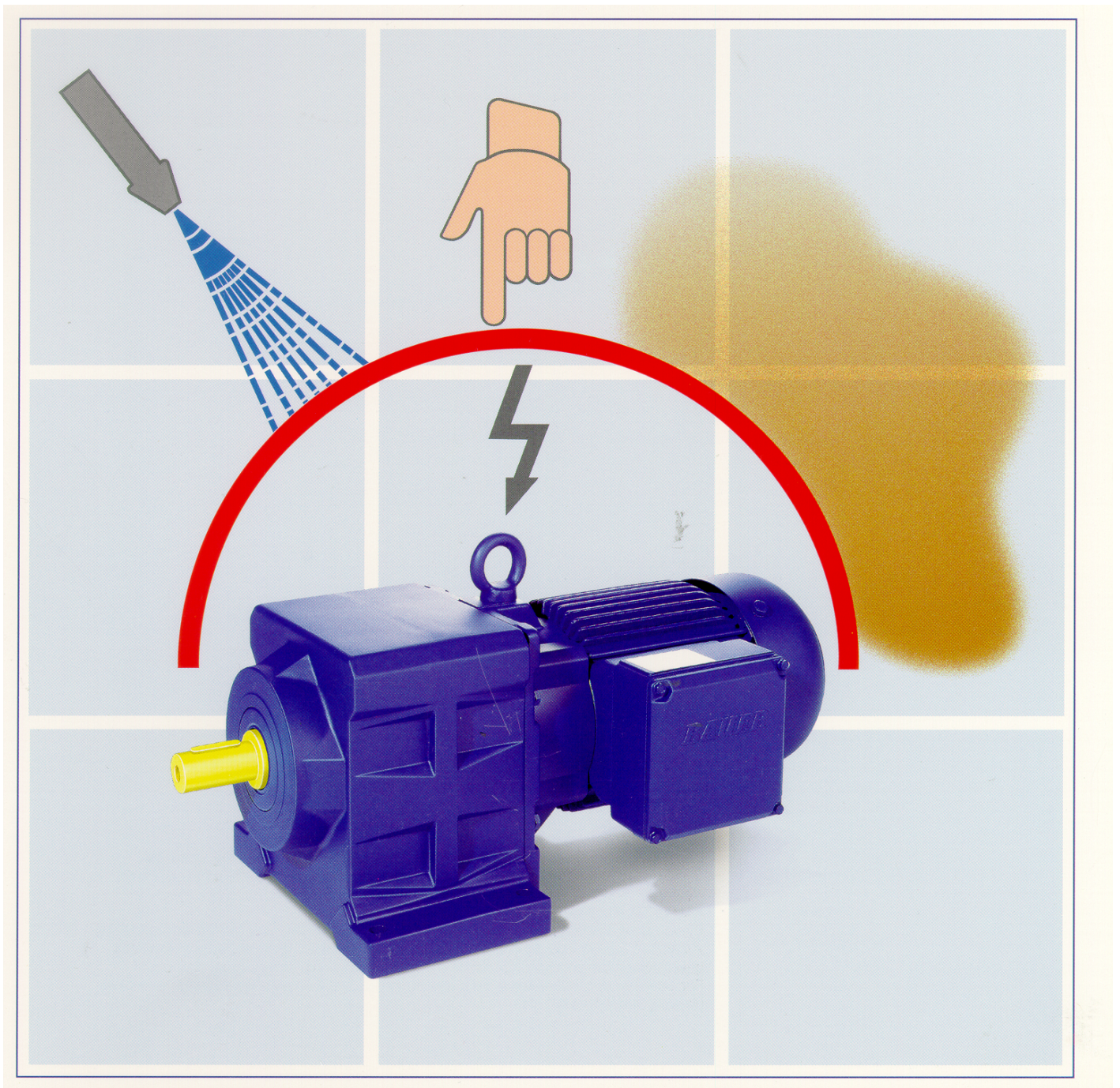


IP-Schutzarten



Diese Druckschrift der Fa. Danfoss Bauer GmbH & Co darf ohne vorherige Genehmigung des Herausgebers weder auszugsweise noch vollständig nachgedruckt werden.

Alle Rechte vorbehalten.

Die Angaben wurden nach dem derzeitigen Stand der Normen und Vorschriften sorgfältig zusammengestellt und geprüft. Verbindlich ist der jeweilige Stand der technischen und gesetzlichen Regeln.

Für Schäden, die sich aus der Verwendung dieser Angaben ergeben könnten, wird keine Haftung übernommen.



## EP 102

### IP-Schutzarten

Obering. H. Greiner

#### Inhaltsverzeichnis

1	Schutzart und Antriebsart
2	Europanorm EN 60529
3	IP-Code
4	IP-Schutzarten für elektrische Maschinen
5	Prüfung auf Fremdkörper- und Berührungsschutz
6	Prüfung auf Wasserschutz
7	Ergänzende Buchstaben
8	Prüfbeispiele für Wasserschutz
9	Sonderschutzart IP66
10	Staubschutzprüfung
11	Variation der Staubschutzprüfung
12	Berührungsschutz
13	Kondenswasser
14	Feuchtigkeit - Tropen - Termiten
15	Staubexplosionsschutz
16	IP-Schutzart und Zündschutzart
17	PTB-Bericht über Schutzartprüfung
18	Anschlusskasten
19	Korrosionsschutz
20	Stoßfestigkeit
21	Internationale Anwendung des IP-Code
22	Schutzartangaben in Nordamerika
23	Aufstellung im Freien
24	Ursprung des IP-Systems
25	Symbol-Kennzeichnung
26	Bewährung der Schutzart IP65

#### Literaturhinweise

#### Stichwortverzeichnis

## 1 Schutzart und Antriebsart

Das heute allgemein übliche Prinzip des elektromotorischen Einzelantriebs bringt es mit sich, dass der Elektromotor in die Gesamtkonstruktion einer Arbeitsmaschine einbezogen wird und dadurch in erhöhtem Masse den bei einem Arbeitsvorgang entstehenden Umgebungseinflüssen ausgesetzt ist.

Dies gilt ganz besonders für den Getriebe-Motor, denn seine niedrige, der Arbeitsmaschine angepasste Enddrehzahl erlaubt einen **direkten Anbau** ohne Zwischenschaltung von Untersetzungsgliedern. Während bei einer Riemenuntersetzung der schnellaufende Antriebsmotor beispielsweise an der Decke befestigt sein kann (Bild 1.2), sitzt ein direkt gekuppelter Getriebe-Motor im nächsten Wirkungsbereich der Antriebsmaschine (Bild 1.1) und kann dort einer erhöhten Staub- oder Nässe-Einwirkung ausgesetzt sein. Gerade in solchen gefährdeten Betriebsstätten bietet aber eine geschlossene Stirnrad-Untersetzung entscheidende Vorteile gegenüber einer offenen Untersetzung.

Es ergibt sich hieraus die Forderung, den Getriebe-Motor in seiner Konstruktion und seiner Schutzart von vornherein an die häufig zu erwartenden schwierigen Umwelteinflüsse anzupassen, so dass er auch unter erschwerten Bedingungen betriebssicher und ohne besonderen Wartungsdienst arbeitet.



Bild 1.1 Direkter Antrieb einer Trockentrommel durch Stirnrad-Getriebemotor





Bild 1.2 Indirekter Antrieb einer Trommel-Nassmühle in einem Keramikwerk mit Normalmotor und zweifacher Keilriemenuntersetzung

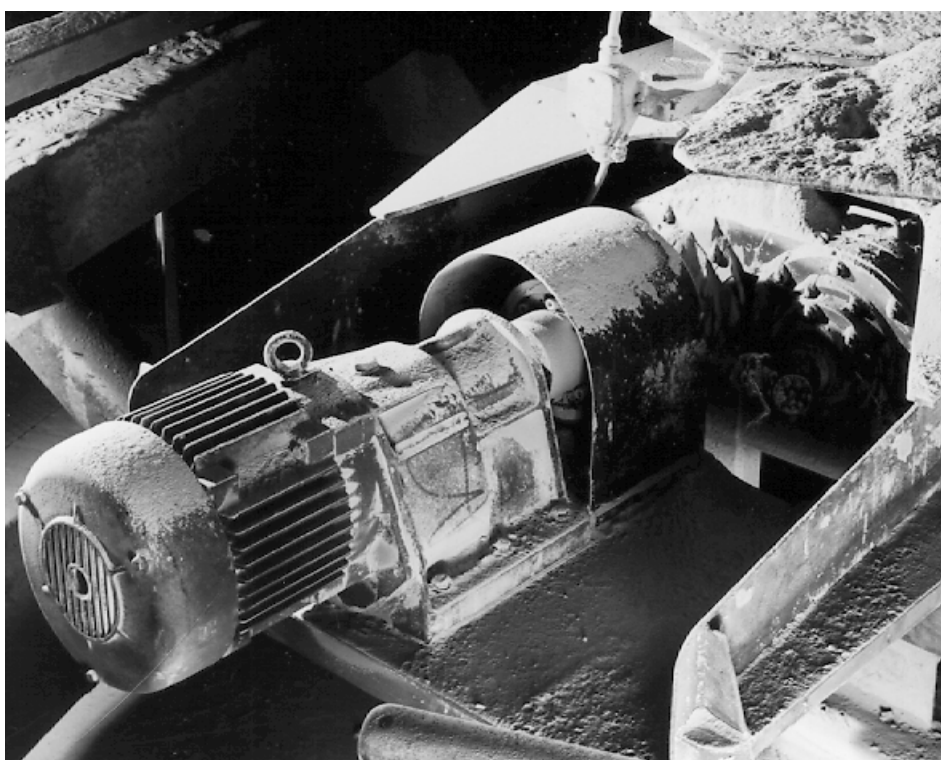


Bild 1.3 Direktantrieb einer Förderschnecke für Zement

## 2 Europanorm EN 60529

Die Europäische Norm ist die Weiterentwicklung eines Bezeichnungssystems, das 1934 erstmals in Deutschland eingeführt wurde und von hier aus zunächst in verschiedene nationale Normen, dann auch in die internationalen Empfehlungen übernommen wurde (vgl. Abschnitt 18).

### 2.1 Benummerung

Die für den Anwender verwirrende Benummerung bedarf einer besonderen Erläuterung:

Wegen der komplizierten Struktur von DIN, DKE und VDE und wegen der Interessenabgrenzung der für den Vertrieb von Normen zuständigen Verlage (VDE-Verlag und Beuth-Verlag) war bei der ersten Ausgabe eine Bezeichnung als »DIN VDE 0470, Teil 1« notwendig.

Die Nummernreihe VDE 0470 befasste sich bislang nur mit Prüfgeräten und Prüfverfahren; der Teil 1 in der Ausgabe 12.84 galt dem Prüffinger. Der Normenanwender wird eine Basisnorm wie die Festlegung für die IP-Schutzarten kaum unter dieser Nummernreihe erwarten.

Seit der zweiten Ausgabe heißt die Nummer DIN EN 60529 (VDE 0470, Teil 1). Anwender, Entwickler, Verfasser von technischen Instruktionen und Katalogen waren also gut beraten, wenn sie von Anfang an die Bezeichnung »Europäische Norm EN 60529« verwendet haben.

#### 2.1.1 Bezeichnung der Normen

International Standard IEC 60529 : 2001-02; Ausgabe 2.1  
Europäische Norm EN 60529 : 1991 + A1 : 2000  
Deutsche Norm DIN EN 60529 (VDE 0470 Teil 1) : 2000-09

#### 2.1.2 Überholte Nationale Normen

DIN 57470 Teil 1/VDE 0470 Teil 1/12.84  
DIN 40050/07.80  
DIN 40052/07.80  
DIN 40053 Teil 1/07.80  
DIN 40053 Teil 2/07.80  
DIN 40053 Teil 3/07.80  
DIN 40053 Teil 4/07.80  
DIN VDE 0470 Teil 1 (EN 60529) : 1992-11

#### 2.1.3 Überholte Internationale Normen

IEC 529 : 1976, 1. Ausgabe  
IEC 60529 : 1989-11, 2. Ausgabe  
HD 365 (Harmonisierungsdokument auf Basis IEC 529, 1. Ausgabe)

### 2.2 Grundsätzliche Änderungen

Bei der Revision der IEC 60529 ging es vor allem um die Klärung von grundsätzlichen Festlegungen, die bei der Übernahme in inzwischen fast 25 nationale Normen teilweise unterschiedlich interpretiert worden waren (Bild 2.2.1) :

- Die Bezeichnung mit der ersten Kennziffer 2 (IP2X) setzt die Einhaltung der Prüfung mit dem Prüffinger **und** mit der 12,5 mm Kugel voraus. Öffnungsweiten grösser als 12,5 mm sind also bei diesem Schutzgrad nicht zulässig.
- Um deutlich zu machen, dass der Prüffinger mit 12 mm Durchmesser in voller Länge von 80 mm in ein Gehäuse eindringen darf, wurde der Nenn Durchmesser der Kugel von 12 auf 12,5 mm geändert. Nach den alten Festlegungen war ein solches Eindringen bei gleichen Nenndurchmessern nur innerhalb der unterschiedlichen Toleranzlagen möglich und es war dadurch nicht klar, ob beide Prüfsonden zur Anwendung kommen müssen.
- Mit dem Kugeldurchmesser von 12,5 mm wurde im übrigen das ursprünglich in der IEC 144 festgelegte Mass wieder übernommen.



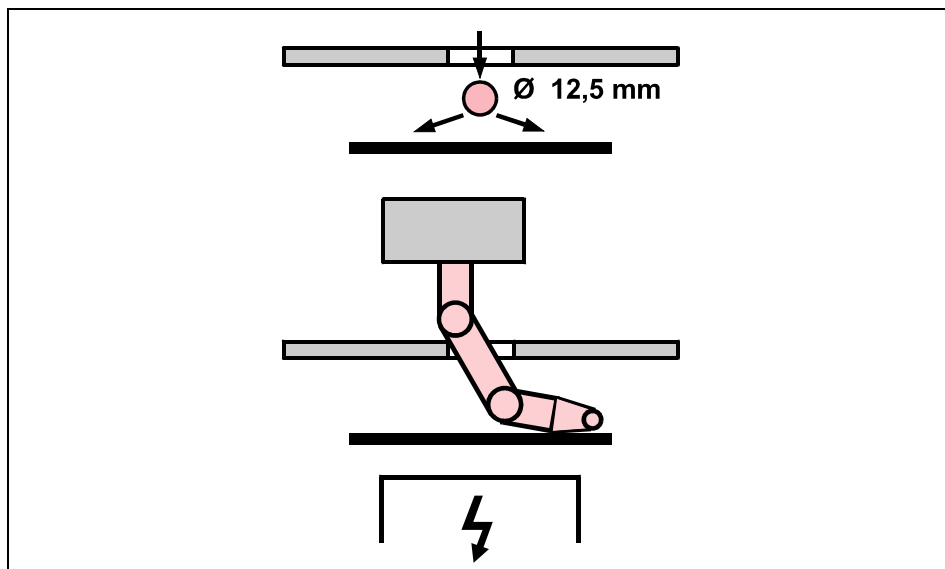


Bild 2.2.1 Eine der vom IEC/TC70 zu klärenden Fragen :  
IP2X, IP1X oder IP1XB ?

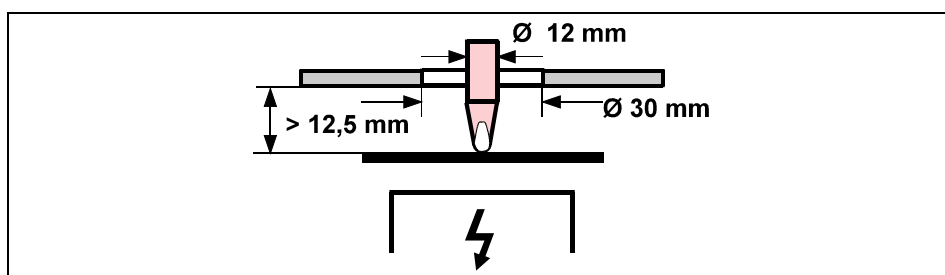


Bild 2.2.2 Beispiel für hohen Berührungsschutz (Fingerschutz) bei  
niedrigem Fremdkörperschutz:  
Bezeichnung nach 2stelligem Code: IP1X  
nach 3stelligem Code: P1XB

Bei der Überarbeitung der IEC 60529 wurden auch die Sonden zur Prüfung des Schutzes gegen Berühren mit Werkzeugen, Drähten oder ähnlichen Gegenständen neu festgelegt. Dabei wurde klargestellt, dass es sich bei den gewählten Abmessungen um eine »Konvention« handelt.

Für den aktiven, in das Gehäuse eindringenden Teil der Sonde wurde eine Länge von 100 mm festgelegt; die kugelförmig ausgebildete »Stoppfläche« soll die angewinkelten Fingerglieder bei Halten des »Werkzeuges« simulieren (siehe Abschnitt 3.3.2.4).

Die Erweiterung des IP-Code ist so angelegt, dass sich bei konsequenter Anwendung der früheren Festlegungen keine wesentlichen Änderungen für die Konstruktion und Prüfung der Betriebsmittel ergeben - dies entspricht einem dringenden Wunsch verschiedener Fachbereiche und Nationaler Komitees.

Andererseits ist dem ACOS-Auftrag Rechnung getragen, wonach die Norm des IEC/TC70 für den Schutz gegen direktes Berühren durch Gehäuse Pilotfunktion hat.

Auf Wunsch der für die Hausgerätetechnik zuständigen Fachkreise (IEC/TC61) wurde bei der Bezeichnung für den Wasserschutz von dem bisher gültigen Grundsatz abgewichen, wonach die Angabe eines bestimmten Schutzgrades stets auch die Einhaltung aller niedrigeren Schutzgrad einschliessen muss. Die Ausnahme gilt für den Übergang vom Strahlwasserschutz (IPX5 und IPX6) auf den Schutz beim Eintauchen (IPX7 und IPX8).

Das Komitee 212 »Schutzarten« hat beschlossen, bei der Übersetzung des Begriffes »enclosure« die seit Jahrzehnten in Normung und Praxis verwendete Bezeichnung »Gehäuse« beizubehalten, und die in DIN VDE 0100 Teil 200 unter Abschnitt 2.3.12 festgelegte neue Benennung »Umhüllung« in Klammern hinzuzufügen.

Von den weiteren Änderungen und Ergänzungen soll erwähnt werden:

### 2.3 Weitere Änderungen

- Leergehäuse und ihre Prüfung sind in den Anwendungsbereich eingeschlossen. Eine eigene Norm prEN 60 439-6 ist in Vorbereitung.
- Da Betriebsmittel für Hochspannung bis 72,5 kV zum Anwendungsbereich gehören, ist beim Schutz gegen direktes Berühren auch die Annäherung an gefährliche unter Spannung stehende Teile einbezogen.
- Die Skala der Berührungsschutzgrade umfasst den Schutz gegen zufälliges Berühren mit dem Handrücken, nicht jedoch den Schutz gegen absichtliches Berühren mit der gestreckten Hand.
- Die Kriterien für die Beurteilung einer »schädlichen Auswirkung« von Staub oder Wasser bei der Schutzartprüfung wurden erweitert und so weit als möglich präzisiert.
- Auf Wunsch der Hausgerätetechnik (IEC/TC61) wurden für die Sprüh- und Spritzwasserprüfungen IP3X und IP4X nun Schwenkrohre bis zu einem Radius von 1600 mm zugelassen. Die Wasser-Durchflussrate wurde so festgelegt, dass sich eine etwa gleich hohe Beanspruchung pro Flächeneinheit ergibt (Bild 6.1).
- Ein ausführlicher Anhang A soll die Anwendung der Prüfsonden erläutern und Kriterien für die Beurteilung der Prüfung aufzeigen.
- Im Anhang B ist aufgelistet, welche Festlegungen die Fachgremien in ihren Produktnormen zu treffen haben.

Bei der Überarbeitung der IEC 529 wurde versucht, die bei der Erstfassung aufgetretenen Unklarheiten zu beseitigen und ihre Anwendung auf ein möglichst breites Spektrum elektrischer Betriebsmittel zu ermöglichen.

Auf die im IEC/TC64 parallel laufenden, übergeordneten Arbeiten an einem neuen Gesamtkonzept für den »Schutz gegen gefährliche Körperströme« wurde gebührend Rücksicht genommen.

### 2.4 Zusammenfassung

Einige Unklarheiten in der 1. Ausgabe der IEC 60529, die Erweiterung des Anwendungsbereiches auf Hausgeräte und Hausinstallation sowie neue Anforderungen zum Berührungsschutz machten eine Revision der Festlegungen für die IP-Schutzarten notwendig.

Für Betriebsmittel, die streng nach den früheren Festlegungen bezeichnet werden, kann der alte IP-Code unverändert weiterbenutzt werden.

***Das IP-System gehört zu den Grundkenntnissen jeder Elektrofachkraft und wird in der täglichen Praxis für viele Arten von Betriebsmitteln benutzt.***

***Die Praktiker werden es begrüßen, dass der IP-Code auch nach der Revision und im Rahmen einer Europäischen Norm »abwärtskompatibel« bleibt.***



## 2.5 Elektrische Maschinen

Die Normen für die Schutzarten elektrischer Maschinen basieren grundsätzlich auf den übergeordneten Festlegungen der IEC 60529, enthalten jedoch einige zusätzliche Anforderungen :

### **International :**

IEC 60034-5 : 2000-12

Rotating electrical machines

Part 5 : Degrees of protection provided by integral design of rotating electrical machines (IP Code) – Classification

### **National :**

DIN EN 60034-5 (VDE 0530 Teil 5) : 2001-12

Drehende elektrische Maschinen

Teil 5 : Schutzarten aufgrund der Gesamtkonstruktion von drehenden elektrischen Maschinen (IP-Code) – Einteilung

Übereinstimmungen und Abweichungen von der übergeordneten, für Betriebsmittel aller Art geltenden europäischen Norm EN 60529 siehe Abschnitt 4.

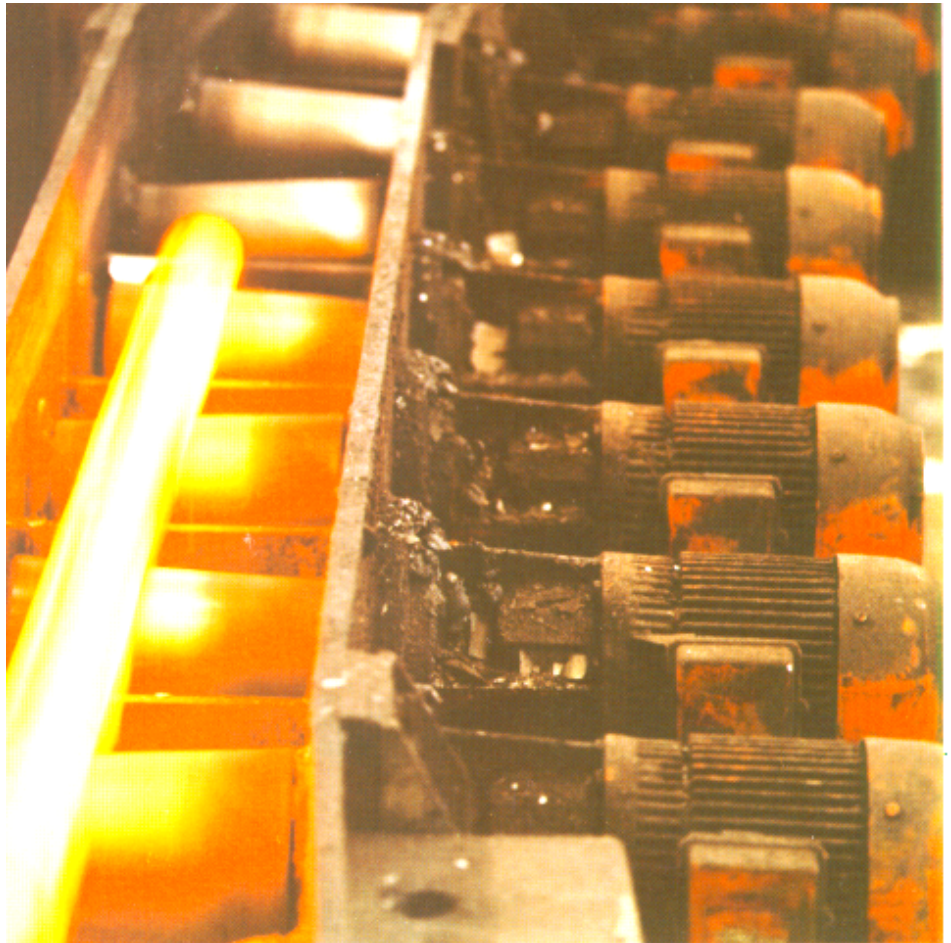


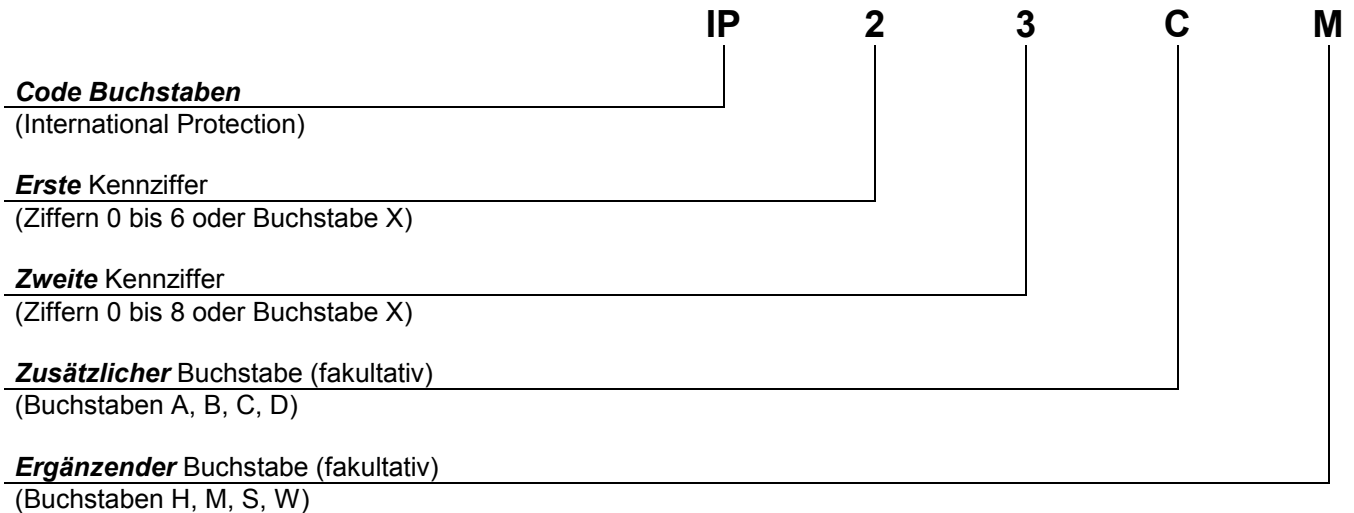
Bild 2.5 Rollgangs-Getriebemotoren im direkten Wirkungsbereich von leitfähigem Zunderstaub

### 3 IP-Code

Die Schutzart durch ein Gehäuse wird durch einen alpha-numerischen Code (IP-Code) angegeben.

Die folgenden Erläuterungen gelten für den in EN 60529 festgelegten Stand.

#### 3.1 Anordnung



Wo eine Kennziffer nicht angegeben werden muß, ist sie durch den Buchstaben »X« zu ersetzen (»XX« falls beide Ziffern weggelassen sind). Zusätzliche Buchstaben und / oder ergänzende Buchstaben dürfen ersatzlos weggelassen werden. Wenn mehr als ein ergänzender Buchstabe verwendet wird, ist die alphabetische Reihenfolge anzuwenden.

Hat ein Gehäuse unterschiedliche Schutzarten für unterschiedlich vorgesehene Montageanordnungen, so müssen die betreffenden Schutzarten vom Hersteller in den Anleitungen, die den jeweiligen Montageanordnungen zugeordnet sind, angegeben werden.



### 3.2 Bedeutung

Bestandteil	Ziffern oder Buch- staben	Bedeutung für den Schutz des Betriebsmittels	Bedeutung für den Schutz von Personen
-------------	------------------------------------	---	---

Code Buchstaben	<b>IP</b>	-	-
--------------------	-----------	---	---

Erste Kennziffer		Gegen Eindringen von festen Fremdkörpern	Gegen Berühren von gefährlichen Teilen mit
	<b>0</b>	(nicht geschützt)	(nicht geschützt)
	<b>1</b>	≥ 50 mm Durchmesser	Handrücken
	<b>2</b>	≥ 12,5 mm Durchmesser	Finger
	<b>3</b>	≥ 2,5 mm Durchmesser	Werkzeug
	<b>4</b>	≥ 1,0 mm Durchmesser	Draht
	<b>5</b>	staubgeschützt	Draht
	<b>6</b>	staubdicht	Draht

Zweite Kennziffer		Gegen Eindringen von Wasser mit schädlichen Wirkungen	
	<b>0</b>	(nicht geschützt)	-
	<b>1</b>	senkrecht Tropfen	-
	<b>2</b>	Tropfen (15 ° Neigung)	-
	<b>3</b>	Sprühwasser	-
	<b>4</b>	Spritzwasser	-
	<b>5</b>	Strahlwasser	-
	<b>6</b>	starkes Strahlwasser	-
	<b>7</b>	zeitweiliges Untertauchen	-
	<b>8</b>	dauerndes Untertauchen	-

Zusätzlicher Buchstabe (fakultativ)			Gegen Berühren von gefährlichen Teilen mit
	<b>A</b>	-	Handrücken
	<b>B</b>	-	Finger
	<b>C</b>	-	Werkzeug
	<b>D</b>	-	Draht

Ergänzender Buchstabe (fakultativ)		Ergänzende Information speziell für	
	<b>H</b>	Hochspannungsgeräte	-
	<b>M</b>	Bewegung bei Wasserprüfung	-
	<b>S</b>	Stillstand bei Wasserprüfung	-
	<b>W</b>	Wetterbedingungen	-

### 3.3 Fakultativer Zusatzbuchstabe für den Berührungsschutz

In der ersten Fassung der IEC 60529 und in DIN 40050 war die Einhaltung eines hohen Berührungsschutzgrades an eine entsprechend kleine Öffnungsweite, also an einen hohen Fremdkörperschutzgrad, gekoppelt. Diese Festlegung war eine unnötige Erschwerung für in sauberen Räumen aufzustellenden Betriebsmittel, die große Belüftungsöffnungen benötigen und die durch entsprechende Abstände der inneren, unter Spannung stehenden Teile berührungssicher sind.

Die Neufassung von IEC 60529 und EN 60529 gibt nun die Möglichkeit, diesen »Berührungsschutz durch Abstände oder Abdeckungen« in Form der Zusatzbuchstaben A, B, C oder D auszuweisen. Dieser Zusatzbuchstabe kann wahlweise verwendet werden, wenn der Berührungsschutz höher ist als es durch die erste Kennziffer angezeigt wird oder wenn auf die Angabe des Fremdkörperschutzes verzichtet wird. Es bleibt den einzelnen Normengremien vorbehalten, ob sie in ihren Produktnormen von dieser Erweiterung der Kennziffer für die IP-Schutzart Gebrauch machen wollen oder nicht.

Die für Schutzarten elektrischer Maschinen zuständigen nationalen und internationalen Gremien haben sich gegen die Einführung dieses Zusatzbuchstabens in ihrer Produktnorm – also in EN 60034-5 (DIN VDE 0530 Teil 5) und in IEC 60034-5 – entschieden: **Bei elektrischen Maschinen wird der Berührungsschutz überwiegend durch eine Begrenzung der Öffnungsweiten erreicht und kann deshalb mit der ersten Kennziffer im Rahmen eines IP-Code mit zwei Ziffern beschrieben werden.**

Auch andere Fachbereiche haben kaum von dieser Option Gebrauch gemacht. Die Mindestanforderung für den »Schutz gegen direktes Berühren« werden aber in grundlegenden Sicherheitsbestimmungen mit dem neuen IP-Code (z. B. IPXXB) ausgedrückt. Daher wird nachfolgend diese Erweiterung des IP-Code erläutert.

Der zusätzliche Buchstabe gibt den Schutzgrad für Personen gegen das Berühren von gefährlichen Teilen an.

Zusätzliche Buchstaben werden nur verwendet

- wenn der tatsächliche Schutz gegen das Berühren von gefährlichen Teilen höher ist als der durch die erste Kennziffer angegebene
- oder wenn nur der Schutz gegen das Berühren von gefährlichen Teilen angegeben wird und die erste Kennziffer durch ein X ersetzt ist.

Solch ein höherer Schutz kann z. B. durch Abdeckungen, geeignete Form von Öffnungen oder Abstände innerhalb des Gehäuses erreicht werden.

Zusätzl. Buchstabe	Schutzgrad Kurzbeschreibung	Definition
<b>A</b>	Geschützt gegen Berühren mit dem Handrücken	Die Berührungssonde, Kugel 50 mm Durchmesser, muß ausreichenden Abstand von gefährlichen Teilen haben
<b>B</b>	Geschützt gegen Berühren mit dem Finger	Der gegliederte Prüffinger 12 mm Durchmesser, 80 mm Länge, muß ausreichenden Abstand von gefährlichen Teilen haben
<b>C</b>	Geschützt gegen Berühren mit Werkzeug	Die Berührungssonde 2,5 mm Durchmesser, 100 mm Länge, muß ausreichenden Abstand von gefährlichen Teilen haben
<b>D</b>	Geschützt gegen Berühren mit Draht	Die Berührungssonde 1,0 mm Durchmesser, 100 mm Länge, muß ausreichenden Abstand von gefährlichen Teilen haben

Tabelle 3.3 Schutzgrade gegen das Berühren von gefährlichen Teilen, bezeichnet durch den zusätzlichen Buchstaben

### 3.3.1 Prüfsonden

Die Zugangssonden wurden in IEC 60529 und EN 60529 neu festgelegt. Sie gehören in ein System von Prüfsonden, das in DIN EN 61032 (VDE 0470 Teil 2) ausführlich beschrieben ist und insgesamt 18 ausgewählte Varianten aus den IEC-Standards auflistet :

- IP-Code-Sonden
  - Zugangssonden
  - Objektsonden
  
- Sonstige Sonden
  - für den Schutz gegen gefährliche aktive und mechanische Teile;
  - für den Schutz gegen gefährliche mechanische Teile;
  - für den Schutz gegen innere heiße oder glühende Teile.

Im Rahmen des IP-Codes werden benutzt :

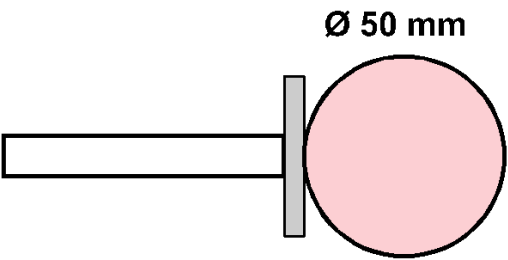
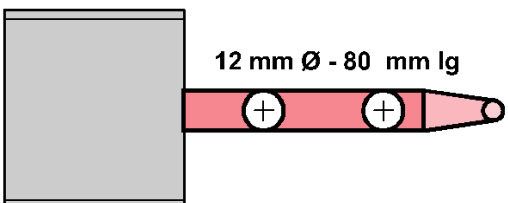
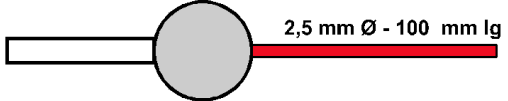
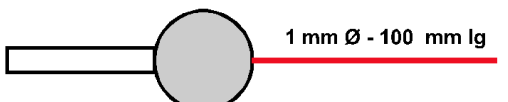
Schutz gegen Berühren mit	Zugangssonde	Erläuterung
Handrücken		Die Platte zwischen Kugel und Handgriff ist kein Anschlag, sondern ein Schutz für den Prüfer
Finger		Der »gegliederte Prüffinger« hat zwei Gelenke; er ist im Rahmen der IP-Prüfung nur bis zu der im Bild dargestellten ersten Anschlagfläche 50 mm x 20 mm nach 80 mm Länge zu benutzen
Werkzeug		Die »Anschlagfläche« ist als Kugel 35 mm Ø ausgebildet; sie soll die Knöchel simulieren, wenn das Werkzeug oder der Draht in der Hand gehalten wird
Draht		

Bild 3.3.1 Zugangssonden für die Prüfung des Berührungsschutzes im IP-System

### 3.3.2 Prüfung auf Berührungsschutz

Während bei der ersten Kennziffer vom Prinzip »Schutz durch Begrenzung der Öffnungsweiten im Gehäuse« Gebrauch gemacht wird, kommt bei den Zusatzbuchstaben der »Schutz durch Abstand oder Abdeckung« zur Anwendung. In der folgenden Tabelle wird die Prüfung mit den Zugangssonden erläutert:

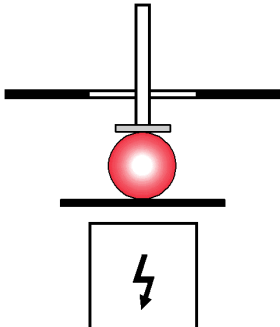
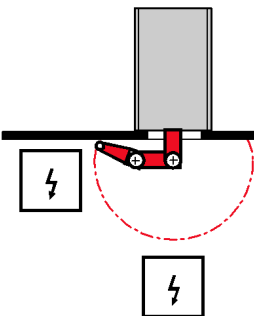
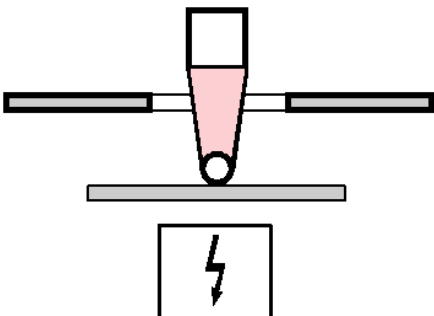
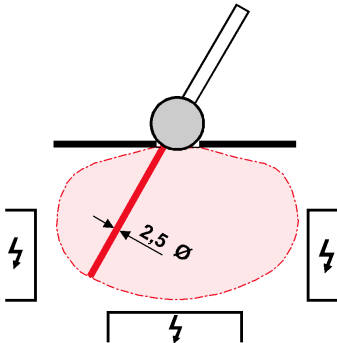
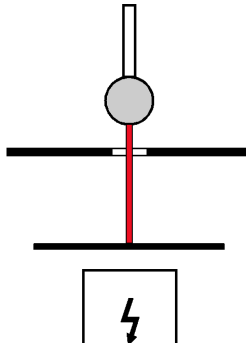
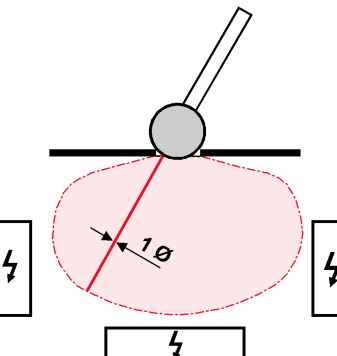
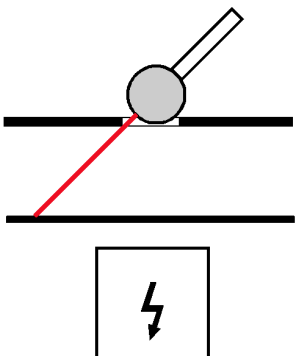
IP-Code	Berührungsschutz durch	
	Abstand	Abdeckung
IPXXA	-	
IPXXB		
IPXXC		
IPXXD		

Bild 3.3.2 Zugangssonden zur Prüfung des Berührungsschutzes nach den Zusatzbuchstaben im IP-Code



#### 4 IP-Schutzarten für elektrische Maschinen

In IEC 60034-5 und der darauf basierenden deutschen Norm wurden für elektrische Maschinen u. a. folgende Abweichungen oder Ergänzungen zu den allgemein gültigen Bestimmungen festgelegt:

##### 4.1 Häufig verwendete Schutzarten

Aus der Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten der Schutzgrade für den Berührungs- und Wasserschutz haben sich in der Praxis eine Reihe von typischen Kombinationen eingebürgert. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über häufig verwendete IP-Schutzarten (vgl. Anhang A zu DIN VDE 0530 Teil 5 / EN 60 034 Teil 5 : 1988-04; überholt).

Zweite Kennziffer ⇒	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Erste Kennziffer ↓									
0									
1			IP12						
2		IP21	IP22	IP23					
3									
4					IP44				
5					IP54	IP55			

Jahrzehntlang wurde in den zuständigen Normungsgremien die Meinung vertreten, dass serienmäßig gebaute elektrische Maschinen – z. B. Normmotoren – nicht vollkommen staubdicht mit dem Schutzgrad IP6X konstruiert werden können; für die höchste "übliche" Schutzart wurde daher in der obigen Tabelle die Schutzart IP55 genannt. Hersteller von Sondermaschinen der Schutzart IP65 mussten sich daher auf die für Betriebsmittel aller Art gültige Norm EN 60529 beziehen.

Diese Einschränkung ist nun in der Neuausgabe von IEC 60034-5 entfallen, in Tabelle 2 ist der Schutzgrad IP6X "staubdicht" aufgeführt und in der Tabelle 4 sind die entsprechenden Prüfbedingungen festgelegt.

##### 4.2 Berührungsschutz für den Aussenlüfter

Die Flügel oder Speichen von Lüftern ausserhalb des Gehäuses (Aussenlüfter) müssen durch eine Abdeckung gegen direktes Berühren geschützt werden, die folgende Anforderungen erfüllt:

Schutzart der Maschine: IP0X und IP1X                      IP2X bis IP5X  
 Prüfung der Lüfterabdeckung: 50 mm Kugel                      Prüffinger

Für die Prüfung ist der Läufer von Hand langsam zu drehen. Glatte Wellen und ähnliche Teile werden als ungefährlich betrachtet. Bei gewissen Anwendungen (wie Landwirtschafts- oder Haushaltsgeräte) können weitergehende Massnahmen für den Schutz gegen zufälliges Berühren notwendig sein. Bei bestimmungsgemässer Verwendung nach DIN 31000/VDE 1000 »Allgemeine Leitsätze für das sicherheitsgerechte Gestalten technischer Erzeugnisse« sind die folgenden Schutzarten zum Schutz gegen Berühren und gegen Gefährdung durch sich bewegende Teile üblich:

Bei Verwendung in

- abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten: IP0X  
 (Die Schutzart IP 0X ist nicht zulässig für gefährliche sich bewegende Teile; diese müssen gegen unbeabsichtigtes Berühren geschützt sein).
- elektrischen Betriebsstätten: IP1X
- allen übrigen Fällen: IP2X

Bild 4.2  
Lüfterhaube eines Getriebemotors.  
Am Eintrittgrill genügt der Schutzgrad  
IP2X mit 12 mm Maschenweite;  
meist wird jedoch eine Maschenweite  
von 8 x 8 mm ausgeführt



Für bestimmte Anwendungen sind in den dafür gültigen Normen oder in anderen technischen Regeln weitergehende Anforderungen enthalten oder ist festgelegt, wie durch Massnahmen besonderer Art eine Gefährdung vermieden wird.

Errichtungsbestimmungen, wie zum Beispiel Normen der Reihe DIN VDE 0100, zeigen auf, wie durch Maßnahmen besonderer Art eine Gefährdung vermieden wird, z. B. durch zusätzliche Abdeckungen, Abstandshalter oder Abschränkungen bzw. Einbau in ein Gehäuse.

#### 4.3 Rangfolge der Schutzgrade

Bis zur Revision der IEC 60529 : 1989 galt das selbstverständliche Prinzip, dass höhere Schutzgrade die niedrigeren Schutzgrade einschließen. Im Zweifelsfall musste die Prüfung mit den Anforderungen für den hohen und den niedrigen Schutzgrad durchgeführt werden.

Dieses klare Konzept wurde auf Drängen des IEC TC61 (Hausgerätetechnik) im Bereich hoher Wasserschutzgrade durchbrochen, weil der von ACOS (Advisory Committee of Safety) verlangte Übergang von der "Tropfenkennzeichnung" auf den "IP-Code" von dieser Konzession abhängig gemacht wurde. Die Hersteller von elektrischen Zahnbürsten wollten ihre Produkte als "geeignet zum zeitweiligen Untertauchen IPX7" – z.B. wenn die Zahnbürste kurzzeitig in ein Waschbecken fällt – bezeichnen. Da das Gerät die Prüfung mit starkem Strahlwasser IPX6 nicht überstand, musste eine Ausnahmeregelung her, die von der starken Lobby des IEC TC61 in ACOS auch durchgesetzt wurde.

Aus der Sicht des Elektromaschinenbaus ist bedauerlich, dass eine elektrische Zahnbürste die gleiche Markierung erhalten kann wie das Industrieprodukt Unterwasserpumpe und dass ein jahrzehntelang benutztes, sicherheitstechnisch relevantes Bezeichnungssystem aufgeweicht wurde.

Das IEC TC2 hätte durchaus die Möglichkeit gehabt, in der Produktnorm IEC 60034-5 die Grundsätze wieder zurechtzurücken, ist aber dem entsprechenden deutschen Antrag mehrheitlich nicht gefolgt.

In Anlehnung an Abschnitt 6 von IEC 60529 hätte mit dem nachfolgend wiedergegebenen Vorschlag durchaus die Möglichkeit bestanden, sachliche und formale Klarheit geschaffen:

*Bis zur zweiten Kennziffer 6 bedeutet die Bezeichnung, dass auch die Anforderungen für alle niedrigeren Kennziffern erfüllt sind.*

*Im allgemeinen sind umlaufende elektrische Maschinen für 'vielseitigen' Anwendungsbereich nach der letzten Spalte zu bezeichnen und müssen sowohl den Anforderungen bei der Prüfung mit Strahlwasser wie bei zeitweiligem oder dauerndem Untertauchen genügen.*

Das Gehäuse erfüllt die Prüfung für Strahlwasser, zweite Kennziffer	zeitweiliges/ dauerndes Untertauchen, zweite Kennziffer	Bezeichnung und Aufschrift	Anwendungsbereich
5	7	IP X5/IP X7	vielseitig
6	7	IP X6/IP X7	vielseitig
5	8	IP X5/IP X8	vielseitig
6	8	IP X6/IP X8	vielseitig

Leider ist diese Klarstellung durch den Verzicht auf die Übernahme von IEC 60529 verloren gegangen.

#### 4.4 Beurteilungskriterien nach der Staubprüfung IP5X

In IEC 60529 ist unter 13.5.2 bei den Abnahmebedingungen für die erste Kennziffer festgelegt:

"Der Schutz ist zufriedenstellend, wenn ein Besichtigen zeigt, dass sich Talkumpuder nicht in einer Menge oder an Stellen derart angesammelt hat, dass **bei irgendeiner anderen Art von Staub** das ordnungsgemäße Arbeiten des Betriebsmittels oder die Sicherheit beeinträchtigt sein könnte."

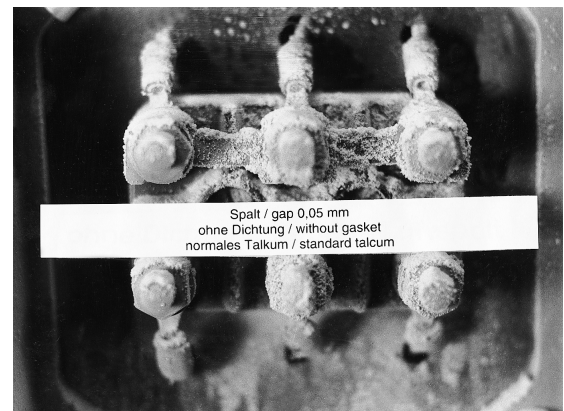
In IEC 60034-5, Tabelle 4, Ziffer 5 heißt die entsprechende Passage:

"Der Schutz ist zufriedenstellend, wenn ein Besichtigen zeigt, dass sich Talkumpuder nicht in einer Menge oder an Stellen derart angesammelt hat, dass bei irgendeiner anderen Art von **gewöhnlichem Staub (z. B. Staub, der nicht leitfähig, brennbar, explosionsfähig oder chemisch aggressiv ist)**, das ordnungsgemäße Arbeiten des Betriebsmittels beeinträchtigt sein könnte."

Bei strenger Auslegung dieser praxisfremden Festlegung in der Produktnorm ergibt sich für Anwendungen ähnlich dem Bild 4.4, dass ein staubgeschützter Motor IP5X nicht die notwendige Betriebssicherheit aufweist.

Bild 4.4

Ergebnis einer Staubprüfung IP5X, das nach den praxisfremden Festlegungen in DIN EN 60034-5 als "zufriedenstellend" eingestuft werden könnte, weil "gewöhnlicher Staub" als nicht leitfähig angenommen werden darf



Für den **Staubexplosionsschutz** ergibt sich fachlich und formal das Problem, dass ein nach IEC 60034-5 beurteilter Schutzgrad IP5X den Anforderungen nicht genügt. Im Entwurf zu einer IEC 61241-1 für staubexplosionsschutzgeschützte elektrische Betriebsmittel wurde bereits die Konsequenz gezogen: Dort wird ausdrücklich auch für elektrische Maschinen mit "Staubschutz IP5X" oder "Staubdichtheit IP6X" eine Prüfung und Beurteilung nach IEC 60529 (nicht IEC 60034-5) verlangt.

Dass in der deutschen Übersetzung DIN EN 60034-5 "nicht leitfähiger Staub" in der Liste der "gewöhnliche" Stäube fehlt, beruht nach Auskunft der DKE auf einem Übersetzungsfehler.

Eine praxisgerechte Berichtigung der Festlegungen in IEC/EN 60034-5 wurde vom deutschen Spiegelgremium UK 311.1 beantragt.

#### 4.5 Grenzen der IP-Schutzart

Äußere Einflüsse wie z.B. ätzende Lösungen (Schneid- und Kühlflüssigkeiten), schädliche Insekten, Sonneneinstrahlung, Vereisung sind aus dem Anwendungsbereich von IEC 60529 ausdrücklich ausgeschlossen. Außerdem heißt es im Abschnitt 6 zu den Wasserprüfungen: "Die Prüfungen für die zweite Kennziffer werden mit frischem Wasser durchgeführt. Es kann sein, dass der tatsächliche Schutz nicht ausreichend ist, wenn Reinigungsvorgänge mit hohem Druck und/oder Lösemittel angewendet werden."

Es gab gute Gründe, diese Grenzen der IP-Schutzart ausdrücklich aufzuzeigen: Wenn ein stillstehender Außenlüfter durch gefrorenen Schnee blockiert wird, so kann nur durch ein zusätzliches Schutzdach oder Stillstandsheizung Abhilfe geschaffen werden.

In Betrieben der Lebensmittelverarbeitung und zunehmend auch im Hobbybereich werden Hochdruckreiniger verwendet, deren Wasserstrahl weit über die Wirkung des als IPX6 definierten "starken Strahlwasser" hinausgeht.

Das IEC TC2 wäre gut beraten gewesen, auch in der Produktnorm IEC 60034-5 diese Grenzen aufzuzeigen und damit zur Vermeidung unnötiger Diskussionen zwischen Herstellern und Betreibern beizutragen.



5 Prüfung auf Fremdkörper- und Berührungsschutz

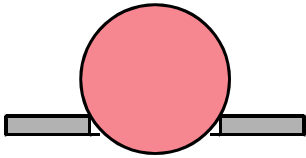

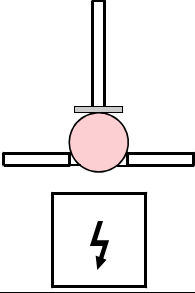
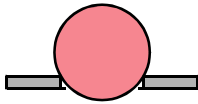

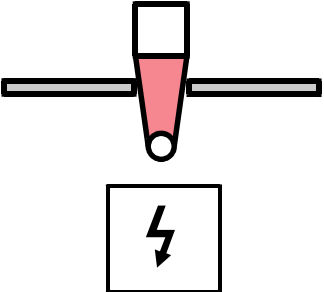
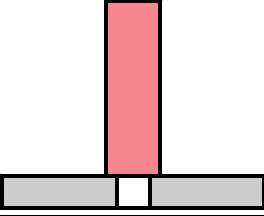

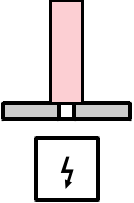
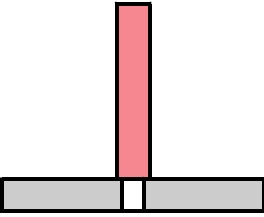

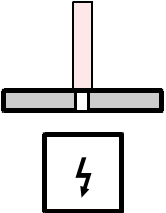
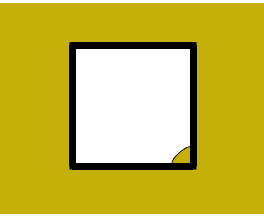
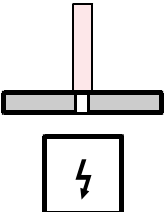
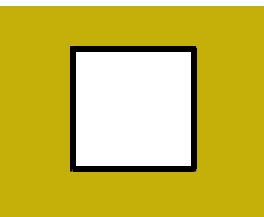
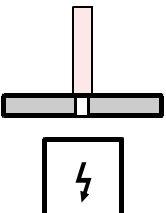
FREMDKÖRPER - UND BERÜHRUNGSSCHUTZ Erste Kennziffer				
Schutzgrad	Schutz des Betriebsmittels gegen Eindringen fester Fremdkörper		Schutz von Personen gegen Zugang zu gefährlichen Teilen mit	
IP1X	≥ 50 mm Ø		Handrücken 	
IP2X	≥ 12,5 mm Ø		Finger 	
IP3X	≥ 2,5 mm Ø		Werkzeug 	
IP4X	≥ 1,0 mm Ø		Draht 	
IP5X	staubgeschützt			
IP6X	staubdicht			

Bild 5 Anforderungen bei den ersten Kennziffern IP1X ... IP6X Fremdkörper- und Berührungsschutz

WASSERSCHUTZ Zweite Kennziffer		
Schutzgrad	Schutz gegen	Schema der Prüfung
IPX1	Tropfwasser	<p>1 mm / min 10 min</p>
IPX2	Tropfwasser bei 15° Neigung	<p>3 mm / min 4 x 2,5 min</p> <p>15°</p>
IPX3	Sprühwasser	<p>+/- 60°</p> <p>+/- 60°</p> <p>0,07 l/min pro Düse</p>
IPX4	Spritzwasser	<p>+/- 90°</p> <p>+/- 180°</p> <p>0,07 l/min pro Düse</p>

Bild 6.1 Anforderungen bei den zweiten Kennziffern IPX1 ... IPX4 Wasserschutz (Tropfwasser ... Spritzwasser)

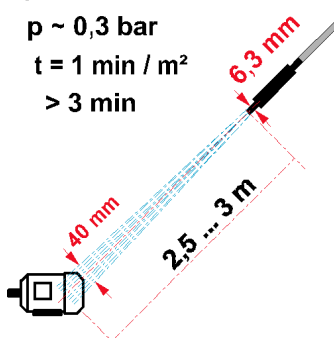
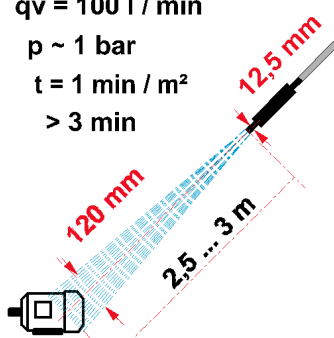
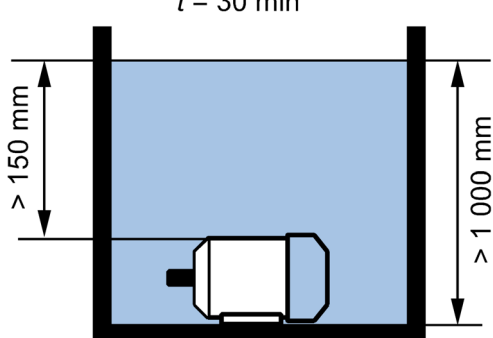
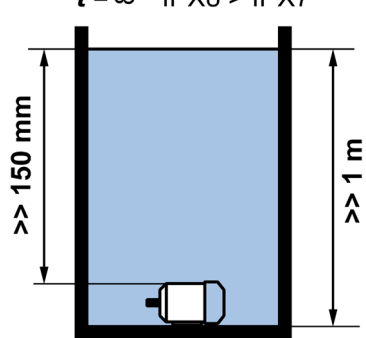
WASSERSCHUTZ Zweite Kennziffer		
Schutzgrad	Schutz gegen	Schema der Prüfung
IPX5	Strahlwasser	<p> <math>qv = 12,5 \text{ l / min}</math>  <math>p \sim 0,3 \text{ bar}</math>  <math>t = 1 \text{ min / m}^2</math>  <math>&gt; 3 \text{ min}</math> </p> 
IPX6	Starkes Strahlwasser	<p> <math>qv = 100 \text{ l / min}</math>  <math>p \sim 1 \text{ bar}</math>  <math>t = 1 \text{ min / m}^2</math>  <math>&gt; 3 \text{ min}</math> </p> 
IPX7	Zeitweiliges Untertauchen	<p><math>t = 30 \text{ min}</math></p> 
IPX8	Dauerndes Untertauchen	<p><math>t = \infty \text{ IPX8} &gt; \text{IPX7}</math></p> 

Bild 6.2 Anforderungen bei den zweiten Kennziffern IPX5 ... IPX8  
Wasserschutz (Strahlwasser ... Untertauchen)

## 7 Ergänzende Buchstaben

Die ergänzenden Buchstaben M, S und W« wurden speziell für elektrische Maschinen in die Norm aufgenommen. Zu ihrer Erläuterung wird aus dem Entwurf DIN VDE 0530 Teil 5 A1 (Mai 1992) zitiert:

"Durch einen ergänzenden Buchstaben nach der zweiten Kennziffer dürfen ergänzende Angaben gemacht werden. Wenn mehr als ein Buchstabe verwendet wird, ist die alphabetische Reihenfolge anzuwenden.

### 7.1 Buchstaben S und M

Für besondere Anwendungen (wie z. B. offene, durchzugbelüftete Maschinen an Deck eines Schiffes, deren Öffnungen für den Lufteintritt und Luftaustritt während des Stillstandes geschlossen sind), darf den Kennziffern ein Buchstabe nachgestellt werden, der angibt, ob der Schutz gegen schädlichen Wassereintritt bei stillstehender Maschine (Buchstabe S) oder bei laufender Maschine (Buchstabe M) nachgewiesen oder geprüft wurde. In diesem Fall muss die Schutzart für beide Betriebszustände der Maschine angegeben werden, z. B. P55S / IP20M. Fehlen die ergänzenden Buchstaben, so ist die Schutzart bei allen bestimmungsgemässen Anwendungen eingehalten.

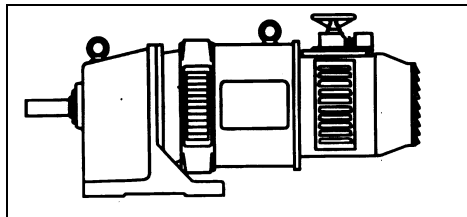


Bild 7.1.1  
IP20M beim Betrieb im Hafen

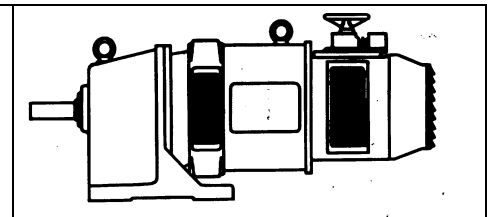


Bild 7.1.2  
IP55S bei Fahrt auf hoher See

### 7.2 Buchstabe W

Für offene, durchzugbelüftete Maschinen zum Einsatz unter festgelegten Wetterbedingungen und mit zusätzlichen Schutzmassnahmen oder Einrichtungen darf der Buchstabe »W« verwendet werden.

In der 2. Ausgabe dieser Norm wurde der Buchstabe »W« mit gleicher Bedeutung direkt hinter den IP-Kennbuchstaben verwendet.

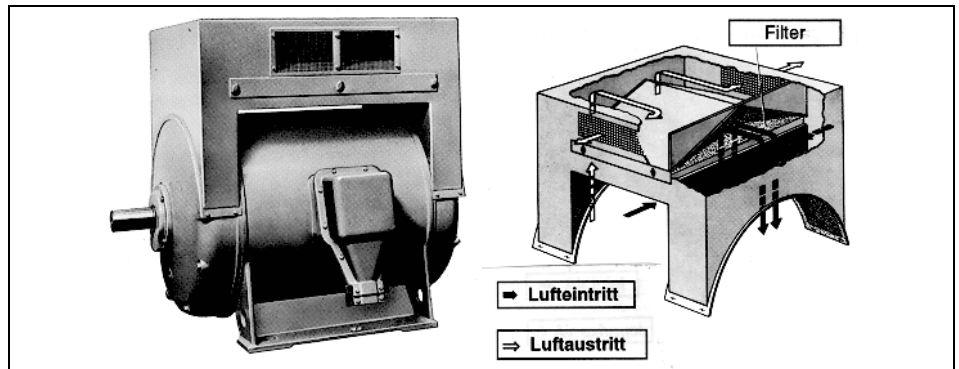


Bild 7.2 Offene, durchzugbelüftete Maschine mit besonderer Luftführung – »Wetterschutz« (Quelle: SIEMENS)

### 7.3 Anforderungen und Prüfungen

Der Schutzgrad »W« ist für offene, durchzugbelüftete Maschinen (z. B. mit Kühlkreisordnung IC0X bis IC3X nach IEC 60034-6) bestimmt. Wettergeschützte Maschinen sind so zu konstruieren, dass das Eindringen von Regen und Schnee und von der Luft mitgeführten kleinen Fremdkörpern in die elektrischen Bauteile vermindert ist.

Andere Massnahmen zum Wetterschutz (wie vergossene Wicklungen oder vollkommen geschlossenes Gehäuse) werden nicht mit »W« bezeichnet.



Bei Maschinen mit dem Schutzgrad »W« müssen die Luftführungen so konstruiert sein, dass

- a) Luft mit hoher Geschwindigkeit und darin mitgeführte kleine Fremdkörper sowohl an der Eintritt- wie an der Austrittseite daran gehindert werden, in die direkt zu den elektrischen Teilen der Maschine führenden inneren Luftwege einzudringen;
- b) der Eintrittsweg der Luft Prallflächen oder getrennte Kammern aufweist, die mindestens drei scharfe Richtungsänderungen der Luft um mindestens je 90° bewirken;
- c) der Eintrittsweg der Luft einen Bereich aufweist, in dem die durchschnittliche Luftgeschwindigkeit 3 m/s nicht übersteigt, so dass sich Fremdkörper absetzen können. Statt einer Absetzkammer können auch herausnehmbare oder auf andere Art leicht zu reinigenden Filter oder eine andere Einrichtung zur Abscheidung der Teile vorgesehen werden.

Der Schutz der Maschine gegen Berühren, Fremdkörper und Wasser muss den Anforderungen und Prüfungen für die angegebene Schutzart entsprechen. Die Ausführung des Anschlusskastens muss mindestens die Schutzart IP54 sicherstellen. Falls erforderlich, sind Massnahmen zum Schutz gegen Vereisen, Feuchtigkeit, Korrosion oder andere unübliche Einflüsse zu vereinbaren (z. B. durch die Verwendung von Antikondensatheizung).

Für den Nachweis des Wetterschutzes »W« ist im allgemeinen eine Prüfung der Zeichnungen ausreichend.

Es wird noch angemerkt, dass vor allem von britischen Herstellern der Buchstabe »W« bei geschlossenen, oberflächenbelüfteten Normmotoren zur Kennzeichnung einer »Aufstellung im Freien« verwendet wurde. Dies entspricht nicht dem Sinn der Norm.

**8 Prüfispiele für Wasserschutz**

Die unterschiedlichen Prüfbedingungen bei den für elektrische Maschinen üblichen Wasserschutzgraden IPX4 und IPX5 werden nachfolgend gegenübergestellt.

**8.1 Schutzgrad IPX4**

Dieser Schutzgrad ist Bestandteil der bei Käfigläufermotoren im Normbereich üblichen Schutzarten IP44 und IP54.

**8.1.1 Prüfbedingungen**

Prüfung für die zweite Kennziffer 4 mit Schwenkrohr oder Spritzbrause  
 Die Prüfung muss mit dem Schwenkrohr durchgeführt werden, vorausgesetzt Grösse und Form der Maschine sind so gestaltet, dass der Schwenkrohrradius 1 m nicht überschreitet. Wo diese Bedingung nicht erfüllt werden kann, ist eine in der Hand gehaltene Spritzbrause zu benutzen.

**a) Bedingungen beim Schwenkrohr:**

Das Schwenkrohr hat Spritzöffnungen über die gesamten 180° des Halbkreises. Der gesamte Volumenstrom wird auf den der Tabelle festgelegten Wert eingestellt und mit einem Durchflussmessgerät gemessen.

Das Rohr lässt sich um einen Winkel von nahezu 360° schwenken, 180° auf beiden Seiten der Senkrechten. Die Zeit für eine vollständige Periode (2 x 360°) beträgt ungefähr 12 s.

Die Prüfdauer beträgt 10 min.

Der Träger für die zu prüfende Maschine muss perforiert sein um zu vermeiden, dass er als eine Ablenkplatte wirkt. Das Gehäuse wird aus jeder Richtung durch Schwenken des Rohres bis zur Grenze seines Bewegungsbereiches bespritzt.

**b) Bedingungen bei der Spritzbrause:**

Die mit dem Gegengewicht versehene Abdeckung wird von der Spritzbrause entfernt und das Gehäuse wird aus allen möglichen Richtungen angespritzt. Die Wasserdurchflussquote und die Spritzzeit je Flächeneinheit sind in der Norm festgelegt.

**Gesamter Volumenstrom  $q_v$  bei IPX3 und IPX4 Prüfbedingungen**  
**Mittlerer Volumenstrom je Düse  $q_{v1} = 0,07$  l/min**

Rohrradius mm	Grad IPX3		Grad IPX4	
	Anzahl der offenen Öffnungen N <sup>1)</sup>	Gesamter Vo- lumenstrom % l/min	Anzahl der offenen Öffnungen N <sup>1)</sup>	Gesamter Vo- lumenstrom % l/min
200	8	0,56	12	0,84
400	16	1,1	25	1,8
600	25	1,8	37	2,6
800	33	2,3	50	3,5
1000	41	2,9	62	4,3

1) Abhängig von der tatsächlichen Anordnung der Öffnungsmittel - bei festgelegtem Abstand - darf die Zahl der offenen Öffnungen N um 1 grösser sein.

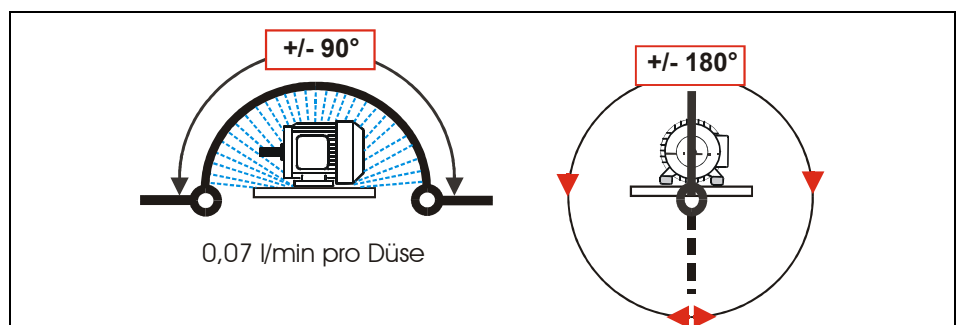


Bild 8.1.1.1 Schema der Prüfung mit dem Schwenkrohr



Bild 8.1.1.2 Prüfung auf »Spritzwasserschutz« mit dem Schwenkbogen

## 8.2 Schutzgrad IPX5

Dieser Schutzgrad ist Bestandteil der katalogmässig nicht häufig angebotenen Schutzarten IP55 und IP65

### 8.2.1 Prüfbedingungen

Die Prüfung wird durch Bespritzen des Gehäuses aus allen möglichen Richtungen mit einem Wasserstrahl aus einer genormten Strahldüse ausgeführt.

Die einzuhaltenden Bedingungen sind folgende:

- Innendurchmesser der Düse: 6,3 mm
- Volumenstrom: 12,5 l/min  $\pm$  5%
- Wasserdruck: so einzustellen, dass der festgelegte Volumenstrom erreicht wird
- Kern des Hauptwasserstrahls: Kreis von etwa 40 mm Durchmesser in 2,5 m Abstand von der Strahldüse
- Prüfdauer je m<sup>2</sup> der zu bespritzenden Gehäuse-Oberfläche: 1 min
- Mindestprüfdauer: 3 min
- Abstand von der Strahldüse zur Gehäuse-Oberfläche: zwischen 2,5 m und 3 m.

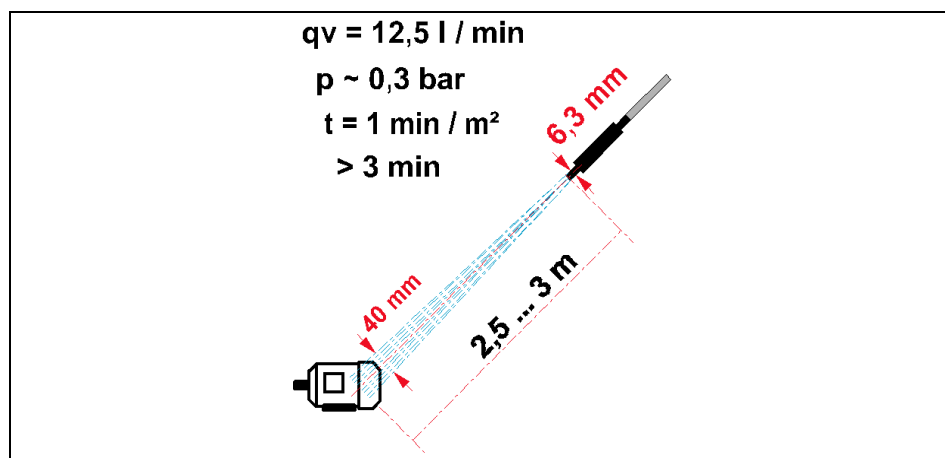


Bild 8.2.1 Schema der Strahlwasserprüfung Schutzgrad IPX5



Bild 8.2.2 Prüfeinrichtung für die Wasserschutzgrad IPX5  
"Strahlwasser"

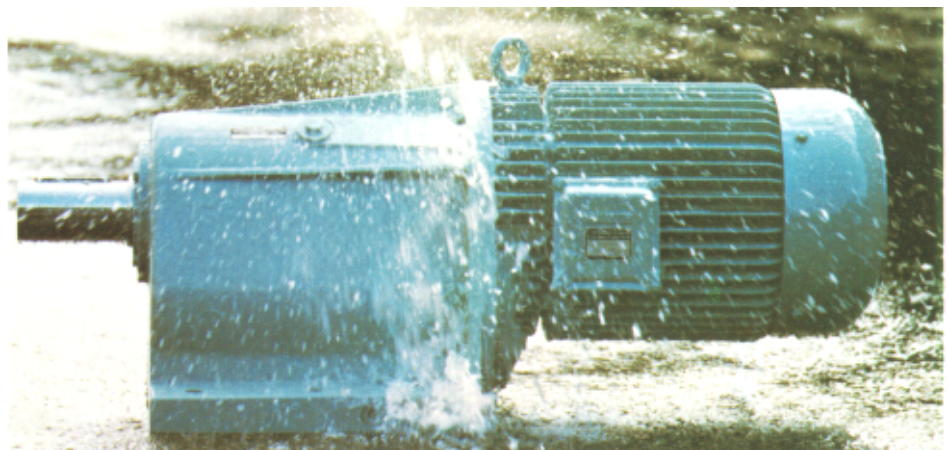


Bild 8.2.3 Wassereinwirkung bei der Strahlwasserprüfung IPX5



Bild 8.2.4 Wassereinwirkung bei der Strahlwasserprüfung IPX6  
»Starkes Strahlwasser«

## 9 Sonderschutzart IP66

Die Schutzart IP 65 bietet einen für elektrische Maschinen ungewöhnlich hohen Schutzgrad gegen Umgebungseinflüsse, wie aus den Vergleichen in den vorhergehenden Abschnitten hervorgeht. Sie erlaubt zum Beispiel ohne weitere Schutzmassnahmen eine Aufstellung im Freien, da normale Regenfälle nicht in das Gehäuse eindringen. Es empfiehlt sich unter diesen Bedingungen allerdings, die Kabeleinführung am Klemmenkasten besonders sorgfältig abzudichten, bei vertikaler Aufstellung die Lufteintrittsöffnung durch ein als Zusatz lieferbares Schutzdach abzudecken und den Aussenanstrich regelmässig zu erneuern. Darüber hinaus gibt es Anwendungsfälle, die einen besonderen Aufwand für die Abdichtung, nämlich die Sonderschutzart IP 66 erforderlich machen. Dieser Mehraufwand empfiehlt sich bei kurzzeitiger Überflutung (zum Beispiel an Deck von Schiffen oder in hochwassergefährdeten Kellern), bei lang anhaltender Berieselung (zum Beispiel beim Antrieb von Kühlturm-Ventilatoren) oder bei häufiger Reinigung mit einem Wasserstrahl (zum Beispiel bei Autowaschanlagen, in Brauereien, Molkereibetrieben oder Transportanlagen für Seefische). Der hohe Schutzgrad macht eine Vielzahl von Massnahmen erforderlich, die im Herstellerwerk nach genauer Fertigungsanweisung auszuführen sind.

### 9.1 Hohe Wasserschutzgrade in den Errichtungsbestimmungen

Der Schutz gegen Wassereinwirkung ist in den Errichtungsbestimmungen für viele Anwendungsfälle durch die Festlegung eines Mindest-IP-Schutzgrades geregelt.

Hohe Schutzgrade werden z.B. in folgenden Bereichen vorgeschrieben:

#### **IPX5 Schutz gegen Strahlwasser**

Arbeitruben, die durch Strahlwasser gereinigt werden

Duschräume (Bereiche 1, 2 und 3)

Fahrzeug-Waschanlagen

Fleischereien (soweit Anlagenteile direkt abgestrahlt werden)

Reiferäume in Käseereien

Klärwerke

#### **IPX6 Schutz gegen starkes Strahlwasser**

Offene Decks von Seeschiffen

#### **IPX7 Schutz beim zeitweiligen Untertauchen**

Molkereien

Saunen (im Spritzbereich)

Schlachthöfe

Schwimmbäder (soweit abgestrahlt wird)

Waschräume

Eine ausführliche Auflistung der Anforderungen je nach Betriebsstätten ist in dem Leitfaden »Normen und Schutzarten für die Elektroinstallation« von K. Nowak zu finden – ein wertvolles und umfassendes Nachschlagewerk für den Praktiker !.

Es fällt auf, dass *in den Normen* der Schutz gegen **starkes** Strahlwasser (Schutzgrad IPX6) der Anwendung auf Seeschiffen vorbehalten scheint. Dies geht vermutlich auf frühere Ausgaben von DIN 40 050 zurück, in denen der **Schutzgrad IPX4S als »Schutz gegen vorübergehende Überflutung = Schutz gegen schwere See«** enthalten war.

Tatsächlich gibt es jedoch eine Reihe von Anwendungsgebieten, in denen diese hohe Stufe des Wasserschutzes

- gegenüber dem Schutzgrad IPX5 eine erhöhte technische Sicherheit bietet;
- gegenüber dem Schutzgrad IPX7 eine wesentlich wirtschaftlichere Lösung zulässt.

Dieser Abschnitt soll die Möglichkeiten und Grenzen für den Schutzgrad IPX6 aufzeigen.



## 9.2 Genormte Prüfbedingungen

Die genormten Prüfbedingungen sind in den Abschnitten 3 und 6 beschrieben. Sie reichen bei üblichen Beanspruchungen aus und haben sich in der Praxis bewährt.



Bild 9.2.1 Prüfeinrichtung für den Wasserschutzgrad IPX6 "Starkes Strahlwasser"



Bild 9.2.2 Wassereinwirkung bei starker Strahlwasserprüfung IPX6

### 9.3 Verschärfte Prüfbedingungen

Bei hohen und vor allem langzeitigen Beanspruchungen wird der Anwender jedoch vorsorglich seine eigenen Erfahrungen bei der Auswahl der Betriebsmittel einbringen. Der Hersteller ist gut beraten, wenn er das Bestehen einer genormten Prüfung nicht als Garantie für die Langzeitbewährung betrachtet: Die meisten Wasserprüfungen für den IP-Code dauern **10 Minuten** - ein Jahr hat **8760 Stunden** !

Die nachfolgenden Bilder zeigen werksspezifische Prüfmethoden, bei denen gegenüber der Norm vor allem Wasserdruck, Wassermenge und Zeit erhöht wurden.

**Die Erfahrung zeigt, dass eine ausreichend lange Prüfzeit durch keinen anderen Schärfegrad ersetzt werden kann !**

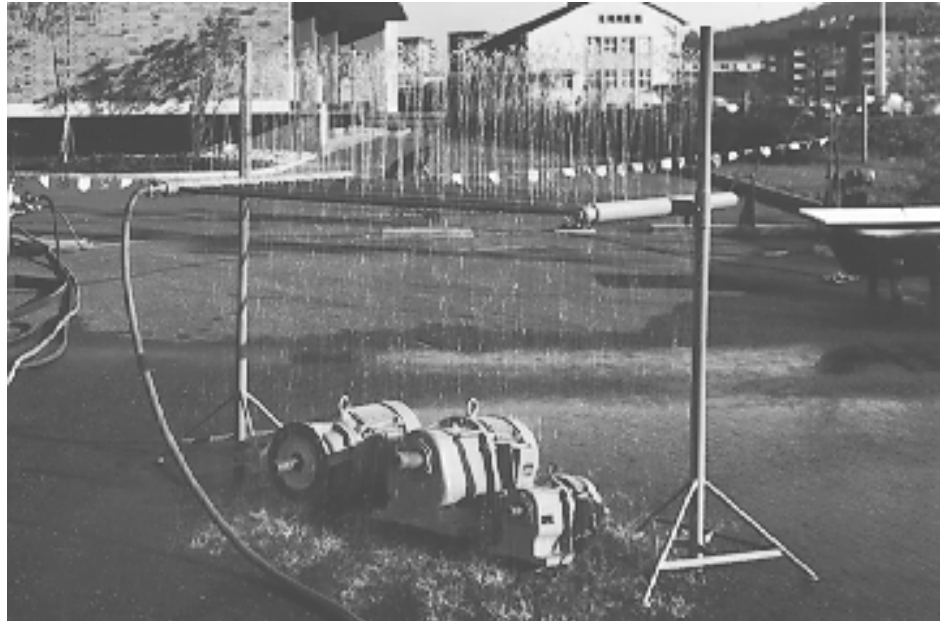


Bild 9.3.1 Verschärfte Prüfung von Motoren der Sonderschutzart IP66 durch Langzeitberegnung

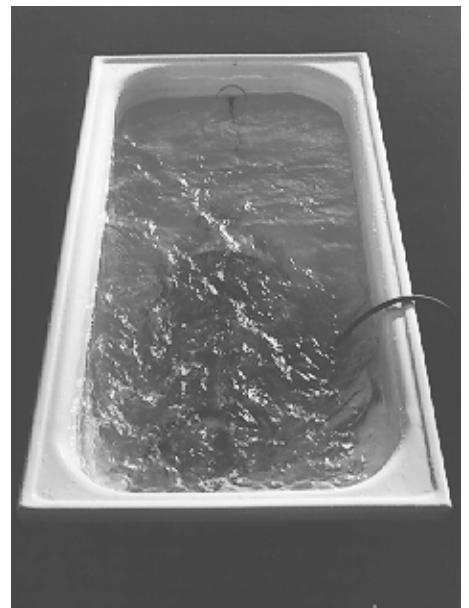
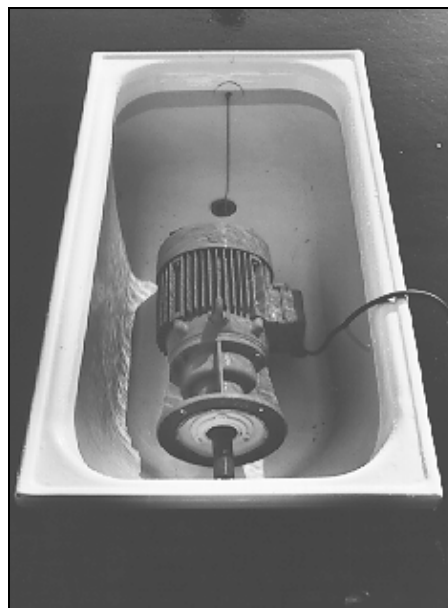


Bild 9.3.2 Verschärfte Prüfung von Motoren der Sonderschutzart IP66 durch vorübergehendes Untertauchen



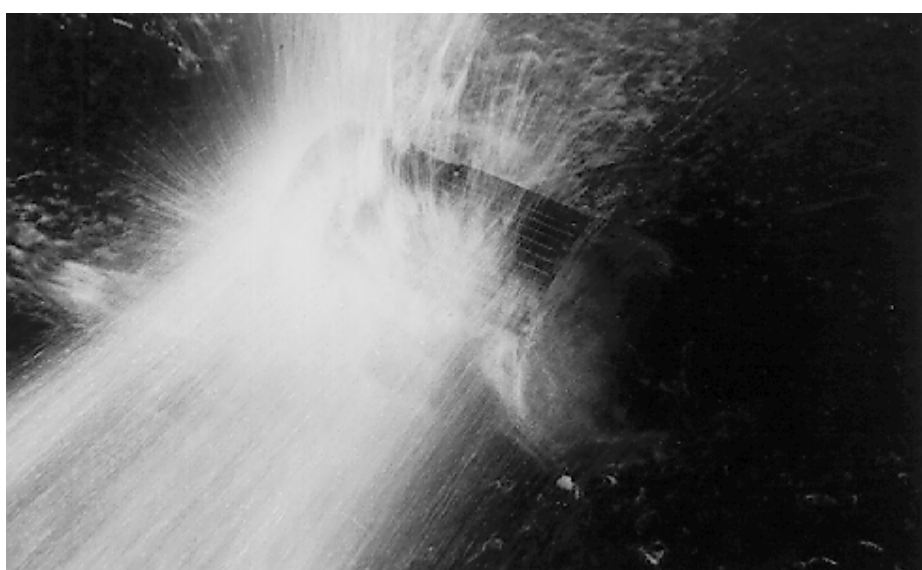


Bild 9.3.3 bis 9.3.5      Verschärfte Prüfung von Motoren der Sonderschutzart IP66 mit einem Wasserstrahl aus einem Strahrohr mit 25 mm Durchmesser und einem Wasserdruck entsprechend einer Steighöhe von 8 m



Bild 9.3.6 Verschärfte Prüfung von Motoren der Sonderschutzart IP66 mit einem Wasserstrahl aus einem Strahrohr mit 25 mm Durchmesser und einem Wasserdruck entsprechend einer Steighöhe von 8 m

#### 9.4 Anwendungsbeispiele für die Sonderschutzart IP66

Es gibt eine Reihe von Anwendungsfällen, die einen besonderen Aufwand für die Abdichtung, nämlich die Sonderschutzart IP 66 erforderlich machen. Dieser Mehraufwand empfiehlt sich bei kurzzeitiger Überflutung (zum Beispiel an Deck von Schiffen oder in hochwassergefährdeten Kellern), bei lang anhaltender Berieselung (zum Beispiel beim Antrieb von Kühlturm-Ventilatoren) oder bei häufiger Reinigung mit einem Wasserstrahl (zum Beispiel bei Autowaschanlagen, in Brauereien, Molkereibetrieben oder Transportanlagen für Seefische). Der hohe Schutzgrad macht eine Vielzahl von Massnahmen erforderlich, die im Herstellerwerk nach genauer Fertigungsanweisung auszuführen sind.

##### 9.4.1 Kühlturm-Ventilatoren

Kühltürme dienen zur Rückkühlung von Industrierwasser, das sich bei einem Produktionsprozess erwärmt hat und das aus ökonomischen und ökologischen Gründen in den Kreislauf zurückgebracht wird. Bild 9.4.1.1 zeigt die prinzipielle Wirkungsweise.

Es lässt sich nicht vermeiden, dass ein geringer Prozentsatz des Wassers von der Kühlluft mitgerissen wird und nach oben entweicht - bei bestimmten Wetterlagen deutlich erkennbar an der »Wolke« über dem Kühlturm.

Dieses Wasser benetzt den Antrieb des Ventilators und beansprucht die Dichtstellen ständig.

Der **Dauerbetrieb** unter diesen Bedingungen macht Kühlturmantriebe zu einem der schwierigsten Antriebsfälle und zu einem klassischen Anwendungsbeispiel für die Schutzart IP66.

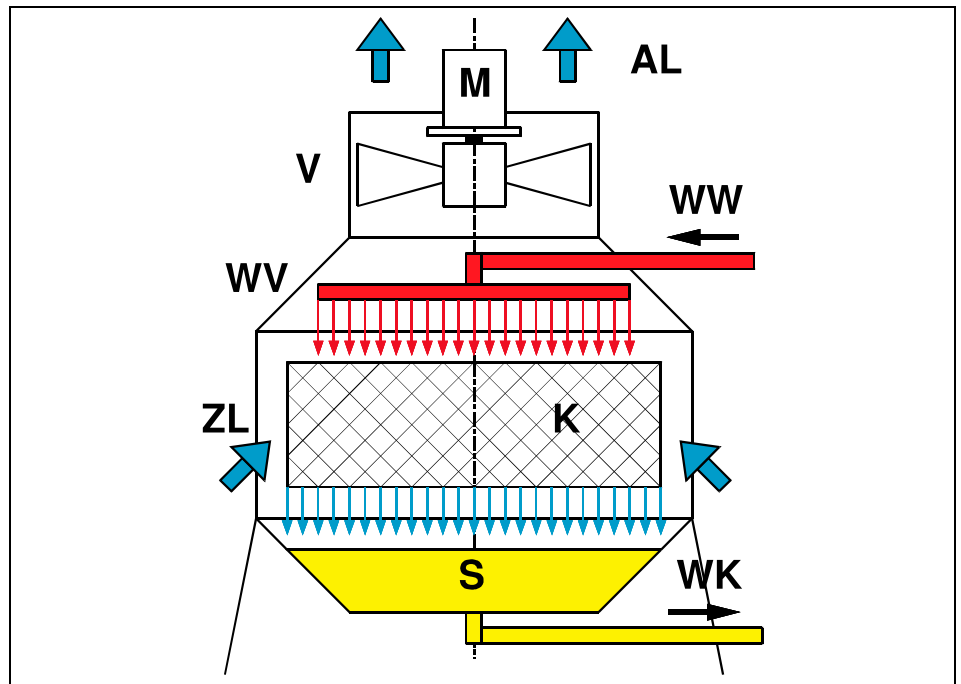


Bild 9.4.1.1

Schema der Wirkungsweise eines Kühlturmes

M - Motor

V - Ventilator

K - Kühleleinbauten

WW - Wasser (warm)

WK - Wasser (kühl)

WV - Wasserverteiler

ZL - Zuluft

AL - Abluft

S - Sammelbecken

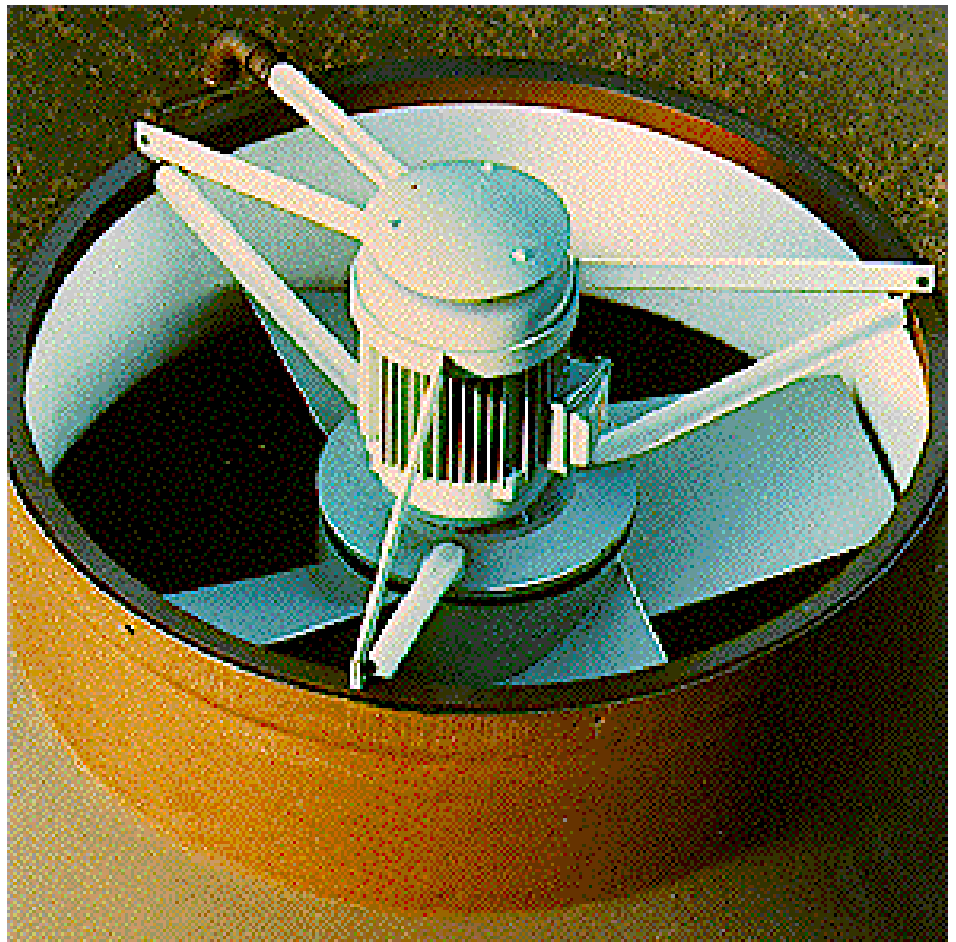


Bild 9.4.1.2

Blick auf einen Kühlturm mit Getriebe-Motor als Ventilatorantrieb

#### 9.4.2 Klärwerke

Klärwerke werden häufig in Flussniederungen gebaut und sind deshalb durch Hochwasser gefährdet. Motoren in der Sonderschutzart IP66 bieten zwar keine Garantie, aber erfahrungsgemäss eine sehr hohe Wahrscheinlichkeit, eine kurzzeitige Überflutung zu überstehen.

Bild 9.4.2

Hochwasser in einem Klärwerk mit kurzzeitiger Überflutung der Antriebsmotoren für Räumbrücken und Förderschnecken



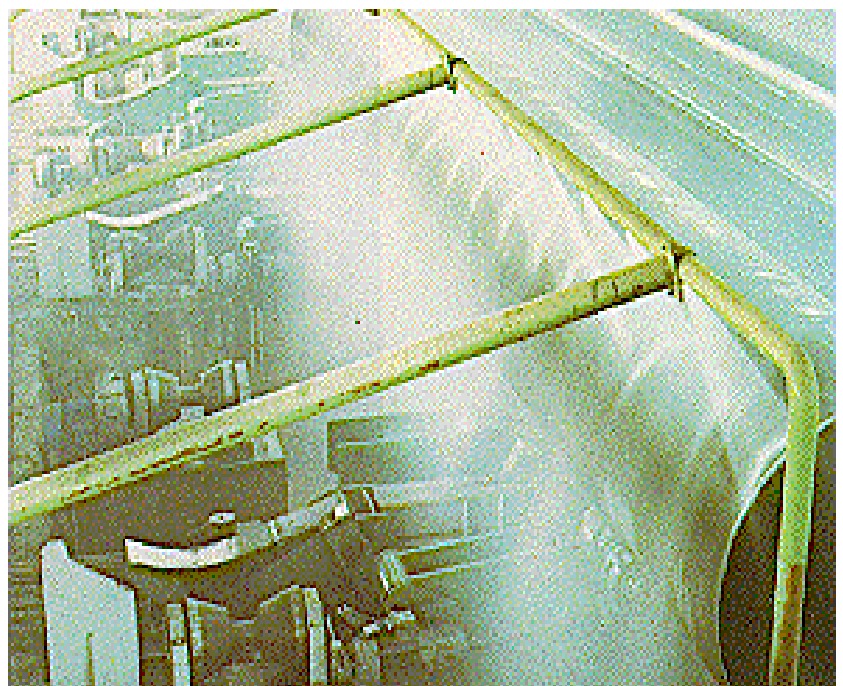
#### 9.4.3 Stahlwerke

Grossrohre und andere Produkte der Stahlwerke werden häufig durch einen Wasserstrahl mit hohem Druck entzündet.

Bild 9.4.3 gibt einen Eindruck von den Bedingungen, unter denen Rollgangmotoren oder Hilfsantriebe in diesem Bereich arbeiten: Ein Fall für die Schutzart IP66 !

Bild 9.4.3

Entzündung von Grossrohren durch Strahlwasser mit hohem Druck Rollgangmotoren und Hilfsantriebe in Schutzart IP66



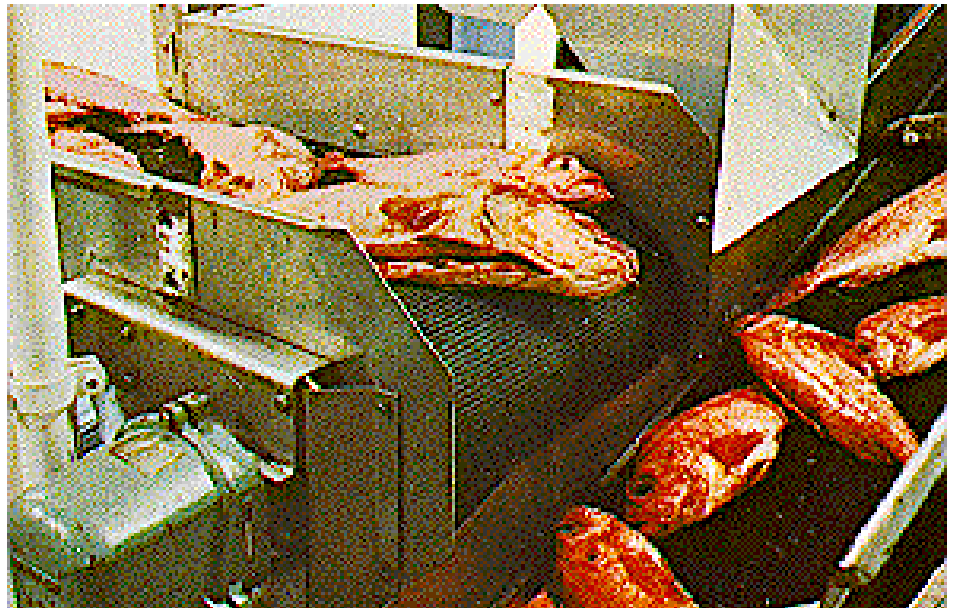
#### 9.4.4 Fischverarbeitung

Einrichtungen zur Verarbeitung von Fischen - an Bord von Fangschiffen oder an Land - müssen aus hygienischen Gründen regelmässig mit starkem Strahlwasser gereinigt werden.

Auch in diesen Bereichen haben sich Getriebe- und Trommel-Motoren der Schutzart IP66 bewährt.

Bild 9.4.4

Trommel-Motor in Sonderschutzart IP66 in einer Anlage zur Verarbeitung von Seefischen



#### 9.4.5 Hochdruckreinigung und Reinigungszusätze

Bei Anwendungen zur Herstellung und Verarbeitung von Lebensmitteln (z.B. auf Hochseefangschiffen für Fische) wird gelegentlich mit sehr hohem Druck (z.B. bis zu 10 bar) abgestrahlt. Werden übliche elektrische Maschinen direkt einem solchen Wasserstrahl ausgesetzt, so sind Wasserschäden zu erwarten.

Wenn dem Wasser besondere chemische Reinigungsmittel zugesetzt werden (z.B. in Autowaschanlagen), so erhält es einen besonders »dünnen Kopf« und kann Schmutz und Fett unterwandern – auch die üblichen Dichtungsmittel am Klemmenkasten oder am Lagerflansch!

Deshalb in EN 60529 festgelegt:

"Die Prüfungen für die zweite Kennziffer werden mit frischem Wasser durchgeführt. Es kann sein, dass der tatsächliche Schutz nicht ausreichend ist, wenn Reinigungsvorgänge mit hohem Druck und/oder Lösemittel angewendet werden."

Leider wurde diese Klarstellung nicht in EN 60034-5 (VDE 0530 Teil 5) übernommen.

Bild 9.4.5

Für elektrische Betriebsmittel im direkten Wirkungsbereich des Wassers einer Autowaschanlage werden besondere Schutzmassnahmen empfohlen

Bildnachweis:  
California Kleindienst  
Autowaschtechnik



## 10 Staubschutzprüfung

Das genormte Prüfverfahren erfordert einen relativ grossen Aufwand. Ansätze zur Ablösung der Prüfkammer durch einfachere Methoden (z.B. Prüfung der Spaltweiten mit Lehren oder dünnen Prüfdrähten) waren ohne Erfolg.

### 10.1 Prinzip der Staubkammer

Das in Bild 10.1.1 gezeigte Staubschutz-Prüfgerät ermöglicht eine Prüfung nach den Festlegungen in IEC 60529.

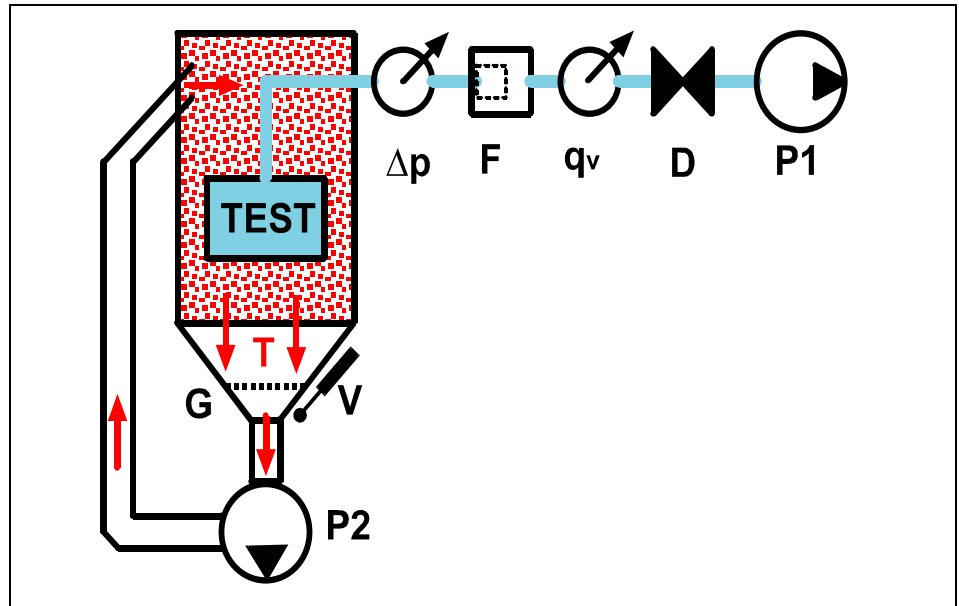


Bild 10.1.1 Prinzip der Prüfeinrichtung zum Nachweis des Schutzes gegen Staub (Staubkammer)

TEST	-	Prüfling
T	-	Talkumpuder max. 75 $\mu\text{m}$ (2 kg/m <sup>3</sup> Kammer)
P2	-	Staubumlaufpumpe
V	-	Vibrator zum Lösen abgesetzten Staubes
G	-	Schutzgitter
P1	-	Vakuumpumpe
$\Delta p$	-	Unterdruckmesser (max. - 20 mbar)
F	-	Filter
$q_v$	-	Luft-Volumenstrom (max. 60 V <sub>Prüfling</sub> /h)
D	-	Drossel

Aus dem Innenraum des zu prüfenden Motors wird mit einem Druck von bis zu - 20 mbar (Unterdruck) Luft abgesaugt, so dass die staubhaltige Luft des Prüfraumes an allen Fugen in den Prüfling einströmt. Die Fugen sollen so eng sein, dass zwar noch Luft, nicht jedoch der feine Talkum-Puder durchtreten kann. Die Korngrösse (0,025 bis 0,075 mm) und die Beschaffenheit des Talkums sind von Wichtigkeit. Zu feiner Puder neigt zum Verkleben und dichtet also selbsttätig ab; zu grobe Korngrösse erschwert den Umlauf. Eine Heizeinrichtung im Prüfgerät ermöglicht eine Trocknung des Talkums, denn bei längerem Lagern nimmt es Feuchtigkeit auf und ist in ungetrocknetem Zustand nur wenig schwebefähig.

Das Absaugen von Luft aus dem Prüfling soll das Wechselspiel des Innendruckes nachbilden, das sich bei der Erwärmung und Abkühlung in dem geschlossenen Motorgehäuse tatsächlich mit etwa 10 mbar messen lässt.

Bei jeder Erwärmung dehnt sich die Luft im Gehäuse aus und dringt nach aussen; bei der Abkühlung vermindert sich das Luftvolumen, und staubhaltige Luft strömt in das Gehäuse ein: der Motor »atmet"! Ein Versuch mit »natürlichem Unterdruck« hat eine starke Staubablagerung bestätigt. Nimmt man an, dass die Luft im Motorgehäuse bei Nennbetrieb um 40 K (Kelvin) erwärmt wird, so ergibt sich nach dem Gay-Lussacschen Gesetz eine Volumensteigerung von etwa 15 Prozent.



Bei zwei Temperaturwechseln pro Tag und 300 Arbeitstagen pro Jahr lässt sich ein Luftdurchsatz errechnen, der etwa dem 90fachen Luftvolumen des Motors entspricht. Der Prüfdruck ist so einzurichten, dass etwa das 120fache Probestückvolumen in mindestens zwei Stunden abgesaugt wird: Dieser erzwungene Luftdurchsatz entspricht also einem »freien Atmen« in einjähriger Betriebszeit. Während bei einem Motor in Schutzart IP 44 die vorgeschriebene Luftmenge bei reduzierter Druckdifferenz schon vor der Mindestzeit von zwei Stunden abgesaugt werden kann, muss bei einem nach IP 65 sorgfältig abgedichteten Motor die genormte Maximalprüfdauer von 8 Stunden selbst bei maximalem Unterdruck in Anspruch genommen werden.

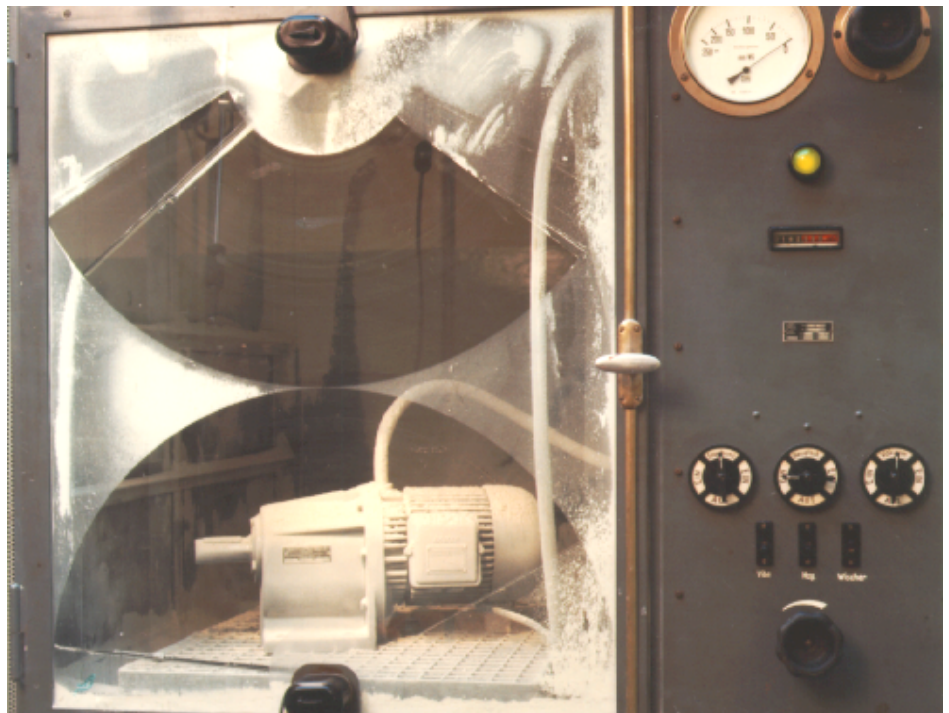


Bild 10.1.2 Staubschutz-Prüfgerät nach IEC 60529 mit Luftabsaugung aus dem Motor. Staubumlauf zum Zeitpunkt der Aufnahme abgeschaltet

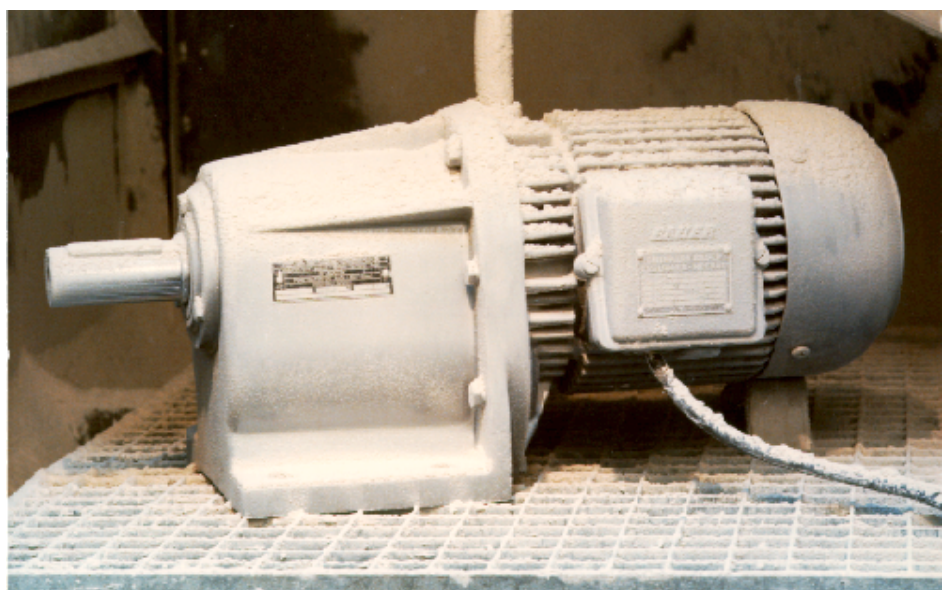


Bild 10.1.3 Drehstrom-Getriebe-Motor bei der Staubschutzprüfung



## 10.2 Ergebnisse der Staubprüfung

Um die strengen Prüfbedingungen für die Schutzart IP 6X einzuhalten, ist ein relativ grosser Aufwand in Konstruktion und Fertigung notwendig. Sehr gut bewährt haben sich am Klemmenkasten einseitig klebende Dichtungen aus einer Gummi-Kork-Mischung und breite, sauber geschliffene Passflächen. In der Praxis bleibt die Abdichtung des Klemmenkastens natürlich nur aufrechterhalten, wenn die vom Werk vorgesehenen Dichtungsmittel am Aufstellungsort nicht beschädigt oder weggelassen werden. In unbenutzte Einführungslöcher sind die mitgelieferten Verschlussstopfen einzuschrauben. Am Wellendurchtritt ist eine Dichtung aus Gummi oder ein ölhaltiger Filzring wesentlich besser als eine einfache, gefettete Spaltdichtung. Die Bilder 10.2.1 bis 10.2.3 wurden nach einer Staubschutzprüfung von serienmässigen Getriebe-Motoren in Schutzart IP 65 aufgenommen. Sie zeigen, dass durch entsprechende Massnahmen ein sicherer Staubschutz möglich ist.



Bild 10.2.1 Drehstrom-Stirnrad-Getriebe-Motor nach einer Staubschutzprüfung. Klemmenkastendichtung mit gefetteter Kordel. Ergebnis: Kein Staubdurchtritt!



Bild 10.2.2 Klemmenkasten eines Getriebe-Motors in Schutzart IP 65 mit gedichteten Passflächen. Kein Staubschritt!

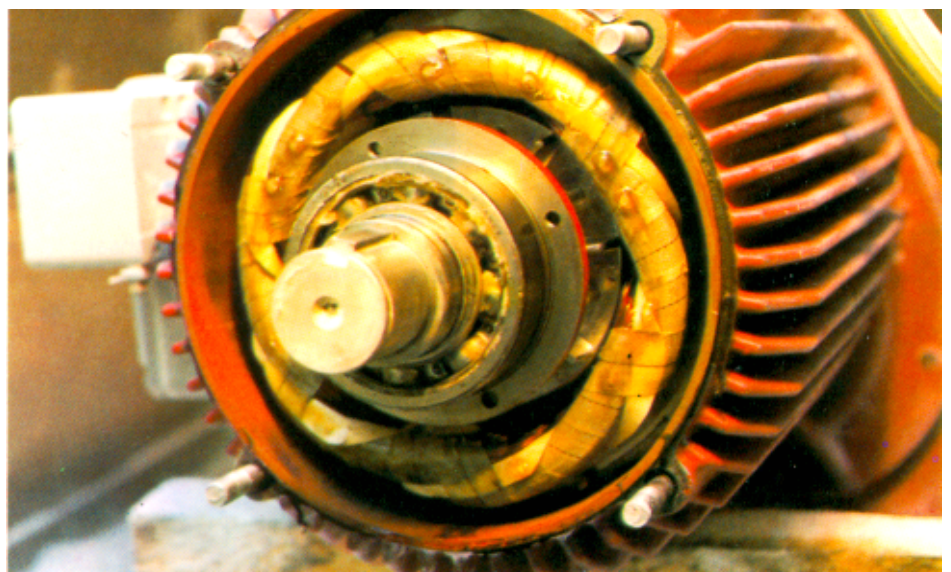


Bild 10.2.3 Ständer eines Getriebe-Motors nach der Staubschutzprüfung. Motor-Innenraum völlig staubfrei!

## 11 Variation der Staubschutzprüfung

Um den Einfluss von Spaltweite und Korngrösse zu ermitteln, wurden zwei Versuchsreihen mit gegenüber der Norm geänderten Prüfbedingungen durchgeführt. Die mit den nachfolgenden Bildreihen gezeigten Versuchsergebnisse lassen interessante Rückschlüsse auf die Praxis zu.

### 11.1 Einfluss der Spaltweite

In einer vereinfachten Versuchsanordnung nach Bild 11.1.1 wurde ein Ständergehäuse auf beiden Seiten mit Sonderlagerschildern absolut sicher abgedichtet, so dass sich die Prüfung allein auf den Klemmenkasten erstreckte. Ausgehend von der normalen Ausführung mit Gummi-Kork-Dichtung, die gemäss Bild 11.1.2 nach der genormten Prüfdauer ein positives Versuchsergebnis hatte, wurde gemäss Bild 11.1.3 mit einer Fühllehre ein definierter Spalt zwischen den Metallflächen von Klemmenkasten und Deckel eingestellt. Die Bilder 11.1.4 bis 11.1.7 mit Ergebnissen bei den Spaltweiten 0,05, 0,1, 0,5 und 1 mm zeigen, dass der Staubdurchtritt unabhängig von der Spaltweite unzulässig stark ist. Dies ist verständlich, da ja nach der Norm der Luftdurchsatz (= Staubdurchsatz) konstant gehalten wird.

Die Versuchsreihe zeigt, dass auch kleinste Spalte von 50 µm im Sinne des vollkommenen Staubschutzes schon zu gross sind.

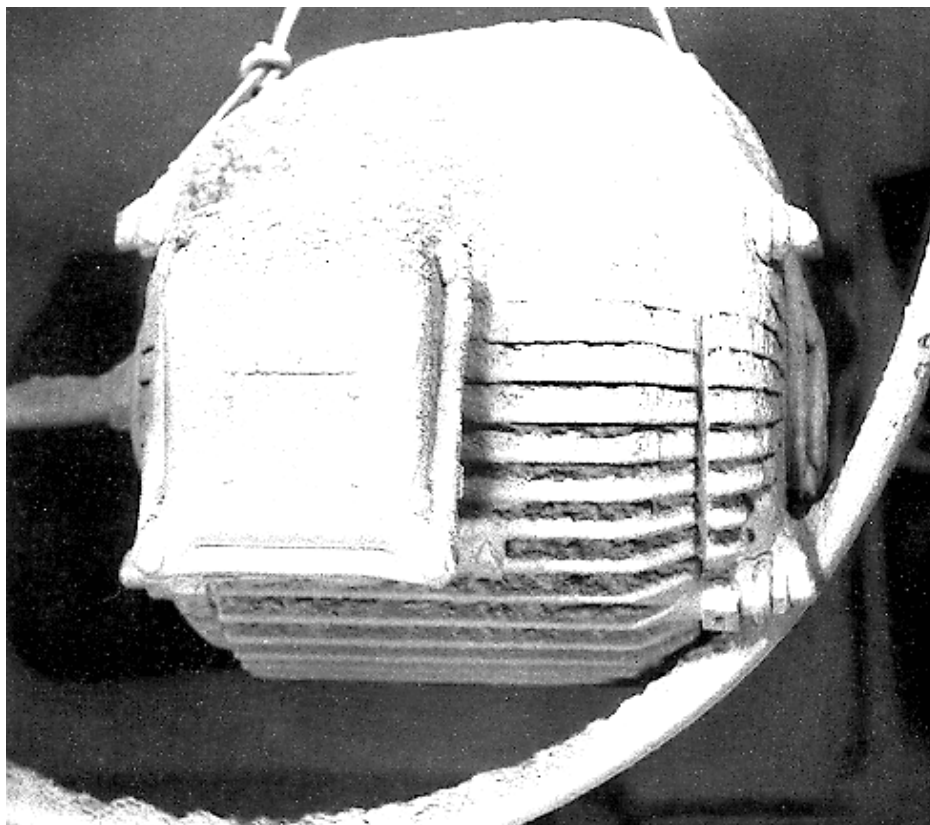


Bild 11.1.1 Vereinfachte Versuchsanordnung zur Prüfung eines Klemmenkastens mit verschiedenen Spaltweiten





Bild 11.1.2 Versuchsergebnis mit normaler Gummi-Kork-Dichtung, also ohne Spaltweite.

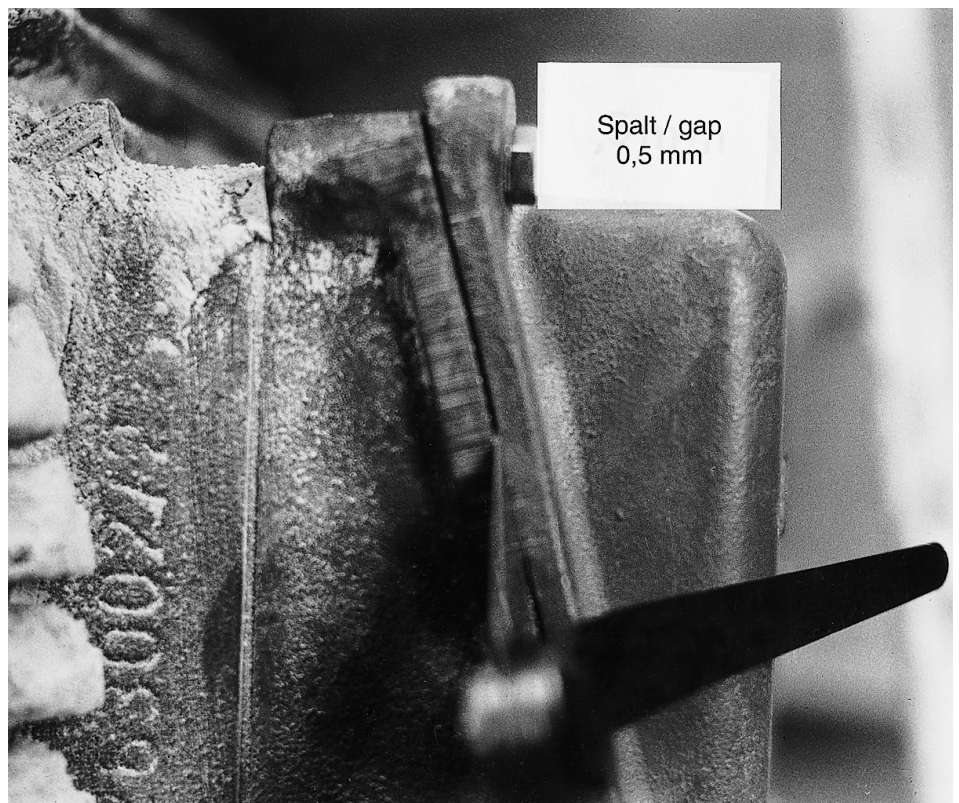


Bild 11.1.3 Einjustierung einer Spaltweite (z.B. 0,5 mm) zwischen den metallisch blanken Flächen von Klemmenkasten und Deckel.

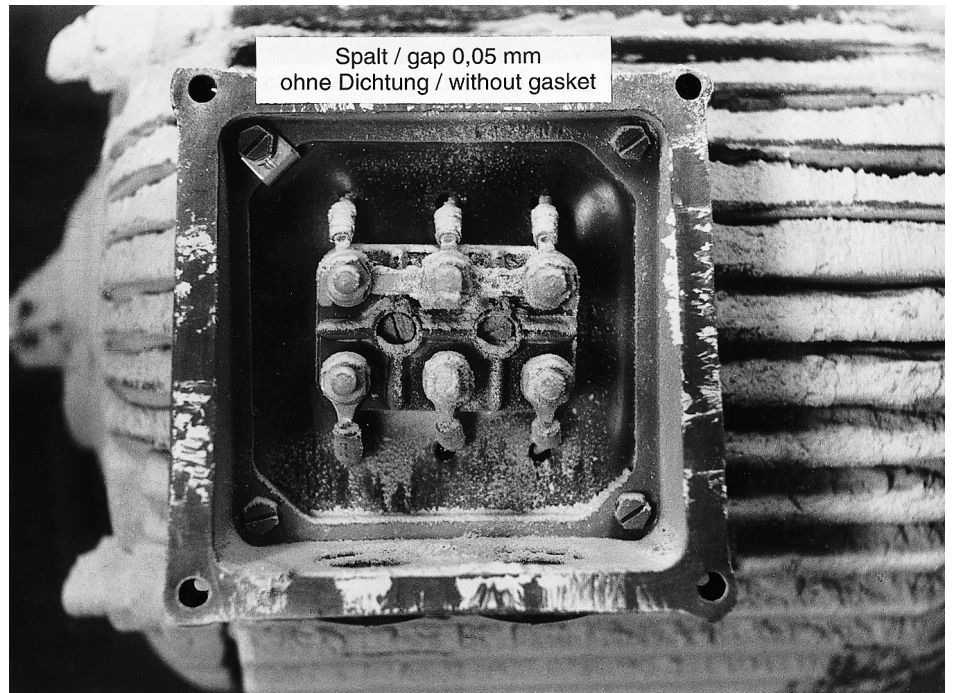


Bild 11.1.4 Versuchsergebnis bei Spaltweite 0,05 mm  
Prüfdauer etwa 200 Minuten

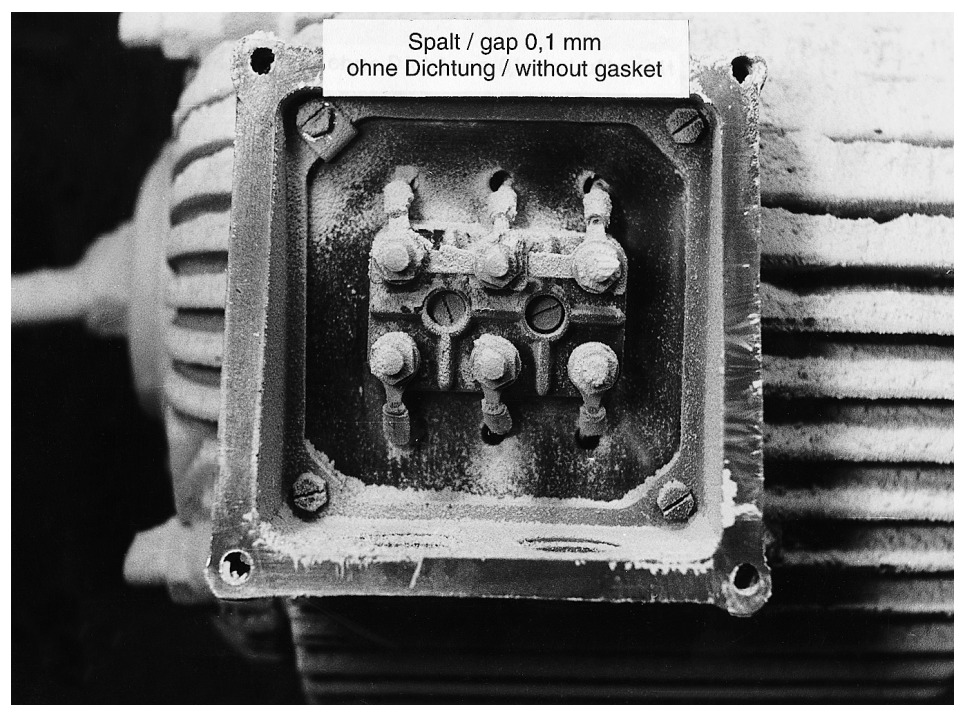


Bild 11.1.5 Versuchsergebnis bei Spaltweite 0,1 mm  
Prüfdauer etwa 20 Minuten

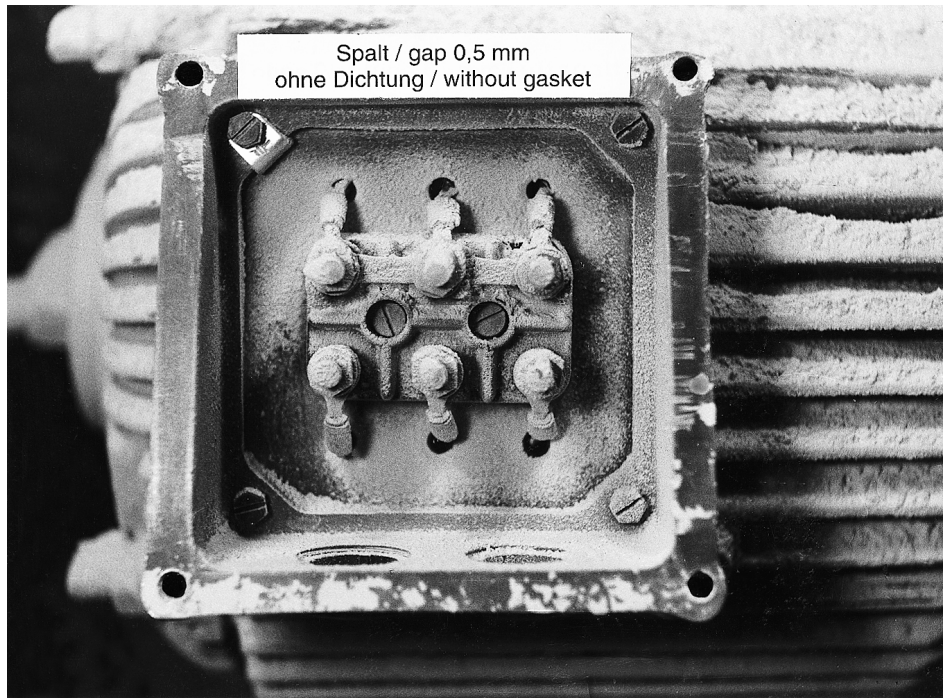


Bild 11.1.6 Versuchsergebnis bei Spaltweite 0,5 mm  
Prüfdauer etwa 10 Minuten

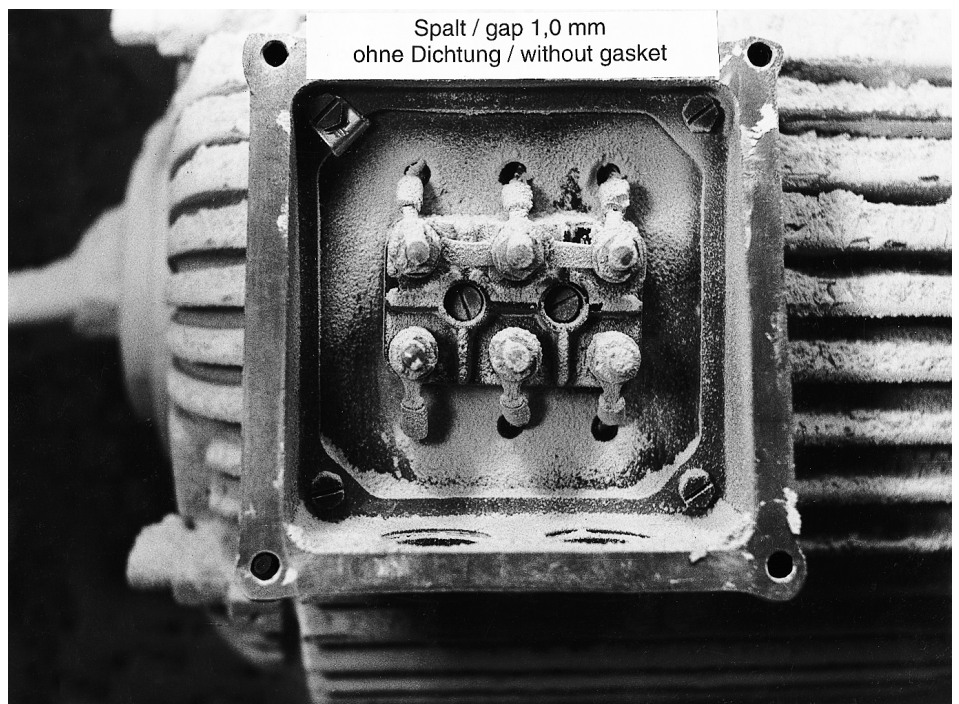


Bild 11.1.7 Versuchsergebnis bei Spaltweite 1 mm  
Prüfdauer etwa 10 Minuten

## 11.2 Einfluss der Korngrösse

In einer weiteren Versuchsreihe sollte geklärt werden, ob durch Verwendung von besonders feinem Puder mit Korngrösse etwa um 0,010 mm eine Erschwerung der Bedingungen für Prüfung und Praxis eintritt.

Bild 11.2.1 zeigt, wie der Spalt am Klemmenkasten auf 0,05 mm eingestellt wurde.

Bei Verwendung des normalen Talkumpuders mit Korngrösse zwischen 0,025 und 0,075 mm ergab sich das in der Grossaufnahme 11.2.2 gezeigte Bild mit relativ starkem Staubniederschlag am Klemmenbrett.

***Mit dem besonders feinen Puder (Korngrösse etwa um 0,010 mm) ergab sich das in Bild 11.2.3 gezeigte Ergebnis. Puderförmiger Staub neigt offenbar - teilweise unter dem Einfluss elektrostatischer Kräfte - zum Verkleben und dichtet enge Spalte selbst ab. Die in der Norm festgelegte Korngrösse von etwa 0,025 bis 0,075 mm ergibt demnach praxisnahe Prüfbedingungen.***

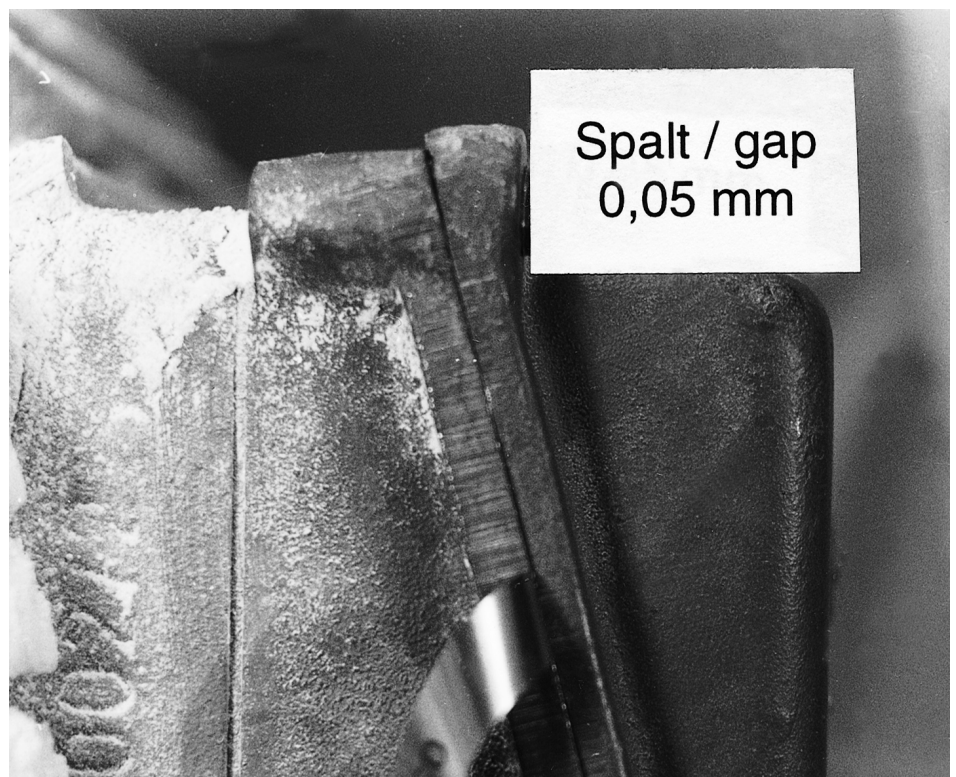


Bild 11.2.1 Einjustierung der Spaltweite von 0,05 mm für die Prüfung mit verschiedenen Korngrössen.





Bild 11.2.2 Versuchsergebnis mit normalem Talkumpuder (Korngrösse 0,025 bis 0,075 mm).

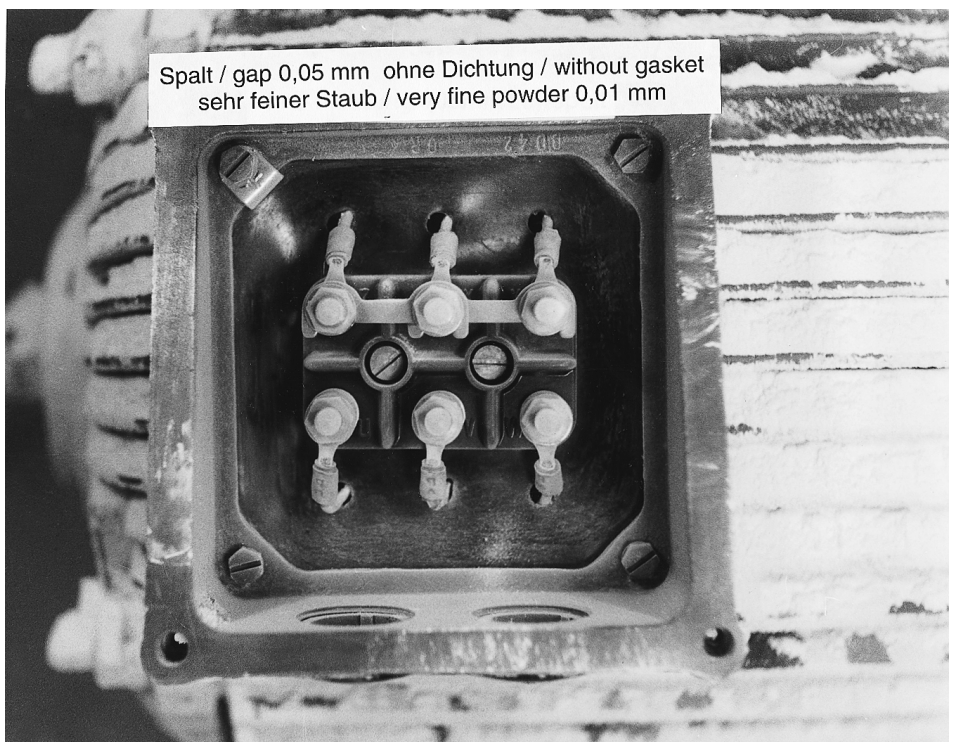


Bild 11.2.3 Versuchsergebnis mit besonders feinem Stärkepuder (Korngrösse um 0,010 mm).

## 12 Berührungsschutz

Der »Schutz gegen Zugang zu gefährlichen Teilen« ist ein wichtiger Bestandteil der Arbeitssicherheit. Bei elektrischen Betriebsmitteln - also bei allen Arten von elektrischen Geräten von der Steckdose bis zum Motor, vom Bügeleisen bis zur Leuchte - wird dieser Schutz durch den »IP-Code« beschrieben. Aufbauend auf den bewährten IP-Schutzarten nach DIN 40050 und »abwärtskompatibel« zu diesen wurde mit der Europeanorm EN 60529 ein erweiterter »IP-Code« eingeführt.

Es ist bezeichnend, dass die Ursprungsnorm DIN VDE 50 (vgl. Abschnitt 24) zunächst nur für elektrische Maschinen erstellt wurde, dass gerade dieses elektrische Betriebsmittel in der Norm eine besondere Stellung hat und dass Fachleute aus dem Elektromaschinenbau immer wieder an der Weiterentwicklung dieser Sicherheitsnorm massgebend beteiligt waren : Elektromotoren sind in der heutigen Antriebstechnik so in die Arbeitsmaschinen einbezogen, dass sie dem Bedienungspersonal leicht zugänglich sind und daher gegen das Berühren von gefährlichen Teilen gut geschützt sein müssen. Und »gefährlich« sind bei einem Motor nicht nur die unter Spannung stehenden elektrischen Anschlüsse, sondern auch seine **rotierenden Teile**.

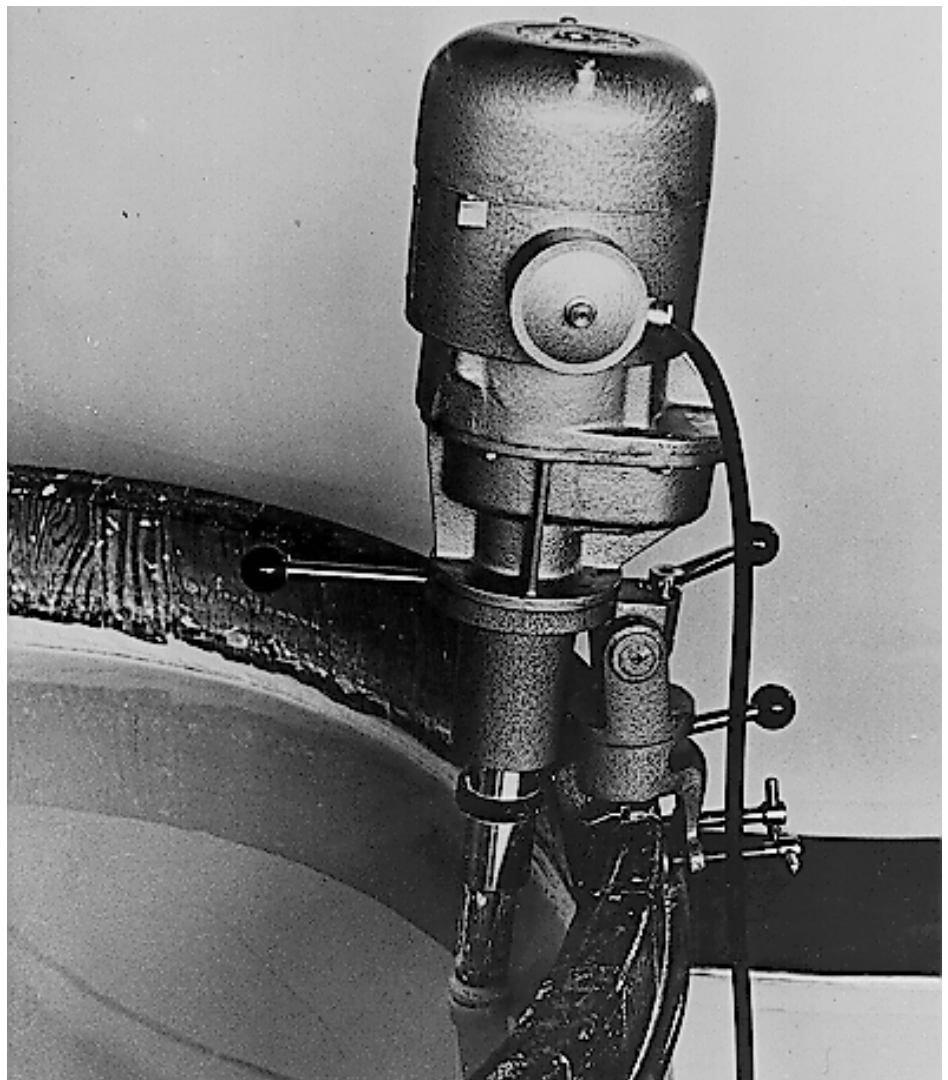


Bild 12 Getriebemotor für den Antrieb eines »Anklemm-Rührers« mit direkter Zugänglichkeit für das Bedienungspersonal

## 12.1 Begriffe

Da die Norm für Betriebsmittel mit Bemessungsspannungen bis 72,5 kV gilt, musste die »Annäherung an aktive Teile« in die Betrachtung einbezogen werden.

Der aus den Normen für das Errichten von Niederspannungsanlagen bekannte Begriff »Direktes Berühren« musste im Rahmen der IP-Schutzarten durch ein in sich geschlossenes System von Neufestlegungen ersetzt werden :

### 12.1.1 Gefährliches Teil

Ein Teil, dem sich zu nähern oder das zu berühren gefährlich ist.

#### ***Gefährliches aktives Teil***

Ein aktives Teil, das unter bestimmten äusseren Einflüssen einen elektrischen Schlag geben kann (siehe Ergänzung zu IEC 60536).

#### ***Gefährliches mechanisches Teil***

Ein sich bewegendes Teil, ausser einer glatten sich drehenden Welle, das zu berühren gefährlich ist.

### 12.1.2 Schutz durch ein Gehäuse gegen den Zugang zu gefährlichen Teilen

Der Schutz von Personen gegen

- Berühren von gefährlichen aktiven Teilen mit Niederspannung;
- Berühren von gefährlichen mechanischen Teilen;
- Annäherung unter ausreichendem Abstand an gefährliche aktive Teile mit Hochspannung innerhalb eines Gehäuses.

Anmerkung: Dieser Schutz kann erreicht werden

- mittels des Gehäuses selbst;
- mittels Abdeckungen als Teil des Gehäuses oder Abständen innerhalb des Gehäuses.

### 12.1.3 Ausreichender Abstand als Schutz gegen Zugang zu gefährlichen Teilen

Ein Abstand, um das Berühren oder Annähern einer Berührungssonde mit einem gefährlichen Teil zu verhindern.

### 12.1.4 Berührungssonde

Eine Prüfsonde, die in vereinbarter Weise einen Körperteil oder ein Werkzeug o.ä., das durch eine Person gehalten wird, nachahmt, um ausreichenden Abstand von gefährlichen Teilen nachzuweisen.

Mit dem Zusatz »... in vereinbarter Weise ... « soll ausgedrückt werden, dass es sich um eine **Konvention** handelt, die nicht alle in der Praxis denkbaren Fälle (Fingerlänge, Werkzeugabmessungen) abdecken kann.

12.2 Theorie und Praxis

Bei den Beratungen in den zuständigen nationalen und internationalen Normengremien wurde viel Zeit verwendet für die Frage, ob die genormten »Zugangssonden« wirklich repräsentativ sind für die Praxis.

Dies kann mit »absoluter Sicherheit« natürlich nicht gesagt werden :

- Nicht wenige Menschen haben Finger, die länger sind als die »genormten« 80 mm;
- Viele Schraubendreher sind länger als die »genormten« 100 mm und dünner als 2,5 mm;
- Viele Drähte sind länger als die »genormten« 100 mm und dünner als 1 mm.

Auch die lang und breit diskutierte Toleranz am konischen Teil, also an der »Fingerspitze« des Prüffingers und die Auswirkung dieser Tolerierung auf die Eindringtiefe und das Prüfergebn erscheinen höchstens theoretisch, aber nicht praktisch von Interesse.

Dass die Prüfmittel - die im übrigen in ihrer Grundkonzeption schon seit Jahrzehnten Bestandteil der in Deutschland gültigen VDE-Bestimmungen sind - sich zusammen mit vielen anderen Massnahmen zum »Berührungsschutz« bewährt haben, zeigt die insgesamt fallende Tendenz der Elektrounfälle.

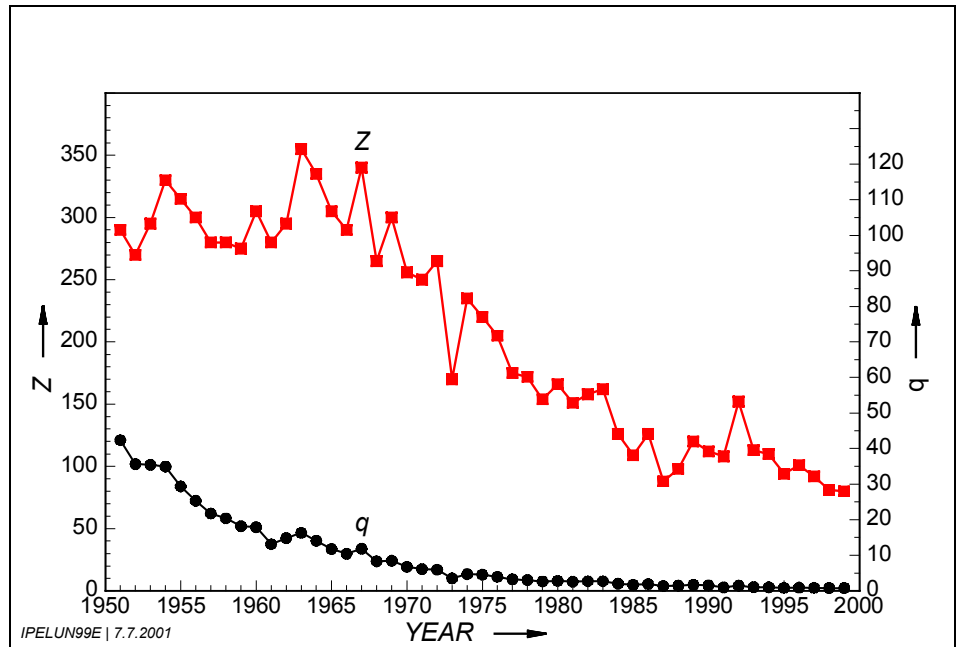


Bild 12.2.1 Tödliche Elektrounfälle in Deutschland 1950 ... 1999 nach DKE-Vorlage (B. Schröder; Harmonisierung kontra Sicherheit?)  
 Z – Zahl der Unfälle  
 Q – relative Todesquote, bezogen auf Zahl der Einwohner und el. Energieverbrauch

Wichtig ist, dass die elektrischen Betriebsmittel überhaupt nach gewissen Mindestanforderungen für den Berührungsschutz gebaut und geprüft werden und dass die Anforderungen an die Prüfmittel so einfach und praxisnah wie möglich gestaltet werden. Die Zahl der Gelenke am »beweglichen Prüffinger« und die Toleranzen an der »Fingerspitze« sind Beispiele für diese grundsätzliche und theoretische Diskussion. Bild 12.2.2 zeigt die Problematik einer konischen Prüfsonde, deren Eindringtiefe »b« umso mehr von der Toleranz der Durchmesser »d« und »D« abhängt, je schlanker der Konus ist. Im praktischen Beispiel des Prüffingers nach Bild 3.3.1 kann die Eindringtiefe im Rahmen der Toleranzen um etwa  $\Delta b = 1$  mm schwanken.

Bild 12.2.3 soll die Relationen zurechtrücken.

Statt also nun – wie teilweise gefordert – die Toleranz einzuengen, sollte den Konstrukteuren eines Gehäuses deutlich gemacht werden, dass ein entsprechender Sicherheitsabstand von den Mindestanforderungen der Norm eingehalten werden muss. In DIN EN 61032 (VDE 0470 Teil 2) : 1998 ist deshalb im »Informativen Anhang A« formuliert:

"Prüfsonden sind bewährte und festgelegte Mittel, um den Schutz von elektrischen Betriebsmitteln im Hinblick auf den Zugang zu gefährlichen Teilen nachzuweisen.

Kleine Grenzabweichungen sind hinsichtlich der Vereinbarkeit und Reproduzierbarkeit der Prüfergebnisse erwünscht, große Grenzabweichungen sind jedoch in Hinblick auf die wirtschaftliche Herstellung der Sonden und deren Abnutzung aufgrund des häufigen Gebrauchs erforderlich.

Es ist wichtig, daß sich sowohl die Konstrukteure von elektrischen Betriebsmitteln mit gefährlichen Teilen als auch die Benutzer von Prüfsonden dieser Tatsachen und der natürlichen Grenzen in der Anwendung der Prüfsonden bewusst sind.

Im Prinzip sollten die entsprechenden Maße der Elektrogeräte (z. B. Öffnungen oder Luftstrecken) so gestaltet sein, daß sie einen breiten Sicherheits-spielraum zwischen den gefährlichen Teilen und der Prüfsonde bieten, wobei die größte für die Sonde geltende Grenzabweichung zu berücksichtigen ist."

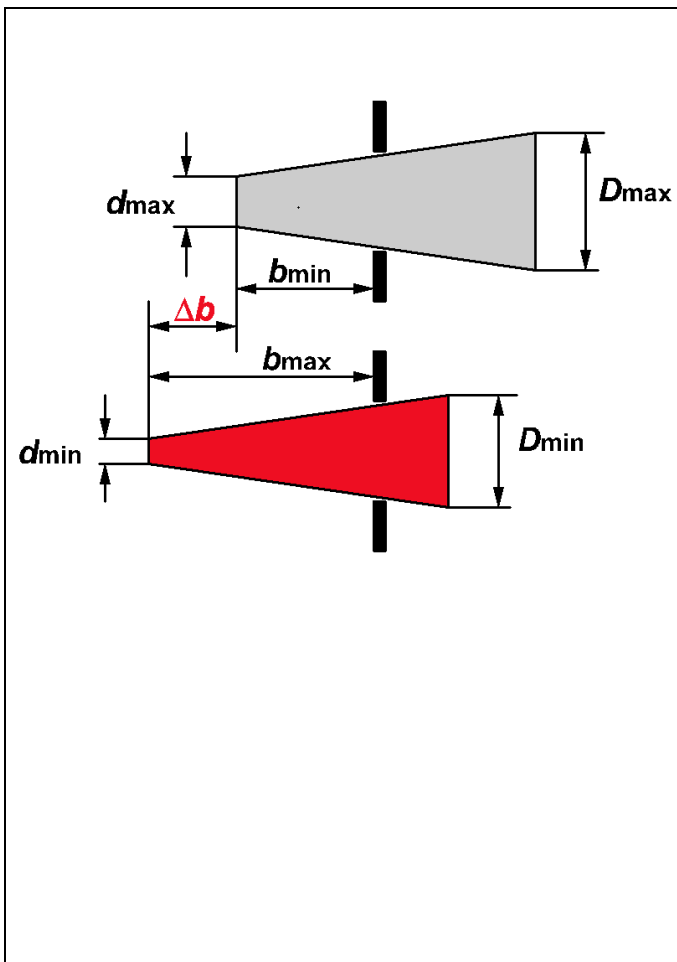


Bild 12.2.2  
Abhängigkeit der Eindringtiefe »b« von der Toleranz der Durchmesser an einer konischen Prüfsonde



Bild 12.2.3  
Offenes Kettenvorgelege an einem Getriebe-Motor in einer Fischmehlfabrik in Peru

**12.3 Schutz gegen Berührung durch Kinder**

Für **industrielle** Betriebsmittel – z.B. Elektromotoren – gilt derzeit noch der Grundsatz, dass nur »**unterwiesene Personen**« damit arbeiten. Der Berührungsschutz ist daher am Finger eines Erwachsenen orientiert (vgl. Tabelle 3.3.1).

Die Lufteintrittsöffnungen eines Elektromotors können daher Schlitz- bzw. runde oder quadratische Löcher mit bis zu 12 mm Weite haben. Da früher für explosionsgeschützte Motoren eine Öffnungsweite von 8 x 8 mm zugelassen war, wurde meist einheitlich mit einer Maschenweite von 8 mm konstruiert (vgl. Bild 4.2).

Motoren mit derartigen Lüfterhauben dringen zunehmend in den Bereich der »Laien Anwendungen« vor – zum Beispiel Antriebe für Hochdruck-Strahlgeräte, Gartenhäcksler, Betonmischer.

Die Graphik 12.3.1 zeigt, dass bei den genormten, am Erwachsenenfinger ausgerichteten Sicherheitsabständen ein Schutz gegen das **absichtliche Berühren durch Kinder** nicht gewährleistet ist.

- Linie »IEC 60529«:  
Eindringtiefe des Prüffingers nach EN 60529.
- Linien »EN 294, Tab. 5«;  
Sicherheitsabstände, die in der neuen Europeanorm EN 294 hinter Schlitzweiten »e« für Personen ab 3 Jahre vorgeschrieben sind.
- Linie »UL«:  
Eindringtiefen, die durch »Underwriters Laboratories« bei Versuchen mit 100 Kindern im Alter zwischen 3 und 10 Jahren ermittelt wurden (oberer Grenzwert).

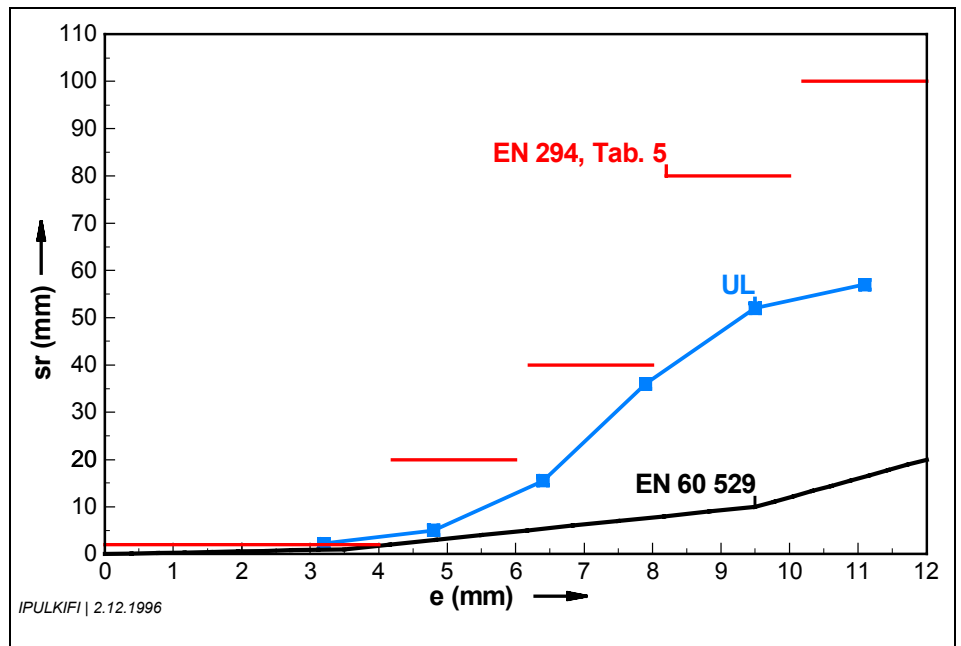


Bild 12.3.1 Vergleich von Sicherheitsabständen und Eindringtiefen

- EN 60529** Prüffinger für IP2X oder IPXXB
- EN 294** Europeanorm
- UL** Test der Underwriters Laboratories mit Kindern 3 ... 10 Jahre (max. erforderlicher Abstand)

e - Schlitzweite  
sr - Eindringtiefe

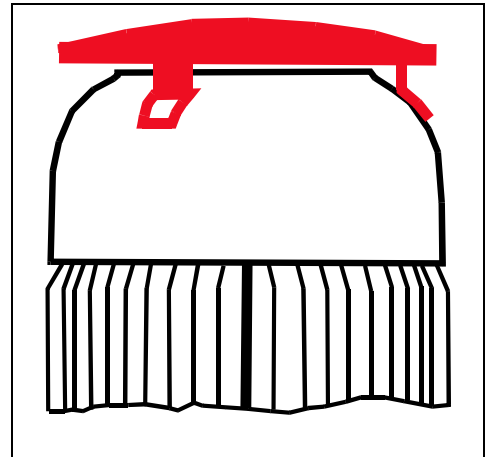
In den Normen für die Schutzart elektrische Maschinen (IEC 60034-5 = EN 60034-5) wird auf die Gefährdung von Kindern im Abschnitt 5.3 für die Abdeckung des Aussenlüfters hingewiesen:

**"Bei gewissen Anwendungen (wie Landwirtschaft- oder Haushaltsgeräte) können weitergehende Massnahmen für den Schutz gegen zufälliges oder absichtliches Berühren notwendig sein."**

Bild 12.3.2 zeigt, wie eine solche »weitergehende Massnahme« aussehen kann.

Bild 12.3.2

Zusätzliche Abdeckung für erhöhten Berührungsschutz an der Lüfterhaube eines geschlossenen, oberflächenbelüfteten Elektromotors



Im internationalen Normenkomitee TC 70 laufen auf Anstoss durch das ACOS (Advisory Committee on Safety = Beratendes Komitee für Sicherheit) Arbeiten zur Festlegung der Masse eines genormten Kinderfingers, mit dem dann – nach entsprechender Erweiterung der Normen betroffener elektrischer Betriebsmittel – der Schutz gegen Berühren durch Kinder geprüft werden muss.

#### **Zusammenfassung**

***Erhöhte Anforderungen an den Schutz gegen Zugang zum Aussenlüfter eines Elektromotors, die über die genormte »Fingersicherheit« hinausgehen, sind dem Hersteller mitzuteilen.***

***Der Berührungsschutz für die freie Welle und darauf angebrachte Übertragungselemente (Kupplungen, Riemenscheiben, Kettenräder) fällt grundsätzlich in die Zuständigkeit des Konstrukteurs oder Errichters der Anlage. Die gilt auch für ein eventuelles »Zweites Wellenende« auf der Lüfterseite des Motors.***



### 13 Kondenswasser

Bei Wicklungsschäden als Folge von Wasser oder Feuchtigkeit wird oft »Kondenswasser« als Ursache genannt. Für eine objektive Ursachenforschung lohnt es sich, die Vorgänge kritisch zu analysieren.

#### 13.1 Physikalischer Vorgang

Die Vorgänge, die zur Bildung von Kondenswasser führen, lassen sich am besten nach einem vereinfachten »Zustandsschaubild für feuchte Luft« in Anlehnung an DIN IEC 60721-2-1 erklären.

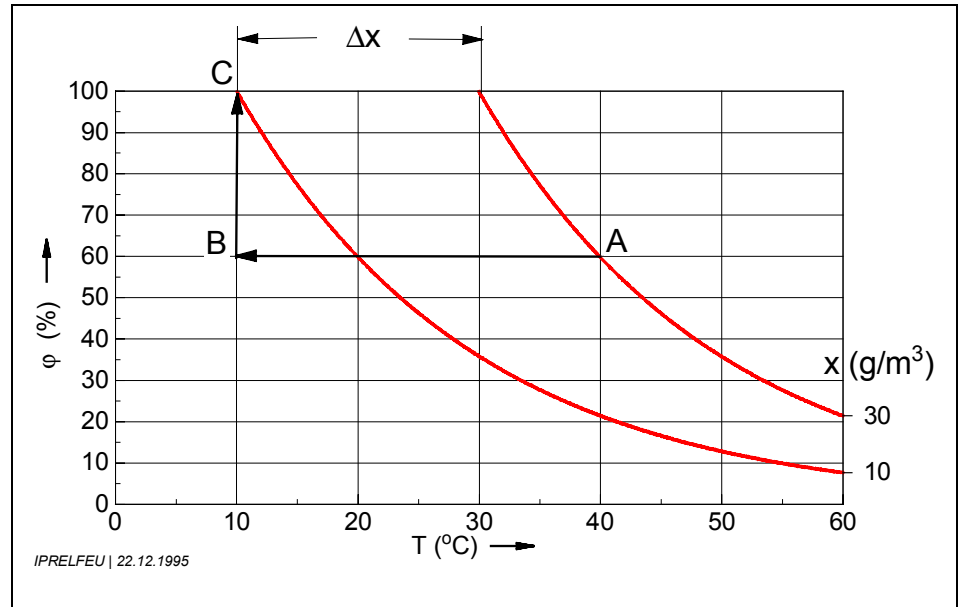


Bild 13.1 Vereinfachtes Zustandsschaubild für feuchte Luft in Anlehnung an DIN IEC 60721-2-1

- x - Absolute Luftfeuchte (Wasserdampfgehalt)
- φ - Relative Luftfeuchte
- T - Temperatur

Die Linien im Diagramm (zur Verbesserung der Übersicht auf zwei reduziert) zeigen den stabilen Zustand feuchter Luft. Eine »absolute Luftfeuchte x« von z.B. 30 g/m<sup>3</sup> kann bei 60 °C als Wasserdampf in Luft vorhanden sein. Die Luft ist dabei noch wenig mit Wasser gesättigt; die »relative Feuchte φ« (das Verhältnis zu maximalen Aufnahmefähigkeit) beträgt etwa 20 %. Erst bei einer Temperatur von 30 °C wird die Sättigungsgrenze mit 100 % erreicht – bei tieferen Temperaturen kann die Wassermenge nicht mehr ganz in Luft aufgenommen werden: Ein Teil fällt als »Kondenswasser« (Tau) aus. In einem geschlossenen, aber nicht luftdichten Gehäuse sei Luft mit einer absoluten Feuchte von x = 30 g/m<sup>3</sup> und einer Temperatur von 40 °C eingeschlossen (Punkt »A« im Diagramm). Die relative Feuchte beträgt φ = 60 %. Wird der Behälter und sein Inhalt rasch auf 10 °C (Punkt »B«) abgekühlt, so kann die Luft selbst bei vollständiger Sättigung am Punkt »C« (φ = 100 %) nur eine Feuchte von 10 g/m<sup>3</sup> behalten. Das »Sättigungsdefizit« Δx = 30 - 10 = 20 g/m<sup>3</sup> fällt in Form von Kondenswasser aus und schlägt sich vor allem an den kalten Stellen des Gehäuses (Innenwände) nieder.

### 13.2 Kondenswassermenge

In der Natur schwankt die »absolute Feuchte« – also die Wassermenge (g) pro Luftvolumen ( $m^3$ ) – zwischen etwa  $5\text{ g}/m^3$  (in Nordeuropa) und  $30\text{ g}/m^3$  (in der Äquatorzone). Diese Zahlen signalisieren, dass die Kondensatmenge auch im Extremfall nicht hoch sein kann. Das Diagramm gibt Richtwerte für das freie Luftvolumen (V) von Motoren im Bereich der Achshöhen 71 ... 200 mm und den maximalen dampfförmigen Wassergehalt in der Luft, nämlich 600 mg ( $0,6\text{ g}$ ) bei Baugrösse 200 ! Nur ein Bruchteil dieses Wassers kann als Kondenswasser ausfallen.

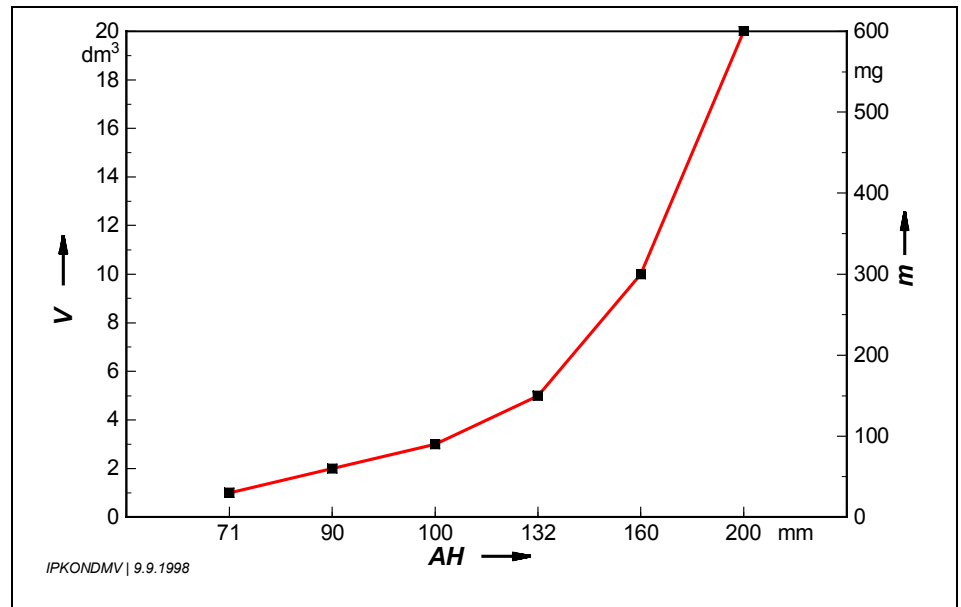


Bild 13.2 Richtwerte für das freie Luftvolumen (V) und den maximalen Wassergehalt (m) bei Motoren mit Achshöhen (AH) 71 ... 200 mm

Selbst bei wiederholter Erwärmung und Abkühlung ist physikalisch nicht zu begründen, dass sich Kondenswasser in solchen Mengen ansammelt, dass Wicklungsteile »unter Wasser stehen«.

**Damit entfällt aber auch die Wirkung eines Kondenswasser-Ablaufloches.**

### 13.3 Grösse und Lage von Kondenswasserlöchern

Die Motorenhersteller haben sich früher viele Gedanken zur richtigen Anbringung von Kondenswasserlöchern gemacht. Entsprechende Anweisungen in Betriebsanleitungen sprachen Bände.

- Das Kondenswasserloch sollte nicht zu gross sein, um das Eindringen von Staub und Fremdwasser zu reduzieren: Nach der früher gültigen Norm DIN 40 050; Auswahlblatt 1 von 1963 maximal 8 mm.
- Es durfte nicht zu klein sein, um ein Verstopfen durch Rost und Schmutz zu verhindern: Mindestens 4 ... 6 mm.
- Es sollte an der tiefsten Stelle liegen: Bei verschiedenen Aufstellungen und vor allem bei senkrechter Anordnung keine einfache Forderung. Die Vorstellung, dass Wasser vom oberen Wickelraum durch die Nut und den Luftspalt zum unteren Wickelkopf sickert und dort schadlos abläuft, ist ebenso wenig nachvollziehbar wie die Wirkung eines Loches am oberen Ende des Blechpaketes (Bild 13.3).
- Da offene Kondenswasserlöcher offenbar mehr geschadet als genützt haben, wurden Verschlussstopfen erfunden: Von der Wurmschraube (die festrostet) über Kunststoffstopfen (die so unzugänglich sind, dass sie nicht geöffnet werden) bis zum Ventil, das dann sogar noch eine elektrische Einschaltsperr für den Motor betätigen sollte (Deutsches Bundespatent).
- Bei der Zündschutzart »druckfeste Kapselung« waren zünddurchschlag-sichere Anordnungen erforderlich.

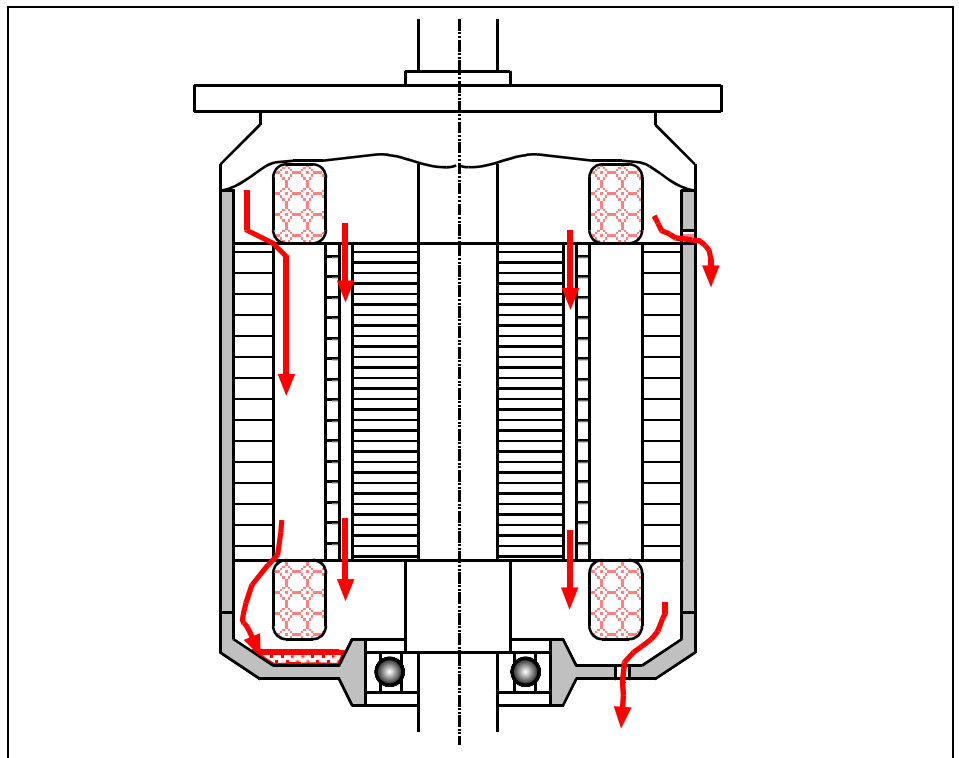


Bild 13.3 Prinzipbild einer Maschine in Anordnung V3 mit theoretischen und tatsächlichen Wegen des Kondenswassers

#### 13.4 Schutz gegen Kondenswasser

Im vorigen Abschnitt wurde die früher ausführlich diskutierte Problematik ausführlich dargestellt, um die heute übliche Betrachtungsweise besonders deutlich zu machen:

- Kondenswasser kann **nicht vollständig vermieden** werden.
- Es führt zunächst zu einem Feuchtigkeitsfilm auf allen Teilen – auch auf der Wicklung – und nur in Extremfällen zu einer solchen Ansammlung, dass es abgelassen werden kann.  
Feuchtigkeitsfeste, **unhygroskopische Isoliermaterialien** und Lacke sind wichtiger als eine Ablassöffnung.
- Reichliche Abstände** vor allem im Bereich der möglichen Wasseransammlung.
- In Extremfällen **Ständerstillstandsheizung**, um rasche und starke Temperaturunterschiede zu vermeiden. Bei mittleren und grösseren Motoren werden hierzu spezielle Heizwicklungen eingebracht. Bei kleineren Maschinen wird meist die Ständerwicklung mit etwa 20 % der Bemessungsspannung einphasig gespeist .
- Für Sonderfälle ist ein »Klimastutzen« am Markt (vgl. Bild 13.4.2).  
Als **Atmungshilfe** vermindert er Unterdruck, Saugwasser, Kondenswasseransammlung.  
Als **Ablaufloch** für eingedrungenes Fremdwasser hat er einen hohen IP-Schutzgrad gegen Staub, Wasser und Berührung.

Die jahrzehntelange Praxis zeigt, dass bei Einhaltung dieser Grundsätze gefahrlos auf ein Kondenswasserloch verzichtet werden kann. Während nach einer 1963 durchgeführten Umfrage noch mehr als 80 % aller in Deutschland produzierten geschlossenen Drehstrommotoren serienmässig mit Kondenswasserabflusslöchern geliefert wurden, ist diese Ausführung heute die teilweise nur auf Wunsch gelieferte Ausnahme.

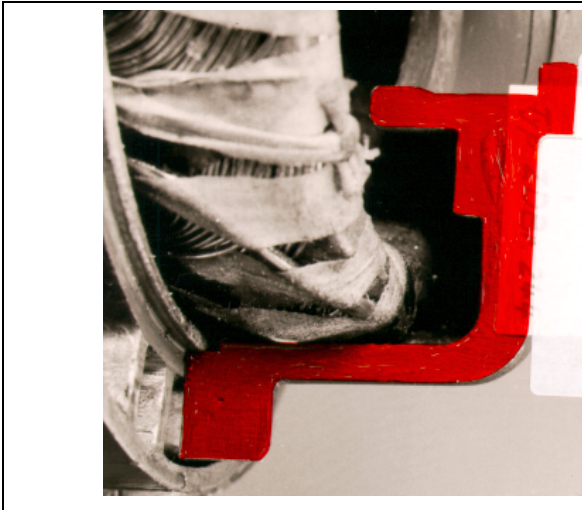


Bild 13.4.1  
Gedrängte Raumverhältnisse zwischen Wickelkopf und Lagerschild führen bei Kondenswasser zu Überschlägen.  
Hier kann auch ein Ablassloch nicht helfen

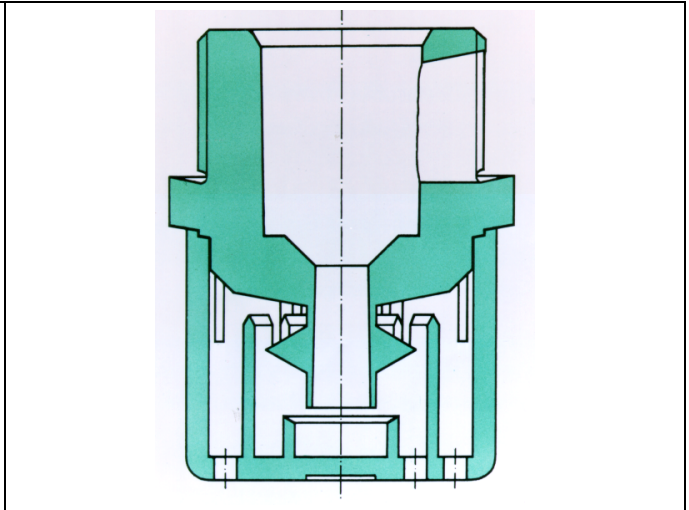


Bild 13.4.2  
Klimastutzen mit Gewinden Pg 16 und Pg 21 sowie M 25 und M 32  
Hersteller : STAHL Schaltgeräte GmbH

**13.5 Abgrenzung  
Kondenswasser –  
Fremdwasser –  
Ausscheidung**

Wicklungsschäden durch Wasser oder Feuchtigkeit sollten nicht vorschnell auf Kondenswasser zurückgeführt werden.

In der überwiegenden Zahl solcher Schadensfälle handelt es sich um Fremdwasser, dessen Spur sich oft zurückverfolgen lässt. Nehmen Rostspuren an Einpässen, Lagerflanschen, ins Innere führenden Gewinden oder an den Auflageflächen des Klemmenkastens ihren Anfang, so lassen sie eindeutige Rückschlüsse auf Fremdwasser zu – vor allem bei entsprechenden Einsatzbedingungen (z. B. Aufstellung im Freien).

Weniger bekannt ist, dass neue Wicklungen bei der ersten Inbetriebnahme Wasser abscheiden können, wenn hygroskopische Isolierstoffe (z. B. für die Blechisolation) verwendet wurden. Nach den Untersuchungen einer Dissertation handelt es sich um erstaunliche Mengen, die allerdings bei jedem weiteren Erwärmungslauf deutlich abnehmen und die sich auch nach längerer Einwirkung von Luftfeuchte nicht reproduzieren.

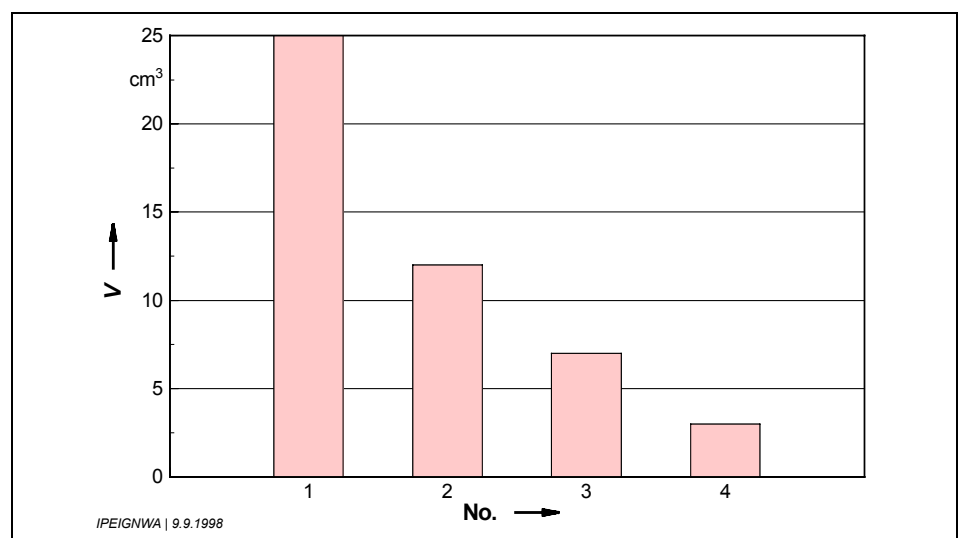


Bild 13.5 Abgeschiedene Flüssigkeitsmenge (V) bei einem Drehstrommotor der Achshöhe 132 bei den ersten vier Erwärmungsläufen nach der Fertigung

## 14 Feuchtigkeit Tropen Termiten

Dieser Abschnitt soll deutlich machen, dass ein hoher IP-Code zwar eine zusätzliche, aber keine alleinige Sicherheit bietet. Dies wird auch aus der Norm EN 60529 deutlich, in der u.a. folgende Einflüsse aus dem **Schutzumfang ausgeklammert** sind:

- Korrosion
- Schimmel
- Schädliche Insekten
- Sonnenstrahlung
- Feuchtigkeit (z.B. durch Kondensation gebildet).

### 14.1 Feuchtigkeit

In der Umgebungsluft ist immer ein bestimmter Wasseranteil in dampfförmigem Zustand enthalten.

In der Natur schwankt die »absolute Feuchte« – also die Wassermenge (g) pro Luftvolumen ( $m^3$ ) – zwischen etwa  $5\text{ g/m}^3$  (Nordeuropa) und  $30\text{ g/m}^3$  (Äquatorzone). Je wärmer die Luft ist, umso mehr Feuchtigkeit kann sie aufnehmen – im »Waschküchenklima« ist die absolute Feuchte besonders hoch. (»Relative Feuchte« und »Kondenswasser« werden im Abschnitt 13 behandelt.)

Die Feuchtigkeit wird an wasseraufnahmefähige (hygroskopische) Stoffe abgegeben. Selbst moderner, hochveredelter Pressspan nimmt bis zu 15 % seines Gewichtes Wasser auf (siehe Bild 14.1.1).

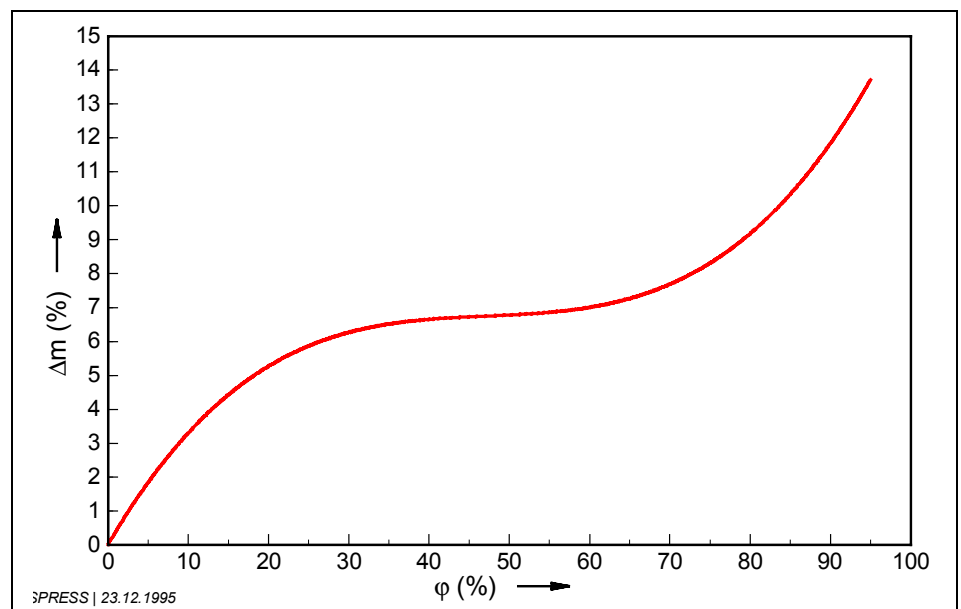


Bild 14.1.1 Wasseraufnahme ( $\Delta m$ ) in % des Gewichtes von Pressspan bei Lagerung in Luft verschiedener relativer Feuchte ( $\varphi$ )

Im Zeitalter der Isolierstoffklassen »A« und »E« (Papier, Pressspan, Baumwolle, Seide, Asbest) kam es bei längerer Einwirkung hoher Luftfeuchtigkeit zu einer Abnahme der Isolationswerte und schliesslich oft zum Ausfall der Wicklung. Bei der Gegenüberstellung der Durchschlagfestigkeit von heute üblichem Pressspan und modernen Folien wird der grundsätzliche Unterschied vor allem in der **absoluten Höhe** und weniger in der Abhängigkeit von der relativen Feuchte deutlich (Bild 14.1.2; logarithmischen Massstab beachten!).

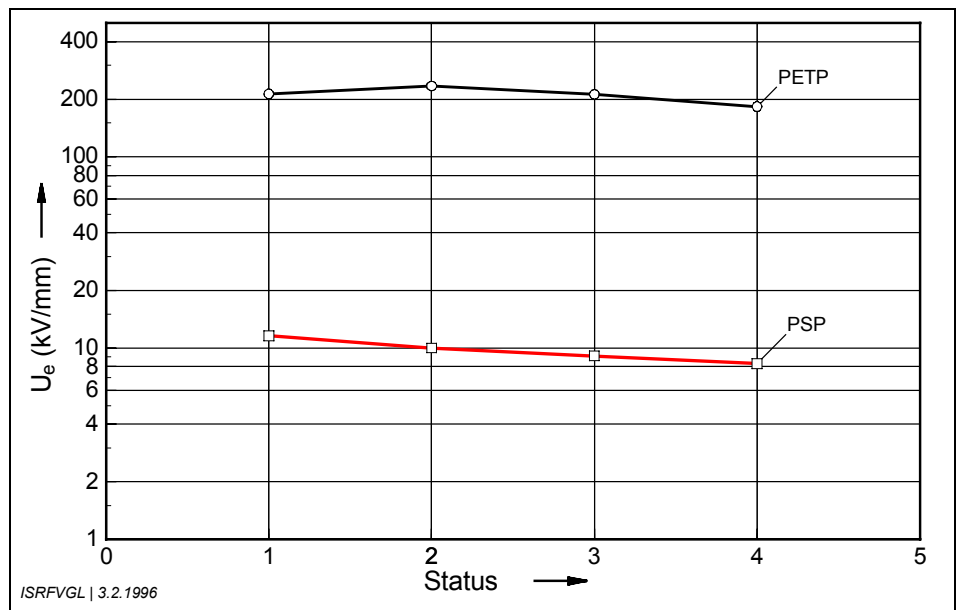


Bild 14.1.2 Durchlagfestigkeit ( $U_e$ ) von Pressspan (PSP) und Polyethylenteraphtalat-Folie (PETP) in Abhängigkeit von hoher relativer Luftfeuchte (RF)

**Status :**

- 1 - Trocknung 2 h bei 105 °C
- 2 - Lagerung 4 Tage bei 50 % RF
- 3 - Lagerung 4 Tage bei 65 % RF
- 4 - Lagerung 4 Tage bei 85 % RF

nach einer speziell für diesen Bericht erstellten Versuchsreihe der Fa. A. KREMPEL Soehne GmbH

Die Einwirkung von Luftfeuchtigkeit ist auch durch eine hohe IP-Schutzart nicht zu verhindern, weil die Feuchtigkeit mit der Luft in das Gehäuse eindringt und weil auch der höchste IP-Code keinen luftdichten Abschluss gewährleistet. In der Norm für die »Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)« EN 60529 ist daher im Abschnitt 2 »Zweck« ausdrücklich festgelegt:

"Massnahmen zum Schutz ... des Betriebsmittels ... gegen äussere Einflüsse wie z.B. Feuchtigkeit ... sind Angelegenheiten der betreffenden Produktnorm."

Im Klartext:

**Schutz gegen Feuchtigkeit kann nicht durch eine hohe IP-Schutzart erreicht werden.**

Die Entwicklung der Isolierstofftechnik hat das Problem auf einfache Weise entschärft oder gelöst:

**Moderne Flächenisolerstoffe** (wie z.B. Polyesterfolien, aromatische Polyamide, Polyimid) sind fast gänzlich **unhygroscopisch** und bieten in Kombination mit dem übrigen Isoliersystem einen weitgehenden **Schutz gegen hohe Luftfeuchtigkeit**.

## 14.2 Tropen

In den Normen gibt es weder eine einheitliche Gebietsbezeichnung »Tropen« noch eine Festlegung für die Anforderungen an »Tropensicherheit«, »Tropenschutz« oder »Tropenisolation«.

Die Begriffe werden von den verschiedenen Herstellern in ähnlichem Sinne benutzt, beeinhaltet aber teilweise unterschiedliche Sondermaßnahmen je nach Stand der Grundausführung.

Ohne Anspruch auf Vollständigkeit wird versucht, zur Klärung der Begriffe beizutragen.



### 14.2.1 Geographisches Gebiet

Von den »Freiluftklimaten« nach DIN IEC 60721-2-1:1992, kann der in der Tabelle markierte Bereich den »Tropen« zugerechnet werden. Die Klimakarte aus dieser Norm ist auf den Seiten 14/4+5 mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. wiedergegeben. Maßgebend für das Anwenden der Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

EC	C	CT	WT	WDr	MWDr	EWDr	WDa	WDaE
					TROPEN			
extrem kalt	kalt	gemässigt kalt	gemässigt	mässig trocken	warm-trocken	extrem warm-trocken	warm-feucht	ausgeglichen warm-feucht

Zur weiteren Erläuterung wird aus der ausgezeichneten Darstellung von W. Rudolph (etz-b, 1/1976) auszugsweise zitiert: Die Tropen sind die Zonen der Erde, in denen tagsüber ständig hohe Temperaturen herrschen – häufig verbunden mit hohen Niederschlägen. In diesen Gebieten gibt es keine oder nur schwach ausgeprägte Jahreszeiten. Im allgemeinen Sprachgebrauch versteht man unter Tropen im wesentlichen die Zone mit tropischem Klima, über deren Abgrenzung jedoch sehr unterschiedliche Angaben zu finden sind, z. B.:

- 20 °C Isotherme des kältesten Monats
- nördliche und südliche Grenze der Passatwinde oder der Palmen
- südliche und nördliche Grenze des Schneefalls
- die Linien, an denen die jährlichen Temperaturschwankungen grösser werden als die täglichen.

Das Klima der Tropen reicht vom feuchtwarmen Klima im tropischen Regenwald am Äquator bis zum trockenwarmen Klima in den Wüsten in der Nähe der Wendekreise. Auch findet man Gebiete, deren Klima aufgrund der Höhenlage von den sonst üblichen Bedingungen dieser Breiten stark abweichen, z. B. die Sonneneinstrahlung und der Luftdruck oder Eis und Schnee auf den Gipfeln der Gebirge. Die Umgebungsbedingungen in den Tropen sind in manchen Gebieten durch sehr gleichmässige Verhältnisse, in anderen Gebieten durch sehr extreme Einflussgrössen gekennzeichnet.

#### **Ausgeglichene Bedingungen:**

- Temperaturschwankungen:** Täglich und jahreszeitlich minimal, z. T. Schwankungen von weniger als 1 °C oder von maximal 6 °C
- Tageslängen:** Ausgeglichen zwischen 10,5 und 13,5 h
- Sonneneinstrahlung:** Gleichmässig.

#### **Extreme Bedingungen:**

- Niederschläge:** In der Nähe des Äquators Regenschauer während des gesamten Jahres, in der Nähe des Wendekreises Regenschauer während bestimmter Perioden des Jahres
- Tropische Wirbelstürme in Meeresgebieten:** Windgeschwindigkeiten von 100 km/h mit Spitzenböen von mehr als 200 km/h, z.B. in den Taifunen im westlichen Pazifik und den Hurrikans in der karibischen See.

### 14.2.2 Umwelteinflüsse

Die wichtigsten Umwelteinflüsse für elektrische Anlagen in den Tropen sind: Temperatur und Luftfeuchte, Sturm und Niederschlag, Betauung und Strahlung. Daneben sind auch zusätzliche Klimakomponenten zu beachten: Chemisch-aggressive Atmosphäre in Meeresnähe infolge Salzgehalt der Luft, Atmosphärische Entladungen (Blitz) in Tropengewittern, Flugsand in der Wüste.

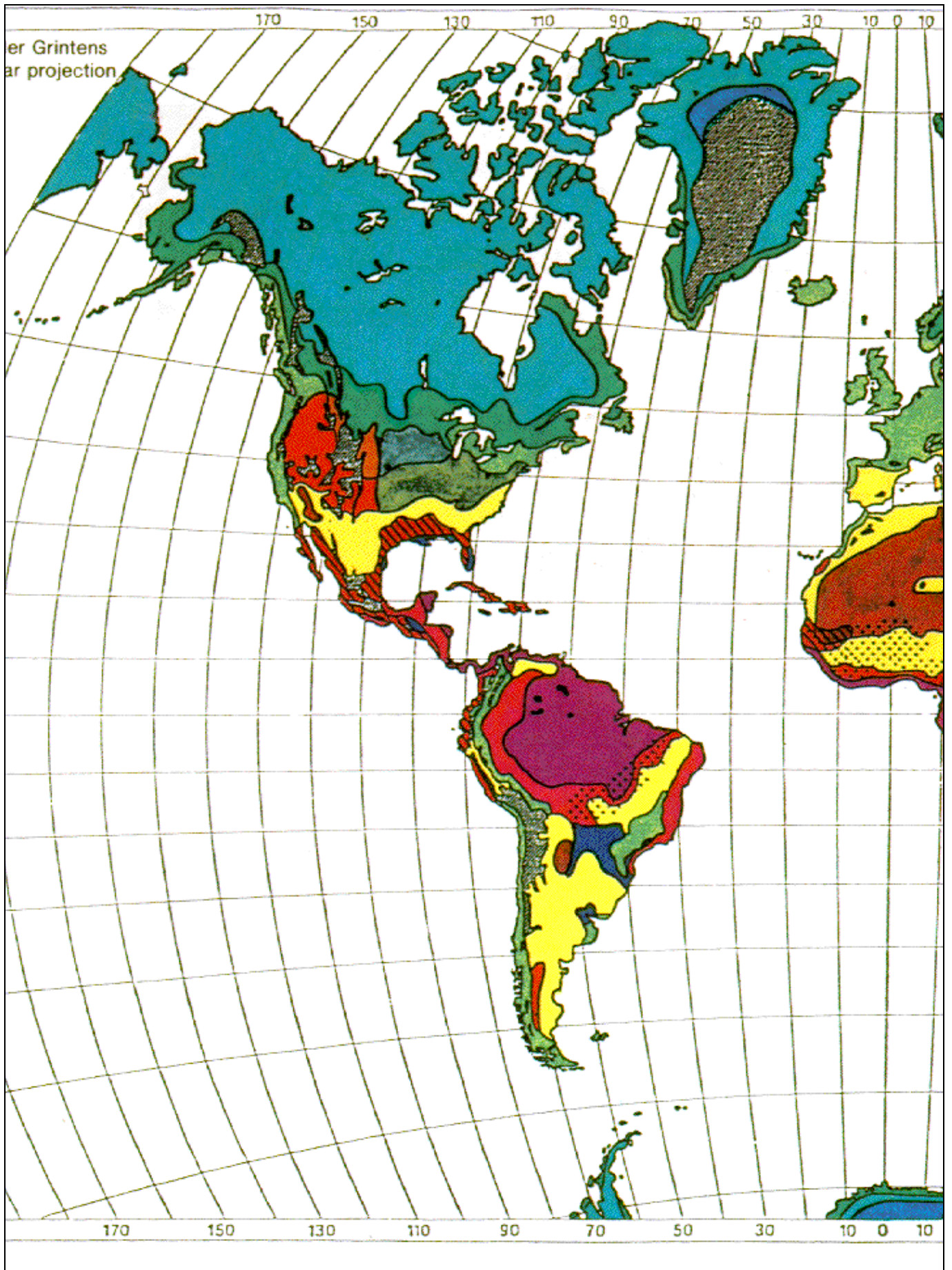


Bild 14.2.1.1 Freiluftklimare (West) nach DIN IEC 60721 Teil 2-1 und L. Gittel (Erläuterungen siehe Seite 14-3)



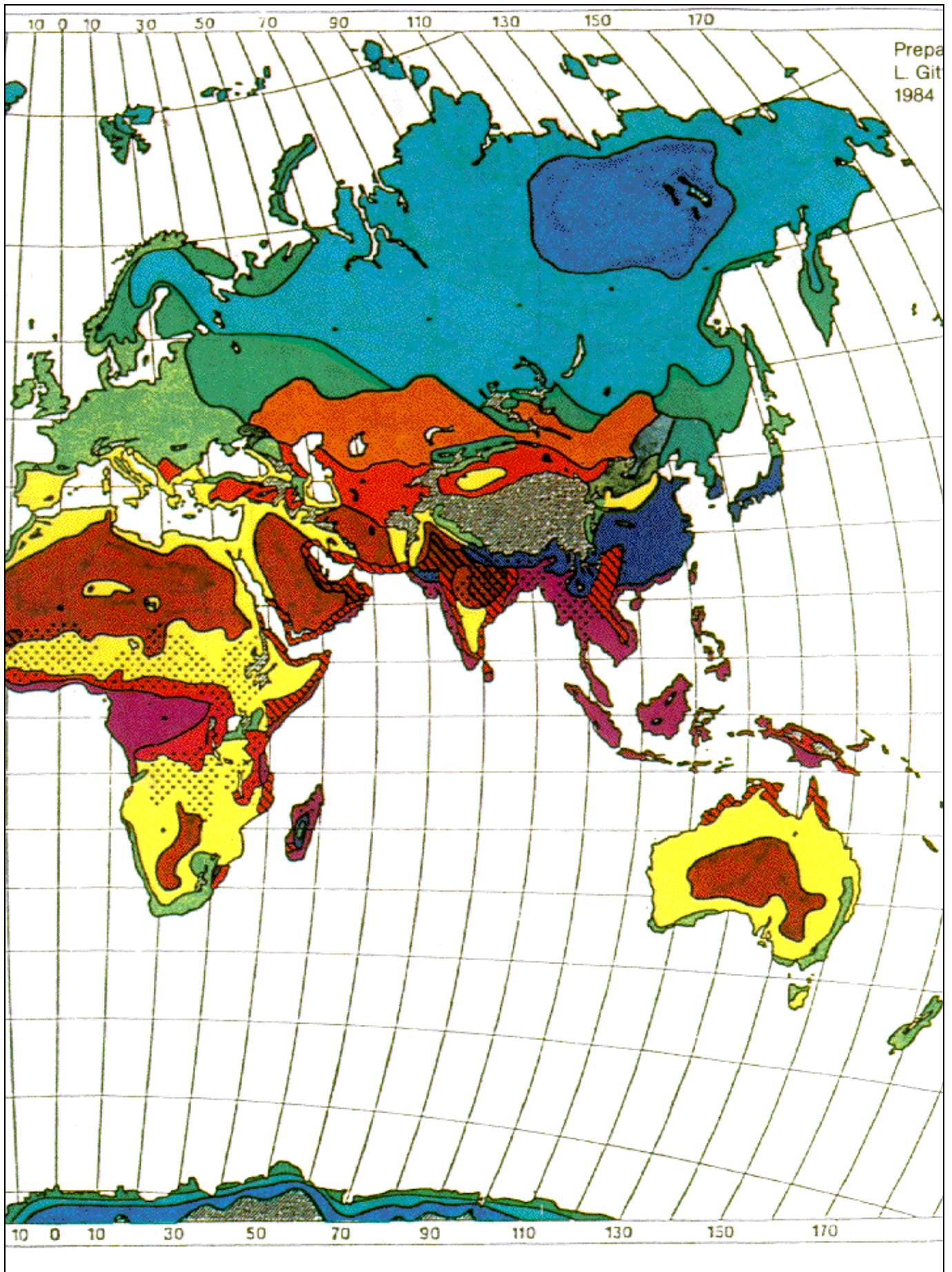


Bild 14.2.1.2 Freiluftklimat (Ost) nach DIN IEC 60721 Teil 2-1 und L. Gittel (Erläuterungen siehe Seite 14-3)



Bild 14.2.2 Förderlinie aus fahrbaren Gurtförderern mit Trommel-Motoren bei der Salzgewinnung in einem tropischen Gebiet

### 14.3 Schimmelpilz

Schimmelpilze entstehen in allen feuchten Klimaten bei ruhiger Luft, bei entsprechender Temperatur und bei passenden Nährböden. Der günstigste Temperaturbereich für die Schimmelbildung liegt um + 25 bis + 30 °C bei gleichzeitig auftretenden hohen Werten der relativen Luftfeuchte. Störende Folgen der Schimmelbildung können sein:

Feuchteansammlung, Verfärbung der Oberfläche, Korrosion, Zersetzung und Zerstörung von Kunststoffen, Verminderung der Isolationswiderstände und Kriechwege. Für Schimmel anfällige Werkstoffe sind in elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen zu vermeiden (z. B. Leder, Pappe, tierische und pflanzliche Fette). Besser ist es, Werkstoffe zu verwenden, die dem Schimmelpilz keine Nahrung geben (z. B. Silicone, Hart-PVC).

## 14.4 Termiten

Etwa 2000 Termitenarten sind bekannt, wovon etwa 500 Arten als schädlich anzusehen sind. Sie treten vorwiegend in den Tropen auf. Termiten nagen alles an, was ihnen den Weg zu ihrer Nahrung versperrt, sofern die Materialien weicher sind als ihre Fresswerkzeuge und ausserdem so geformt sind, dass die Fresswerkzeuge sie umfassen können. Gefährdet sind Holz, Kunststoffe, auch solche Metalle und andere Werkstoffe, die man mit dem Fingernagel ritzen kann.

Technische Materialien wie Kunststoffe oder trockenes Bauholz werden von diesen Termitenarten meist nur dann angenagt, wenn die natürliche Nahrung fehlt. Die günstigsten Lebensbedingungen der tropischen Termitenarten liegen bei 26 bis 30 °C und bei einer relativen Luftfeuchte von 90 bis 97 %.

**Der beste Schutz gegen Termiten besteht in einer metallischen Umhüllung mit einem hohen IP-Schutzgrad**, z.B. mindestens IP5X, wie ihn Drehstrom-Normmotoren heute fast durchweg serienmässig aufweisen. Der Abschluss muss metallisch sein oder – z.B. an Wellendichtungen – eine Spaltweite unter etwa 1 mm aufweisen. Kunststoff- oder Gummidichtungen sollten nicht zugänglich sein. Dies gilt natürlich auch für die Anschluss- und Hilfsleitungen, die entweder als metallisch bewehrtes Kabel oder als metallische Rohrleitung auszuführen sind.

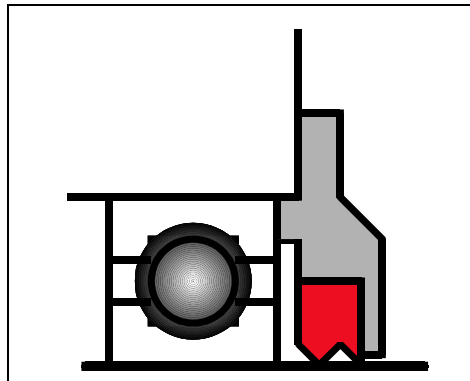


Bild 14.3.1  
Wellendichtung mit metallischem  
Schurz vor den Neopren-Teilen

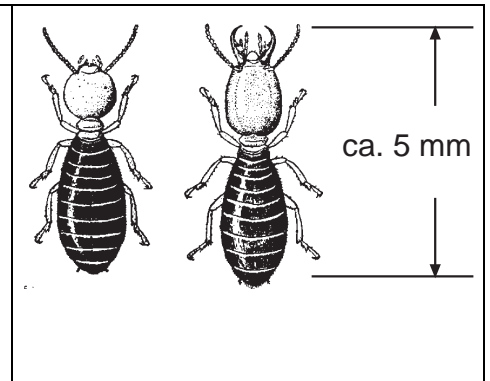


Bild 14.3.2  
Eine der vielen Termitenarten  
links Arbeiter rechts Soldat

## 15 Staubexplosionsschutz

Brennbare Stoffe (Holz, Kohle, Nahrungsmittel, Kunststoffe, Aluminium) können in Staubform (Korngrösse < 0,4 mm) mit Luft ein explosionsfähiges Gemisch bilden. Bild 15.0.1 zeigt nach Unterlagen des BIA den Anteil von verschiedenen Staubarten an den in Deutschland erfassten Staubexplosionen. Die Auswirkungen einer Staubexplosion sind Bild 15.0.2 zu entnehmen.

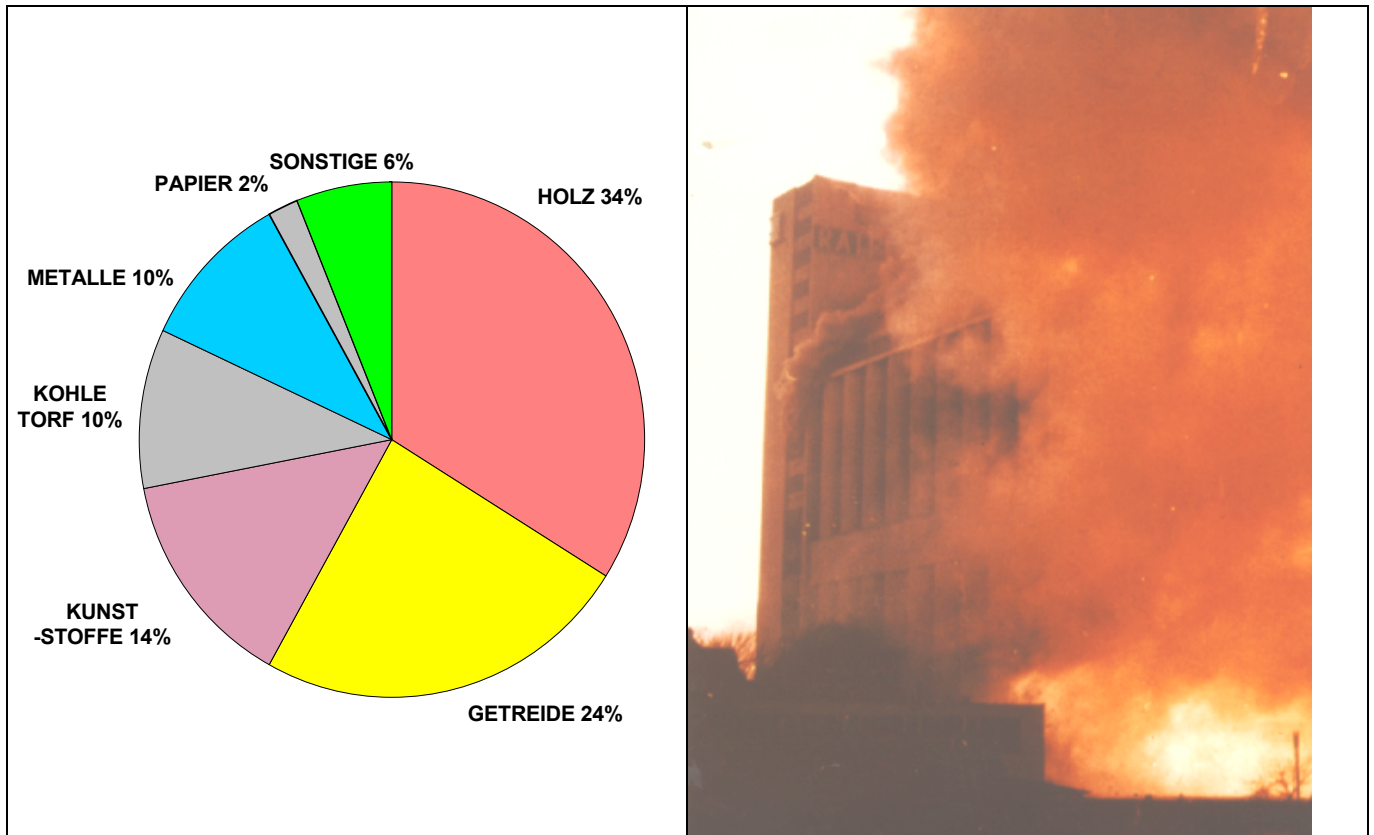


Bild 15.0.1  
Anteil der Staubarten an Staubexplosionen

Bild 15.0.2  
Staubexplosion in einem Kraftfutterwerk

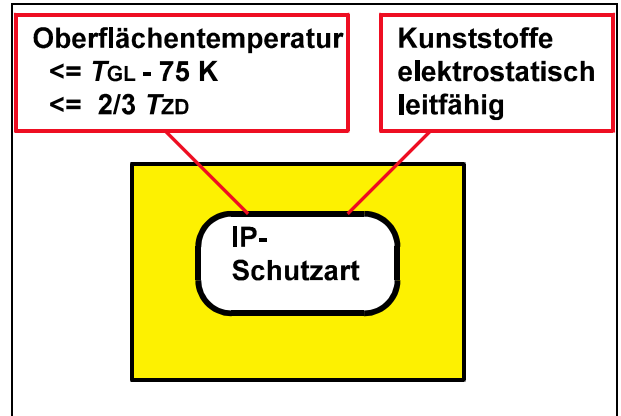
### 15.1 Anforderungen

Wenn es gelingt, das Innere eines Motorgehäuses staubfrei zu halten, so liegt hier ein »Bereich ohne Explosionsgefahr« vor, selbst wenn der Motor in einem staubexplosionsfähigen Bereich eingesetzt ist. Von diesem Prinzip wird – neben der Begrenzung und Überwachung der Oberflächentemperatur unter allen Betriebsbedingungen – europäischen Normen EN 50281-1-1 und -2 Gebrauch gemacht. In nachstehender Tabelle wird bei der Festlegung der Schutzart für leitfähigen Staub auf eine künftige IEC 61241-14 vorgegriffen, was technisch berechtigt ist

Mindest-IP-Schutzarten		
Zone	leitender Staub	nichtleitender Staub
10	IP6X	IP6X
11	IP5X	IP5X
20	IP6X	IP6X
21	IP6X	IP6X
22	aktive Teile IP6X inaktive Teile IP5X	IP5X



Bild 15.1  
Grundsätzliche  
Anforderungen für den  
Staubexplosionsschutz



## 15.2 IP-Schutzart als Teil des Staub- explosionsschutzes

Dank der langjährigen und intensiven Bemühungen der deutschen Mitarbeiter in den zuständigen Gremien wird sowohl in den internationalen Normen IEC 61241 wie in den weitgehend darauf basierenden regionalen Normen EN 50281 von den **normalen** IP-Schutzarten Gebrauch gemacht.

Spezielle Prüfverfahren für die Dichtheit und Erwärmung werden lediglich in den auf den **nordamerikanischen Markt** ausgerichteten Anforderungen für die »Practice B« der IEC 61241 sowie in den Vorschriften der UL (Underwriters' Laboratories) vorgeschrieben. Bei der Dichtheitsprüfung in einem Gemisch von Getreidestaub wird während sechs Belastungszyklen (6 mal 6 Stunden Nennlast/6 Stunden Stillstand) der Unterdruck durch Erwärmung und Abkühlung erzeugt. Die Mehrerwärmung wegen der Staubauflage wird im »**closed test**« oder »**dust blanket test**« simuliert.

Nach den Europanormen kann sowohl für die Prüfung der Dichtheit wie für die Ermittlung der Erwärmung ein normaler Prüfablauf benutzt werden, wie er auch für die Verwendung im nicht explosionsgefährdeten Bereich üblich ist. Die Mehrerwärmung für Staubauflagen 5 ... 50 mm wird durch empirisch gewonnene Diagramme berücksichtigt.

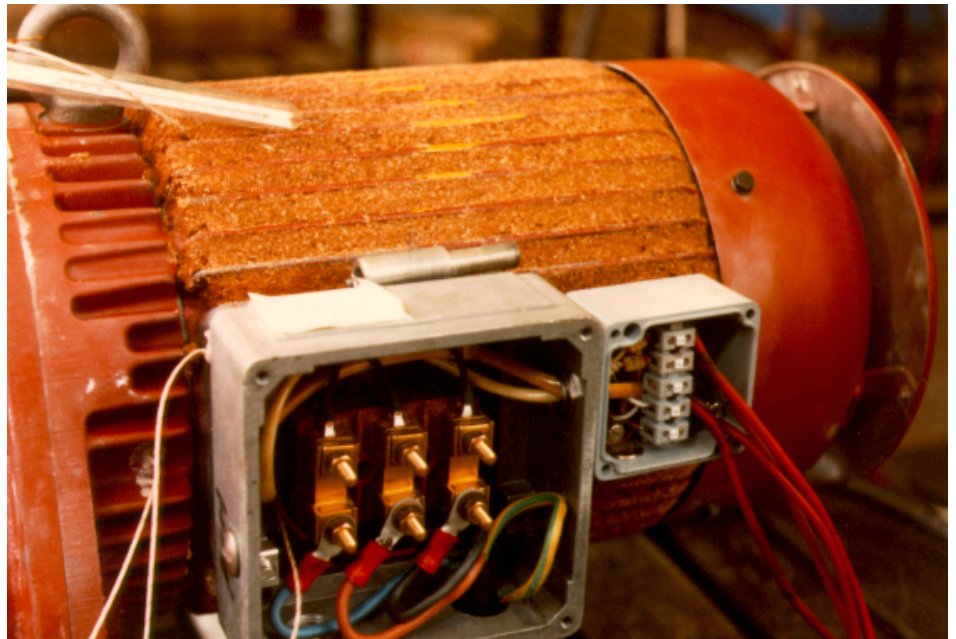


Bild 15.2.1 Getriebemotor im »closed test« mit dicker Staubauflage nach "Practice B« in IEC 61241 und nach nordamerikanischen Prüfbedingungen der UL und CSA

Wenn allerdings mit »**unkontrollierbaren**« Staubauflagen (über 50 mm Dicke) oder **völliger Einschüttung** gerechnet werden muss, ist des Betriebsmittel einer speziellen Abnahme im Labor einer Prüfstelle zu unterziehen.



Bild 15.2.2 Getriebemotor mit unzulässig hoher Staubauflage in einer Mälzerei

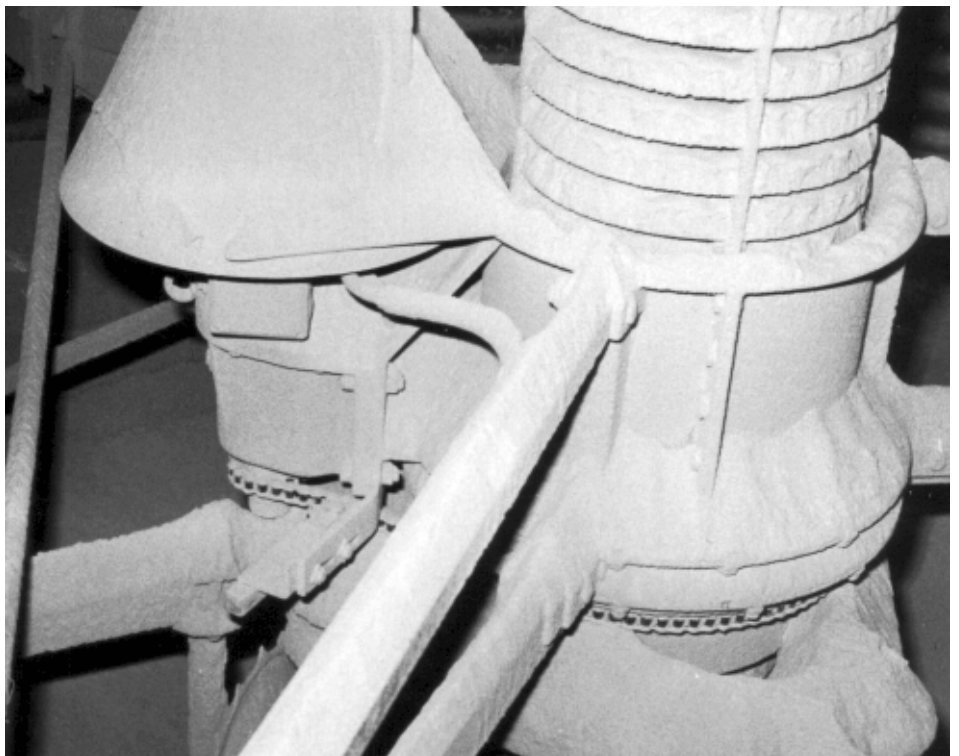


Bild 15.2.3 Staubexplosionsgeschützter Getriebe-Motor zum Antrieb einer Kratzer-Vorrichtung in der Zone 10 eines Silos; Schutzhaube vermindert »unkontrollierbare Staubablagerungen«

## 16 IP-Schutzart und Zündschutzart

Bei der Neufassung der Schutzartnormen wurde der Begriff »IP-Schutzart« gewählt, um den Schutz gegen Berühren, Fremdkörper und Wasser deutlich gegen den im Zusammenhang mit **Explosionsschutz** eingeführten Begriff »Zündschutzart« abzugrenzen.

IP-Schutzart und Zündschutzart stehen in einem natürlichen Zusammenhang. Beim Gas-Explosionsschutz wäre eine hermetische Kapselung des Motorgehäuses erstrebenswert, doch ist eine solche Konstruktion bei elektrischen Maschinen wegen der Wellendurchführung mit sehr grossem Aufwand verbunden. Es wird daher nur bei relativ grossen Maschinen die Zündschutzart »p« (Überdruckkapselung, früher Fremdbelüftung »f«) angewandt. Bei der häufig verwendeten Zündschutzart »e« (Erhöhte Sicherheit) wird der Explosionsschutz auf andere Weise erreicht, so dass nach DIN EN 50019 für allgemeine Anwendung die Gehäuseschutzart IP44, bei Aufstellung in sauberen Räumen sogar IP20 zugelassen werden kann.

Beim Staub-Explosionsschutz hat die staubdichte Kapselung – neben der Begrenzung der Oberflächentemperatur – eine entscheidende Schutzfunktion.

Bei der Auswahl von elektrischen Betriebsmitteln für explosionsgefährdete Bereiche spielt eine wichtige Rolle, mit welcher Wahrscheinlichkeit explosionsfähige Atmosphäre mit einer zum Zündanlass führenden Störung zusammentreffen kann. Daher werden die Bereiche in Zonen eingeteilt.

Als Zone 2 gelten Bereiche, in denen damit zu rechnen ist, dass gefährliche **explosionsfähige Atmosphäre nur selten und dann auch nur kurzzeitig auftritt**. Eine vollkommen geschlossene Ausführung verhindert im Gefahrenfall ein rasches Eindringen des explosionsfähigen Gases in das Motorgehäuse; bis innerhalb des Gehäuses eine zündfähige Gaskonzentration erreicht wird, ist die äussere Gasansammlung meist wieder abgeklungen.

**Die ohnehin schon geringe Wahrscheinlichkeit für das Zusammentreffen einer zündfähigen Störung im Motorinnern mit einer Ansammlung explosionsfähiger Gemische wird also beim vollkommen geschlossenen Motor auf ein verschwindendes Mass verringert.**

Auf die zusätzliche Schutzwirkung eines relativ gasdichten Gehäuses, also einer hohen IP-Schutzart, wurde schon vor der Verwendung des Begriffes "Schwadensicherheit" hingewiesen. Bild 16.1 zeigt den Grundgedanken: Ein an einem Gehäuse vorbeiziehender Gasschwaden dringt so langsam und so unvollständig in das Gehäuse ein, daß die Gaskonzentration unterhalb der unteren Explosionsgrenze (UEG) bleibt.

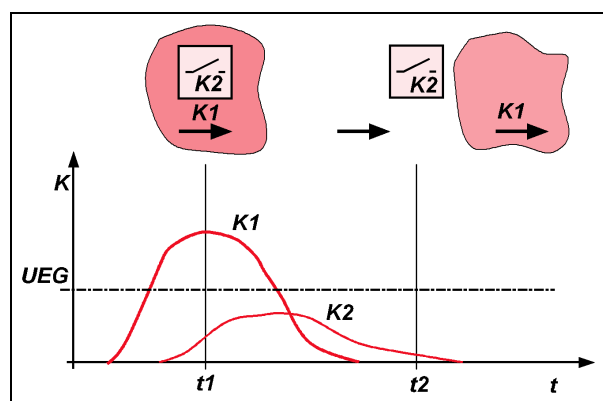


Bild 16.1  
Prinzipdarstellung der  
Zündschutzmaßnahme  
"Schwadensicherheit"

K1 Konzentration im  
Schwaden  
K2 Konzentration im  
Gehäuse  
t Zeitablauf  
UEG Untere  
Explosionsgrenze

In der überholten nationalen Norm DIN VDE 0165, Abschnitt 6.3.1.4, waren schwadensichere Gehäuse zugelassen für Betriebsmittel, in deren Innern Funken oder Lichtbögen oder unzulässige Temperaturen entstehen. Das Gehäuse musste mindestens dem Schutzgrad IP54 entsprechen; ein innerer Überdruck von 4 mbar musste mindestens 30 s benötigen, um auf 20 mbar abzusinken.

Bild 16.2 zeigt einen solchen Prüfvorgang und macht den enormen Einfluss der IP-Schutzart deutlich.

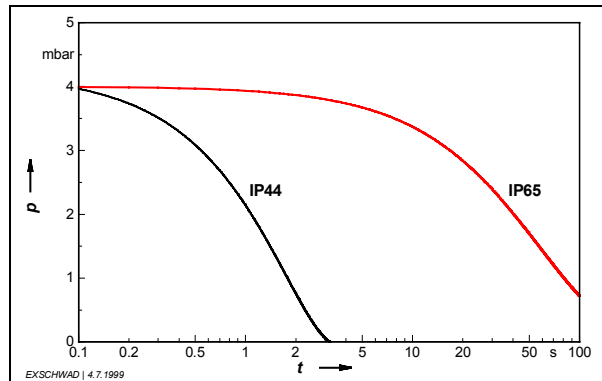


Bild 16.2  
Diagramm des  
Druckabfalls bei der  
Prüfung auf  
Schwadensicherheit  
nach der  
überholten  
DIN VDE 0165 :1991  
bei Motoren der  
Schutzarten  
IP44 und IP65

Typische Anwendungen für die schwadensichere Ausführung waren Kommutatormotoren (betriebsmäßige Funkenbildung) und mechanische Bremsen (unzulässige Erwärmung an den Reibbelägen).

In einer Versuchsanordnung nach Bild 16.3 wurde daher untersucht, ob die serienmässigen IP65-Motoren der Firma Danfoss Bauer diesen Anforderungen entsprechen. Selbst bei Verwendung von normalen Kabelverschraubungen DIN 46320 lagen die gemessenen Zeiten für einen Druckabfall von 4 auf 2 mbar je nach Typengrösse zwischen 30 und 60 Sekunden. Mit Sondermassnahmen an der Leitungseinführung werden etwa 3 Minuten erreicht, während die Zeiten bei normalen IP44-Motoren unter einer Sekunde liegen.

Bei qualitativ hochstehender Ausführung der Schutzart IP65 bieten also **serienmässige** Drehstrom-Käfigläufer-Motoren die Sicherheitsmerkmale, die bei betriebsmässig **funkenbildenden** Motoren zur Verwendung in Zone 2 vorgesehen waren.

In der neuen Norm EN 50021 wurden die Anforderungen an die Zündschutzmaßnahme "nR" verschärft.

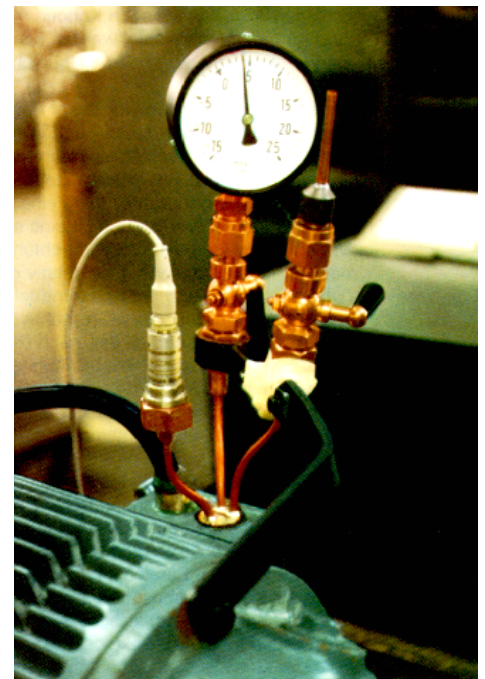



Bild 16.3 Versuchsanordnung zur Ermittlung der Zeit für einen Druckabfall von 4 auf 2 mbar im Inneren eines IP65-Motors

**17 PTB-Bericht über Schutzartprüfung**

Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt gab in früheren Prüfungsscheinen explosionsgeschützter Motoren der Zündschutzart "Erhöhte Sicherheit" als höchste Schutzart IP44 (P33) an auch wenn der Motor tatsächlich nach IP65 (P54) geschützt war. Die Angabe der PTB ist dabei als die von ihr bei der Prüfung festgestellte Mindestschutzart zu verstehen. Die Gewährleistung einer höheren Schutzart wird dem Hersteller überlassen.

Die vollständige Typenreihe der Danfoss-Bauer-Drehstrom-Getriebemotoren wurde darüber hinaus von der PTB in einer getrennten Prüfung auf Einhaltung der Schutzart IP65 untersucht. Der Prüfbericht ist nachfolgend wiedergegeben. Er bezieht sich auf die zum Zeitpunkt der Prüfung gültige Fassung von DIN 40050 und auf eine früherer Motorenreihe, ist jedoch in diesem Punkt sachlich unverändert weiter anwendbar.

**Physikalisch-Technische Bundesanstalt**



**Bericht**

Gesch.-Nr. 2.42-7192/75  
über die Prüfung von Drehstrom-Getriebemotoren  
Typenreihe

D 1A...  
D 2A... D 4A... D 5A...  
D 6A... D 7A... D 8A... D 9A... D 10A...  
DK 5... DK 6... DK 7... DK 8... DK 9...

der Firma **Eberhard Bauer,**  
Esslingen

auf Einhaltung  
des Berührungs-, Fremdkörper- und Wasserschutzes  
nach DIN 40 050, Blatt 2, Juni 1972,  
Elektrische Maschinen  
Schutzart IP 55  
bzw. nach DIN 40 050, Blatt 1, August 1970,  
für elektrische Betriebsmittel  
Allgemeines  
Schutzart IP 65

Anlagen: (vom Antragsteller zusätzlich zu den Prüfmustern  
eingereichte Prüfungsunterlagen)

Zeichnung: 250 000-A2 vom 22. 3.1967  
248 000-A2-6pol. vom 6. 4.1967  
257 000-A2 vom 3. 4.1967  
255 000-A2-6pol. vom 10. 4.1967  
240 000-A1 vom 9. 2.1967  
219 000-A1-6pol. vom 11. 4.1967  
150 000-A1 vom 18.11.1965  
192 050-A2-1-6pol. vom 15. 7.1964

Die Prüfungsunterlagen wurden zur Festlegung der Bauart mit dem Dienstsiegel der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt versehen.

- 2 -



Prüfmuster: Drehstrom-Getriebemotoren

D 1A 83/253	Motornummer	1.448 837
D 2A 66 HZ/309	"	1.443 265
DNF 6A 20/499 R	"	1.267 509
DK 660 H/163 L	"	M 4.521 469

mit Klemmenkästen nach den beigegeführten  
Unterlagen.

Die Zentrierränder an den Lagerschildern und die Paßfläche am  
Getriebeflansch werden bei allen Baugrößen vom Hersteller mit  
einer flüssigen Dichtungsmasse zusätzlich abgedichtet.

Die Einführungsöffnungen an den Klemmenkästen wurden zur  
Prüfung betriebsmäßig abgedichtet.

Für die Prüfung angewandte Richtlinien und Anweisungen:

DIN 40 050 Blatt 1, August	1970
DIN 40 050 Blatt 2, Juni	1972
DIN 40 052 Blatt 1, April	1972
DIN 40 053 Blatt 4, April	1972

Prüfungen:

1. Prüfung nach DIN 40 052, Blatt 1, in der Staubkammer 1 auf  
Einhaltung des Schutzgrades IP 5- bzw. IP 6-

Ergebnis: In den Getriebegehäusen, Motorengehäusen und  
Klemmenkästen der obengen. Getriebemotoren waren  
nach Beendigung der Prüfung keine Staubablage-  
rungen festzustellen.

2. Prüfung nach DIN 40 053, Blatt 4, mit dem Strahlrohr D1 auf  
Einhaltung des Schutzgrades IP -5

Ergebnis: In die Getriebegehäuse, Motorengehäuse und  
Klemmenkästen der obengen. Getriebemotoren ist  
kein Wasser eingedrungen.

Bei einer elektrischen Prüfung gem. Abs. 7.3 DIN 40 050,  
Blatt 2, im Anschluß an die Prüfung auf Wasserschutz an  
den Motoren D 1A..., D 2A... und DNF 6A... wurden keine  
Schäden an der Isolierung festgestellt.

Weitere Prüfungen wurden nicht durchgeführt.

Beurteilung:

Durch die Prüfungen wurde nachgewiesen, daß die Getriebegehäuse,  
Motorengehäuse und die angebauten Klemmenkästen für Getriebe-  
motoren der Typen

D 1A 83/253
D 2A 66 HZ/309
DNF 6A 20/499 R
und DK 660 H/163 L

bei sachgemäßer Abdichtung des Gewindes für Einführungsteile

- 3 -

und fachgerechter Einführung der Anschlußleitung ausreichend  
gegen Staubablagerungen im Inneren und Strahlwasser ent-  
sprechend IP 55 nach DIN 40 050, Blatt 2, Juni 1972 (Elektri-  
sche Maschinen) bzw. IP 65 nach DIN 40 050, Blatt 1, August  
1970, für elektrische Betriebsmittel (Allgemeines) geschützt  
sind.

Unter der Voraussetzung, daß sich die Motoren und Klemmen-  
kästen der vorgenannten Typenreihe D 1A... bis DK 9... aus  
der laufenden Fertigung von den geprüften Mustern in den für  
die Abdichtung der Gehäuse wesentlichen Teilen nicht unter-  
scheiden, wird bescheinigt, daß diese Getriebemotoren die  
Schutzart IP 55 nach DIN 40 050, Blatt 2, darüberhinaus auch  
die Schutzart IP 65 nach DIN 40 050, Blatt 1, einhalten.

33 Braunschweig, den 3.6.1975

Bundesallee 100

Physikalisch-Technische Bundesanstalt  
Abteilung 2  
Im Auftrage



*H. Wickboldt*  
(Dipl.-Ing. H. Wickboldt)  
Oberregierungsrat



## 18 Anschlusskasten

Der Klemmenkasten eines Motors erfordert besondere Aufmerksamkeit bei der Konstruktion und Ausführung. Die Zuleitungen sollen wahlweise aus optimaler Richtung zugeführt werden können. Bei den grösseren Danfoss-Bauer-Getriebemotoren kann deshalb das Mittelteil des Klemmenkastens vom Monteur am Aufstellungsort leicht umgesetzt werden. Die Trennflächen zwischen dem Klemmenkastenansatz am Ständergehäuse, Klemmenkasten-Zwischenstück und Klemmenkasten-Deckel werden durch Beilage einer Dichtung sicher gegen Staub und Wasser abgedichtet. Bei einigen Typen wird die Dichtwirkung der geschliffenen Passflächen durch die Beilage einer Gummi-Kork-Dichtung verbessert.

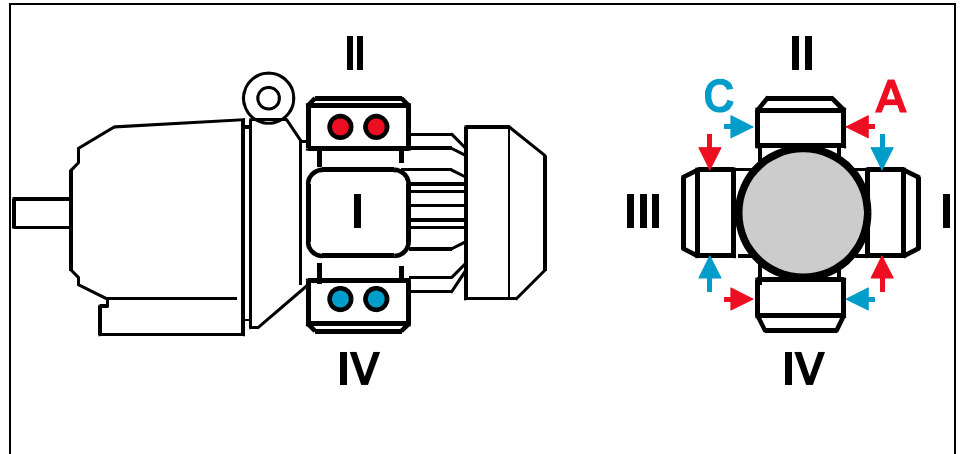


Bild 18.1 Mögliche Klemmenkasten-Anordnung bei Getriebe-Motoren  
Kabeleinführung A (serienmässig) oder B (Option)

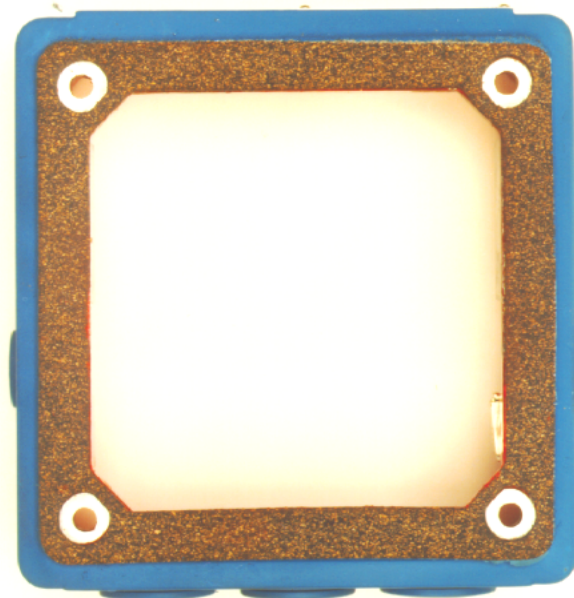


Bild 18.2 Abdichtung zwischen Ständergehäuse und Klemmenkasten mit leitwertgleichen Kontaktstellen für die Schutzleiter-Verbindung

Der Klemmenkasten-Innenraum soll möglichst geräumig sein und einen betriebssicheren, vorschriftsmässigen und bequemen Anschluss ermöglichen. Beim Anschluss eines Motors unter ungünstigen Bedingungen — z. B. in räumlich beengter Lage bei grosser Kälte (also klammen Fingern des Monteurs) oder bei oben angeordnetem Klemmenkasten — besteht die Gefahr, dass Kleinteile wie Muttern, Scheiben oder Sicherungsringe ins Innere des Motors fallen und dort sofort beim ersten Einschalten oder je nach Zufall auch erst später zu einer Zerstörung der Wicklung führen. Um solche Ausfälle zu vermeiden, wird in den Gehäusedurchbruch zwischen Stator-Innenraum und Anschlussraum ein Kunststoff-Füllstück eingesetzt, das die Wicklungsenden dicht umgibt und die beiden Räume trennt.

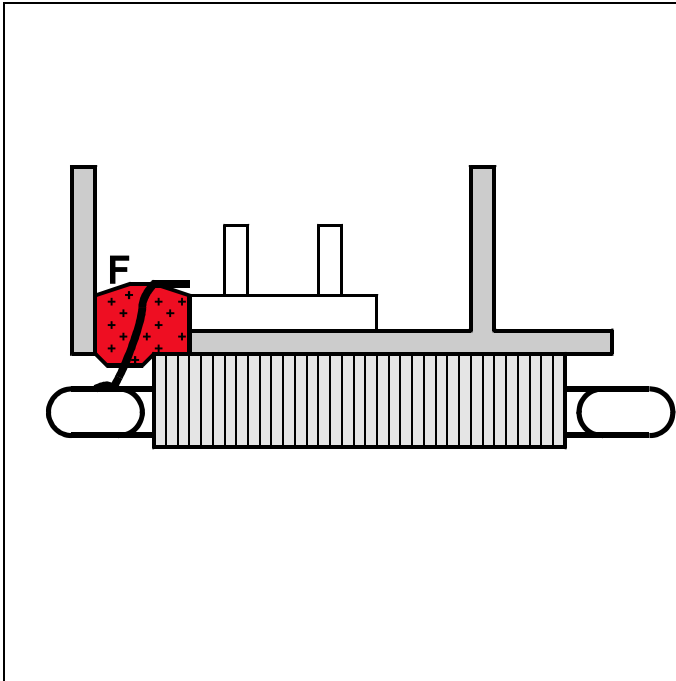


Bild 18.3

Anordnung des Gummifüllstückes zwischen Anschlussraum und Motor-Innenraum.

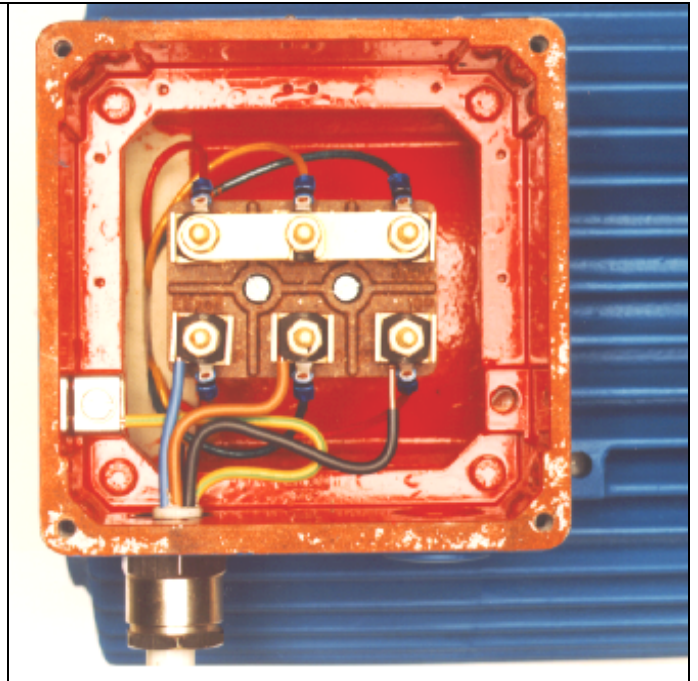


Bild 18.4

Anschlussraum mit 6poliger Klemmenplatte

Die Kabel-Einführungslöcher am Klemmenkasten werden im Werk mit einem Verschlussstopfen aus Pressstoff (bei Ex-Ausführung aus Metall) verschlossen. Die Auflagefläche des Stopfens auf der unbearbeiteten Wand des Klemmenkastens wird durch eine besondere Gummi-Rundschnur (O-Ring) zusätzlich abgedichtet. Auf diese Weise wird verhindert, dass während des Transportes zum Kunden Wasser oder Fremdkörper in den Klemmenraum eindringen. Darüber hinaus ist gewährleistet, dass unbenutzte Einführungslöcher am Aufstellungsort zuverlässig verschlossen sind. Dieser erhebliche Aufwand für den Danfoss-Bauer-Klemmenkasten ist durchaus nicht selbstverständlich oder allgemein üblich. Die Wicklungsenden werden mit besonderen Presskabelschuhen an die Bolzen des Klemmenbretts angeschlossen.

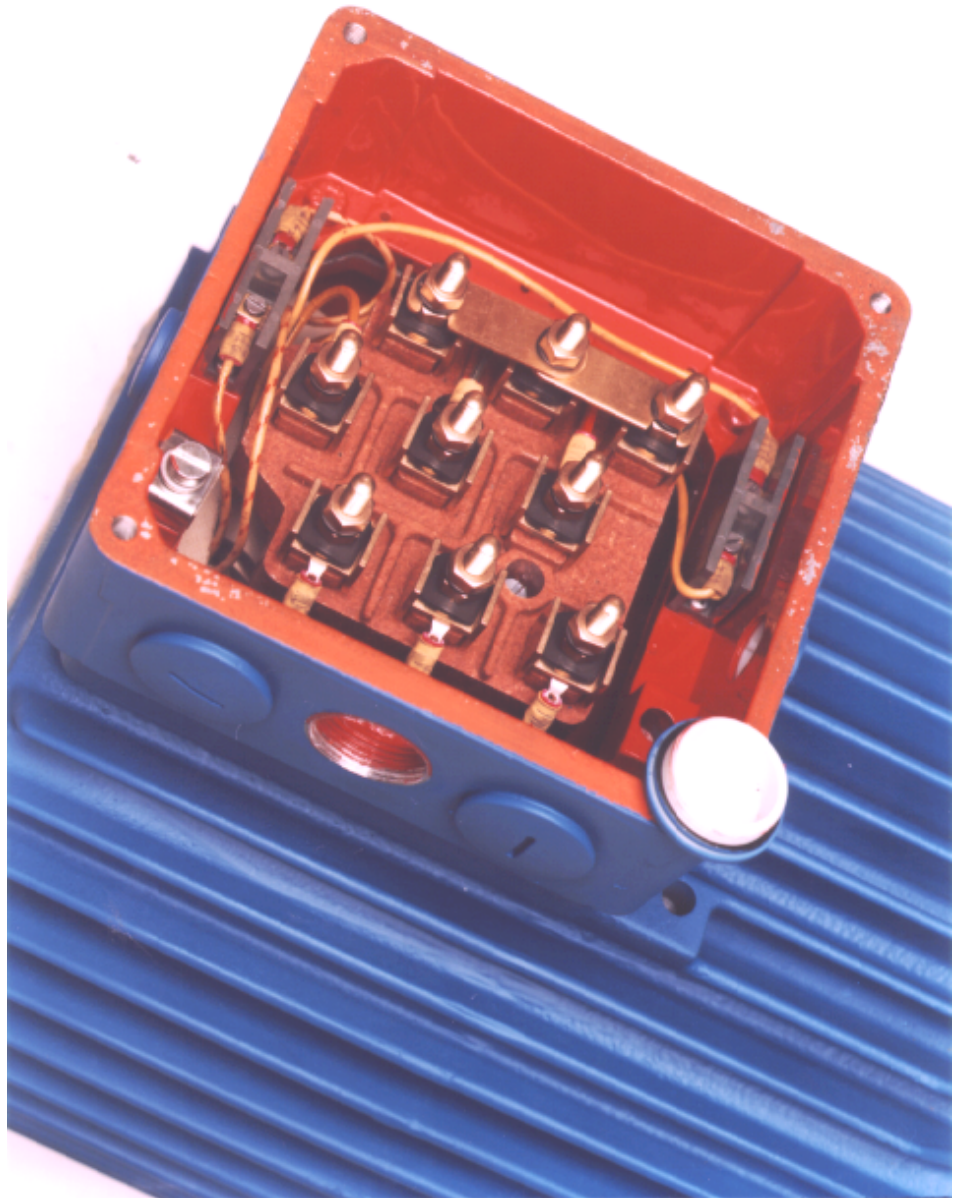


Bild 18.5 Kabeleinführungslöcher mit Verschlussstopfen am Anschlusskasten

## 19 Korrosionsschutz

Die Norm für die IP-Schutzarten klammert den Schutz gegen Korrosion ausdrücklich aus dem Schutzzumfang aus. Es kann zwar davon ausgegangen werden, dass ein hoher mechanischer Schutzgrad auch einen gewissen Schutz gegen chemische Aggression für die Anschlüsse und die Wicklung einschliesst, doch müssen die verwendeten Werkstoffe auch über längere Zeit beständig sein. Für die Gehäuse der grösseren Motoren sind daher auf Wunsch Graugussteile lieferbar, die nach dem Giessen sandgestrahlt und mit einem Kunstharz-Reaktionshaftgrund grundiert werden. Der Klemmenkasten besteht aus einer korrosionsfesten Aluminium-Druckgusslegierung (Silumin = GD Al Si 12). Der normale Anstrich auf Kunstharzbasis bietet naturgemäss bei aggressiver Atmosphäre nur einen begrenzten Schutz.

### 19.1 CORO 1

Unter der Werksbezeichnung »CORO 1« können Drehstrom-Getriebemotoren einen Aussenanstrich mit einem Zweikomponentenlack auf der Basis von Desmodur-Desmophen erhalten. Die chemische Einstellung dieses Sonderanstriches zusammen mit der Schichtdicke von 0,065 mm bietet einen erhöhten Schutz gegen aggressive Gase und Dämpfe.

### 19.2 CORO 2

Der erhöhte Korrosionsschutz »CORO 2« umfasst neben dem im vorherigen Abschnitt beschriebenen Sonderanstrich noch eine Reihe von Massnahmen: Die Lüfterhaube aus Stahlblech ist verzinkt. Die Schrauben für den Klemmenkastendeckel sind rostgeschützt und sichern damit auch nach längerem Betrieb einen problemlosen Zugang zu den Anschlussklemmen. Der Getrieberaum ist vom Werk mit Schmierstoff gefüllt, daher auch für eine oft lange Lagerzeit bis zur Inbetriebnahme konserviert. Am Wellenaustritt sorgt eine Dichtung mit zwei Gummilippen für einen sicheren Schutz des äusseren Lagers.

### 19.3 CORO 3

Die für den Elektromaschinenbau aussergewöhnliche Schutzart IP66 bietet zusammen mit dem erhöhten Korrosionsschutz »CORO 3« einen besonders hohen Schutz gegen Wassereinwirkung und Korrosion. Die im Abschnitt 19.2 beschriebenen Sondermassnahmen für erhöhten Korrosionsschutz sind hier mit einigen zusätzlichen Massnahmen kombiniert: Die Motorwicklung wird mit wärmebeständigen und vor allem nicht hygroskopischen Isolierstoffen der Klasse F isoliert; der Klemmenraum ist durch Giessharz vom Motorinnenraum getrennt und alle Schrauben und Passflächen sind besonders abgedichtet.

### 19.4 Zusammenfassung

Unter den Werksbezeichnungen »CORO 1« bis »CORO 3« werden für Drehstrom-Getriebe-Motoren drei nach dem Grad der Anforderung gestufte Korrosionsschutz-Pakete geboten, die auf Grund eines direkten Erfahrungsaustausches zwischen Anwender und Hersteller entwickelt wurden und durch die langsam laufende Antriebe in gefährdeten Anlagen noch sicherer werden können. Eine Anpassung dieser Sondermassnahmen an den Stand der Technik und der Fertigungsmethoden bleibt vorbehalten.



Bild 19.4.1  
Drehstrom-Getriebe-Motoren in  
Sonderschutzart IP66 mit  
erhöhtem Korrosionsschutz  
CORO 3 zum Antrieb einer  
Gruppe von Kühlturm-  
Ventilatoren.



Bild 19.4.2  
Äusserlich angegriffener, aber  
voll funktionstüchtiger  
Trommelmotor an einem  
tragbaren Gurtförderer im  
harten Baustelleinsatz



## 20 Stossfestigkeit

Mechanische Beschädigungen durch äussere, nicht von der elektrischen Maschine selbst verursachte Einflüsse sind relativ häufig. Bestimmte Einsatzgebiete – Bergbau, Holzverarbeitung, Baustellen – signalisieren eine besonders hohe mechanische Beanspruchung. Häufig sind jedoch die Einsatzbedingungen »normal«, aber die Behandlung lässt das richtige Mass vermissen: Eine Werkzeugmaschine stellt an sich keine schwierige Anwendung dar, aber ein exponiert angebauter Motor kann vom Gabelstapler zu Schrott gefahren werden.

### 20.1 Übliche Normen

Für übliche industrielle Anwendungen sind in den Normen keine Grenzwerte für die Beanspruchung durch mechanische Stösse festgelegt. Gelegentlich wird ein sachlich nicht gerechtfertigter Zusammenhang mit den **IP-Schutzarten** hergestellt. Im Abschnitt »Zweck« zu EN 60529 heisst es:

„Diese Norm befasst sich nur mit Gehäusen, die in jeder anderen Hinsicht für ihre beabsichtigte Verwendung, wie sie in der betreffenden Produktnorm festgelegt ist, geeignet sind und die hinsichtlich der Werkstoffe und Verarbeitung sicherstellen, dass die angegebenen Schutzarten bei bestimmungsgemässer Verwendung erhalten bleiben.“

**Mindestanforderungen und Prüfungen für die Stossfestigkeit von Gehäusen sind nicht Gegenstand des IP-Code.** Wenn eine solche Festlegung zur Gewährleistung der Sicherheit notwendig ist, sind die produktspezifischen Normen zu ergänzen und zu beachten, wie sich dies z.B. in EN 50014, 23.4.3.1 bewährt hat. Dort werden folgende Stossfestigkeiten verlangt:

Gruppe	I		II	
Bereich	schlagwettergefährdet unter Tage		explosionsgefährdet über Tage	
Mechanische Gefahr	hoch	niedrig	hoch	niedrig
Schlagenergie (in J)	20	7	4	

Tabelle 20.1 Stossprüfung für explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel nach Europäischer Norm EN 50014

Die teilweise aus der normalen Reihe abgeleiteten Betriebsmittel der Zündschutzart »e« (Erhöhte Sicherheit) müssen demnach eine Stossprüfung mit 7 J aushalten. Die Bilder zeigen Lüfterhauben vor und nach einer bei Einführung dieser Norm (1978) notwendig gewordenen Verstärkung.

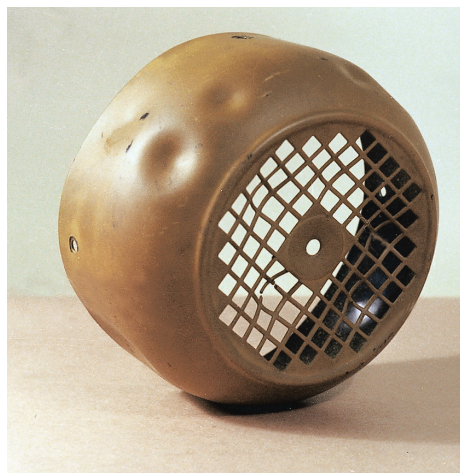


Bild 20.2  
Unverstärkte Lüfterhaube (1,0 mm)  
nach der Stossprüfung



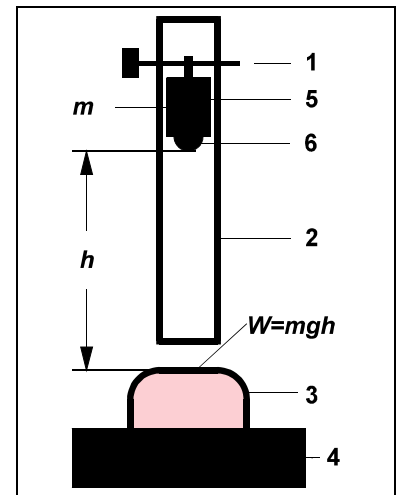
Bild 20.3  
Verstärkte Lüfterhaube (1,5 mm)  
nach der Stossprüfung



Bild 20.1

Schema einer Schlagprüfung der Lüfterhaube eines Elektromotors mit einer Schlagenergie von z. B. 7 J  
 Schlagstück 1 kg fällt zweimal aus 0,7 m Höhe

- 1 - Höheneinstellung
- 2 - Führungsrohr
- 3 - Prüfmuster
- 4 - Sockel aus Stahl ( $m \geq 20 \text{ kg}$ )
- 5 - Masse (z.B.  $m = 1 \text{ kg}$ ) aus Stahl
- 6 - Schlagstück aus gehärtetem Stahl Durchmesser z.B. 25 mm
- h - Fallhöhe (z.B. 0,7 m)



Neben der in EN 50014 beschriebenen Stossprüfung sind noch zwei weitere Prüfgeräte genormt. Die Geräte sind im Herstellungsprogramm der Firma PTL 95346 Stadtsteinach.

## 20.2 IK-Code

Mit DIN EN 50102/VDE 0470 Teil 100:1997 »Schutzarten durch Gehäuse für elektrische Betriebsmittel gegen äussere mechanische Beanspruchung (IK-Code)« ein neues Bezeichnungssystem eingeführt, das nachstehend vorgestellt wird, um die Grössenordnungen deutlich zu machen. Das Bezeichnungssystem ist an die »dritte Kennziffer« der französischen Norm NF C 20-010 angelehnt, die nicht in IEC 60529 übernommen wurde. Es ergänzt die Reihe "IP, IM, IC"; der Kennbuchstabe "K" ist aus der phonetischen Verwandtschaft mit dem französischen Wort "casser" (zerbrechen) abgeleitet. International heisst die Norm IEC 62262.

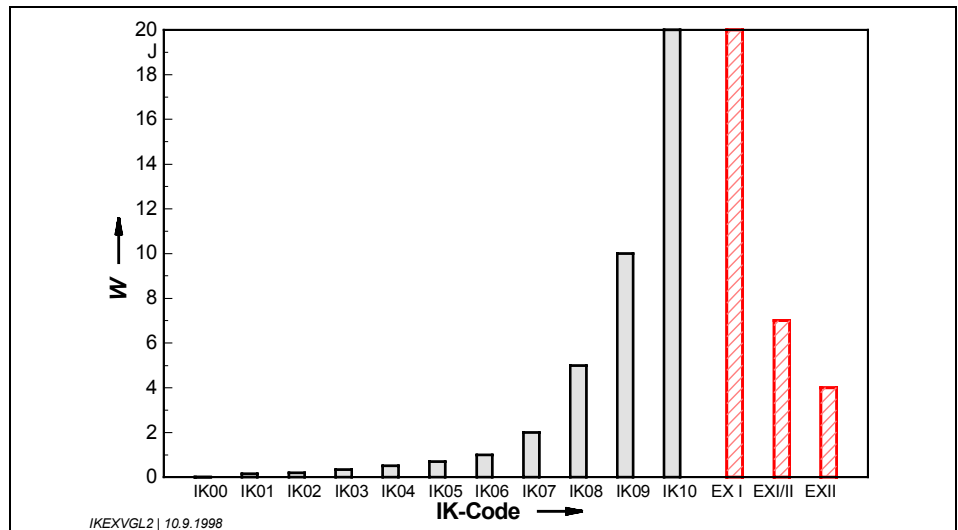


Bild 20.2.1 Abstufung der mechanischen Stossfestigkeit elektrischer Betriebsmittel in einem neuen »IK-Code« nach EN 50102 im Vergleich zu den Festlegungen für Ex-Betriebsmittel »EX«

### Folgerungen für den Anwender:

**Elektrische Betriebsmittel (Motoren, Schalt- und Steuergeräte) sind möglichst so anzuordnen, dass sie vor den bei bestimmungsgemässer Verwendung zu erwartenden mechanischen Einwirkungen geschützt sind. In besonderen Fällen kann eine zusätzliche Abdeckung wirksamer und kostengünstiger sein als eine Sonderausführung des Betriebsmittels.**

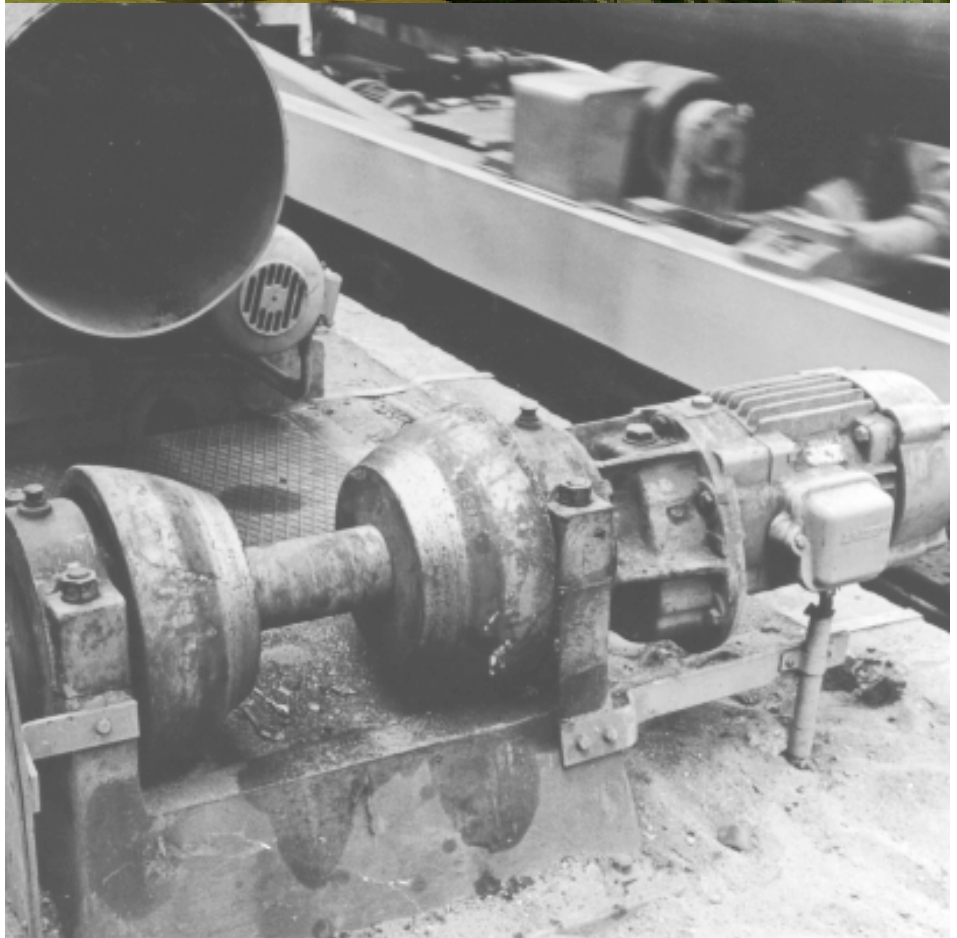
Bild 20.2.2

Rollgangantriebe an einem  
Kühlbett mit Abdeckung gegen  
mechanische Beschädigung durch  
das glühende Transportgut



Bild 20.2.3.

Rollgangs-Getriebemotoren zum  
Antrieb von Konusrollen für den  
Rohrtransport unter schweren  
mechanischen Beanspruchungen



**21 Internationale Anwendung des IP-Code**

Das IP-System der Schutzartbezeichnung wurde u.a. in folgende nationalen Normen übernommen, wobei die in Klammern gesetzten Ausgaben noch nicht dem letzten Stand der IEC 60529 entsprechen:

Land	Bezeichnung der Norm
Australien	AS 1939
Belgien	NBN C 20-001
Bulgarien	CT 778-77
Dänemark	(DS/IEC 34-5)
DDR (ehemalige)	TGL RGW 778
Deutschland	DIN 40050 bis DIN 40053 VDE 0470 Teil 1
Finnland	SFS 2972
Frankreich	NF C 20-010 NF EN 60 034-5 (NF C 51-115)
Großbritannien	BS 5490
Indien	(IS: 4691)
Italien	(CEI 05515 u. 09414)
Japan	JIS C 0920-1993
Kenia	KS 04
Niederlande	NEN 2438 NEN 10 034-5
Österreich	ÖVE-A50/2
Polen	PN-79/E-08 106
Portugal	NP 999
Rumänien	STAS 5325-79
Schweden	SS IEC 529
Schweiz	EN 60 529 (SEV 3428)
Spanien	UNE 20-324
Tschechoslowakei	CSN 33 0330
Ungarn	MSZ 592

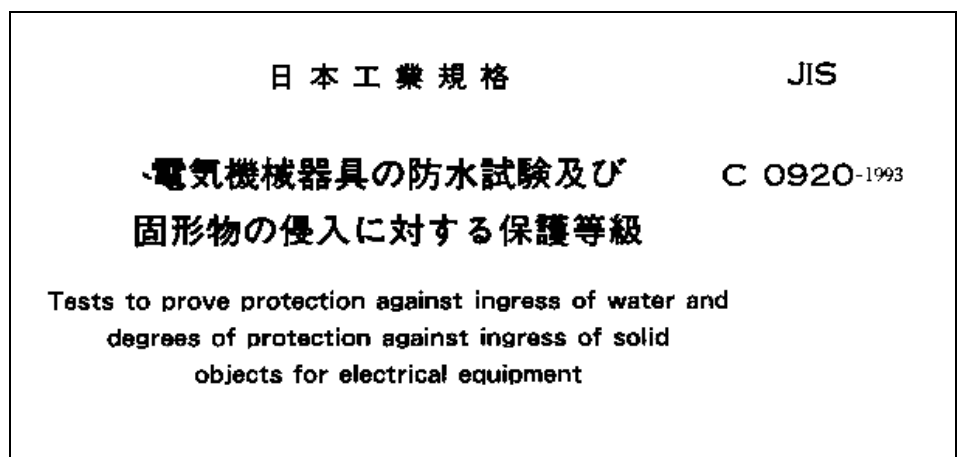


Bild 21 Titel der japanischen Norm für IP-Schutzarten auf Basis der IEC 60529

## 22 Schutzartangaben in Nordamerika

In Nordamerika und in technisch von den USA beeinflussten Ländern sind für die Schutzart-Angabe in Normen, Listen und im Sprachgebrauch eine Reihe von Abkürzungen zu finden, die nachfolgend ohne Anspruch auf Vollständigkeit zusammengestellt wurden. Eine Übersetzung in IP-Schutzarten ist kaum möglich, da die Anforderungen und Prüfmethode nur ungenau oder gar nicht definiert sind. Die Abkürzungen stellen meist eine Mischung zwischen Schutzart und Kühlart dar. Obwohl die NEMA schon 1980 in ihrem »Guide for the development of metric standards for motors and generators« den IP-Code vorgestellt hat und ihn 1998 im Part 5 als »Classification of degrees of protection provided by enclosures for electrical machines« in MG1 eingebracht hat, ist die **IP-Kennzeichnung** für den Praktiker in Nordamerika noch **weitgehend unbekannt**.

Für elektrische Maschinen werden u.a. Abkürzungen nach der folgenden Tabelle verwendet, wobei die Beispiele für die entsprechenden IP- und IC-Codes unverbindlich sind, weil die Definition und die Prüfbedingungen teilweise erheblich abweichen :

Übliche Abkürzung	Bezeichnung nach NEMA MG1-1.25/26	Deutsche Übersetzung	Code nach IEC	
			IP	IC
<b>GP</b>	General purpose	Offene Maschine für allgemeine Verwendung	-	-
<b>DP</b>	Drip-proof	Tropfwassergeschützt	IP12	IC01
<b>ODP</b>	Open drip-proof	Offen, tropfwassergeschützt	IP12	IC01
<b>ODDP</b>	Outdoor drip-proof	Offen, tropfwassergeschützt, für Aufstellung im Freien	IP12	IC01
<b>SP</b>	Splash-proof	Spritzwassergeschützt	IP23	IC01
<b>PV</b>	Open pipe-ventilated	Offen, mit Rohranschluss am Lufteintritt, eigenbelüftet	IP23 IP44	IC11
<b>FV</b>	Open externally-ventilated	Offen, mit Rohranschluss am Lufteintritt, fremdbelüftet	IP23 IP44	IC16
<b>WP</b>	Weather-protected	Offene, durchzugbelüftete Maschine mit Wetterschutz durch besondere Konstruktion der Luftführung	IPW23 IPW24	IC01
<b>TE</b>	Totally-enclosed	Völlig geschlossen	IP44	-
<b>TENV</b>	Totally-enclosed nonventilated	Völlig geschlossen, unbelüftet	IP44	IC410
<b>TEFC</b>	Totally-enclosed fan-cooled	Völlig geschlossen, oberflächenbelüftet	IP44	IC411
<b>TEFV</b>	Totally-enclosed forced-ventilated	Völlig geschlossen, fremdbelüftet	IP44	IC416
<b>TEPV</b>	Totally-enclosed pipe-ventilated	Völlig geschlossen, mit Rohranschluss für Durchzugbelüftung	IP44	IC31
<b>WPRF</b>	Water-proof	Völlig geschlossen, strahlwassergeschützt	IP56	IC411
<b>TEWA</b>	Totally-enclosed water-air-cooled	Völlig geschlossen, Luft/Wasser-Wärmetauscher	IP54	IC51W
<b>TEWC</b>	Totally-enclosed water-cooled	Völlig geschlossen, Leiter direkt wassergekühlt	IP54	IC(W5)W 7
<b>XP</b>	Explosion-proof	Explosionssgeschützt	Eex d II	-
<b>TEFP</b>	Totally-enclosed flameproof	Völlig geschlossen, druckfest gekapselt	Eex d II	-
<b>DIP</b>	Dust-ignition-proof	Staubexplosionssgeschützt	ST.EX.	-

Tabelle 22.1 Bezeichnung der Schutzarten / Kühlarten nach NEMA MG1-1.25 und 1.26 und ihre üblichen Abkürzungen (nicht genormt). Entsprechende IC-Codes unverbindlich

Daneben gibt es – vor allem für Schaltgeräte verwendet – die »NEMA Types of enclosures« nach NEMA Pub. No. 250. Diese Festlegungen können nicht direkt mit den IP-Schutzarten verglichen werden, da zusätzliche Umgebungseinflüsse (z.B. Kühlflüssigkeiten, Schneidöle, Korrosion, Vereisung, Hagel) behandelt werden. Die folgenden Übersetzungstabellen sind daher als unverbindliche Richtlinie zu betrachten. Bei explosionsgeschützten Betriebsmitteln sind zusätzliche Festlegungen und die nationalen Zulassungsbestimmungen zu beachten.

NEMA Enclosure Type	IP-Schutzart	Zündschutzart	Zusätzliche Anforderungen
1	IP20	-	-
2	IP21	-	-
3	IP54	-	Vereisung
3R	IP24	-	Vereisung
3S	IP54	-	Vereisung
4	IP55	-	-
4X	IP55	-	Korrosion
5	IP50	-	-
6	IP67	-	-
6P	IP68	-	-
7	-	EEx II d	In Räumen
8	-	EEx II d	Im Freien
9	IP65	DIP (St Ex)	-
10	-	EEx I d	-
11	-	-	Unter Öl
12	IP52	-	-
12K	IP52	-	-
13	IP54	-	Kühlmittel

Tabelle 22.2 Richtlinien für die Umwertung von »NEMA Types of enclosure« in »IP-Schutzarten« (Hinweise im Text beachten!).

IP	X0	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
0X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2X	1	1+2	1+2	1+2	1+2+3R	1+2+3R	1+2+3R	1+2+3R	1+2+3R
3X	1	1+2	1+2	1+2	1+2+3R	1+2+3R	1+2+3R	1+2+3R	1+2+3R
4X	1	1+2	1+2	1+2	1+2+3R	1+2+3R	1+2+3R	1+2+3R	1+2+3R
5X	5	1+2	12+12K	1+2	3+3S+13	4+4X	1+2+3R	1+2+3R	1+2+3R
6X	5	1+2	12+12K	1+2	3+3S+13	4+4X	1+2+3R	6	6P

Tabelle 22.3 Richtlinien für die Umwertung von »IP-Schutzarten« in »NEMA  
Zusätzliche Anforderungen bei NEMA  
Type 3/3R/3S : Schutz gegen Vereisung  
Type 4X : Schutz gegen Korrosion  
Type 13 : Schutz gegen Kühl-Flüssigkeiten (Schneidöle)

Die vollständige IP-Schutzart setzt sich aus dem Kurzzeichen für den Fremdkörperschutz (Zeilen) und dem Kurzzeichen für den Wasserschutz (Spalten) zusammen. Die im Schnittpunkt kombinierte Schutzart schliesst ein:

- Die NEMA Gehäuse-Schutzart im Schnittpunkt
- oberhalb der Zeile
- links der Spalte

Beispiel:

Die Schutzart IP 54 schliesst etwa ein: NEMA 1, 2, 3, 3R, 3S, 5, 12, 12K, 13



## 23 Aufstellung im Freien

Dieser Begriff erscheint nicht in den Normen für den IP-Code und es wird auch keine Zuordnung von IP-Schutzgraden und Umgebungsbedingungen getroffen. Die in den Normungsgremien ausführlich diskutierten Gründe werden nachstehend kurz erläutert.

### 23.1 Bezüge in den Schutzart-Normen

Beim Vergleich typischer Regenmengen mit den »Schärfegraden« bei den IP-Prüfungen scheinen zunächst die in unseren Breiten üblichen Beanspruchungen durch natürlichen Regen mit relativ niedrigen IP-Schutzgraden abdeckbar.

<b>Typische Regenmengen nach IEC 721-2-2 :</b>	
Nieselregen	< 1 mm/h
Leichter Regen	1 mm/h
Mässiger Regen	4 mm/h
Intensiver Regen	15 mm/h
Schwerer Regen	40 mm/h
Wolkenbruch	> 100 mm/h
<b>IP - Schutzgrade :</b>	
Prüfung IPX1	1 mm/min = 60 mm/h
Prüfung IPX2	3 mm/min = 180 mm/h
Prüfdauer jeweils 10 Minuten	

Es ist jedoch zu bedenken, dass die genormte IP-Prüfung 10 Minuten dauert, während ein Jahr 8760 Stunden hat ! Die IP-Prüfung – auch mit erhöhten Wassermengen – kann die Langzeitbeanspruchung einer Aufstellung im Freien nicht simulieren. Hier sind spezielle Langzeitprüfungen oder entsprechende Erfahrungen der Hersteller gefragt. Klare Katalogangaben sind selten.



Bild 23.1 Langzeitberegnung von Getriebemotoren zur Prüfung auf Aufstellbarkeit im Freien

Der einzige Bezug zu einer »Aufstellung im Freien« könnte über den Begriff »wettergeschützte Maschinen« in IEC 60034-5 hergestellt werden.

Aus Abschnitt 10 dieser Norm wird aber deutlich, dass der Schutzgrad »W« für eine ganz spezielle Bauart von offenen, durchzugbelüfteten Maschinen bestimmt ist und daher nicht auf geschlossene, oberflächengekühlte Maschinen anwendbar ist.

Es gibt aber noch andere, wichtige Gründe für die Zurückhaltung in der Schutzartnorm:

Global gesehen kann unter »Aufstellung im Freien« auch extreme Kälte, extreme Lufttemperatur, Erwärmung durch Sonneneinstrahlung, hohe Luftfeuchtigkeit, Schimmelbildung, Korrosion und vieles andere verstanden werden. Selbst bei Einsatz in unserem gemässigten Klima stellt z.B. ein Betrieb in einem Klärwerk oder in der Freiluftanlage eines Chemiewerkes eine zusätzliche Beanspruchung dar, die mit dem pauschalen Begriff »Aufstellung im Freien« nicht erfasst ist.

Die allgemein gültigen Schutzartnormen EN 60529 klammern im Abschnitt "Zweck" aus gutem Grund folgende in diesem Zusammenhang relevanten Einflüsse ausdrücklich **aus dem Geltungsbereich aus**:

- Korrosion
- Schimmel
- schädliche Insekten
- Sonneneinstrahlung
- Vereisung
- Feuchtigkeit (z.B. durch Kondensation gebildet).

Diese Klarstellung ist allerdings in IEC 60034-5 unterblieben (vgl. Abschnitt 4).

***Aus den Normen für die Schutzarten lässt sich also nicht ableiten, was getan werden muss, um eine elektrische Maschine zur Aufstellung im Freien tauglich zu machen. Es ist daher eine Rückfrage beim Hersteller notwendig, soweit nicht – wie bei Danfoss Bauer – im Katalog oder in der Betriebsanleitung entsprechende Hinweise zu finden sind.***

### 23.2 Hinweise in den Errichtungsbestimmung

Etwas anders stellt sich die Sachlage in den Errichtungsbestimmungen DIN VDE 0100 dar:

In Teil 737 »Feuchte und nasse Bereiche und Räume; Anlagen im Freien« heisst es unter 5.2:

"In ungeschützten Anlagen im Freien müssen Betriebsmittel mindestens sprühwassergeschützt sein (IPX3 nach DIN 40050)."

Bei der Bewertung dieser Aussage sollte man beachten:

- Es handelt sich um eine **Mindestanforderung**
- Die Errichtungsbestimmungen zielen primär auf den Aspekt der **Sicherheit** von Personen und Sachen. Die Aufrechterhaltung der **Funktion** eines Betriebsmittels **bei Verwendung unter besonderen Bedingungen**, bleibt einer Vereinbarung zwischen Hersteller und Betreiber überlassen.

Die **neue Norm DIN VDE 0100 - 510** hat folgenden Anwendungsbereich:

**"510.1** Dieses Kapitel behandelt die Auswahl der Betriebsmittel und deren Errichtung. Es müssen die Wirksamkeit der Schutzmassnahmen und die Einhaltung der Anforderungen hinsichtlich des zufriedenstellenden Betriebes der Anlage bei bestimmungsgemässer Verwendung sowie hinsichtlich der jeweils zu erwartenden äusseren Einflüsse sichergestellt werden."

Die Norm listet in einem achtseitigen informativen Anhang die »Äusseren Einflüsse« auf, die bei der Auswahl von Betriebsmitteln beachtet werden sollen. Dort erscheint statt dem pauschalen Begriff »Aufstellung in Freien« eine Liste von Umgebungseinflüssen. Nur für das »Auftreten von Wasser« oder das »Auftreten von festen Fremdkörpern oder Staub in nennenswerter Menge« wird auf eine IP-Schutzart als »charakteristische Eigenschaft« für die Auswahl verwiesen. Alle anderen Einflüsse müssen durch »geeignete Anordnung oder Ausführung« berücksichtigt werden.

Code	Lufttemperatur (°C)		Relative Feuchte (%)		Auswahl
	niedrig	hoch	niedrig	hoch	
AB1	-60	+5	3	100	Speziell
AB2	-40	+5	10	100	Speziell
AB3	-25	+5	10	100	Speziell
AB4	-5	+40	5	95	Normal
AB5	+5	+40	5	85	Speziell
AB6	+5	+60	10	100	Speziell
AB7	-25	+55	10	100	Speziell
AB8	-50	+40	15	100	Speziell

Tabelle 23.2.1 Zuordnung von klimatischen Umgebungsbedingungen und Auswahl der Betriebsmittel  
nach DIN VDE 0100-510 : 1997; Tabelle 51 A

Code	Äussere Einflüsse	Auswahl der Betriebsmittel
	<b>Wasser</b>	
AD1	vernachlässigbar	IPX0
AD2	Tropfwasser	IPX1
AD3	Sprühwasser	IPX3
AD4	Spritzwasser	IPX4
AD5	Strahlwasser	IPX5
AD6	Schwallwasser	IPX6
AD7	Eintauchen	IPX7
AD8	Untertauchen	IPX8
	<b>Feste Fremdkörper (Staub)</b>	
AE1	vernachlässigbar	IP0X
AE2	klein (< 2,5 mm)	IP3X
AE3	sehr klein (< 1 mm)	IP4X
AE4	leichter Staub, geringe Menge	IP5X, wenn für die Funktion des Betriebsmittels nicht gefährdet
AE5	mittlere Staubmenge	IP6X, wenn kein Staub in das Betriebsmittel eindringen soll
AE6	bedeutende Staubmenge	IP6X

Tabelle 23.2.2 Zuordnung des Auftretens von Wasser und Fremdkörpern auf die Auswahl der Betriebsmittel  
nach DIN VDE 0100-510 : 1997; Tabelle 51 A

Ausgelöst durch die Arbeiten des IEC TC 75 wird seit einigen Jahren an der umfassenden Normenreihe DIN IEC 60721 »Klassifizierung von Umgebungsbedingungen« gearbeitet. Es ist das Ziel, sowohl die Anforderungen an Betriebsmittel wie auch die Eignung für alle Arten von Umweltbedingungen durch Kurzzeichen zu klassifizieren. Das System ist so komplex und kompliziert wie die zu normende Natur.



Bild 23.2.3 »Aufstellung im Freien« ist bei einem Skiliftantrieb nicht zu umgehen – die langen Stillstandszeiten sind so kritisch wie die Einwirkung von Schnee, Eis und Regen

**24 Ursprung des IP-Systems**

Der IP-Code ist die Weiterentwicklung eines Bezeichnungssystems, das mit DIN VDE 50 »Elektrische Maschinen, Transformatoren und Geräte; Kurzzeichen für Schutzarten; Erklärungen« im November 1934 erstmals in Deutschland eingeführt wurde und von hier aus zunächst in verschiedene nationale Normen, dann auch in die internationalen Empfehlungen IEC 144 (1963) »Degrees of protection of enclosures for low-voltage switchgear and controlgear« und IEC 60034-5 (1968) »Rotating electrical machines; Part 5: Degrees of protection by enclosures for rotating machinery« übernommen wurde.

DK 621.31-7 : 003.62		Deutsche Normen		November 1934																																																							
Elektrische Maschinen, Transformatoren und Geräte				<b>DIN</b> <b>VDE 50</b> Beiblatt 1																																																							
Kurzzeichen für Schutzarten Maschinen Übersicht Elektrotechnik																																																											
Die Schutzarten-Kurzzeichen beziehen sich auf den Lieferzustand und die vereinbarte oder übliche Aufstellung der Maschinen <sup>1)</sup> . Durch andere Aufstellung oder durch Einbau kann sich der Schutz ändern.																																																											
Aufbau der Kurzzeichen für Schutzarten (Erklärungen siehe DIN VDE 50)																																																											
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Allgemeiner Kennbuchstabe für Schutzarten</td> <td colspan="2">P</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Allgemeine Schutzarten</td> <td>Kennziffer für Schutzarten gegen Berührung und Eindringen fester Fremdkörper</td> <td colspan="2">0 bis 3</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Kennziffer für Schutzarten gegen Eindringen von Wasser</td> <td colspan="2">0 bis 3</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Sonderschutzarten</td> <td>Kennbuchstabe für Sonderschutzarten</td> <td>Explosionsschutz</td> <td></td> <td>a</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kennbuchstabe für erweiterte Sonderschutzarten</td> <td>druckfeste Kapselung</td> <td></td> <td>m</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="4">Kurzzeichen-Beispiele für</td> <td>eine allgemeine Schutzart gegen Eindringen von groben festen Fremdkörpern und Spritzwasser</td> <td>P</td> <td>1</td> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>eine Sonderschutzart gegen Eindringen von kleinen festen Fremdkörpern und Tropfwasser, mit Schlagwetterschutz</td> <td>P</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>eine erweiterte Sonderschutzart gegen Eindringen von grobem Staub und Schwallwasser, mit Schlagwetterschutz und druckfester Kapselung</td> <td>P</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>eine Maschine ohne Berührungs- und Wasserschutz mit gegen Berührung und Tropfwasser geschützten Klemmen</td> <td colspan="2">P 00, Klemmen P 21</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>einen Drehstrommotor mit erhöhter Sicherheit und druckfest gekapselten Schleifringen nach §§ 5 und 8 von VDE 0170/1933</td> <td colspan="2">P 21 m/33 ml</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>						Allgemeiner Kennbuchstabe für Schutzarten		P				Allgemeine Schutzarten	Kennziffer für Schutzarten gegen Berührung und Eindringen fester Fremdkörper	0 bis 3				Kennziffer für Schutzarten gegen Eindringen von Wasser	0 bis 3				Sonderschutzarten	Kennbuchstabe für Sonderschutzarten	Explosionsschutz		a		Kennbuchstabe für erweiterte Sonderschutzarten	druckfeste Kapselung		m		Kurzzeichen-Beispiele für	eine allgemeine Schutzart gegen Eindringen von groben festen Fremdkörpern und Spritzwasser	P	1	2		eine Sonderschutzart gegen Eindringen von kleinen festen Fremdkörpern und Tropfwasser, mit Schlagwetterschutz	P	2	1	m	eine erweiterte Sonderschutzart gegen Eindringen von grobem Staub und Schwallwasser, mit Schlagwetterschutz und druckfester Kapselung	P	3	3	m	eine Maschine ohne Berührungs- und Wasserschutz mit gegen Berührung und Tropfwasser geschützten Klemmen	P 00, Klemmen P 21				einen Drehstrommotor mit erhöhter Sicherheit und druckfest gekapselten Schleifringen nach §§ 5 und 8 von VDE 0170/1933	P 21 m/33 ml			
Allgemeiner Kennbuchstabe für Schutzarten		P																																																									
Allgemeine Schutzarten	Kennziffer für Schutzarten gegen Berührung und Eindringen fester Fremdkörper	0 bis 3																																																									
	Kennziffer für Schutzarten gegen Eindringen von Wasser	0 bis 3																																																									
Sonderschutzarten	Kennbuchstabe für Sonderschutzarten	Explosionsschutz		a																																																							
	Kennbuchstabe für erweiterte Sonderschutzarten	druckfeste Kapselung		m																																																							
Kurzzeichen-Beispiele für	eine allgemeine Schutzart gegen Eindringen von groben festen Fremdkörpern und Spritzwasser	P	1	2																																																							
	eine Sonderschutzart gegen Eindringen von kleinen festen Fremdkörpern und Tropfwasser, mit Schlagwetterschutz	P	2	1	m																																																						
	eine erweiterte Sonderschutzart gegen Eindringen von grobem Staub und Schwallwasser, mit Schlagwetterschutz und druckfester Kapselung	P	3	3	m																																																						
	eine Maschine ohne Berührungs- und Wasserschutz mit gegen Berührung und Tropfwasser geschützten Klemmen	P 00, Klemmen P 21																																																									
einen Drehstrommotor mit erhöhter Sicherheit und druckfest gekapselten Schleifringen nach §§ 5 und 8 von VDE 0170/1933	P 21 m/33 ml																																																										
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Berührungsschutz</td> <td colspan="4">Fremdkörperschutz</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Schutz gegen Berührung Spannung führender und innerer bewegter Teile</td> <td rowspan="2">Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper und Staub</td> <td colspan="3">Schutz gegen Eindringen von Wasser (Jede höhere Stufe schließt den Schutzzumfang der niederen ein)</td> <td rowspan="2">Schwallwasserschutz</td> </tr> <tr> <td>ohne Wasserschutz</td> <td>Tropfwasserschutz</td> <td>Spritzwasserschutz (Regenschutz)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Kennziffer</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">Kurzzeichen der Schutzart</td> </tr> <tr> <td>Ohne Berührungsschutz</td> <td>ohne Schutz gegen feste Fremdkörper</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Schutz gegen zufällige Berührung</td> <td>Schutz gegen große feste Fremdkörper</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schutz gegen kleine feste Fremdkörper</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Schutz gegen absichtliche Berührung</td> <td rowspan="2">Schutz gegen groben Staub</td> <td rowspan="2">3</td> <td colspan="2"></td> <td></td> </tr> </table>						Berührungsschutz		Fremdkörperschutz				Schutz gegen Berührung Spannung führender und innerer bewegter Teile	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper und Staub	Schutz gegen Eindringen von Wasser (Jede höhere Stufe schließt den Schutzzumfang der niederen ein)			Schwallwasserschutz	ohne Wasserschutz	Tropfwasserschutz	Spritzwasserschutz (Regenschutz)		Kennziffer	0	1	2	3	Kurzzeichen der Schutzart						Ohne Berührungsschutz	ohne Schutz gegen feste Fremdkörper	0				Schutz gegen zufällige Berührung	Schutz gegen große feste Fremdkörper	1				Schutz gegen kleine feste Fremdkörper	2				Schutz gegen absichtliche Berührung	Schutz gegen groben Staub	3							
Berührungsschutz		Fremdkörperschutz																																																									
Schutz gegen Berührung Spannung führender und innerer bewegter Teile	Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper und Staub	Schutz gegen Eindringen von Wasser (Jede höhere Stufe schließt den Schutzzumfang der niederen ein)			Schwallwasserschutz																																																						
		ohne Wasserschutz	Tropfwasserschutz	Spritzwasserschutz (Regenschutz)																																																							
	Kennziffer	0	1	2	3																																																						
Kurzzeichen der Schutzart																																																											
Ohne Berührungsschutz	ohne Schutz gegen feste Fremdkörper	0																																																									
Schutz gegen zufällige Berührung	Schutz gegen große feste Fremdkörper	1																																																									
	Schutz gegen kleine feste Fremdkörper	2																																																									
Schutz gegen absichtliche Berührung	Schutz gegen groben Staub	3																																																									
			Die durch Bilder gezeigten Schutzarten sind die üblichen Ausführungen, jedoch ist die bildliche Darstellung für die Ausführung nicht verbindlich. 1) Siehe DIN VDE 2950 Formen elektrischer Maschinen. Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.																																																								

Bild 24  
 DIN VDE 50 – Ursprung des Bezeichnungssystems für die Schutzarten im Jahr 1934 (nicht mehr gültig)

Das 1970 gegründete IEC/TC70 hatte zunächst die Aufgabe, die gerätespezifischen Festlegungen der IEC 144 und 34-5 zu einer für alle Arten von elektrischen Betriebsmittel gültigen, neuen Publikation zusammenzufassen. Dies geschah 1974 auf der Sitzung in Paris, die zur IEC 529 (1976) »Classification of degrees of protection provided by enclosures« geführt hat. Bei der Überführung von einer nationalen zu einer internationalen Norm wurde der Code von »P« auf »IP« (= International Protection) geändert.



## 25 Symbol-Kennzeichnung

Vor allem im Bereich der Hausgeräte- und Installationstechnik wurden zur Kennzeichnung einer Schutzart die sogenannten »Tropfensymbole« verwendet. Über die früher recht bedeutsamen Bestimmungen der CEE (Internationale Kommission für Regeln zur Begutachtung elektrotechnischer Erzeugnisse) fand diese Art der Kennzeichnung vereinzelt auch bei IEC (International Electrotechnical Commission) Eingang. Sie wird auch noch in VDE-Vorschriften mit abnehmender Tendenz verwendet

Beim Wasserschutz – und dies ist traditionell die Zielrichtung der Tropfen-Kennzeichnung – entspricht die Abstufung der Schutzgrade fast den Stufen beim IP-Code. Beim Fremdkörperschutz sind nur zwei Symbole vorgesehen, wie Bild 25 zeigt.

Die wichtigsten Anwendungsbereiche und die reduzierte Auswahlpalette der Symbole haben zwangsläufig dazu geführt, dass meist nur ein einzelnes Symbol – meist ein »Tropfensymbol« – auf dem Betriebsmittel angegeben wurde.

Dies war zum Beispiel auch nach den neuesten »Bestimmungen für Stecker, Steckdosen und Kupplungen für industrielle Anwendungen« DIN EN 60309, Teil 1 / Klassifikation VDE 0623, Teil 1 in einer Übergangsfrist bis 1998 noch der Fall.






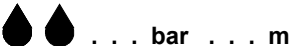


Symbol	Bedeutung
	Tropfwwassergeschützt
	Sprühwasser- und regengeschützt
	Spritzwassergeschützt
	Strahlwassergeschützt
	Eintauch- und flutungsgeschützt, wasserdicht
	Untertauchgeschützt, druckwasserdicht
	Staubgeschützt
	Staubdicht

Bild 25 Symbole zur Kennzeichnung von Wasserschutz und Staubschutz für elektrischer Betriebsmittel der Hausgeräte- und Installationstechnik

## 25.1 ACOS-Auftrag zur Ablösung der Symbol - Kennzeichnung

Anfang der 80er-Jahre gab ACOS (Advisory Committee on Safety = Beratendes Komitee für Sicherheit) dem in der IEC für Schutzarten zuständigen TC 70 den Auftrag, bei der Überarbeitung der IEC 60529 als grundlegende Sicherheitsnorm die Voraussetzungen für eine Ablösung der Symbol-Kennzeichnung zu schaffen. In der zur Zeit noch andauernden, langen Übergangsphase sind oft noch beide Arten der Schutzart-Kennzeichnung auf Betriebsmitteln und in Katalogen zu finden.

Die teilweise geringfügig abweichenden Prüf- und Abnahmebedingungen für die beiden Schutzartbezeichnungen wurden in langwierigen Beratungen so angeglichen, dass ein Übergang von der Symbol-Kennzeichnung zum IP-Code ermöglicht wurde.

So wurde auf Wunsch der für die Hausgerätetechnik zuständigen Fachkreise (IEC/TC61) bei der Bezeichnung für den Wasserschutz von dem bisher gültigen Grundsatz abgewichen, wonach die Angabe eines bestimmten Schutzgrades stets auch die Einhaltung aller niedrigeren Schutzgrad einschliessen muss. Die Ausnahme gilt für den Übergang vom Strahlwasserschutz (IPX5 und IPX6) auf den Schutz beim Eintauchen (IPX7 und IPX8).

Einem weiteren Wunsch der Hausgerätetechnik folgend wurden für die Sprüh- und Spritzwasserprüfungen IP3X und IP4X nun Schwenkrohre bis zu einem Radius von 1600 mm zugelassen. Die Wasser-Durchflussrate wurde so festgelegt, dass sich eine etwa gleich hohe Beanspruchung pro Flächeneinheit ergibt.

***Ziel ist eine weltweit und für alle Arten von elektrischen Betriebsmitteln einheitliche Kennzeichnung der Schutzart.***

**25.2 Vergleich von IP-Code und Symbol-Kennzeichnung**

Es gibt keine genormte »Übersetzungstabelle« zwischen den beiden Bezeichnungssystemen, da die Bedingungen für Prüfung und Abnahme geringfügig abweichen.

Geht man davon aus, dass in der Praxis die Bedingungen der Norm mit einer gewissen Sicherheit erfüllt werden, so kann nachfolgende Vergleichstabelle erstellt und benutzt werden :








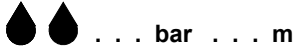


IP-Schutzgrad	Symbol-Kennzeichnung
IPX1	
IPX2	
IPX3	
IPX4	
IPX5	
IPX6	
IPX7	
IPX8	
IP5X	
IP6X	

Bild 25.2 Angenäherter Vergleich von IP-Code und Symbol-Kennzeichnung

**25.3 Keine Korrelation zwischen erster und zweiter Kennziffer im IP-Code**

Wenn Betriebsmittel, die nur mit einer Tropfenkennzeichnung versehen sind, in staubgefährdeten Bereichen verwendet werden sollen, versucht der Praktiker eine Wechselbeziehung zwischen der ersten Kennziffer (Fremdkörperschutz) und der zweiten Kennziffer (Wasserschutz) herzustellen. Je nach Konstruktionsart kann eine solcher Zusammenhang bestehen, er muss aber nicht vorhanden sein.

Hierzu zwei Beispiele :

- Wenn ein sehr hoher Staubschutz (z. B. IP6X) durch Filter (z. B. mehrere Lagen von feinem Drahtgewebe) erreicht wird, so besteht **kein Wasserschutz** (IPX0).
- Ein sehr hoher Wasserschutz (z. B. IPX5) kann durch Vergiessen der Wicklung erreicht werden. Das Gehäuse selbst hat relativ grosse Öffnungen, die den Eintritt von Staub nicht verhindern. Bezüglich des Wasserschutzes wird hier von den Festlegungen in den Abnahmebedingungen von EN 60529 Gebrauch gemacht, wonach Wicklungsteile nach der Prüfung mit Wasser benetzt sein dürfen, wenn sie entsprechend ausgelegt (isoliert) sind. Die Anforderungen des **Staubexplosionsschutzes** sind in diesem Fall nicht eingehalten, weil der abgelagerte Staub auf den heissen Wicklungsteilen zum Glimmen kommen könnte.

Eine Ableitung des **Fremdkörperschutzes aus dem Schutzgrad für den Wasserschutz** rein nach der »Papierform« – also auf Grund einer Kennzeichnung – **ist daher nicht möglich**.

Dies schliesst im Einzelfall nicht aus, dass auf Grund von detaillierten Kenntnissen der Konstruktion oder auf Grund von Erfahrungen ein entsprechender Zusammenhang hergestellt werden kann (vgl. 23.4.1).

## 25.4 Betriebsmittel mit Tropfen-Kennzeichnung in staubgefährdeten Betriebsstätten

Nach den vorangehenden Abschnitten ergibt sich für Planer, Errichter und Betreiber das Problem, Betriebsmittel mit Tropfen-Kennzeichnung - also ohne Angaben zum Staubschutz - für staubgefährdete Bereiche auszuwählen.

**Am einfachsten und sichersten ist es, ein Fabrikat zu wählen, bei dem in der Dokumentation (Katalog, Betriebsanleitung usw.) und für die Kennzeichnung (Leistungsschild, Aufschriften) der IP-Code verwendet ist.** Wenn dies nicht möglich ist, muss unterschieden werden zwischen :

### 25.4.1 Bereiche mit nicht brennbarem Staub

Da es in diesen Bereichen (z. B. Zementwerke, Kalkwerke) »nur« um die sichere Funktion des Betriebsmittels geht, darf eine **Elektrofachkraft in eigener Verantwortung** geeignete Betriebsmittel auswählen.

Bei entsprechender Erfahrung und mit Kenntnis der Konstruktion des vorgesehene Betriebsmittels sowie unter Beachtung der Grenzen nach Abschnitt 5 wird es möglich sein, das geeignete Gerät zu installieren.

### 25.4.2 Bereiche mit brennbarem Staub

Da von »feuergefährdeten oder staubexplosionsgefährdeten Betriebsstätten« besondere Gefahren ausgehen können, unterliegen sie einer **behördlichen Regelung**.

Sowohl aus sicherheitstechnischen wie auch aus haftungsrechtlichen Gründen müssen die Anforderungen der Normen auch **formal** eingehalten werden - das heisst der Staubschutz muss in Form eines IP-Code gewährleistet und ersichtlich sein.

Es wird empfohlen, für Betriebsmittel mit Tropfen-Kennzeichnung eine »**Hersteller-Erklärung**« anzufordern, in der für den betroffenen Typ der vollständige IP-Code bestätigt wird.

Eine wörtliche Umschreibung des Staubschutzes ist nicht ausreichend.

## **26 Bewährung der Schutzart IP65**

In der Praxis lässt sich die Bewährung der Schutzart IP65 immer wieder an charakteristischen Beispielen verfolgen. Es hat sich gezeigt, dass auch nach jahrelangem Betrieb unter ungünstigsten äusseren Einflüssen zwar ein natürlicher Verschleiss, jedoch keine Beeinträchtigung der Wicklung und ihres Isolationszustandes sowie der übrigen Innenteile festgestellt werden kann. Die Bilder 26.1 bis 26.7 sind aus der Reparatur-Praxis gegriffen: In allen gezeigten Fällen hatten die Wicklungen noch vollen Isolationswert.

Die vollkommen geschlossene Sonderbauweise nach Schutzart IP65 wird in steigendem Masse in den verschiedensten Industriezweigen und vor allem dort bevorzugt, wo trotz starker äusserer Einflüsse auf die Antriebsmotoren ein wartungs- und störungsfreier Betrieb verlangt wird.

Die Bilder 26.1 bis 26.39 zeigen eine Auswahl aus der Vielzahl von Anwendungsbeispielen.



Bild 26.1  
Ständer eines Getriebe-  
Motors in Schutzart IP65  
nach jahrelangem Betrieb  
unter starken chemischen  
Einflüssen. Gehäuse zeigt  
äusserlich starke Angriffe,  
während die Wicklung noch  
den vollen Isolationswert  
aufweist.



Bild 26.2

Trommel-Motor nach starken chemischen Angriffen, die zu einer völligen Zerstörung des Mantels führten.



Bild 26.3

Schleifringkörper und Bürstenhalter des in Bild 26.2 gezeigten Trommel-Motors. Die Stromzuführung ist nach IP65 geschützt und noch völlig in Ordnung.

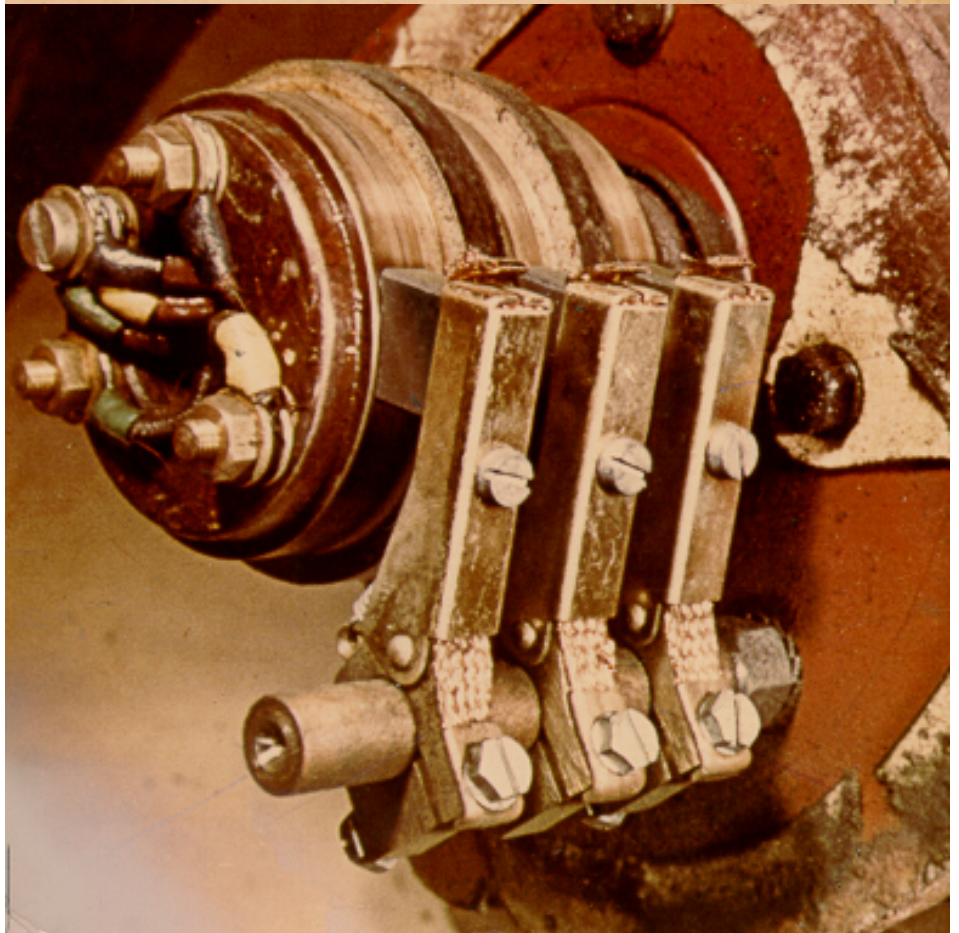




Bild 26.4  
Getriebe-Motor nach einer  
Feuchtigkeitsprüfung. Motor  
war ein Jahr lang im Freien  
aufgestellt und wurde täglich  
natürlich oder künstlich  
beregnet.

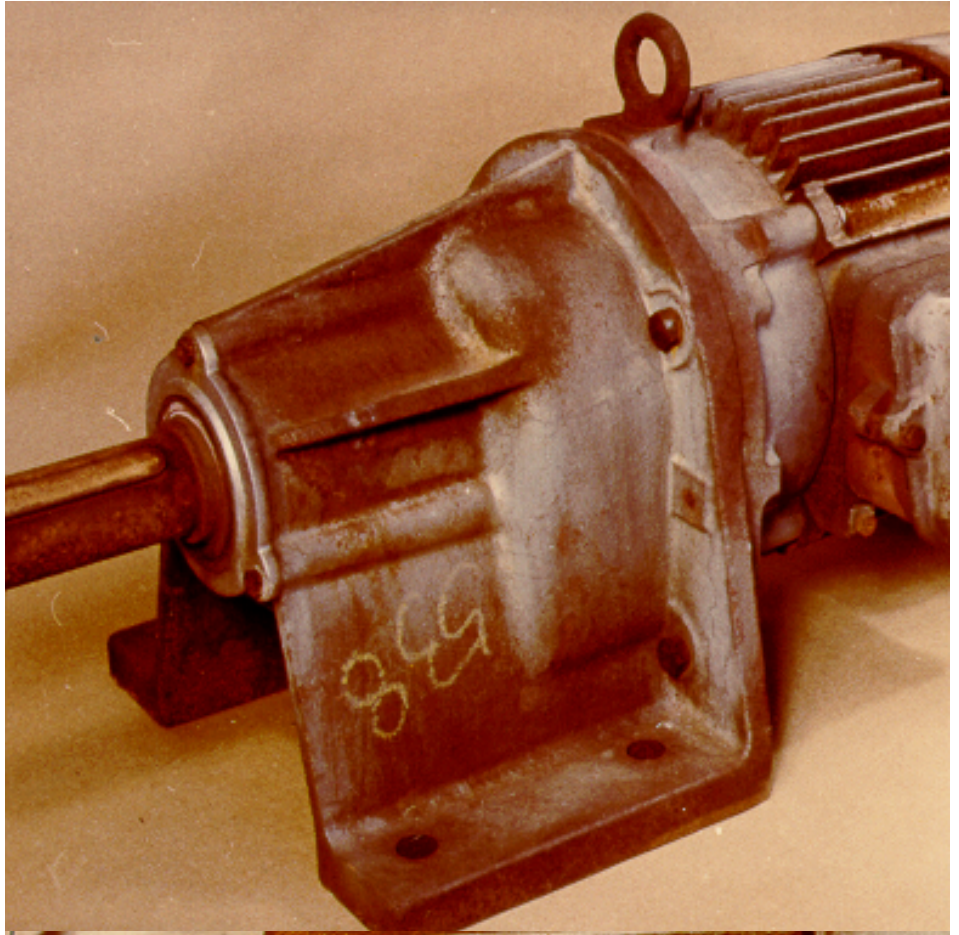


Bild 26.5  
Klemmenkasten des  
Getriebe-Motors nach Bild  
26.4. Keinerlei  
Wasserdurchtritt feststellbar.

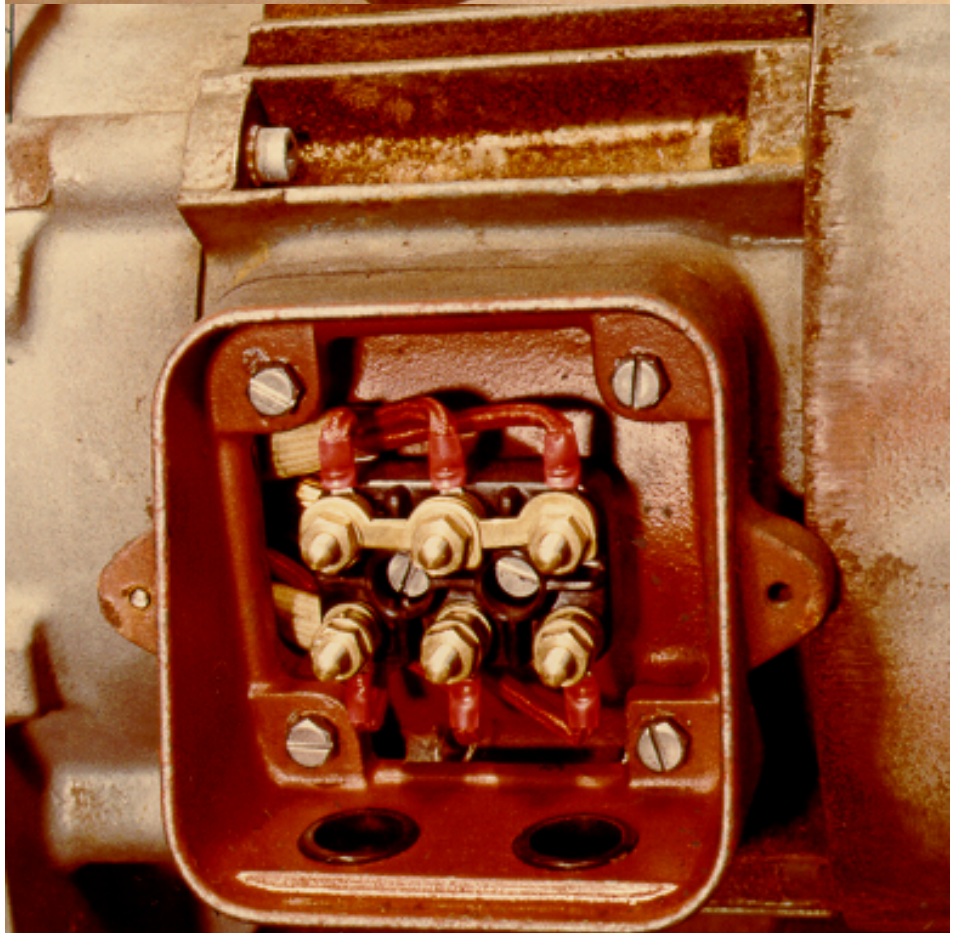




Bild 26.6

Arbeitswelle des Getriebe-  
Motors nach Bild 26.4.  
Starker Rostansatz an den  
freiliegenden Teilen, die ein  
Jahr lang dem Regen  
ausgesetzt waren.  
Tadelloser Zustand des  
Lagers. (Lagerflansch mit  
Wellendichtung entfernt).



Bild 26.7

Getriebe-Motor nach  
jahrelangem Einsatz unter  
schwierigen Einflüssen.

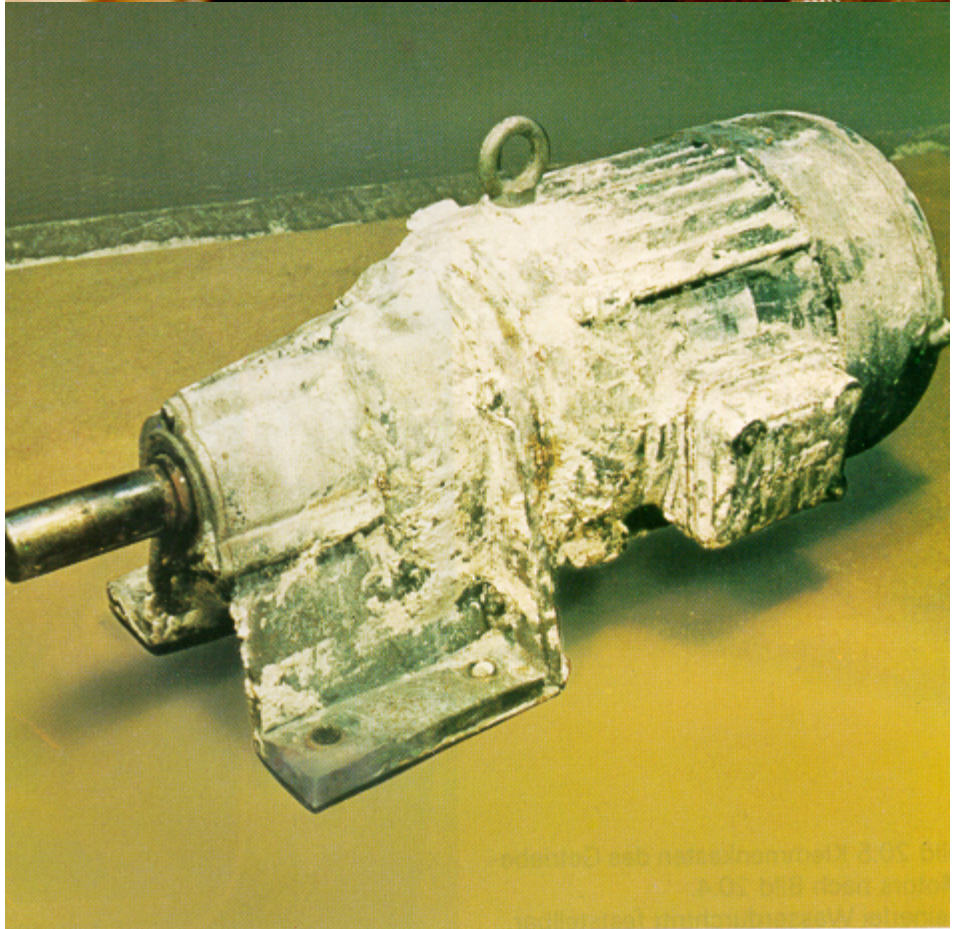




Bild 26.8  
Drehstrom-Getriebe-Motoren  
verschiedener Bauformen an  
einem Kläranlagen-  
Schrapper.



Bild 26.9  
Drehstrom-Getriebe-Motoren  
verschiedener Bauformen in  
einer Kläranlage.

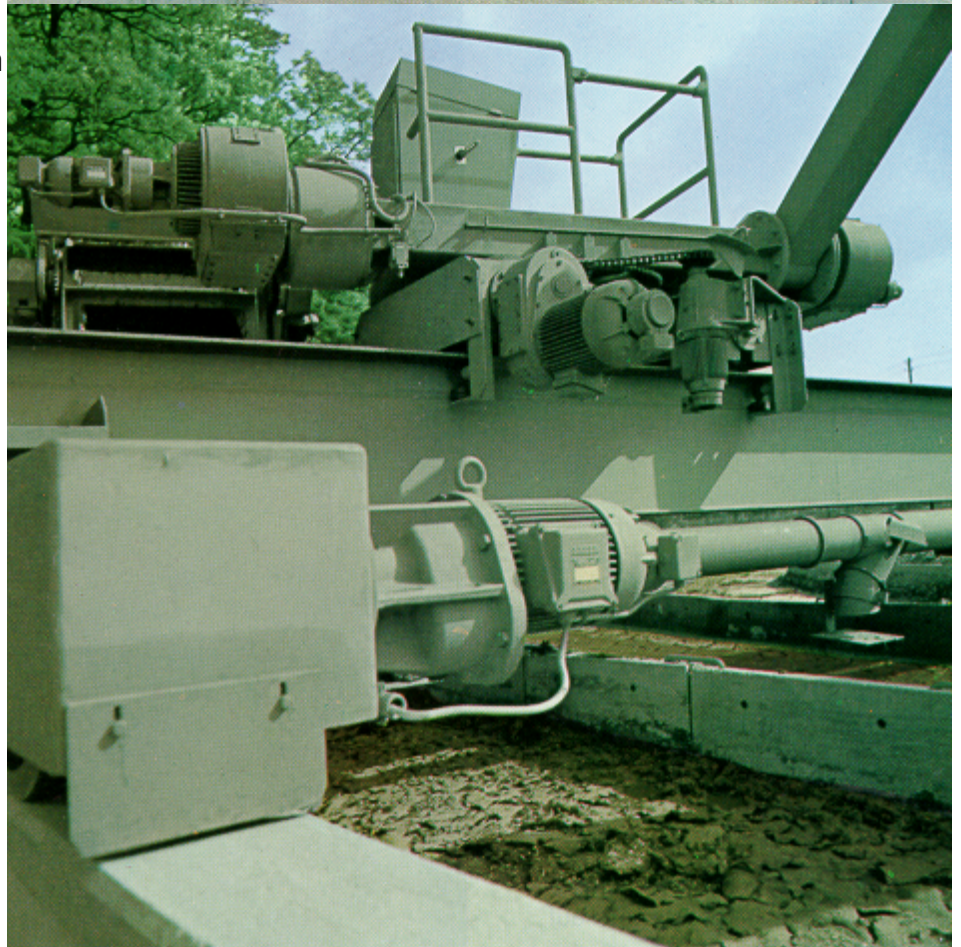




Bild 26.10  
Drehstrom-Flachgetriebe-  
Motor als Rührwerksantrieb  
an einer Wasser-  
Umwälzanlage in einem  
Hafenbecken.



Bild 26.11  
Drehstrom-Flachgetriebe-  
Motor an einem  
Großschrapper auf einer  
Beton-Mischanlage.





Bild 26.12  
Drehstrom-Getriebe-Motoren  
in einer Makadam-  
Mischanlage



Bild 26.13  
Drehstrom-Flachgetriebe-  
Motor als Rührwerksantrieb  
auf einer Säuren-  
Mischanlage.

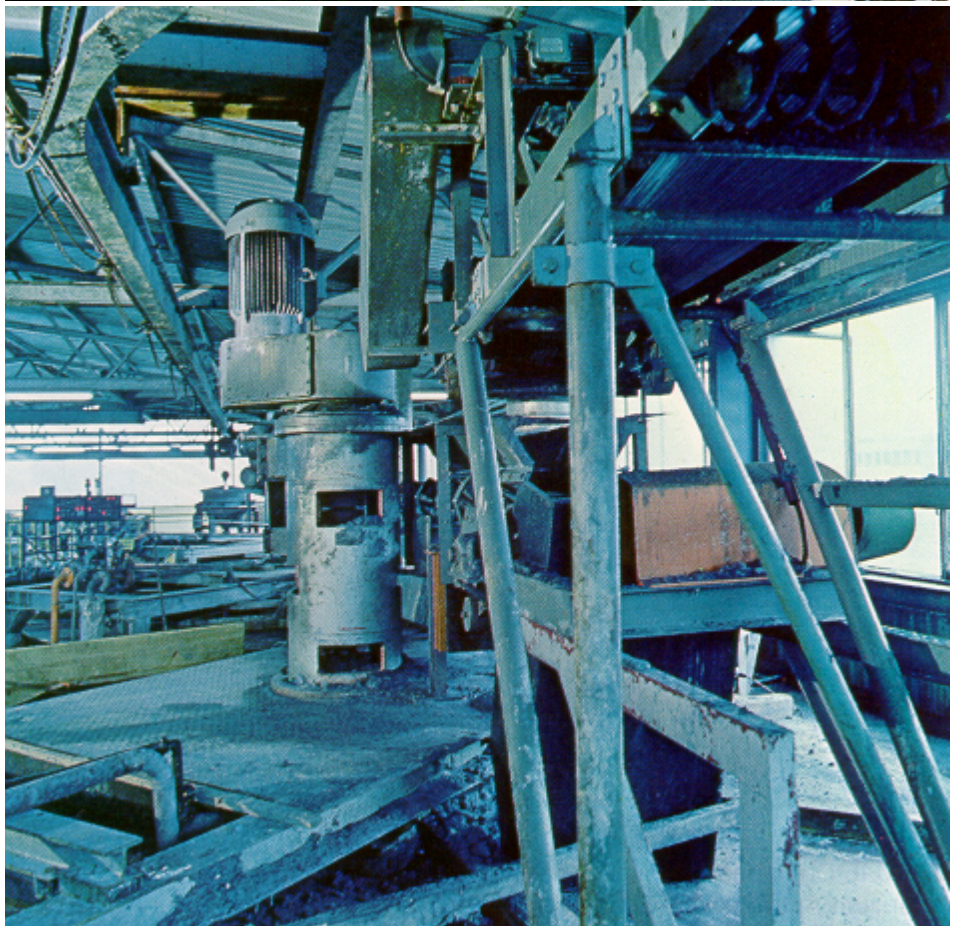




Bild 26.14  
Drehstrom-Trommel-Motor  
zum Antrieb eines  
Förderbandes auf einem  
Flussbett-Bagger.

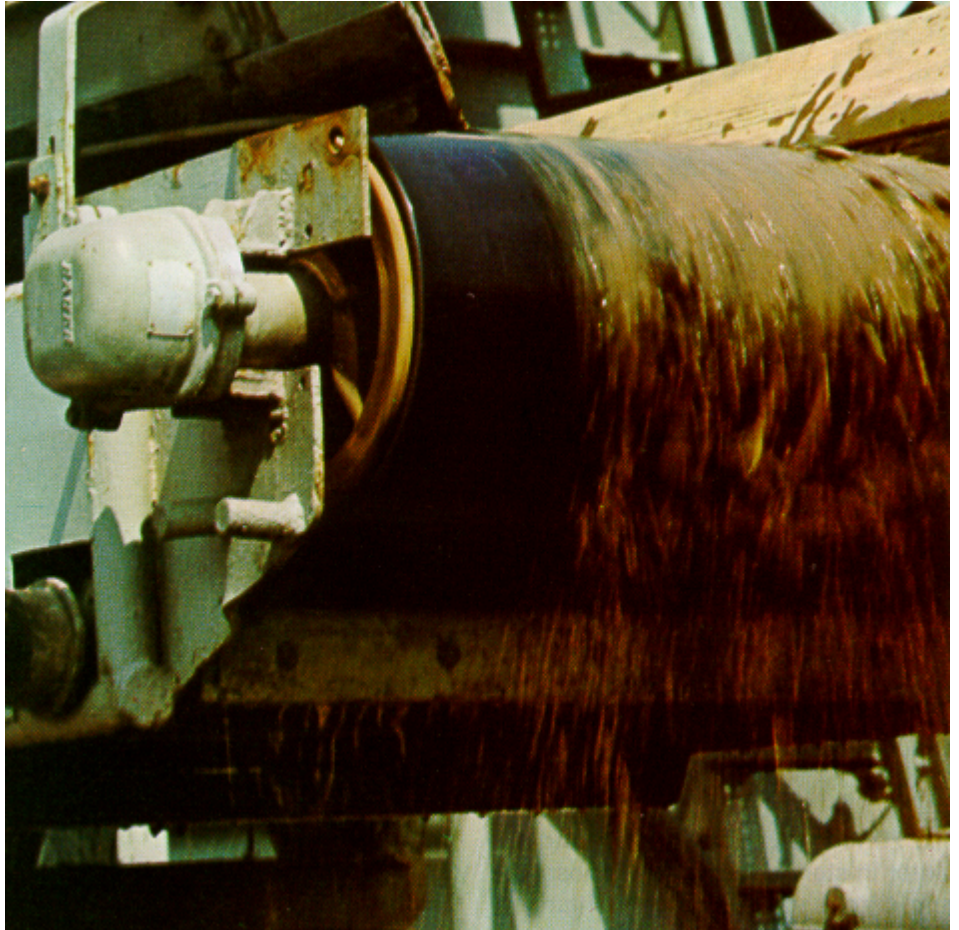


Bild 26.15  
Drehstrom-  
StirnradGetriebemotor zum  
Antrieb eines Schnecken-  
Förderers für grobkörniges  
Fördergut.

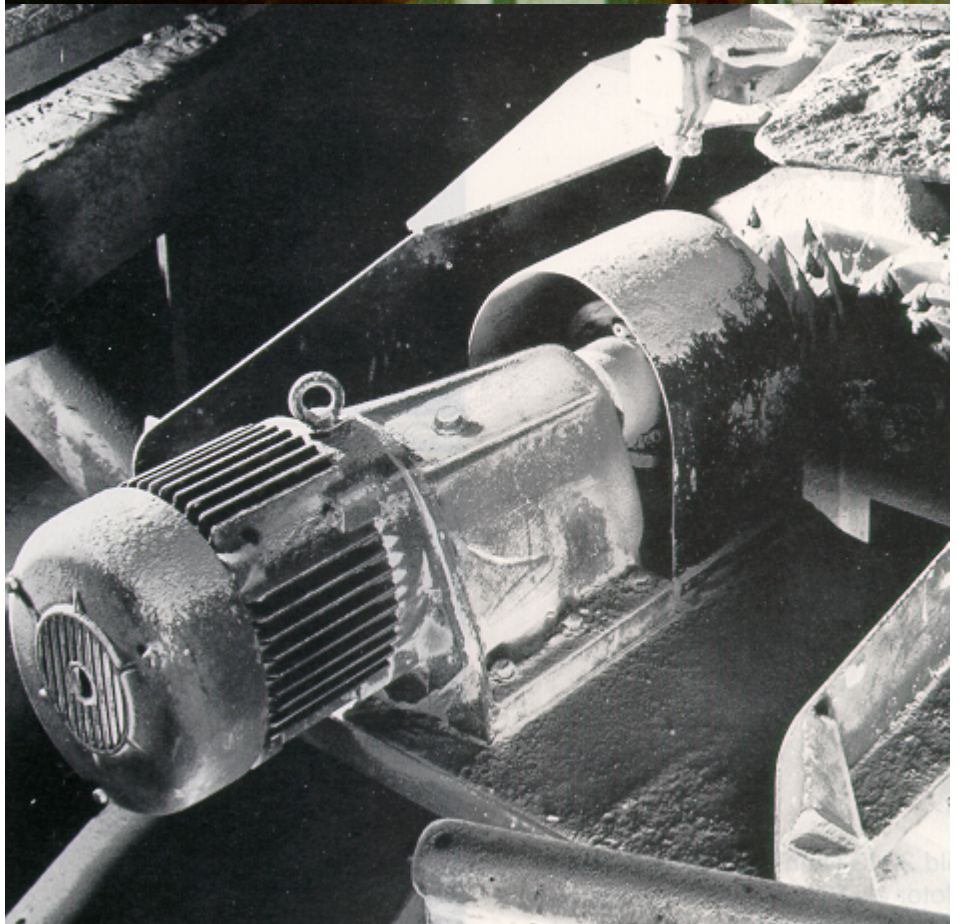




Bild 26.16  
Drehstrom-Stirnrad-  
Getriebe-motor in stark  
aggressiver Atmosphäre  
zum Antrieb einer  
Fördereinrichtung in einer  
Kupferhütte

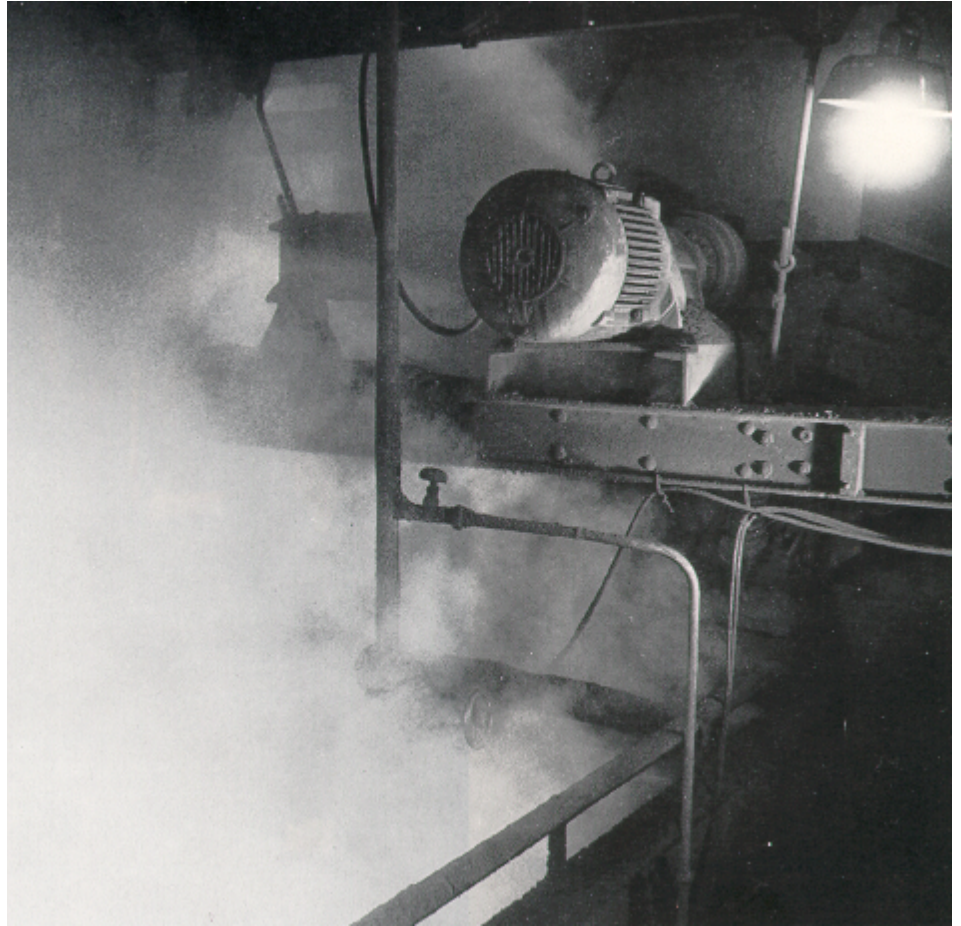


Bild 26.17  
Drehstrom-Stirnrad-  
Getriebe-motor in  
Flanschausführung, vertikale  
Anordnung, in einem  
Krafftutterwerk mit sehr  
staubhaltiger Umgebung.

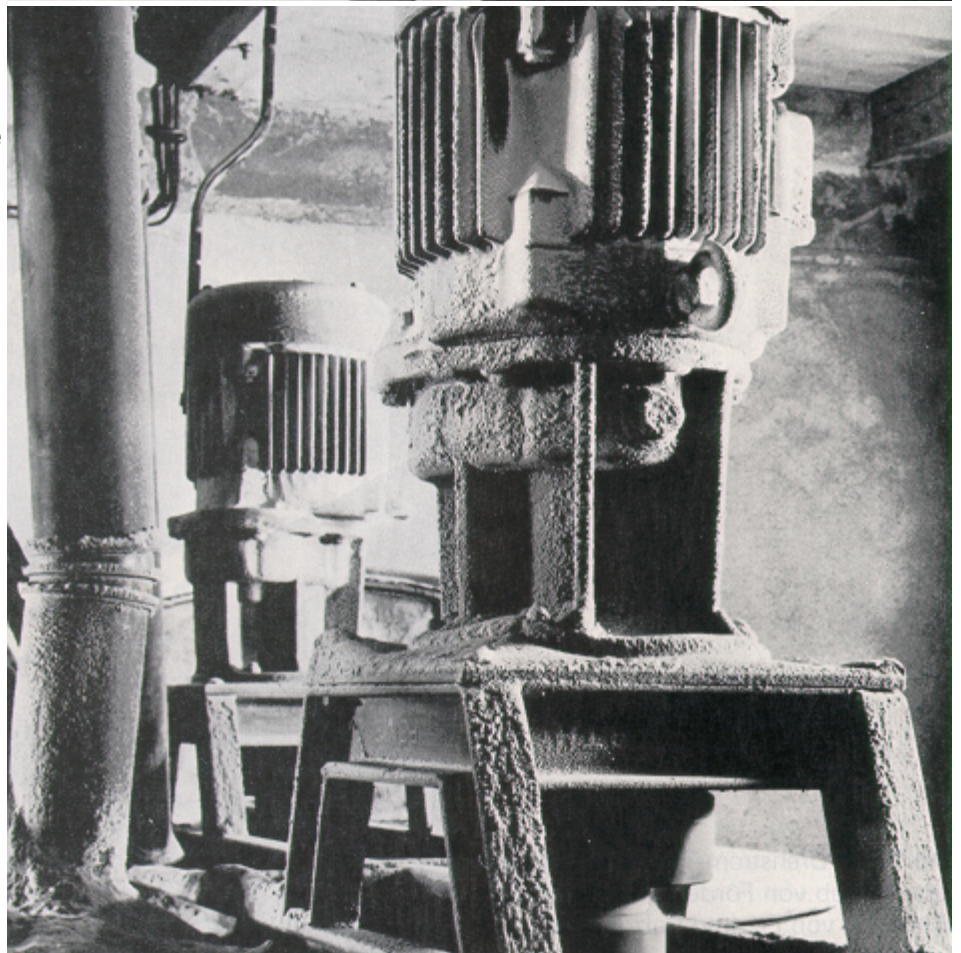




Bild 26.18  
Drehstrom-Stirnrad-  
Getriebe-motor zum Antrieb  
eines Gerbfasses in feuchter  
und sehr aggressiver  
Atmosphäre.



Bild 26.19  
Drehstrom-Stirnrad-  
Getriebe-motor zum Antrieb  
einer  
Stallentmischungsanlage.  
Aufstellung im Freien.

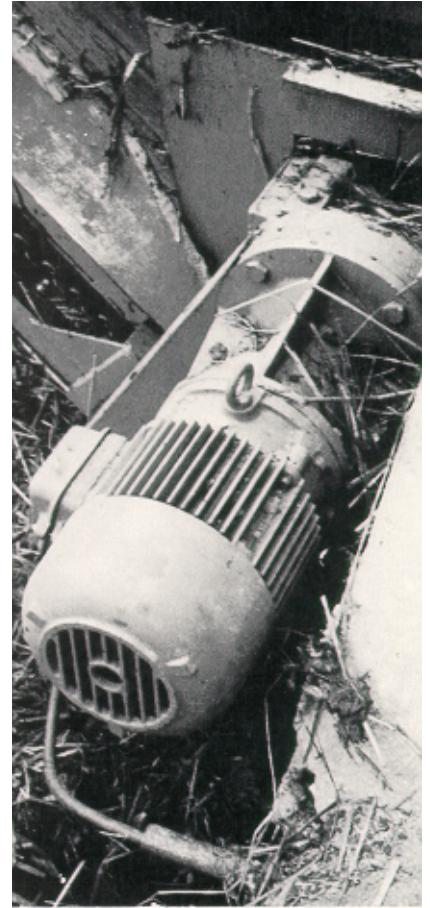


Bild 26.20  
Drehstrom-Trommel-  
Motoren zum Antrieb von  
Förderbändern für die  
Mischung von Erz und Salz  
in einer Kupferhütte.





Bild 26.21  
Fangschiff mit starker  
äusserer Rostbildung nach  
einer Fangfahrt von einigen  
Monaten.



Bild 26.22  
Verstell-Getriebe-Motor mit  
vollkommen gekapseltem  
Breitkeilriemengetriebe an  
einer Anlage zum Reinigen  
und Abfüllen von Flaschen.

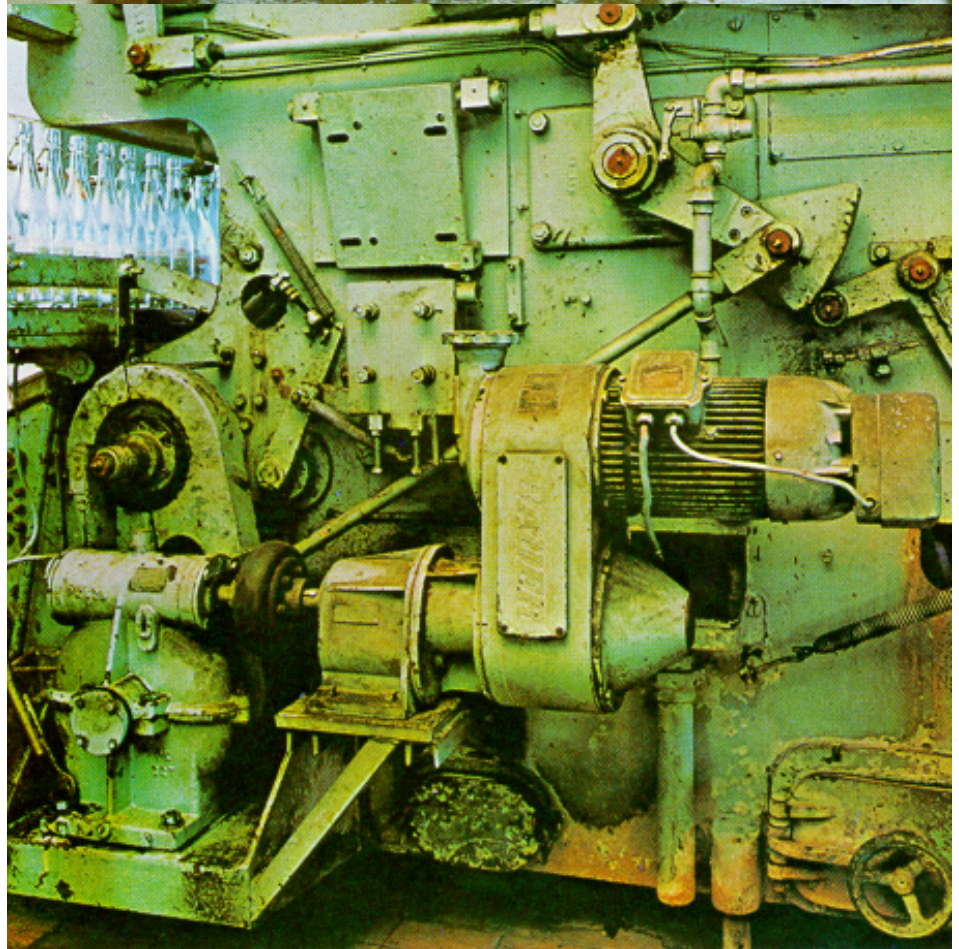




Bild 26.23  
Antrieb für Kipptor in einer  
Fischauktionshalle mit stark  
salzhaltiger Atmosphäre.



Bild 26.24  
Gleichstrom-  
Getriebemotoren zum  
Antrieb eines  
Schwimmtrainers mit  
verstellbarer  
Geschwindigkeit.





Bild 26.25  
Klopfwerke für die Staubfilter  
in einem Zementwerk;  
Aufstellung im Freien.



Bild 26.26  
Antriebe für  
Transporteinrichtungen in  
einem Zementwerk.





Bild 26.27  
Verstell-Getriebe-Motoren  
zum Antrieb einer  
Zuteileinrichtung in einer  
Futtermühle.

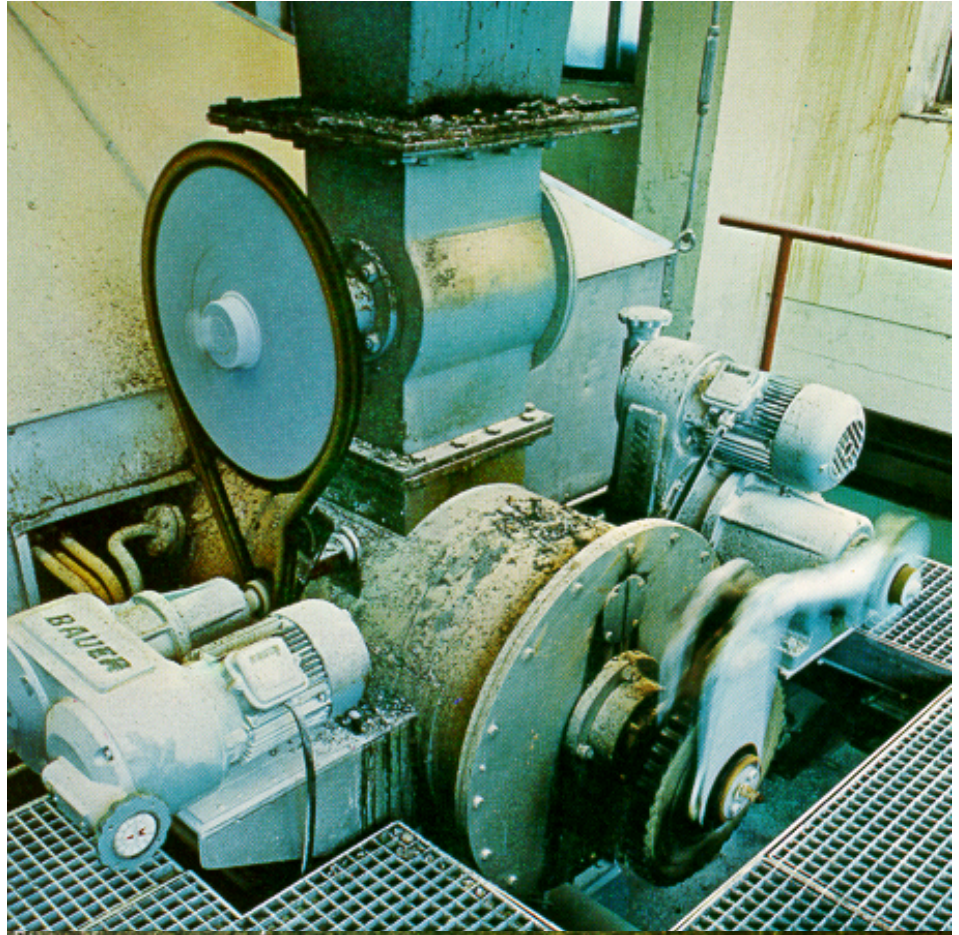


Bild 26.28  
Belüftungsrotoren in einem  
Klärwerk mit Getriebe-  
Motoren in Aufstellung V1.





Bild 26.29  
Verstell-Getriebe-Motoren  
zum Antrieb der  
Belüftungseinrichtung an  
einem Klärbecken.





Bild 26.30 Hochwasser in einer Kläranlage ! Die an Räumernbrücken eingesetzten serienmässigen IP65-Getriebe-motoren haben diesen »Test« gut überstanden. Hier bietet die Sonderschutzart IP66 eine echte »Überlebenschance«.

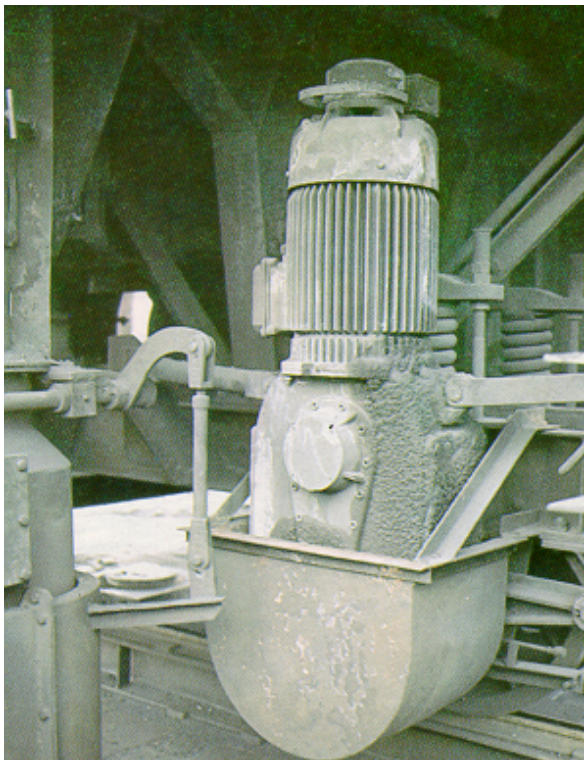


Bild 26.31 Fahrtrieb an einem 60 to-Koksofen-Beschickungswagen in einem schwedischen Stahlwerk.

Bild 26.33 Freiluftaufstellung in Südamerika.



Bild 26.32 Antrieb eines Transportbandes für Seefische.



Bild 26.34  
Antriebe für Steil-  
Förderbänder in trockener,  
staubiger Atmosphäre.



Bild 26.35  
Förderschnecke für Kalk.

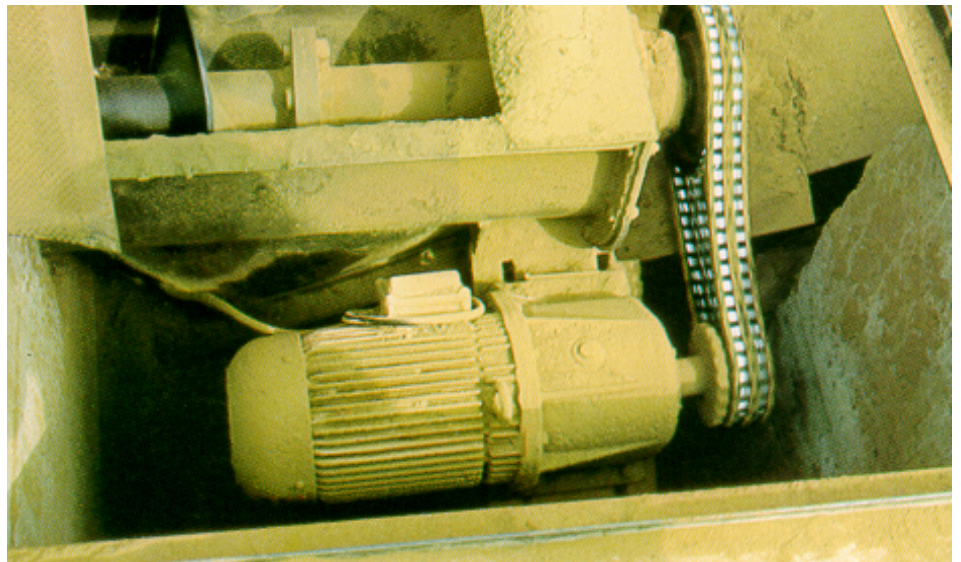


Bild 26.36  
Antrieb in einer Gießerei.

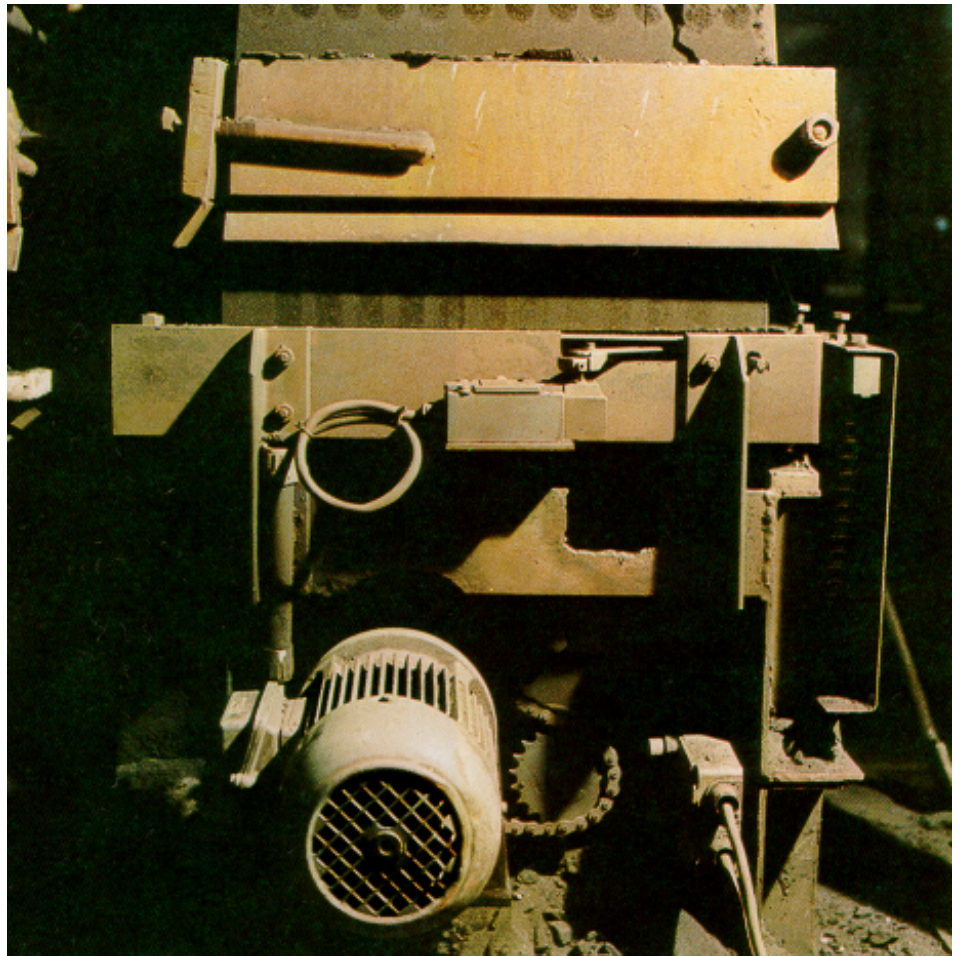


Bild 26.37  
Antrieb einer  
Förderschnecke in  
aggressiver Atmosphäre.

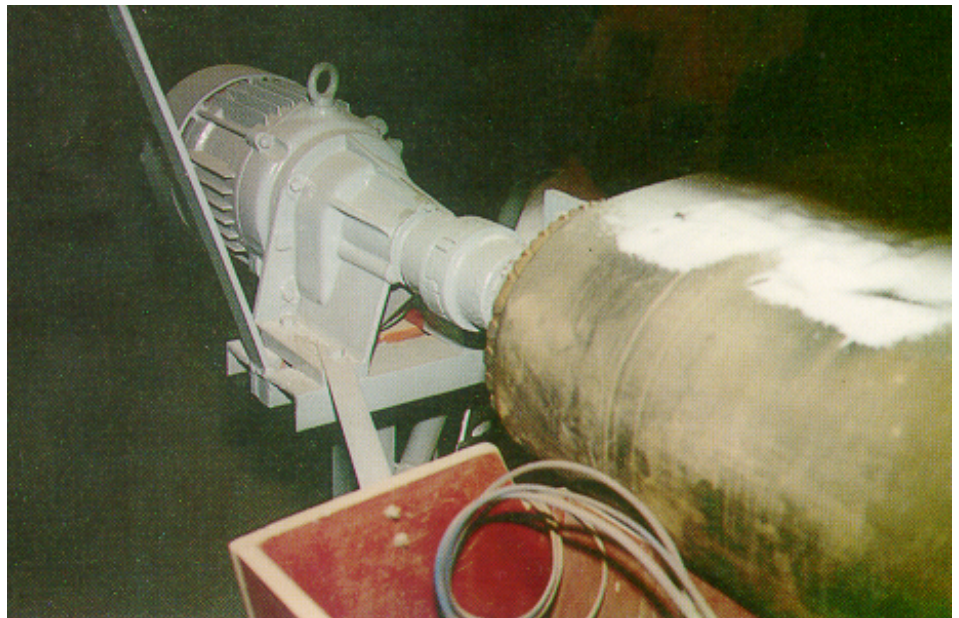




Bild 26.38  
Sammelband für Salz hinter  
einer Siedepfanne.



Bild 26.39  
Förderbandantrieb im  
Salzmuseum Lüneburg;  
Baujahr etwa 1950.



## Literaturhinweise

- 1 IEC 144 (First edition 1963)  
Degrees of protection of enclosures for low-voltage switchgear and controlgear
- 2 IEC 34-5 (First edition 1968)  
Degrees of protection by enclosures for rotating machinery
- 3 IEC 60529 (Second edition 1989)  
Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
- 4 IEC 60034-5 (Fourth edition 2000) = EN 60034-5 = VDE 0530 Teil 5  
Degrees of protection provided by the integral design of rotating electrical machines (IP Code) – Classification
- 5 NEMA MG1 (1998)  
Part 5: Rotating electrical machines – Classification of degrees of protection provided by enclosures for rotating machines
- 6 EN 60529 (1991 + A1:2000) = VDE 0470 Teil 1  
Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)
- 7 IEC 61032 = EN 61032 = VDE 0470 Teil 2  
Test probes to verify protection by enclosures
- 8 IEC 62262 = EN 50102 = VDE 0470 Teil 100  
Schutzarten durch Gehäuse für elektrische Betriebsmittel gegen äußere mechanische Beanspruchung (IK-Code)
- 9 EN 294  
Sicherheit von Maschinen – Sicherheit gegen das Erreichen von Gefahrstellen mit den oberen Gliedmaßen
- 10 IEC 61241-1  
Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust  
Part 1: Protection by enclosures "tD"
- 11 *Greiner, H.:*  
Entwicklung der Schutzartbezeichnung von der nationalen zur internationalen Norm  
Bd. 14 "Geschichte der Elektrotechnik"; VDE-Verlag GmbH; Berlin, Offenbach (1994)
- 12 *Nowak, K.:*  
Normen und Schutzarten für die Elektro-Installation  
Pflaum Verlag München (1985)
- 13 *Rudolph, W.:*  
Safety of electrical installations up to 1000 V  
VDE-Verlag GmbH; Berlin, Offenbach (1990)
- 14 *Vogl, G.:*  
Umweltsimulation für Produkte  
Vogel Buchverlag, Würzburg (1999)
- 15 *Greiner, H.:*  
Schutzmaßnahmen bei Drehstrom-Getriebemotoren  
Publikation der Danfoss Bauer GmbH, D-73726 Esslingen (2000)

## Stichwortverzeichnis zu EP 102

<b>A</b>	<b>Abschnitt</b>
Abstand, Berührungsschutz	12.1.3
ACOS	25.1
Anschlusskasten	18
Antriebsart	1
Aufstellung im Freien	23
Aussenlüfter, Berührungsschutz	4.2
<b>B</b>	
Berührungsschutz	5
Berührungsschutz	12
Berührungssonde	12.1.4
Bewährung der Schutzart IP65	26
<b>C</b>	
CORO	19
<b>D</b>	
Draht	3.3.1
<b>E</b>	
Eindringtiefe, Prüffinger	12.3
Elektrische Maschinen (IP-Schutzarten)	4
Elektronenfallstatistik	12.2
Ergänzende Buchstaben	7
Errichtungsbestimmungen, IP-Schutzgrade	9.1
Europannorm für IP-Schutzarten	2
<b>F</b>	
Fakultativer Zusatzbuchstabe im IP-Code	3.3
Feuchtigkeit	14
Finger	3.3.1
Fingersicherheit	12.3
Freiluftaufstellung	23
Fremdkörperschutz	5
<b>G</b>	
Gefährliches Teil, Berührungsschutz	12.1.1
<b>H</b>	
Handrücken	3.3.1
Hochdruckreinigung	9.4.5
<b>I</b>	
IK-Code	20.2
Internationale Anwendung des IP-Code	21
IP65 (Bewährung)	26
IP66	9
IP-Code	3
IP-Code international	21
IP-Schutzart	1
IP-Schutzart und Zündschutzart	16
IP-Schutzarten für elektrische Maschinen	4
IP-System (Ursprung)	24
<b>K</b>	
Kennziffer	3.2
Kinderfinger	12.3
Klärwerke	9.4.2
Klimastutzen	13.4.2
Kondenswasser	13
Korngröße bei der Staubprüfung	11.2
Korngrösse bei Staubprüfung	11.2
Korrosionsschutz	19
Kühlturm-Ventilatoren	9.4.1
<b>L</b>	
Langzeitberegnung	9.3
<b>N</b>	
Nordamerika, Schutzartangaben	22

Nordamerikanische Schutzartangaben	22
<b>P</b>	
Prüfbeispiele (Wasserschutz)	8
Prüfsonden	3.3.1
Prüfung auf Berührungsschutz	5
Prüfung auf Fremdkörperschutz	5
Prüfung auf Staubschutz	10
Prüfung auf Wasserschutz	6
PTB-Bericht über Schutzartprüfung	17
<b>R</b>	
Regenmengen	23.1
Reinigungszusätze	9.4.5
<b>S</b>	
Schimmelpilz	14.3
Schutzart	1
Schutzart IP65 (Bewährung)	26
Schutzartangaben in Nordamerika	22
Schutzarten, häufig verwendete	4.1
Schutzartprüfung (PTB-Bericht)	17
Schwenkbogen	8.1
Schwenkrohr	8.1
Sonderschutzart IP66	9
Spaltweite bei der Staubprüfung	11.1
Spritzwasser	6
Sprühwasser	6
Staubexplosionsschutz	15
Staubkammer	10.1
Staubschutz	10
Staubschutzprüfung	10
Staubschutzprüfung (Variation)	11
Stossfestigkeit	20
Stossprüfung	20
Strahlwasser	6
Strahlwasser	8.2
Symbol-Kennzeichnung	25
<b>T</b>	
Termiten	14
Tropen	14
Tropfen-Kennzeichnung	25
Tropfwasser	6
<b>U</b>	
Untertauchen, dauernd	6
Untertauchen, zeitweilig	6
Ursprung des IP-Systems	24
<b>V</b>	
Variation der Staubschutzprüfung	11
Volumenstrom	8.1
<b>W</b>	
Wasserschutz	6
Wasserschutz (Prüfbeispiele)	8
Werkzeug	3.3.1
<b>Z</b>	
Zündschutzart	16
Zusatzbuchstabe für Berührungsschutz	3.3