

Umweltprüfungen

Teil 2: Prüfungen – Prüfung L: Staub und Sand

(IEC 68-2-68 : 1994)

Deutsche Fassung EN 60068-2-68 : 1996

DIN**EN 60068-2-68**

Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm

IEC 68-2-68

ICS 19.040

Deskriptoren: Umweltprüfung, Prüfverfahren, Staub, Sand

Environmental testing – Part 2: Tests – Test L: Dust and sand (IEC 68-2-68 : 1994);
German version EN 60068-2-68 : 1996Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai L: Poussière et sable
(CEI 68-2-68 : 1994);

Version allemande EN 60068-2-68 : 1996

Ersatz für

DIN V 40046-47 : 1986-11

und

DIN V 40046-48 : 1986-11

Die Europäische Norm EN 60068-2-68 : 1996 hat den Status einer Deutschen Norm.

Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 50B(CO)334 : 1993-01.

Nationales Vorwort

Die Internationale Norm wurde vom SC 50B "Climatic tests" des TC 50 "Environmental testing" der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet.

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium UK 131.2 "Klimatische Prüfungen" der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) zuständig.

Der Zusammenhang der in dieser Norm zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60529 : 1991 + Corrigendum : 1993	IEC 529 : 1989	DIN 40050-9 : 1993-05 DIN VDE 0470-1 (VDE 0470 Teil 15) : 1992-11	VDE 0470 Teil 1
HD 478.2.5 S1 : 1993	IEC 721-2-5 : 1991	E DIN IEC 721-2-5 : 1992-03	–
EN 60947-1 : 1991	IEC 947-1 : 1988	DIN VDE 0660-100 (VDE 0660 Teil 100) : 1992-07	VDE 0660 Teil 100

Änderungen

Gegenüber DIN V 40046-47 : 1986-11 und DIN V 40046-48 : 1986-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- EN 60068-2-68 : 1996 übernommen.

Frühere Ausgaben

DIN V 40046-47 : 1986-11

DIN V 40046-48 : 1986-11

Fortsetzung Seite 2
und 30 Seiten ENDeutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)
Normenausschuß Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN 40050-9

Straßenfahrzeuge – IP-Schutzarten – Schutz gegen Fremdkörper, Wasser und Berühren, Elektrische Ausrüstung

DIN VDE 0470-1 (VDE 0470 Teil 1)

Schutzarten durch Gehäuse (IP Code); [IEC 529 (1989), 2. Ausgabe]; Deutsche Fassung EN 60529 : 1991

DIN VDE 0660-100 (VDE 0660 Teil 100)

Niederspannung-Schaltgeräte – Teil 1: Allgemeine Festlegungen (IEC 947-1 : 1988, modifiziert);

Deutsche Fassung EN 60947-1 : 1991

E DIN IEC 721-2-5

Elektrotechnik – Klassifizierung von Umweltbedingungen – Natürliche Einflüsse, Staub, Sand und Salznebel – Identisch mit IEC 721-5 : 1991

ICS 19.040

Deskriptoren: Umweltprüfungen, elektrotechnische Produkte, Prüfverfahren, nicht-abrasiver Feinstaub, frei sedimentierender Staub, Anblasen mit Staub und Sand

Deutsche Fassung

Umweltprüfungen
Teil 2: Prüfungen – Prüfung L: Staub und Sand
(IEC 68-2-68 : 1994)

Environmental testing – Part 2: Tests – Test L: Dust and sand (IEC 68-2-68 : 1994)	Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai L: Poussière et sable (CEI 68-2-68 : 1994)
---	--

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 1996-03-05 angenommen.

Die CENELEC-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 Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR ELEKTROTECHNISCHE NORMUNG
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Der Text der Internationalen Norm IEC 68-2-68 : 1994, ausgearbeitet von dem SC 50B "Climatic tests" des IEC TC 50 "Environmental testing", wurde der formellen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 1996-03-05 ohne irgendeine Abänderung als EN 60068-2-68 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muß (dop): 1997-03-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 1997-03-01

Anhänge die als "normativ" bezeichnet sind, gehören zum Norm-Inhalt.

Anhänge, die als "informativ" bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm ist Anhang ZA normativ und sind die Anhänge A und B informativ.

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 68-2-68 : 1994 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung ist in Anhang B "Literaturhinweise" zu der aufgelisteten Norm die nachstehende Anmerkung einzutragen:

IEC 947-1 ANMERKUNG: Harmonisiert als EN 60947-1 : 1991 (modifiziert).

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	5.2 Methode Lb	10
Einführung	2	5.3 Leitfaden für die Prüfung Lb	11
1 Allgemeines	3	6 Prüfung Lc: Anblasen mit Staub und Sand	14
1.1 Anwendungsbereich	3	6.1 Methode Lc1: Umwälzkammer	14
1.2 Beschreibung der Prüfgruppe L	3	6.2 Methode Lc2: Frei angeblasener Staub	16
2 Normative Verweisungen	3	6.3 Leitfaden für die Prüfung Lc	17
3 Begriffe	3	Anhang A (informativ) Allgemeiner Leitfaden	25
4 Prüfung La: Nicht-abrasiver Feinstaub	4	Anhang B (informativ) Literaturhinweise	30
4.1 Methode La1: Zyklischer Luftdruck	4	Anhang ZA (normativ) Andere in dieser Norm zitierte internationale Publikationen mit den Verweisungen auf die entsprechenden europäischen Publikationen	30
4.2 Methode La2: Konstanter Luftdruck	5		
4.3 Leitfaden für die Prüfung La	7		
5 Prüfung Lb: Frei sedimentierender Staub	10		
5.1 Zweck	10		

Einführung

Die in diesem Teil der IEC 68-2 beschriebenen Prüfungen geben Aufschluß über Wirkungen, zu welchen die Einzelbestimmung Beurteilungskriterien festlegen kann. Einige dieser Wirkungen sind:

- a) Eindringen von Staub in Gehäuse;
- b) Änderung der elektrischen Eigenschaften (z. B. fehlerhafte Kontaktgabe, Änderung des Übergangswiderstandes oder der Kriechstromfestigkeit);
- c) Fressen oder Beeinträchtigung der Beweglichkeit bei Lagern, Achsen, Wellen und anderen beweglichen Teilen;
- d) Verschleiß der Oberflächen (Erosion);
- e) Verschmutzung optischer Oberflächen, Verunreinigung von Schmiermitteln;
- f) Verstopfen von Lüftungsöffnungen, Reduzierstücken, Rohren, Filtern, für den Betrieb erforderlichen Öffnungen usw.

Es wurden verschiedene Prüfungen festgelegt, um die verschiedenen Gesichtspunkte zu berücksichtigen, die bei der Konstruktion elektrotechnischer Produkte maßgebend sind, und um die Bedingungen des praktischen Betriebes nachbilden zu können.

Die einzelnen Prüfungen unterscheiden sich durch die Art des die Stoffpartikel tragenden Luftstromes und durch die Art des Stoffes. Daraus resultiert auch eine besondere Methodik für jede einzelne Prüfung.

1 Allgemeines

Dieser Überblick zeigt die allgemeine Gliederung der in dieser Norm enthaltenen Prüfungen mit Staub und Sand. Das Schema und eine Zusammenfassung der Kenndaten der verschiedenen Prüfungen sind in Bild 1 und Tabelle 1 angegeben. Die Staubprüfung nach IEC 529 ist mit der hier vorgeschlagenen Methode La2 vergleichbar. Siehe auch Anhang A.

1.1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 68-2 legt Prüfverfahren fest, um die Effekte von Staub und Sand als Bestandteil von Luft auf elektrotechnische Produkte zu bestimmen.

Die in dieser Norm enthaltenen Prüfverfahren eignen sich nicht für die Prüfung von Luftfiltern. Nur Methode Lc2 ist für die Nachbildung von Erosionswirkungen von sich mit hoher Geschwindigkeit (mehr als 100 m/s) bewegenden Teilchen geeignet.

1.2 Beschreibung der Prüfgruppe L

Die Prüfgruppe L "Staub und Sand" ist in drei Prüfungen unterteilt:

- La: *Nicht-abrasiver Feinstaub.* Eine Prüfung, die vor allem für die Untersuchung der Dichtheit von Prüflingen vorgesehen ist. Der Prüfling wird einem sehr feinen Staub in Form von Talkum oder Vergleichbarem ausgesetzt. Die Wirkungen der Temperaturzyklen, die einen Druckunterschied zwischen dem Innenraum und dem Äußeren des Prüflings ergeben, können nachgebildet werden.
- Lb: *Frei sedimentierender Staub.* Eine Prüfung, die für die Untersuchung der Wirkungen vorgesehen ist, wenn Bedingungen von geschützten Orten nachgebildet werden. Die Prüflinge werden einer Staubatmosphäre niedriger Konzentration ausgesetzt, die durch intermittierendes Einblasen einer kleinen Staubmenge geschaffen wird, die durch die Schwerkraft auf den Prüfling fällt.
- Lc: *Anblasen mit Staub und Sand.* Eine Prüfung, die für die Untersuchung der Dichtheit und der Erosionswirkung vorgesehen ist, wenn Freiluft- und Fahrzeugbedingungen nachgebildet werden. Der Prüfling wird einem entweder turbulenten oder laminaren Luftstrom ausgesetzt,

setzt, dem eine bestimmte Menge an Staub, Sand oder eines Staub/Sand-Gemisches zugesetzt wird.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Normen enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil dieses Teils der IEC 68 sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung. Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf diesem Teil der IEC 68 basieren, werden gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, ob die jeweils neuesten Ausgaben der im folgenden genannten Normen angewendet werden können. Die Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Normen.

IEC 529 : 1989

Degrees of protection provided by enclosures (IP-code)

IEC 721-2-5 : 1991

Classification of environmental conditions – Part 2: Environmental conditions appearing in nature – Section 5: Dust, sand, salt mist.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Definitionen:

3.1 Staub: Stoffpartikel von nicht festgelegter Herkunft oder Zusammensetzung, im Größenbereich zwischen 1 µm und 150 µm (siehe Anmerkung zu 3.7).

3.2 Staubkonzentration: Die auf das Luftvolumen bezogene Gesamtmasse der Staubeilchen.

3.3 Luftfeuchte: Die relative Luftfeuchte ist definiert als das Verhältnis des in der Luft bei gegebener Temperatur herrschenden Wasserdampfdruckes zum Wasserdampfgesättigungsdruck bei der gleichen Temperatur.

3.4 Hygroskopisch: Das Bestreben, Feuchtigkeit zu absorbieren.

3.5 Korngröße: Die Abmessungen der Staub- und Sandpartikel beruhen auf der Annahme, daß die Partikel kugelförmig sind; sie werden gewöhnlich durch Sieben, durch Berechnung der Absetzgeschwindigkeiten oder durch die Flächenbestimmung mikroskopischer Abbildungen gemessen.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Kenndaten für die Prüfungen

Verfahren	Art des Staubes/ Sandes	Korngröße	Konzentration des Staubes/ Sandes	Anmerkungen
Prüfung La Methode La1	Talkum oder Trok- kenlöschpulver	< 75 µm	600 g/(m ² · h) Ablagerung auf der Bezugsfläche	Die Prüfung schließt einen sich zyklisch än- dernden Luftdruck in der Prüfkammer ein
Methode La2	Talkum oder Trok- kenlöschpulver	< 75 µm	2 kg/m ³ (Prüfkammervolumen)	Luftdruck in dem Prüfling darf vermindert werden
Prüfung Lb	Olivin oder Quarz oder Feldspat	< 75 µm	6 g/(m ² · d) Ablagerung auf der Bezugsfläche	Frei sedimentierender Staub
Prüfung Lc Methode Lc1	Olivin oder Quarz oder Feldspat	< 75 µm, < 150 µm oder < 850 µm	1 g/m ³ oder 3 g/m ³ oder 10 g/m ³	Geblassener Staub und Sand; Umwälzkammer
Methode Lc2	Olivin oder Quarz oder Feldspat	< 75 µm, < 150 µm oder < 850 µm	1 g/m ³ oder 3 g/m ³ oder 10 g/m ³	Freies Anblasen mit Staub und Sand

3.6 Sand: Partikel, deren Form zwischen kugelförmig und eckig variiert und deren Größe zwischen 100 µm und 2000 µm liegt. Für Umweltprüfungen ist deren Größe gewöhnlich auf 150 µm bis 850 µm beschränkt (siehe Anmerkung zu 3.7).

3.7 Sieb (quadratische Maschen): Ein Sieb, das für die Korngrößenanalyse durch Sieben des Stoffes vorgesehen ist und den genormten Festlegungen für Prüfsiebe entspricht.

ANMERKUNG: Bei der Prüfung Lc in dieser Norm wird der Begriff "Staub" für "Staub und Sand" verwendet.

4 Prüfung La: Nicht-abrasiver Feinstaub

4.1 Methode La1: Zyklischer Luftdruck

4.1.1 Zweck

Die Prüfung dient zur Beurteilung des Schutzgrades gegen das Eindringen feinen Staubes in elektrotechnische Produkte.

4.1.2 Allgemeine Beschreibung

Methode La1 ist eine Staubbprüfung, bei der der Prüfling einer staubhaltigen Luftströmung ausgesetzt wird, die nicht-abrasiven Prüfstaub mit einer Korngröße < 75 µm (siehe 4.3) enthält. Diese Prüfung bildet nicht natürliche oder erzeugte Umwelteinflüsse nach.

Für diese Prüfung ist eine abwärtsgerichtete senkrechte Luftströmung festgelegt.

Für Gehäuse einer festgelegten Kategorie wird der Druck in der Staubbprüfung zyklisch geändert, um das Eindringen des Pulvers zu unterstützen.

4.1.3 Beschreibung der Prüfeinrichtung

Die Prüfkammer muß den Prüfling einer im wesentlichen senkrechten, nicht laminaren Luftströmung aussetzen, die die festgelegte Menge des Prüfstaubes enthält. Zu diesem Zweck muß der Prüfstaub verwirbelt und in eine abgedichtete Prüfkammer geblasen werden. Es muß möglich sein, den Druck in der Prüfkammer zyklisch zu ändern, wie in 4.1.4.6 gefordert.

Auf dem Boden der Prüfkammer abgelagerter Staub muß in den Kreislauf zurückgeführt werden.

Das Volumen des Prüflings darf nicht größer als 25 % des Volumens der Prüfkammer sein, und seine Grundfläche darf nicht größer sein als 50 % der waagerechten Nutzfläche in der Prüfkammer.

Wenn die Größe des Prüflings dieser Bestimmung nicht entspricht, muß eines der folgenden Verfahren gemäß der Einzelbestimmung angewendet werden:

- Prüfung einzelner abgeschlossener Teile des Produktes;
- Prüfung repräsentativer Teile des Produktes, die Bauteile wie Türen, Belüftungsöffnungen, Paßflächen, Wellendichtungen usw. mit den empfindlichen Teilen des Produktes wie Anschlußklemmen, Schleifringe usw. enthalten, in der gleichen Einbaulage wie zum Zeitpunkt der Prüfung;
- Prüfung kleinerer Produkte mit den gleichen Konstruktionseinheiten wie die großen Produkte.

Ein Beispiel einer geeigneten Prüfeinrichtung ist in Bild 3 dargestellt.

4.1.4 Prüfbedingungen

4.1.4.1 Prüfstaub

Der Prüfstaub besteht aus trockenem, feinkörnigem, nicht-abrasivem Pulver, das durch ein Sieb mit quadratischen Maschen mit einem Nenndrahtdurchmesser von 50 µm und einer Nennweite zwischen den Drähten von 75 µm hindurchgehen muß.

Bei dieser Prüfung kann Talkum verwendet werden, weil die Analyse zeigt, daß die Anforderungen erfüllt werden (siehe 4.3.4.2).

Der Prüfstaub darf für nicht mehr als 20 Prüfungen verwendet werden. Es sollte darauf geachtet werden, daß das Pulver trocken bleibt, um seine feine Körnung beizubehalten. Es muß vor der Verwendung durch zweistündiges Aufheizen auf + 80 °C getrocknet werden.

4.1.4.2 Staubkonzentration

Die Menge des für die Prüfung verwendeten Prüfstaubes muß ausreichend sein, um einen gleichmäßigen Niederschlag von $(600 \pm 200) \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ auf einer Vergleichsfläche in der Prüfkammer zu erhalten.

4.1.4.3 Luftströmung

Die Luftströmung in der Prüfkammer muß vorwiegend senkrecht von oben nach unten gerichtet und sollte nicht laminar sein.

4.1.4.4 Luftgeschwindigkeit

Die Luftgeschwindigkeit ist so einzustellen, daß der Staub in der Prüfkammer gleichmäßig verteilt wird.

4.1.4.5 Relative Luftfeuchte

Die relative Luftfeuchte in der Prüfkammer muß geringer sein als 25 %. Dies darf durch Erhöhen der Lufttemperatur in der Prüfkammer bewirkt werden (siehe Abschnitt A.3).

4.1.4.6 Luftdruck im Prüfling

Abhängig von den Betriebsbedingungen gibt es zwei verschiedene Kategorien von Prüflingsgehäusen:

Kategorie 1: Gehäuse, bei denen ein Unterschied des inneren Luftdruckes zum atmosphärischen Druck der Umgebung auftreten kann, z. B. hervorgerufen durch zyklische Temperaturschwankungen während des Betriebes.

Kategorie 2: Gehäuse, bei denen der innere Luftdruck dem atmosphärischen Druck der Umgebung entspricht.

Die Einzelbestimmung muß die Gehäusekategorie und die Druckminderung angeben.

4.1.4.6.1 Ein Prüfling mit einem Gehäuse der Kategorie 1 muß in die Prüfkammer gebracht und in seiner üblichen Gebrauchslage montiert werden. Er muß während der in Bild 2 festgelegten Zeitspannen vermindertem Druck ausgesetzt werden. Die Druckminderung in der Prüfkammer muß gegenüber dem Umgebungsdruck nach den Angaben der Einzelbestimmung 2 kPa (20 mbar) oder 5 kPa (50 mbar) betragen. Die Staubbzugabe erfolgt während jedes einzelnen Zyklus wie in Bild 2 angegeben.

4.1.4.6.2 Ein Prüfling mit einem Gehäuse der Kategorie 2 muß in die Prüfkammer gebracht, und in seiner üblichen Gebrauchslage montiert werden. Die Vakuumpumpe darf in diesem Falle nicht betrieben werden.

4.1.4.7 Schärfegrade

Der Schärfegrad, bestimmt durch den Luftdruck in der Prüfkammer und die Prüfdauer, muß in Abhängigkeit von der Gehäusekategorie festgelegt und in der Einzelbestimmung angegeben werden (siehe 4.1.4.6).

Kategorie 1: Druckminderung von 2 kPa (20 mbar) oder 5 kPa (50 mbar) nach den Angaben der Einzelbestimmung, für eine Dauer von 2 h.

Kategorie 2: Atmosphärischer Druck für eine Dauer von 4 h.

4.1.5 Vorbehandlung

Die Einzelbestimmung kann eine Vorbehandlung festlegen.

4.1.6 Anfangsmessungen

Vor der Beanspruchung sind am Prüfling Sicht-, Maß- und Funktionskontrollen nach Angaben der Einzelbestimmung durchzuführen.

4.1.7 Beanspruchung

Die Lufttemperatur in der Prüfkammer muß hoch genug sein, um die relative Luftfeuchte von höchstens 25 % sicherzustellen. Der auf Raumtemperatur befindliche Prüfling wird unverpackt, im ausgeschalteten, betriebsbereiten Zustand in seiner üblichen Gebrauchslage in die Prüfkammer gebracht, falls die Einzelbestimmung nichts anderes festlegt. Bei mehreren Prüflingen ist darauf zu achten, daß sich die Prüflinge weder berühren noch gegen den Einfluß des Staubes abschirmen.

Die Einzelbestimmung kann Einschalten oder Inbetriebnahme des Prüflings während der Prüfung festlegen.

Der Staub muß in die Prüfkammer so eingebracht werden, daß die festgelegte Konzentration während des Einbringens (Kategorie 1) oder über die gesamte Prüfdauer (Kategorie 2) aufrechterhalten bleibt.

Nach Ablauf der Beanspruchung ist der Prüfling bis zum Absetzen des Staubes in der geschlossenen Prüfkammer zu belassen.

4.1.8 Zwischenmessungen

Die Einzelbestimmung darf an dem in der Prüfkammer befindlichen Prüfling Messungen während oder am Ende der Beanspruchung festlegen. Art und Zeitpunkt der Messungen sind in den Einzelbestimmungen festzulegen.

4.1.9 Nachbehandlung

Wenn die Einzelbestimmung nichts anderes festlegt, muß der Prüfling für die Dauer von 2 h im Klima für die Nachbehandlung gelagert werden.

4.1.10 Reinigung

Die Einzelbestimmung kann das Entfernen des Staubes von den Außenflächen des Prüflings vor den Endmessungen festlegen.

4.1.11 Endmessungen

Nach der Nachbehandlung sind am Prüfling Sicht-, Maß- und Funktionskontrollen nach den Angaben der Einzelbestimmung durchzuführen.

4.1.12 Angaben in der Einzelbestimmung

Schreiben Einzelbestimmungen diese Prüfung vor, dann müssen sie, soweit zutreffend, folgende Angaben enthalten. Die mit (*) gekennzeichneten Punkte sind besonders zu beachten. Dazu sind immer Angaben erforderlich.

	Abschnitt
a) Anzuwendendes Verfahren, wenn die Größe des Prüflings nicht mit dieser Norm übereinstimmt	4.1.3
b) Gehäusekategorie und Luftdruckminderung	4.1.4.6
c) Schärfegrade*	4.1.4.7
– Luftdruck in der Kammer*	
– Beanspruchungsdauer*	
d) Vorbehandlung	4.1.5
e) Anfangsmessungen*	4.1.6
f) Zustand des Prüflings, elektrische Belastung oder Betrieb während der Beanspruchung*	4.1.7
g) Lage des Prüflings, wenn abweichend von der üblichen Lage	4.1.7
h) Zwischenmessungen	4.1.8
i) Nachbehandlung	4.1.9
j) Reinigung des Prüflings	4.1.10
k) Endmessungen*	4.1.11

4.2 Methode La2: Konstanter Luftdruck

4.2.1 Zweck

Die Prüfung dient zur Beurteilung des Schutzgrades gegen das Eindringen von feinem Staub in elektrotechnische Produkte.

4.2.2 Allgemeine Beschreibung

Methode La2 ist eine Prüfung auf Staubdichtheit, bei der der Prüfling einer stark staubhaltigen Luftströmung ausgesetzt wird, die nicht-abrasiven Staub einer Korngröße $< 75 \mu\text{m}$ enthält. Diese Prüfung bildet nicht natürliche oder erzeugte Umwelteinflüsse nach.

Für diese Prüfung ist eine abwärtsgerichtete senkrechte Luftströmung festgelegt.

Um das Eindringen des Staubes zu verstärken, werden Gehäuse einer festgelegten Kategorie mit einem inneren Luftdruck geprüft, der unter dem atmosphärischen Umgebungsdruck liegt.

Durch die festgelegte Staubmenge ist sichergestellt, daß die Staubkonzentration sehr hoch und gleichförmig ist. Hilfsmittel für die Überwachung der Staubkonzentration sind nicht festgelegt.

4.2.3 Beschreibung der Prüfeinrichtung

Die Prüfkammer muß den Prüfling einer im wesentlichen senkrechten, abwärtsgerichteten, nicht-laminaren Luftströmung aussetzen, in der die festgelegte Prüfstaubmenge enthalten ist. Zu diesem Zweck wird der Prüfstaub umgewirbelt und in eine abgedichtete Prüfkammer geblasen. Falls in der Einzelbestimmung festgelegt, wird die Luft aus dem Prüfling mit einer Vakuumpumpe abgesaugt, um das Eindringen der staubhaltigen Luft aus der Prüfkammer durch Spalte, Einführungen usw. in den Prüfling zu ermöglichen. Die Druckminderung muß einstellbar sein und überwacht werden. Der Luftdurchsatz muß gemessen werden.

Staub, der sich in der Prüfkammer absetzt, muß in den Kreislauf zurückgebracht werden.

Das Volumen des Prüflings darf nicht größer als 25 % des Volumens der Prüfkammer sein und seine Grundfläche darf nicht größer sein als 50 % der waagerechten Nutzfläche in der Prüfkammer.

Wenn die Größe des Prüflings dieser Bestimmung nicht entspricht, muß eines der folgenden Verfahren, wie in der Einzelbestimmung festgelegt, angewendet werden:

- Prüfung einzelner geschlossener Teile des Produktes;
- Prüfung repräsentativer Teile des Produktes, die Bauteile wie Türen, Lüftungsöffnungen, Verbindungsstellen, Wellendichtungen usw. mit den empfindlichen Teilen des Produktes wie Anschlußklemmen, Schleifringe usw. enthalten, die zum Zeitpunkt der Prüfung vorhanden sind;
- Prüfung kleinerer Produkte mit den gleichen Konstruktionseinheiten wie die großen Produkte.

Ein Beispiel einer geeigneten Prüfeinrichtung ist in Bild 4 dargestellt.

4.2.4 Prüfbedingungen

4.2.4.1 Prüfstaub

Der Prüfstaub ist identisch mit dem für die Methode La1 nach 4.1.4.1.

4.2.4.2 Staubkonzentration

Die Menge des für die Prüfung verwendeten Prüfstaubes muß mindestens 2 kg/m^3 Prüfkammervolumen betragen.

4.2.4.3 Luftströmung

Die Luftströmung in der Prüfkammer muß vorwiegend senkrecht, von oben nach unten gerichtet, und sollte nicht laminar sein.

4.2.4.4 Luftgeschwindigkeit

Die Luftgeschwindigkeit ist so einzustellen, daß der Staub in der Prüfkammer gleichmäßig verteilt wird.

4.2.4.5 Relative Luftfeuchte

Die relative Luftfeuchte in der Prüfkammer muß geringer als 25 % sein. Dies darf durch Erhöhen der Lufttemperatur in der Prüfkammer bewirkt werden (siehe Abschnitt A.3).

4.2.4.6 Luftdruck im Prüfling

Abhängig von den Betriebsbedingungen gibt es zwei verschiedene Kategorien von Prüflingsgehäusen:

Kategorie 1: Gehäuse, bei denen ein Unterschied des inneren Luftdruckes zum atmosphärischen Druck der Umgebung auftreten kann, z. B. hervorgerufen durch zyklische Temperaturschwankungen während des Betriebes.

Kategorie 2: Gehäuse, bei denen der innere Luftdruck dem atmosphärischen Druck der Umgebung entspricht.

Die Einzelbestimmung muß die Gehäusekategorie und die Druckminderung angeben.

4.2.4.6.1 Ein Prüfling mit einem Gehäuse der Kategorie 1 muß in die Prüfkammer gebracht und in seiner üblichen Gebrauchslage montiert werden. Er muß an eine Vakuumpumpe angeschlossen werden, die den Luftdruck im Inneren des Gehäuses unterhalb des atmosphärischen Drucks hält. Zu diesem Zweck sollte in dem Gehäuse eine geeignete Bohrung vorgesehen werden. Wenn es schon eine Abflußbohrung für Kondenswasser enthält, ist die Vakuumpumpe an diese Bohrung anzuschließen. In diesem Fall darf für die Prüfung keine besondere Bohrung angebracht werden. Sind mehrere Abflußlöcher in der Gehäusewandung vorhanden, so ist die Vakuumleitung an eines anzuschließen und die anderen sind für die Prüfung zu verschließen.

4.2.4.6.2 Ein Prüfling mit einem Gehäuse der Kategorie 2 muß in die Prüfkammer eingebracht und in seiner üblichen Gebrauchslage montiert werden. Alle üblichen Öffnungen des Gehäuses müssen offen gelassen werden.

4.2.4.7 Schärfegrade

Der Schärfegrad, bestimmt durch den Luftdruck und die Prüfungsdauer, wird in Abhängigkeit von der Gehäusekategorie festgelegt und in der Einzelbestimmung angegeben (siehe 4.2.4.6).

Kategorie 1

Luftdruckdifferenz:

- 2 kPa (20 mbar), 5 kPa (50 mbar) oder 10 kPa (100 mbar).

Beanspruchungsdauer:

- Wenn beim Höchstwert der in der Einzelbestimmung festgelegten Druckdifferenz der Luftdurchsatz weniger als das 40fache des freien Luftvolumens/h im Prüfling beträgt, muß die Beanspruchung fortgesetzt werden, bis das 80fache Volumen abgesaugt ist oder bis zu einer Dauer von 8 h.
- Falls ein Luftdurchsatz vom 40- bis 60fachen des Volumens/h erreicht wird, beträgt die Dauer 2 h.

Das Ziel der Prüfung ist, mindestens das 80fache des freien Luftvolumens im Prüfling durch das Gehäuse des Prüflings zu saugen. Es darf auf keinen Fall mehr als das 60fache Volumen/h abgesaugt werden.

Kategorie 2

Luftdruck:

- Üblicher Luftdruck

Beanspruchungsdauer:

- 8 h

4.2.5 Vorbehandlung

Die Einzelbestimmung kann eine Vorbehandlung festlegen.

4.2.6 Anfangsmessungen

Vor der Beanspruchung sind am Prüfling Sicht-, Maß- und Funktionskontrollen nach Angaben der Einzelbestimmung durchzuführen.

4.2.7 Beanspruchung

Die Lufttemperatur in der Prüfkammer muß hoch genug sein, um die relative Luftfeuchte von höchstens 25 % sicherzustellen. Der auf Raumtemperatur befindliche Prüfling muß unverpackt, im ausgeschalteten, betriebsbereiten Zustand in seiner üblichen Gebrauchslage in die Prüfkammer gebracht werden, falls die Einzelbestimmung nichts anderes festlegt. Bei mehreren Prüflingen ist darauf zu achten, daß sich die Prüflinge weder berühren noch gegen den Einfluß des Staubes abschirmen.

Die Einzelbestimmung kann Einschalten oder Betreiben des Prüflings während der Prüfung festlegen.

Wenn der Prüfling in die Prüfkammer eingebracht wurde, muß die Vakuumpumpe angeschlossen und eingeschaltet werden (Kategorie 1).

Die Beanspruchung beginnt mit dem Einbringen des Prüflingstaubes.

Nach Ablauf der Beanspruchung muß die Vakuumpumpe abgeschaltet (Kategorie 1) und der Prüfling bis zum Absetzen des Staubes in der Prüfkammer belassen werden.

4.2.8 Zwischenmessungen

Die Einzelbestimmung darf an dem in der Prüfkammer befindlichen Prüfling Messungen während oder am Ende der Beanspruchung festlegen. Art und Zeitpunkt der Messungen sind in der Einzelbestimmung festzulegen.

4.2.9 Nachbehandlung

Wenn die Einzelbestimmung nichts anderes festlegt, muß der Prüfling für die Dauer von 2 h im Klima für die Nachbehandlung gelagert werden.

4.2.10 Reinigung

Die Einzelbestimmung kann das Entfernen des Staubes von den Außenflächen des Prüflings vor den Endmessungen festlegen.

4.2.11 Endmessungen

Nach der Nachbehandlung sind am Prüfling Sicht-, Maß- und Funktionskontrollen nach den Angaben der Einzelbestimmung durchzuführen.

4.2.12 Angaben in der Einzelbestimmung

Schreiben Einzelbestimmungen diese Prüfung vor, müssen sie, soweit zutreffend, folgende Angaben enthalten. Die mit einem (*) gekennzeichneten Punkte sind besonders zu beachten. Dazu sind immer Angaben erforderlich.

	Abschnitt
a) Einstellen des Unterdrucks im Prüfling	4.2.3
b) Anzuwendendes Verfahren, wenn die Größe des Prüflings nicht mit dieser Norm übereinstimmt.	4.2.3
c) Gehäusekategorie und Luftdruckminderung*	4.2.4.6
d) Schärfegrade*	4.2.4.7
– Luftdruck*	
– Beanspruchungsdauer*	
e) Vorbehandlung	4.2.5
f) Anfangsmessungen*	4.2.6
g) Zustand des Prüflings, elektrische Belastung oder Betrieb während der Beanspruchung*	4.2.7
h) Lage des Prüflings, wenn abweichend von der üblichen Lage	4.2.7
i) Zwischenmessungen	4.2.8
j) Nachbehandlung	4.2.9
k) Reinigung	4.2.10
l) Endmessungen*	4.2.11

4.3 Leitfaden für die Prüfung La

4.3.1 Beurteilungsverfahren für den Schutzgrad gegen das Eindringen von Staub in elektrotechnische Produkte

Die zwei Hauptparameter der Prüfverfahren sind:

- eine mit nicht-abrasivem Staub stark beladene Luft in der Umgebung des Prüflings und
- relativ zu der Umgebung oder innerhalb des Prüflings wirkende, nachgebildete Druckänderungen.

Es muß ausdrücklich betont werden, daß die beschriebenen Verfahren als Dichtheitsprüfungen festgelegt wurden und für die Nachbildung einer beliebigen natürlichen Staubumwelt weder vorgesehen noch geeignet sind.

Die grundlegenden Betrachtungen und die Verfahren zur Erzeugung der Prüfbedingungen werden beschrieben und alternative Prüfstäube diskutiert.

Darüber hinaus werden der Schärfegrad und die Faktoren beschrieben, die die Reproduzierbarkeit beeinflussen, sowie Bemerkungen zur Interpretation der Ergebnisse und zu den Sicherheitsmaßnahmen angegeben.

Die in 4.3.3.3 beschriebene Prüfeinrichtung für die Methode La2 ist identisch mit der in IEC 529 festgelegten Prüfeinrichtung zur Prüfung der Staubdichtheit.

4.3.2 Grundlegende Betrachtungen für die Prüfung La: Nicht-abrasiver Feinstaub

4.3.2.1 Allgemeines

Der Zweck der Prüfung La ist es, den durch das Gehäuse gegebenen Schutzgrad gegen das Eindringen von Feinstaub in elektrotechnischen Produkten zu bestimmen.

Die Prüfung La wird in erster Linie vorgenommen, um die Staubdichtheit des Prüflings und zweitens schädigende Wirkungen durch in den Prüfling eindringenden Staub festzustellen. Auch Auswirkungen des in den Prüfling eindringenden Staubes bezüglich Sicherheitsgefährdung können durch die vorliegende Staubprüfung beurteilt werden.

Wirkungen, die die Sicherheit gefährden und die von Staub in elektrotechnischen Produkten ausgehen, können durch leitenden Staub erzeugte elektrische Schläge oder durch brennbaren Staub verursachte Brände und Explosionen sein.

Um die Anforderungen und Grenzen der Prüfung zu untersuchen, werden in den folgenden Abschnitten einige Überlegungen zu Staubquellen und Wirkungen angestellt.

4.3.2.2 Staubquellen

Der in der Umgebung elektrotechnischer Produkte auftretende Staub entspringt verschiedenen Staubquellen. Der Staub kann aus Quarz, Kohle, Streusalzen, Düngemitteln usw. bestehen und zum Beispiel durch Belüftungsbohrungen oder Undichtheiten im Gehäuse in das Produkt eindringen.

Der Staub kann auch aus kleinen Textilfasern aus Baumwolle oder Wolle, natürlich oder künstlich, bestehen, die von Textilprodukten oder Teppichen durch üblichen Gebrauch in Wohnräumen und Büros herrühren.

Andere Quellen sind Staub von Samen in Scheunen oder Mehl in Mühlen.

Die Korngröße der Teilchen variiert von 1 µm bis in die Größenordnung von 100 µm.

4.3.2.3 Wirkungen von Staub

4.3.2.3.1 Eindringen von Staub

Das Eindringen von Staub in einen Prüfling kann wie folgt erfolgen:

- eingebracht durch eine Zwangsbelüftung, z. B. für Kühlzwecke;
- eingebracht durch die Wärmebewegung der Luft;

- hineingepumpt durch von Temperaturänderungen herrührenden Druckänderungen;
- eingeblasen durch den Wind.

4.3.2.3.2 Primäre Wirkungen

Der Staub selbst kann eine oder mehrere der folgenden schädigenden Wirkung(en) hervorrufen:

- Fressen an beweglichen Teilen;
- Abrieb an beweglichen Teilen;
- Massenzunahme beweglicher Teile und dadurch verursachte Unwucht;
- Verschlechterung der elektrischen Isolation;
- Verschlechterung der dielektrischen Eigenschaften;
- Verstopfung von Luftfiltern;
- Minderung der Wärmeleitfähigkeit;
- Beeinträchtigung der optischen Eigenschaften.

4.3.2.3.3 Sekundäre und kombinierte Wirkungen

Das Vorhandensein von Staub, in Verbindung mit anderen Umweltparametern, kann schädigende Wirkungen auf den Prüfling ausüben, wie z. B. Korrosion und Schimmelwachstum. Besonders eine feuchtwarme Umwelt verursacht in Verbindung mit chemisch aggressivem Staub Korrosion. Darüber hinaus können verstopfte Luftfilter und Beeinträchtigung der Belüftung oder Kühlung zur Überhitzung und Brandgefahr führen.

Untersuchungen der Wirkungen nichtleitender und korrosiver Stäube, z. B. von Streusalzen, dürfen durch eine Staubprüfung erfolgen, für die ein mit dem vorhandenen aggressiven Stoff vermischter Prüfstaub verwendet wird, der eine Prüfung bei feuchter Wärme folgt.

Um jedoch die Reproduzierbarkeit beizubehalten, sollte erwogen werden, die Untersuchung zu unterteilen in eine Staubprüfung mit einem neutralen Staub, der eine genormte Korrosionsprüfung folgt.

Um Wirkungen zu untersuchen, die durch hygroskopische Stäube verursacht werden, dürfen Baumwollfusseln in den Prüfstaub gemischt werden, und der Staubprüfung darf eine Korrosionsprüfung folgen.

4.3.2.4 Prüfung zum Nachweis der Dichtheit gegen Staub

4.3.2.4.1 Einströmen von Luft in den Prüfling

Wenn der Mechanismus betrachtet wird, wie Staub in den Prüfling eindringt (siehe 4.3.2.3.1), kann man sehen, daß für diese Prüfung eine Luftströmung in oder durch den Prüfling benötigt wird.

Die Luftströmung kann durch den dauernden oder unterbrochenen Betrieb des Prüflings, je nach seiner Bauart (siehe 4.3.2.5), oder durch Hervorrufen einer Luftströmung mit einem Lüfter erreicht werden. Die Luftströmung kann auch durch dauernde oder zyklische Luftdruckunterschiede des Prüflingsinneren zur Außenatmosphäre unter Verwendung eines Druckluftsystems erreicht werden.

Da in erster Linie die Staubdichtheit nachzuweisen und ein hoher Grad an Reproduzierbarkeit zu erzielen ist, wurde der letztere Weg für die vorliegende Methode ausgewählt. Es ist auch eine relativ einfache Art, die Luftströmung hervorzurufen. In einigen Fällen kann sie die Interpretation der Prüfergebnisse erschweren (siehe 4.3.8).

4.3.2.4.2 Staubkonzentration in der Prüfkammer

Der Zweck der Prüfung ist es, die Staubdichtheit des Prüflings nachzuweisen, und nicht Staubbedingungen nachzubilden, unter denen der Prüfling betrieben werden soll.

Folglich besteht die Forderung an die Staubatmosphäre in der Prüfkammer nur darin, ein Luftvolumen mit hoher Staubkonzentration zu erzeugen, das den Prüfling umgibt. Die Staubkonzentration muß, verglichen mit Konzentrationen, die unter natürlichen oder künstlichen Betriebsbedingungen an-

getroffen werden, sehr hoch sein, um das Eindringen leichter verfolgen zu können.

Zur Information: Bei der vorliegenden Prüfung beträgt die Absetzgeschwindigkeit des Staubes (die nicht überwacht werden muß) etwa das 10⁴-fache der Absetzrate des Staubes bei der Prüfung Lb: Frei sedimentierender Staub.

4.3.2.4.3 Vergleich von konstantem zu zyklisch wechselndem Druck

Für die vorliegende Prüfung La: Nicht-abrasiver Feinstaub, ist das Nachbilden eines Druckunterschiedes zwischen Umgebung und dem Inneren des Prüflings erforderlich.

Bei der Methode La1 ändert sich der Druckunterschied zyklisch. Dies wird durch Änderung des Druckes in der Prüfkammer erzeugt.

Bei der Methode La2 bleibt der Druckunterschied konstant. Dies wird durch den Anschluß einer Vakuumpumpe an den Prüfling erreicht.

Die Vorteile der Methode La1 sind:

- Der Druckunterschied wechselt zyklisch, wie es üblicherweise auch unter Betriebsbedingungen der Fall ist;
- Der zyklisch wechselnde Druck führt nicht zur Stopfung der Undichtheiten durch den Prüfstaub, wie es bei der Verwendung eines gleichbleibenden Druckes zu beobachten ist;
- Da der Druckzyklus durch die Änderung des Kammerdruckes erreicht wird, ist die Unversehrtheit des Prüflings unbeeinträchtigt, und es ergeben sich keine Zweifel bei der Verwendung einer Bohrung für den Pumpenanschluß.

Der Vorteil der Methode La2 ist:

- Die Methode La2 wird von vielen Prüflaboratorien anerkannt und ist in anderen IEC-Veröffentlichungen gut eingeführt.

4.3.2.4.4 Auswahl der Staubkomgröße

Für die Bewertung der Staubbichtigkeit eines Prüflings darf die Prüfung mit Stäuben jeder Art ausgeführt werden. Die Hauptforderung ist die Korngrößenverteilung, die die kleinsten Korngrößen enthalten muß, die an den vorhandenen Betriebsorten angetroffen werden. Um die Dichtheit eines Prüflings nachzuweisen, wird nur ein weicher Prüfstaub benötigt. Der Grund für die Wahl eines weichen Staubes ist es, den Prüfling vor abrasiven Wirkungen zu schützen.

4.3.2.5 Betriebszustand des Prüflings bei der Beanspruchung

Der Betriebszustand des Prüflings kann auf das Eindringen des Staubes Einfluß haben, abhängig von Art und Eigenschaft des Prüflings.

Die Pumpwirkung wärmeabgebender Prüflinge, in geschlossener Bauweise, wird durch das Luftdrucksystem der Prüfkammer nachgebildet, so daß der Prüfling während der Beanspruchung im ausgeschalteten Zustand verbleiben kann.

Abdichtungen an bewegten Teilen, z. B. Motorwellen und Druckschalter, können durch die Bewegung beeinflusst werden. Folglich muß der Prüfling im Betriebszustand beansprucht werden.

Die vorliegende Staubprüfung ist nicht für die Prüfung von Objekten offener Bauart geeignet, d. h. von Prüflingen mit offener Zwangsbelüftung und Prüflingen mit Belüftungsöffnungen zur Kühlung durch Konvektion, da dafür die Staubkonzentration der Prüfkammer zu hoch ist und eine vernünftige Interpretation der Prüfergebnisse nicht zuläßt.

4.3.3 Methoden zur Erzeugung der Prüfbedingungen

4.3.3.1 Allgemeine Anforderungen

Um reproduzierbare Prüfbedingungen zu erzeugen, müssen die allgemeinen Anforderungen an folgende Parameter erfüllt sein:

- a) Staubkonzentration;
- b) Gleichmäßigkeit der Staubverteilung;
- c) Temperatur;
- d) relative Luftfeuchte;
- e) elektrostatische Aufladung;
- f) der nachgebildete Luftdruck auf den Prüfling;
- g) Staubeigenschaften.

Die Parameter a) bis f) werden durch die Konstruktion der Prüfeinrichtung bestimmt. Hinweise für die Konstruktion der Prüfeinrichtung sind in 4.3.3.2 und 4.3.3.3 enthalten. Hinweise zur Auswahl des Prüfstaubes sind in 4.3.4 enthalten.

4.3.3.2 Prüfeinrichtung mit zyklisch wechselndem Luftdruck für die Methode La1

4.3.3.2.1 Prüfkammer

Ein Beispiel einer geeigneten Prüfkammer wird in Bild 3 dargestellt. Um elektrostatische Aufladungen zu vermeiden, sollte die innere Oberfläche der Prüfkammer elektrisch leitend und geerdet sein. Wenn elektrostatische Wirkung beim Eindringen von Staub in den Prüfling Gegenstand einer Prüfung ist, dann muß der Prüfling entsprechend der Prüfkammer aufgeladen werden.

Die relative Luftfeuchte wird am vorteilhaftesten durch eine Erhöhung der Temperatur der Prüfkammer geregelt. Eine Möglichkeit, isotherme Zustände innerhalb der Prüfkammer zu erzeugen, ist eine innere Prüfkammer aus Aluminium, die von einer äußeren Prüfkammer aus wärmeisolierendem Werkstoff umgeben wird. Geregelt erwärmte Luft zirkuliert in dem Raum zwischen der inneren und äußeren Prüfkammer. Luftleitbleche verteilen den Luftstrom gleichmäßig. Das Prinzip entspricht dem einer Temperaturprüfkammer mit freier Konvektion.

Die zyklisch wechselnde Luftdruckwirkung auf den Prüfling wird durch Änderung des Druckes in der Prüfkammer erreicht. Dieses erfordert einen luftdichten Aufbau mit ausreichender Festigkeit, um dem festgelegten Druck zu widerstehen (siehe 4.3.3.2.3).

4.3.3.2.2 Staubbeschickung

Die Staubbeschickung muß in der Lage sein, eine gleichmäßige Suspension des Staubes mit ausreichender Konzentration in der Prüfkammer aufrechtzuerhalten. Dies kann unter Verwendung einer Förderschnecke realisiert werden, die den Staub vom Boden der Prüfkammer zum Oberteil transportiert. Die Staubkonzentration kann durch die Geschwindigkeit der Förderschnecke gesteuert werden. In Abhängigkeit von der Form des Prüfkammerbodens und vom Schwebeverhalten des Staubes kann ein Rührgerät erforderlich sein, um den Staub zum Einlaß der Förderschnecke zu leiten. Die Gleichmäßigkeit des schwebenden Staubes kann durch einen Lüfter gesteuert werden, der waagrecht am Auslaß der Förderschnecke angebracht ist.

4.3.3.2.3 System für den zyklisch wechselnden Luftdruck

Der zyklisch wechselnde Luftdruck muß auf den Prüfling einwirken, um die natürlichen Druckänderungen nachzubilden und folglich das Eindringen von Staub in den Prüfling zu unterstützen.

Er wird durch eine zyklische Änderung des Druckes in der Prüfkammer erzeugt.

Ein Prüfzyklus in der Kammer besteht aus einer Phase niedrigen Druckes im Innern der Prüfkammer, der eine Phase mit Atmosphärendruck folgt.

Der Prüfzyklus führt während der Phase der Druckbeaufschlagung (d. h. der Rückkehr zum Atmosphärendruck) zu einem Wechsel der Luft von der Außenseite in das Innere des Prüflings.

Der Vorteil der Druckänderung durch Änderung des Prüfkammerdruckes, anstelle der Änderung des Innendruckes des