e. V., Christian Schiffers;
- ISEGA Forschungs- und Untersuchungsgesellschaft mbH, Dr. Ralph Derra;
- Klingele Papierwerke GmbH & Co. KG, Christian Hössle;
- Mayr-Melnhof Karton Gesellschaft mbH, Heinz Traußnig;
- Moritz J. Weig GmbH & Co. KG, Dr. Roland Dietrich;
- Papiertechnische Stiftung (PTS), Dr. Antje Harling;
- Smurfit Kappa Deutschland GmbH, Fulvio Cadonau;
- TU Darmstadt, Papierfabrikation und Mechanische Verfahrenstechnik, Antje Kersten;
- Verband Deutscher Papierfabriken e. V., Dr. Christoph Persin;
- Verband der Wellpappen-Industrie e. V., Christiane Trumpp;
- Vereinigung Pack- und Wellpappenpapiere, Klaus Spielmann.

Für dieses Thema bestehen derzeit keine Normen.

DIN SPEC sind nicht Bestandteil des Deutschen Normenwerks.

Für diese DIN SPEC wurde kein Entwurf veröffentlicht.

Trotz großer Anstrengungen zur Sicherstellung der Korrektheit, Verlässlichkeit und Präzision technischer und nicht-technischer Beschreibungen kann der Workshop weder eine explizite noch eine implizite Gewährleistung für die Korrektheit des Dokuments übernehmen. Die Benutzung dieses Dokuments geschieht in dem Bewusstsein, dass der Workshop für Schäden oder Verluste jeglicher Art nicht haftbar gemacht werden kann. Die Anwendung der vorliegenden DIN SPEC entbindet den Nutzer nicht von der Verantwortung für eigenes Handeln und geschieht damit auf eigene Gefahr.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Die kostenfreie Bereitstellung dieses Dokuments als PDF-Version über den Beuth WebShop wurde im Vorfeld finanziert.

Einleitung

Das Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) beschäftigte sich bereits Anfang der 2000-er Jahre mit Fragen zum Vorkommen, zum Einsatz und zur Toxikologie von Mineralölkohlenwasserstoffen in Lebensmitteln [1], [2]. Dabei wurde u. a. deutlich, dass das Vorkommen von Kohlenwasserstoffen in Lebensmitteln nicht nur auf die gezielte Verwendung mineralöhlhaltiger Zusatzstoffe zurückzuführen ist, sondern auch auf natürlich vorkommenden Inhaltsstoffen beruht. Bekannt waren zudem Verunreinigungen durch Herstellungs-, Verarbeitungs-, Verpackungs- und Transportprozesse.

Im Zusammenhang mit Lebensmittelverpackungen sind Mineralölkohlenwasserstoffe in den Fokus gerückt, nachdem 2009 festgestellt wurde, dass diese in Verpackungen aus recyceltem Karton oder Papier vorkommen und auf Lebensmittel übergehen können. Als Hauptquelle der Mineralölkohlenwasserstoffe in recyceltem Karton und Papier wurden mineralöhlhaltige Druckfarben identifiziert, die vor allem im Zeitungsdruck verwendet werden [3]. Diese Druckfarben enthalten hochraffinierte Mineralölprodukte als Lösemittel. Differenziert wurde nach gesättigten (MOSH, en: Mineral Oil Saturated Hydrocarbons) und aromatischen Mineralölkohlenwasserstoffen (MOAH, en: Mineral Oil Aromatic Hydrocarbons).

Im Rahmen eines Entscheidungshilfe-Projekts des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz wurde die stoffliche Belastung von recyclingfaserhaltigen Verpackungen sowie das Potenzial der Migration insbesondere von Mineralölkohlenwasserstoffen nachgewiesen [4]. In einer großen Anzahl trockener, nicht fettender Lebensmittel aus dem Einzelhandel konnten Mineralölkohlenwasserstoffe nachgewiesen werden, wobei deren Eintragsquellen in diesem Studiendesign nicht ursächlich untersucht wurden.

In Folge der mehrjährigen „Mineralöl-Diskussion“ innerhalb der gesamten Lebensmittelkette, einschließlich der Verpackungs- und Rohmaterialbranchen, der privaten und öffentlichen Untersuchungseinrichtungen, von Behörden und von Nicht-Regierungsorganisationen liegen heute weitere Erkenntnisse über vorhersehbare Kontaminationsquellen, über vermeidbare und nicht vermeidbare ubiquitäre Belastungen sowie über die analytischen Herausforderungen vor.

Die Lebensmittelkette hat seither verschiedene Strategien und Technologien entwickelt, mit denen Eintragsquellen erkennbar und beherrschbar sind. Dadurch konnten bei sehr vielen Lebensmitteln die messbaren Konzentrationen an Mineralölkohlenwasserstoffen erheblich vermindert werden. Die rückläufige Zahl an Beanstandungen der Amtlichen Lebensmittelüberwachung und regelmäßig veröffentlichte Warentests belegen dies nachdrücklich.

Zum Schutz der Lebensmittel vor Migration von Mineralölkohlenwasserstoffen aus nachhaltigen, faserbasierten Verpackungen und/oder zum Schutz vor ubiquitär vorkommenden Mineralölkohlenwasserstoffen bieten Hersteller und Verarbeiter verschiedene marktreife Lösungen an:

- 1) Einsatz von ausgesuchten, Mineralölkohlenwasserstoff-reduzierten Altpapierqualitäten zur Herstellung von Papieren, Kartons und Pappen auf Recycling-Basis;
- 2) Einsatz von Papieren, Kartons und Pappen aus Frischfasern zur Herstellung von Lebensmittelbedarfsgegenständen;
- 3) Einsatz von Papieren, Kartons und Pappen auf Frischfaser- oder Recyclingbasis mit funktioneller Barriere (Beschichtung, Adsorber oder andere Maßnahmen).

Welches oder welche Lösungskonzepte den bestmöglichen Schutz eines gegebenen Lebensmittels gegen den Übergang von Mineralölkohlenwasserstoffen aus faserbasierten Lebensmittelbedarfsgegenständen oder

Kontamination aus der Umwelt gewährleisten, kann jeweils nur im konkreten Anwendungsfall von den Marktbeteiligten ermittelt werden.

Es hat sich gezeigt, dass zahlreiche Einflussfaktoren, u. a. die Art des Lebensmittels (fettig, trocken, etc.), seine Haltbarkeit, seine Verarbeitungs-, Transport- und Lagerbedingungen sowie die Verwendung durch den Konsumenten bei der Konfiguration eines angemessenen Verpackungssystems zu berücksichtigen sind.

Für die Bewertung der funktionalen Barrierequalität faserbasierter Packstoffe und Packmittel ist das Migrationspotential von Mineralölkohlenwasserstoffen von entscheidender Bedeutung. Die Funktionalität einer Barriere wird grundsätzlich durch die Messung der Migration von Stoffen (hier: Mineralölkohlenwasserstoffe) über einen definierten Zeitraum (z. B. Mindesthaltbarkeitsdatum des Lebensmittels) bewertet.

Daraus ergibt sich für diese Barrierelösungen die Notwendigkeit, den Übergang von Mineralölkohlenwasserstoffen mit Hilfe eines standardisierten Messverfahrens zu überprüfen.

Mit DIN SPEC 5010 wird ein standardisiertes Messverfahren zur Bewertung der funktionellen Barrierequalität zur Verfügung gestellt. Sie erlaubt im konkreten Anwendungsfall Aussagen zur Abschätzung des Übergangs von Mineralölkohlenwasserstoffen aus faserbasierten Papieren, Kartons und Pappen, die mit einer Barriere ausgestattet sind.

Die Messmethode ist auf Papiere, Kartons und Pappen in unverarbeitetem Zustand (Bogen- und Rollenware) und eingeschränkt auf den fertigen, dreidimensionalen Lebensmittelbedarfsgegenstand (z. B. Faltschachteln) anwendbar.

Die Hersteller von faserbasierten Papieren, Kartons und Pappen mit Barrierefunktion kennen die individuellen Verarbeitungsbedingungen für ihre Materialien und empfehlen diese ihren Kunden. Diese Spezifikationen ermöglichen dem Verarbeiter auf Basis der ermittelten Werte für das unverarbeitete Material eine einzelfallbezogene Risikobewertung der Migration aus dem fertigen Lebensmittelbedarfsgegenstand.

DIN SPEC 5010 beschreibt ausschließlich ein standardisiertes Messverfahren zur Ermittlung von Migrationswerten. Sie definiert keine Qualitätsanforderungen an Papiere, Kartons und Pappen mit Barrierefunktion oder daraus gefertigte faserbasierte Lebensmittelbedarfsgegenstände.

1 Anwendungsbereich

Diese DIN SPEC legt ein Verfahren zur Abschätzung des Übergangs von gesättigten und aromatischen Mineralölkohlenwasserstoffen (MOSH, en: mineral oil saturated hydrocarbons; MOAH, en: mineral oil aromatic hydrocarbons) aus Lebensmittelbedarfsgegenständen, die mit Altpapierstoffanteilen hergestellt werden, fest. Das Verfahren ist geeignet, um das Ausmaß der Migration aus Papier, Karton und Pappe, die mit einer Barriere oder anderen Maßnahmen ausgestattet sind, zu überprüfen.

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).

DIN EN 1186-1, *Werkstoffe und Gegenstände in Kontakt mit Lebensmitteln — Kunststoffe — Teil 1: Leitfaden für die Auswahl der Prüfbedingungen und Prüfverfahren für die Gesamtmigration*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

gesättigte Mineralöl-Kohlenwasserstoffe

MOSH (en: mineral oil saturated hydrocarbons)

aus Mineralöl stammende gesättigte Kohlenwasserstoffe, die aus offenkettigen Kohlenwasserstoffen (Paraffinen) sowie alkylierten und nichtalkylierten cyclischen Kohlenwasserstoffen (Naphthenen) bestehen

3.2

aromatische Mineralöl-Kohlenwasserstoffe

MOAH (en: mineral oil aromatic hydrocarbons)

aus Mineralöl stammende hoch alkylierte aromatische Kohlenwasserstoffe mit einem oder mehreren aromatischen Ringen

4 Kurzbeschreibung

Die für den Lebensmittelkontakt vorgesehene Seite des Prüflings ist mit MPPO [Poly (2,6-diphenyl-*p*-phenylenoxid), z. B. erhältlich unter dem Handelsnamen Tenax®¹⁾] zu bedecken und bei den erforderlichen Zeit- und Temperatur-Prüfbedingungen zu lagern. Die Lagerung erfolgt in einem thermostatisierten Ofen. Nach der Lagerung ist das MPPO mit *n*-Hexan zu extrahieren. In diesem Extrakt ist die Menge an MOSH und MOAH, die aus Papier, Karton oder Pappe übergehen können, zu bestimmen.

1) Tenax® ist die Herstellerbezeichnung des Produktes geliefert von Varian BV, Herculesweg 8, NL-4338 PL Middelburg. Diese Angabe dient nur zur Unterrichtung der Anwender dieser DIN SPEC und bedeutet keine Anerkennung des genannten Produktes durch DIN. Gleichwertige Produkte dürfen verwendet werden, wenn sie nachweisbar zu gleichen Ergebnissen führen.

5 Reagenzien

Alle Chemikalien müssen von analytisch reiner Qualität sein, wenn nicht anders angegeben.

5.1 *n*-Hexan [CAS-Nr.: 110-54-3], für die Chromatographie.

5.2 Toluol [CAS-Nr.: 108-88-3].

5.3 MPPPO [Poly(2,6-diphenyl-*p*-phenylenoxid)], 60 Mesh bis 80 Mesh.

ANMERKUNG 1 MPPPO ist ein Polymer mit einem hohen Molekulargewicht (beinhaltet 500 000 Dalton bis 1 000 000 Dalton). Es ist ein poröses Material, sehr stabil mit einer hohen Temperaturbeständigkeit ($T_{\max} = 350\text{ °C}$), einer großen Oberfläche und einer geringen spezifischen Masse ($0,23\text{ g/cm}^3$).

ANMERKUNG 2 Gaschromatogramme von Extrakten des im Handel erhältlichen MPPPO haben gezeigt, dass Verunreinigungen in nicht unerheblichem Maß vorhanden sein können. Ein Verfahren zur Reinigung ist in DIN EN 14338 beschrieben.

5.4 *n*-Dodecan [CAS-Nr.: 112-40-3], für Aufarbeitung MPPPO mit Extraktionsstandard (9.6.1).

5.5 *n*-Pentacosan [CAS-Nr.: 629-99-2], für Aufarbeitung MPPPO mit Extraktionsstandard (9.6.1).

5.6 Hexylbenzol [CAS-Nr.: 1077-16-3], Aufarbeitung MPPPO mit Extraktionsstandard (9.6.1).

5.7 *n*-Undecan [CAS-Nr.: 1120-21-4].

5.8 *n*-Pentylbenzol [CAS-Nr.: 538-68-1].

5.9 *n*-Tridecan [CAS-Nr.: 629-50-5].

5.10 1-Methylnaphthalin [CAS-Nr.: 90-12-0].

5.11 Cyclohexylcyclohexan [CAS-Nr.: 92-51-3].

5.12 2-Methylnaphthalin [CAS-Nr.: 91-57-6].

5.13 1,3,5-Tri-*tert*-butylbenzol [CAS-Nr.: 1460-02-2].

5.14 Perylen [CAS-Nr.: 198-55-0].

5.15 5- α -Cholestan [CAS-Nr.: 481-21-0].

5.16 *n*-Alkan-Standardgemisch C10 bis C40, Lösung gleicher Konzentration in einem apolaren Lösemittel, $\rho = 1\text{ }\mu\text{g/ml}$ zur Bestimmung der Retentionsbereiche nach 8.2.

6 Geräte und Materialien

Gebräuchliche Laborgeräte und besonders die folgenden:

6.1 Schneidwerkzeug, Kreisschneider 1 dm^2 oder runde Schablone mit 113 mm Durchmesser und ein Skalpell.

6.2 Lineal, mit Millimetereinteilung, mit einer Fehlergrenze von 0,5 mm.

6.3 Löffel, aus Edelstahl zum Umfüllen von MPPPO.

6.4 Analytische Waage, mit einer Fehlergrenze von 0,1 mg.

6.5 Thermostatisierter Ofen oder Inkubator, der die gewählte Temperatur innerhalb der Toleranzen nach DIN EN 1186-1 einhält.

6.6 Petrischalen (groß) aus Glas, mit einem Innendurchmesser von mehr als 115 mm für 1 dm² Prüffläche, mit niedrigerem Rand als die kleinen Petrischalen aus Glas (siehe 6.7).

6.7 Petrischalen (klein) aus Glas, mit einem Außendurchmesser von 114 mm zur Abdeckung von 1 dm² des Prüflings.

6.8 Migrationszelle, alternativ zu den Petrischalen (6.6, 6.7) dürfen Migrationszellen nach DIN EN 1186-1 verwendet werden.

6.9 Pulvertrichter aus Glas.

6.10 Filternutsche aus Glas, 50 ml, Porositätsklasse 1.

7 Probenvorbereitung

Als Prüfling ist 1 dm² der Probe mit einem Schneidwerkzeug (6.1) herzustellen. Um die Lebensmittelkontaktfläche ausreichend zu bedecken, werden $(4 \pm 0,1)$ g MPPPO je dm² Oberfläche des Prüflings benötigt [5].

8 Prüfbedingungen

8.1 Allgemeines

Die Prüfbedingungen für die Lagerung mit MPPPO sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1 — Prüfbedingungen für die Lagerung mit MPPPO

Zeit Tage	Temperatur °C	Bewertung der Lagerung bei Raumtemperatur
10	40	bis zu 12 Monate
30	40	bis zu 24 Monate
ANMERKUNG 1 Die in Tabelle 1 aufgeführten Bedingungen beruhen auf kinetischen Vergleichsstudien zwischen Migrationsuntersuchungen mit MPPPO und realen Lagerungsbedingungen.		
ANMERKUNG 2 Prüftemperaturen über 40 °C zur weiteren Beschleunigung des Verfahrens haben sich als ungeeignet erwiesen.		

8.2 Retentionsbereich

Die aus Mineralöl stammenden Kohlenwasserstoffe sind unzählige Isomere und lassen sich mit üblichen eindimensionalen gaschromatographischen Trennverfahren nicht in scharfe Einzelsubstanz-Signale auflösen. Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, müssen daher die Grenzen der unaufgelösten MOSH- bzw. MOAH-Hügel eindeutig definiert werden.

Der Molekularmassenbereich wird auf die Zahl der Kohlenstoffatome in *n*-Alkanen bezogen. Dafür wird die gaschromatographische Retentionszeit auf einer Dimethylpolysiloxan-Phase von gaschromatographisch trennbaren *n*-Alkanen (z. B. C₁₀ - C₄₀, siehe 5.16) verwendet. Anhand der Retentionszeiten der Markersubstanzen werden sowohl für MOSH als auch für MOAH Zeitintervalle (absolute

Retentionszeitbereiche) definiert, die als Integrationsgrenzen bei der Auswertung der Chromatogramme dienen.

Häufig werden z. B. folgende Integrations-Intervalle verwendet:

C10 - C16 / C16 - C20 / C20 - C24 / C24 - C35 / C16 - C25 / C16 - C35.

Die Reproduzierbarkeit der absoluten Retentionszeiten ist durch regelmäßige Messung eines *n*-Alkan-Standardgemisches (z. B. C10 - C40, siehe 5.16) sicherzustellen.

Die Integration der *n*-Alkane und damit die Festlegung der absoluten Retentionszeiten der C-Zahlen kann zu Beginn (ansteigende Flanke), am Maximum des Signales oder nach vollständiger Elution des Marker-Alkans (Basislinienhöhe) erfolgen. Die zur Auswertung verwendeten C-Zahl-Grenzen sind daher durch Angabe des angewandten Integrationsverfahrens im Prüfbericht [siehe Abschnitt 10, h)] eindeutig zu dokumentieren.

9 Durchführung

9.1 Allgemeines zur Durchführung

Aufgrund des pulvrigen Charakters des MPPO bleibt beim Abdekantieren eine Restmenge an Lösemittel (etwa 3 ml *n*-Hexan pro 1 g MPPO) im Extraktionsgefäß zurück. Um diesem Sachverhalt Rechnung zu tragen, werden hier zwei alternative Vorgehensweisen zur möglichst vollständigen Erfassung und korrekten Quantifizierung der Zielverbindungen vorgegeben. In der unter 9.6.1 dargestellten Vorgehensweise wird der Quantifizierungsstandard (9.2) nachträglich zu den gesammelten Extrakten mehrerer Einzelextraktionsschritte zugegeben. Um eine vollständige Extraktion (Wiederfindung > 90 %) sicherzustellen, wird hier mit einem zusätzlichen Extraktionsstandard gearbeitet (9.6.1.). In der unter 9.6.2 dargestellten Vorgehensweise werden die Quantifizierungsstandards zum Ansatz des ersten mehrerer Einzelextraktionsschritte zugegeben und mitextrahiert. Bei beiden Vorgehensweisen kann, falls notwendig, eine Aufkonzentrierung des Extraktes durchgeführt werden.

9.2 Herstellung Standardlösung

Zur Herstellung einzelner Stammlösungen sind jeweils 100 mg *n*-Undecan (5.7), *n*-Pentylbenzol (5.8), *n*-Tridecan (5.9), 1-Methylnaphthalin (5.10), Cyclohexylcyclohexan (5.11), 2-Methylnaphthalin (5.12) und 1,3,5-Tri-*tert*-butylbenzol (5.13) auf 1 mg genau in 10-ml-Messkolben einzuwiegen und bis zur Marke mit Toluol (5.2) aufzufüllen. Die Lösungen sind gekühlt zu lagern. Wenn sich bei der Lagerung Kristalle bilden, sind diese durch Erwärmung der Lösung wieder vollständig aufzulösen.

Zur Herstellung der Standardlösung sind 12 mg Perylen (5.14) und Cholestan (5.15) auf 0,5 mg in einen 20-ml-Messkolben einzuwiegen und mit 600 µl jeder Stammlösung zu versetzen, mit Ausnahme von *n*-Tridecan, von der 300 µl hinzuzufügen sind. Der 20-ml-Messkolben ist mit Toluol (5.2) aufzufüllen. Die sich daraus ergebenden Massenkonzentrationen betragen für *n*-Tridecan: $\rho = 150 \mu\text{g/ml}$, für *n*-Undecan, *n*-Pentylbenzol, 1-Methylnaphthalin, Cyclohexylcyclohexan, 2-Methylnaphthalin, 1,3,5-Tri-*tert*-butylbenzol: $\rho = 300 \mu\text{g/ml}$ und für Perylen und Cholestan: $\rho = 600 \mu\text{g/ml}$. Zur Aufbewahrung ist die Lösung in mehrere kleine Fläschchen umzufüllen und gekühlt zu lagern. Die Lösungen sind gekühlt und unter Lichtausschluss mindestens 6 Monate haltbar.

ANMERKUNG Die Standardlösung kann alternativ als gebrauchsfertiger Standard²⁾ bezogen werden.

2) Restek GmbH ist ein Beispiel für einen geeigneten Anbieter eines handelsüblichen Produktes des gebrauchsfertigen Standards. Diese Angabe dient nur zur Unterrichtung der Anwender dieser DIN SPEC und bedeutet keine Anerkennung des genannten Produktes durch DIN. Gleichwertige Produkte dürfen verwendet werden, wenn sie nachweisbar zu gleichen Ergebnissen führen.