

Elektrotechnik im Orgelbau

Technischer Anhang

- A) Relevante Vorschriften
- B) Schutzeinrichtungen der Hauselektrik
- C) Schutzeinrichtungen für Orgelgebläse
- D) Brandschutz in der Orgelelektrik
- E) Sichere Stromversorgung in der Orgel

abgestimmt mit der Arbeitsgruppe Elektrosicherheit des BDO

Dr. Jürgen Scriba
Technische Dienstleistungen für den Orgelbau
Seinsheimstr. 47
97199 Ochsenfurt

scriba@orgelpunkt.com
+49 171 5421850



orgelpunkt.com

A) Relevante Vorschriften

Für die Errichtung elektrischer Anlagen gelten verschiedene VDE-Normen, insbesondere aus der Gruppe VDE 0100-xxx zum "Errichten von Niederspannungsanlagen". Der Begriff "Niederspannungsanlagen" weckt bei Laien falsche Assoziationen. "Niederspannung" ist im Kontext der verschiedenen Spannungstufen im Versorgungsnetz einzuordnen: Gemeint sind die 230V und 400V-Installationen in Gebäuden.

Für die sogenannte Kleinspannungsinstallation in der Orgel selbst (12V oder 24V) gibt es keine speziellen Normen, es gelten aber die üblichen Grundregeln des Brandschutzes in elektrischen Anlagen und die Normen für die Sicherheit von Maschinen und die Verwendung von Kabeln, wie sie z. B. in den Normen VDE 0105-100 oder VDE 0298-4 beschrieben sind.

Die VDE-Normen haben keinen Gesetzescharakter, definieren aber den Stand der Technik und gelten als Grundlage für die Beurteilung von elektrischen Anlagen, etwa im Zusammenhang mit Versicherungsfällen oder Schadenersatzklagen. Im Schadensfall muss sich der Errichter einer Anlage und der Betreiber eines Gebäudes fragen lassen, warum eine Installation betrieben wurde, obwohl sie nicht den einschlägigen Normen genügt.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang die **Aktualisierung der VDE 0100-420 vom Oktober 2019**. Absatz 421.7 fordert von Errichtern und Entscheidern die Durchführung einer Risiko- und Sicherheitsbewertung im Hinblick auf den Brandschutz bei Arbeiten an elektrischen Anlagen.

In diesem Zusammenhang ist der Einsatz von empfohlenen Schutzeinrichtungen (s. u.) zu erwägen. Entscheidet man sich gegen deren Einbau, ist das in der Dokumentation der Risikobewertung entsprechend zu begründen.

Die Sachversicherer orientieren sich bei der Bewertung von Risiken an den Grundsätzen der VdS Schadenverhütung GmbH, einer Tochtergesellschaft des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV).

Die Organisation hat verschiedene Richtlinien zu Risiken durch elektrische Anlagen und Geräte herausgegeben. In diesem Zusammenhang ist die VdS 2033 "Elektrische Anlagen in feuergefährdeten Betriebsstätten und diesen gleichzustellende Risiken" relevant. Als "feuergefährdete Betriebsstätten" gelten in erster Linie Orte, an denen große Mengen von leicht entzündlichen Materialien lagern, wie etwa holzverarbeitende Betriebe. Allerdings gilt dies auch für Bauteile, die nicht der Feuerwiderstandsklasse F30 genügen. Da viele der in Orgeln verwendeten Materialien als "leicht entzündlich" gelten müssen (Stoffe, die nach 10 Sekunden Kontakt mit einer offenen Flamme weiter brennen), liegt hier die Einstufung von Orgeln als "feuergefährdet" zumindest nahe.

Zudem legt VdS 2033 Kriterien für die Einstufung von "gleichzustellenden Risiken" zu "Feuergefährdeten Betriebsstätten" fest. Dazu gehört die Gefährdung von "unwiederbringlichen Kulturgütern". Neben Museen, Bibliotheken und Schlössern werden in der **Neufassung der VdS 2033 vom November 2019** auf Initiative eines Versicherungsunternehmens ausdrücklich Kirchen als gleichzustellende Risiken genannt. Damit gelten die Empfehlungen für zusätzliche Schutzmaßnahmen, die über den Minimalchutz hinausgehen.

Der Schutz der Hauselektrik innerhalb von Orgelgehäusen und im Umfeld der Orgelanlage durch Fehlerstrom- und Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen (s. u.) ist daher nicht nur technisch dringend angeraten. Er nimmt auch sich abzeichnende Entwicklungen vorweg, die zukünftig zu einer Nachrüstpflicht führen könnten.

B) Schutzeinrichtungen der Hauselektrik

Die ganzheitliche Betrachtung der elektrischen Sicherheit von Orgeln beginnt bei der bauseitigen Elektrik:

In welchem Zustand sind die Leitungen für 230V und 400V, die die Orgel mit Strom versorgen?

Sind Sicherungen auffindbar und zugänglich?

Den Schutzeinrichtungen in den Stromkreisen für die Orgel und den im Einzugsbereich liegenden Steckdosen (Spieltisch, Spieltisch-podest) kommt besondere Bedeutung zu: Diese Leitungen sind in der Regel innerhalb des Orgelgehäuses verlegt. Das Gehäuse besteht meist aus brennbarem Holz, und in seinem Innern befinden sich zudem auch noch größere Mengen an leichtentzündlichem Material, wie feingliedrige hölzerne Trakturbauteile, Papier und Pappe, dazu oft größere Mengen von Staub. Die Installationen in Orgel und Spieltisch können bei Wartungsarbeiten leicht beschädigt werden, oder es besteht die Gefahr, dass Personen in den beengten Einbauverhältnissen einer Orgel in Berührung mit unzureichend geschützten stromführenden Teilen kommen. Auch können defekte Spieltisch-Einbauten (Pedalbeleuchtung, Notenpultleuchte etc.) unter Netzspannung stehen.

Zum Schutz vor Bränden oder Personenschäden stehen folgende Schutzeinrichtungen zur Verfügung:

1) Leitungsschutzschalter

Diese meist als "Sicherungen" bezeichneten Geräte trennen den Stromkreis, wenn der Bemessungsstrom überschritten ist. Dies ist die minimale Form von Brandschutz, weil ein Überhitzen der Leitung durch zu hohe Ströme verhindert wird, wenn ein defektes Gerät oder ein grober Isolationsschaden einen Kurzschluss verursacht. Leitungsschutzschalter sind in der Regel vorhanden, sie sollten aber auch eindeutig beschriftet und zugänglich sein, damit für Wartungsarbeiten oder bei beginnenden Bränden schnell und zuverlässig die nötigen

Stromkreise von Hand abgeschaltet werden können.

Leitungsschutzschalter schützen nicht vor Bränden durch kleinere Isolationsschäden (ältere brüchige Kabel) oder schlechte Klemmstellen, an denen kleine Lichtbögen entstehen können, die leicht entzündliches Material entflammen können. Auch gegen Personenschäden helfen Leitungsschutzschalter nicht, weil beim Berühren von offenen Leitern schon kleine Ströme durch den menschlichen Körper tödlich sein können, die viel zu gering sind, um einen Leitungsschutzschalter auszulösen.

2) Fehlerstromschutzschalter (RCD)

Für diese oft "FI" genannten Geräte gilt inzwischen die Bezeichnung RCD ("Residual Current Device"). Sie messen die Differenz der Ströme, die in einen Stromkreis hinein und wieder zurück zum Verteiler fließen. Ströme, die durch defekte Isolation oder eine gefährdete Person zur Erde fließen, fehlen in dieser Bilanz und lösen den Schutzschalter aus, wenn eine bestimmte Grenze dieser "Fehlerströme" überschritten ist.

Für den reinen Brandschutz sind Geräte mit 300mA Auslösestrom vorgeschrieben, für wirksamen Personenschutz gilt die geringere Schwelle von 30mA. Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen wurden in Deutschland zuerst 1984 für Feuchträume vorgeschrieben, seit 2018 gilt eine Pflicht zur Ausrüstung von Neubauten für alle durch Nutzer zugänglichen Stromkreise, also Steckdosen und Leuchten.

Eine generelle gesetzliche Pflicht zur Nachrüstung von Altanlagen besteht nicht. Der Einbau ist jedoch erforderlich, wenn Umbaumaßnahmen oder Sanierungen stattfinden, die über das bloße Austauschen von Komponenten hinausgehen, wie z. B. einzelner Steckdosen oder Lichtschalter. Unabhängig von strikten gesetzlichen Pflichten empfiehlt sich der Einbau von RCD zum vorbeugenden Brandschutz und zur Vermeidung vor Personenschäden.

3) Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen (AFDD)

Diese in Deutschland relativ neue Kategorie von Schutzschalter (oft auch "Brandschutzschalter" genannt) ist bisher nicht vorgeschrieben, wird aber seit Aktualisierung der VDE 0100-420 vom Oktober 2019 empfohlen. Sein Einsatz ist demnach in der bei Baumaßnahmen obligatorischen Risiko- und Sicherheitsbewertung zu erwägen und der Verzicht auf diese Maßnahme zu dokumentieren.

Auch die aktuelle VdS 2033 vom November 2019 verlangt den Einbau von AFDD, wenn der betroffene Bereich als "feuergefährdet" oder "gleichzustellendes Risiko" eingestuft wird (wie oben ausgeführt).

Ein AFDD überwacht mit einer eingebauten Elektronik den zeitlichen Verlauf des Stromflusses im abgesicherten Stromkreis. Die Schaltung kann charakteristische Muster von Stromschwankungen in schadhafte Installationen erkennen: Beschädigte Leitungen führen zu Lichtbögen zwischen den Leitern ("Funken"), die umliegendes Material in Brand setzen können. Veraltete Verteilerdosen können zudem sogenannte serielle Lichtbögen auslösen, wenn der Strom durch schlechte Kontaktstellen fließt. Auch diese Fehler stellen ein Brandrisiko dar.

Der Einbau moderner Schutzgeräte im Rahmen einer Sanierungsmaßnahme erfordert nur geringe Mehrkosten gegenüber der Erneuerung vorhandener Schutzeinrichtungen. Daher sollte in einer zukunftssicheren Elektroinstallation zumindest für die Stromkreise von Orgel und Empore das Sicherheitsniveau von RCD-, am besten auch zusätzlich von AFDD-Schutzschaltern angestrebt werden.

Die Entwicklung der Schutzgeräte ist aktuell in Bewegung. Für viele Einsatzbereiche sind schon Kombigeräte aus AFDD, Leitungsschutz und RCD verfügbar, so dass kaum zusätzlicher Platzbedarf in der Elektroverteilung besteht.

Die Zuleitung zur Orgel ist meist 3-phasig (400V) ausgeführt, da Gebläsemotoren in der Regel mit Drehstrom arbeiten. Hier ist darauf zu achten, dass Schutzgeräte immer alle Phasen gemeinsam trennen, damit nicht das Risiko des

Ausfalls einzelner Phasen erhöht wird, das die Überhitzung des Motors zur Folge haben kann (siehe folgender Abschnitt).

Vereinzelt wird im Orgelbau erwogen, vorsorglich Brandschutzschalter vor die Stromversorgung der Orgel zu schalten, um die Sicherheit zu erhöhen. Dieses Vorgehen ist abwegig, da AFDD lediglich den Stromfluss im primären Netzstromkreis (230V) bis zur Stromversorgung überwachen könnten. Zum Brandschutz im Kleinspannungs-Stromkreis (12/24V) in der Orgel tragen sie nichts bei. Sinnvoll ist der Einsatz von AFDD hingegen für die Netzspannung führenden Leitungen im Orgelgehäuse, wie Arbeits-Steckdosen und Leuchten in und am Orgelgehäuse, die mit leicht entzündlichem Material in Berührung kommen können.

C) Schutzeinrichtungen für Orgelgebläse

Orgelgebläse werden in der Regel mit 3-Phasen Drehstrom (400V) betrieben. Unbedingt nötig ist ein Motor-Schutzschalter in der Stromzuführung zum Gebläse. Dieser Schalter löst aus, wenn der normale Betriebsstrom des Gebläsemotors für eine gewisse Zeit überschritten wird. Diese Schaltschwelle muss am Schutzschalter passend zum Gebläsemotor eingestellt werden.

Zu solch einem **Überstrom** kann es kommen, wenn das Gebläse blockiert ist oder durch andere mechanische Schäden nicht anlaufen kann. Im blockierten oder zu langsam laufenden Motor fließt ein so hoher Strom durch die Magnetspulen, dass der Motor durch Überhitzung zerstört wird. Im Extremfall kann dies sogar einen Brand auslösen, da Orgelgebläse meist in schallisierenden Kisten aus entflammbarem Material eingeschlossen sind.

Moderne Motorschutzschalter überwachen zusätzlich den Ausfall einer oder mehrerer der drei Netzphasen. Auch beim Ausfall einer Phase kann der Motor nicht anlaufen und überhitzt dadurch. Zu so einem **Phasenausfall** kann es durch einen teilweisen Ausfall des Stromnetzes kommen oder durch defekte Einschaltrelais. Das Problem kann aber auch durch das Auslösen oder die Fehlbedienung einer Sicherung entstehen, wenn die drei Phasen des Stromkreises mit einzelnen Sicherungen versehen sind.

Oft sind Motorschutzschalter in Orgeln mehrere Jahrzehnte alt, und ihre mechanische Auslösung kann durch Abnutzung unzuverlässig geworden sein. Diese veralteten Schutzschalter sollten im Sinne des Brandschutzes durch moderne Geräte mit Phasenausfallschutz ersetzt werden.

Häufig werden Motorschutzschalter schon bei der Vormontage in der Motorkiste angebracht und sind nach dem kompletten Aufbau der Orgel kaum noch zugänglich. Eine so wichtige Schutzeinrichtung sollte wie auch andere Schutzschalter gut erkennbar und zugänglich sein, damit ihr Zustand regelmäßig zumindest

optisch kontrolliert werden kann und sie wenn nötig leicht auszutauschen ist.

Auch hier sei noch einmal darauf hingewiesen, dass die vorgelagerten Schutzeinrichtungen in der Unterverteilung immer alle Phasen des Orgel-Stromkreises unterbrechen sollten, um das Risiko eines Phasenausfalls durch Fehlauslösung oder Fehlbedienung zu verringern. Auch ist die Unfallgefahr erhöht, wenn nach dem Abschalten einer Phase die Orgel scheinbar komplett ausgefallen ist, aber dennoch Teile der Anlage noch unter Spannung stehen.

Mitunter wird im Orgelbau die Nachrüstung eines "Wiederanlaufschutzes" für das Gebläse gefordert, der verhindern soll, dass ein eingeschaltetes Gebläse nach einem Stromausfall unvermutet wieder seinen Betrieb aufnimmt. Ein solcher Schutz ist in der Tat durch die Maschinenrichtlinie 2006/42/EG zur Unfallverhütung vorgeschrieben. Streng genommen handelt es sich auch bei der Orgel um eine Maschine. Der Passus zum **Wiederanlaufschutz** bezieht sich jedoch auf Geräte, deren unkontrollierter Betrieb eine unmittelbare Gefahr darstellt, wie etwa Bohrer, Sägen oder Krananlagen. Das Orgelgebläse ist aber normalerweise schon in seiner Bauart berührungssicher und wird in der Orgel zusätzlich durch Orgelgehäuse und Motorkiste vor Zugang geschützt.

Eine Risikobewertung nach der Maschinenrichtlinie wird allenfalls eine hypothetische Gefährdung durch Wiederanlauf aufzeigen, etwa ein Szenario, in dem bei Wartungsarbeiten das Gebläse demontiert und dabei unsachgemäß nicht vom Netz getrennt wurde, während am geöffneten Gebläse gearbeitet wird. Solche Szenarien rechtfertigen keine Nachrüstung und lassen keinen Sicherheitsgewinn für den Betrieb einer Orgel erkennen.

Meist ist das Fehlen eines Wiederanlaufschutzes das unbedeutendste aller Probleme der elektrischen Sicherheit von Orgeln, und es führt zu einem falschen Gefühl von Sicherheit, sich auf diesen Teilaspekt zu konzentrieren. Trotzdem ist es sinnvoll in der Gesamtkonzeption eine

entsprechende Schaltung für die ganze Orgel vorzusehen. Es kann durchaus vorkommen, dass ein Instrument nach Stromausfall oder Abschalten einer vorgelagerten Sicherung scheinbar ausgeschaltet ist, nach dem Wiedereinschalten des Stromkreises aber wieder in Betrieb geht und unbemerkt tagelang weiterläuft.

Die klassische Einschaltung mit zwei getrennten Ein/Aus-Tastern und einem Relais in sogenannter Selbsthalteschaltung ist automatisch vor Wiederaanlauf geschützt.

Problematisch sind Kippschalter, die in der letzten Schaltstellung verbleiben, oder sogenannte Stromstoßschalter mit einem einzelnen Taster. Stromstoßschalter lassen sich nach einem Stromausfall nicht mehr umschalten, und ihr tatsächlicher Schaltzustand zeigt sich erst, wenn die Netzversorgung wieder hergestellt ist.

Bei Sanierungsmaßnahmen wird mitunter die **„feuerfeste Auskleidung“** der Motorkiste gefordert. Der Nutzen dieser Maßnahme ist äußerst fraglich, da die Gebläsekiste zwangsläufig zur Ansaugung und zur Windanlage der Orgel hin offen sein muss. „Feuerfest“ könnte nur ein allseits geschlossener Brandschutzschrank mit speziellen Abdichtungen aller Türen sein (für den es übrigens eigene DIN-Normen gibt). Auch wäre es denkbar, sogenannte Feuerschutzklappen einzusetzen, die in der Klimatechnik gebräuchlich sind, um im Brandfall Leitungen durch Feuerschutzwände zu verschließen, aber all dies lässt sich innerhalb des Orgelgehäuses nicht realisieren.

Sollte es tatsächlich zu einem Brand des Gebläses kommen, ist die Brandausbreitung durch Ansaug- und Ausblasöffnungen der Motorkiste oder Randspalten durchaus wahrscheinlich und wird nicht durch irgendeine Auskleidung der Motorkiste verhindert.

Grundsätzlich sollten zur Schalldämmung von Motorkisten nicht beliebige Materialien sondern ausschließlich schwer entflammable Produkte eingesetzt werden, wie handelsübliche Akustik-Dämmstoffe nach DIN 4102 B1. Es ist sinnvoll, unspezifizierte Dämmstoffe gegen nachweislich schwer entflammbare auszutauschen.

Wesentlich wichtiger als die Gestaltung der Motorkiste zu betrachten ist es, eine Überhitzung des Gebläses von vornherein zu vermeiden. Dazu dienen die oben genannten Motorschutzschalter.

Größere Gebläse verfügen darüber hinaus meist über **Thermoschalter** in der Motorwicklung, die bei gefährlicher Erhitzung öffnen. Diese Schalter sollten, wenn möglich, in den Einschalt-Stromkreis des Gebläses eingeschlossen sein, so dass die Stromzufuhr bei übermäßiger Erwärmung unterbrochen wird.

D) Brandschutz in der Orgelelektrik

Auch wenn die 24-V-Installation für den Menschen keine Gefahr darstellt, ist die Kleinspannungsinstallation in der Orgel keineswegs harmlos, denn **bei niedriger Spannung werden hohe Ströme benötigt**, um die vielen hundert elektrischen Verbraucher im Instrument zu versorgen.

Zum Vergleich: Große Elektrogeräte im Haushalt, wie Waschmaschine oder Herd, bekommen eigene Sicherungen in der Hausverteilung mit 16 Ampere. Durch die Ausgangsleitungen des Orgelgleichrichters fließen dagegen häufig Ströme von 30 bis zu mehreren 100 Ampere. Solche Ströme können auch scheinbar robuste Leitungen zum Glühen bringen.

Offene Verteilerschienen, die Plus- und Minuspol im Abstand von nur einem Zentimeter für die Hauptzuleitung vereinen, fordern das Schicksal heraus: Ein herabfallender Schraubendreher oder Kleinteile wie Schrauben, die die Klemmen auch nur für Sekundenbruchteile verbinden, können mit einem grellen Blitz festschweißen. Solche Leistungsverteiler müssen isoliert werden. Gefahrenherde sind auch improvisierte Verteiler wie der Nagel im Holz mit einer Vielzahl kunstvoll angelöteter Käbelchen, die in manchen Orgel zu finden sind. Diese Verbindungen können im Laufe der Zeit unzuverlässig werden. Es entstehen ungewollte Widerstände im Stromkreis, und wo hohe Ströme durch einen Widerstand fließen, wird Wärme erzeugt – ein ernst zu nehmendes Brandrisiko.

Wichtig ist die korrekte Dimensionierung und Absicherung der verwendeten Leitungen. Die Verkabelung vom Gleichrichter bis zum Ventilmagneten muss so gestaltet sein, dass jedes Kabel im Stromkreis nur bis zum Maximalstrom belastet werden kann, für den der jeweilige Leitungsquerschnitt zugelassen ist.

Zum einen muss der Querschnitt so gewählt werden, dass auf langen Strecken kein zu großer Spannungsabfall entsteht und Magnete

sicher anziehen. Zum anderen darf die Leitung nicht überlastet werden, damit sie sich nicht gefährlich erwärmt.

Kritisch sind sogenannte Querschnittsverjüngungen: Diese Verjüngungen entstehen, wenn beispielsweise die Gleichrichterspannung über eine dicke Zuleitung zu einem Teilwerk transportiert wird und von dort die Installation in Orgelkabel verzweigt. Kommt es zu einem Kurzschluss am Ende des Orgelkabels, kann durch die dünnen Adern der gesamte Strom der dicken Zuleitung fließen.

Die langen dünnen Orgelkabel stellen einen so hohen Widerstand dar, dass die Hauptsicherung am Gleichrichter nicht auslöst. Der hohe Strom führt jedoch im Orgelkabel zu so hohen Temperaturen, dass Isolation und Holz Feuer fangen können. In vielen Installationen ist nicht einmal eine Hauptsicherung vorhanden. Der Gleichrichter kann dann im Fall eines Kurzschlusses sogar ein Vielfaches seines normalen Betriebsstroms durch die Leitungen schicken.

Videos von Bränden in Orgelkabeln, die durch Überlastung ausgelöst werden, zeigen dies anschaulich:

<https://orgelpunkt.com/expertise/>

Generell muss der Übergang von dicken zu dünnen Leitungen über eine Sicherung führen, die so bemessen ist, dass über die dünne Leitung auch bei einem Kurzschluss nur der zugelassene Strom fließt. Historische Leitungen und die Verlegung auf Holz sind nicht per se gefährlich, wenn an kritischen Stellen Sicherungen eingebaut werden, die ein Überlasten der möglicherweise unzuverlässig isolierten Leitungen verhindern.

Eine allgemeine normgerechte Lösung für ein komplexes Instrument wie die Orgel gibt es nicht. Aber durch das Beachten einfacher elektrotechnischer Grundsätze lassen sich mit vertretbaren Mitteln die offensichtlichen Risiken vermeiden. Detaillierte technische Hinweise dazu gibt die **Handreichung "Elektrotechnik im Orgelbau"**, herausgegeben vom Bund Deutscher Orgelbaumeister (BDO).

E) Sichere Stromversorgung in der Orgel

Die Stromversorgung der Orgel, oft "Gleichrichter" genannt, ist die Grenze zwischen der für Menschen tödlichen Netzspannung von 230 oder 400V (der sogenannten Primärseite) und der ungefährlichen Kleinspannung von 12-24V (Sekundärseite). Da es nicht realistisch ist, die Kleinspannungsverkabelung innerhalb der Orgel an allen Punkten wie in der Hauselektrik berührungssicher auszuführen, muss sichergestellt sein, dass tatsächlich keinerlei Gefahr besteht, diese offenen elektrischen Leiter im Spieltisch oder an der Windlade zu berühren.

Dies erfordert den Einsatz von Transformatoren oder Netzgeräten, deren Bauart garantiert, dass unter keinen Umständen ein Überschlag zwischen Primär- und Sekundärseite stattfinden kann. Das wird durch besondere Isolationsmaterialien im Transformator erreicht und eine räumlich getrennte Verkabelung der verschiedenen Stromkreise im Gerät.

Sichere Stromversorgungen tragen die Bezeichnung SELV (Safety Extra Low Voltage), bzw. PELV (Protective Extra Low Voltage). Diese Standards für "Sicherheitskleinspannung" lassen sich sowohl mit klassisch gebauten Transformator/Gleichrichter-Kombinationen, wie auch mit modernen Schaltnetzteilen realisieren. Über die Vor- und Nachteile der verschiedenen Bauformen soll hier nicht diskutiert werden. Neue Stromversorgungen bei Orgelneubauten oder für den Austausch bei Sanierungen sollten immer diesen Standard erfüllen.

Schwieriger ist die Situation bei Bestandsanlagen. Die zugehörigen Normen, wie IEC 60950 (SELV) oder EN 60204 (PELV) wurden erst in den 1980er Jahren formuliert, so dass man sich im Orgelbau meist mit einem von drei Fällen konfrontiert sieht:

1) Stromversorgungen mit Baujahr ab 1990 sind meist für Sicherheitskleinspannung ausgelegt, nur ist dies selten durch irgendwelche Siegel am Gerät erkennbar. Klarheit kann die Nachfrage beim Hersteller schaffen.

2) Stromversorgungen ab 1980 sind meistens nach dem Sicherheitsstandard gebaut, nur ist

es selten möglich, dafür irgendeine Bestätigung durch den Hersteller zu erhalten.

3) Ältere Stromversorgungen vor Baujahr 1980 gehorchen mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht dem Standard und sind auch für Fachleute meist auch schon optisch als ungeeignet zu erkennen.

Stromversorgungen vor Baujahr 1980 oder mit erkennbaren Mängeln sind daher in jedem Fall auszutauschen.

Geräte ab Baujahr 1980, die von Fachleuten nach den zugänglichen Kriterien als geeignet eingestuft werden, für die aber keine Konformitätsbescheinigung des Herstellers beizubringen ist, stellen ein Dilemma dar: Sie sind zu schade zum Entsorgen, vermutlich sicher, es fehlt aber der Nachweis. Hier lässt sich ein sicherer Betriebszustand durch die im folgenden beschriebene PELV-Schaltung mit zusätzlichem Fehlerstromschutz erreichen.

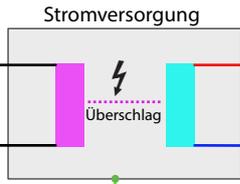
Auf der folgenden Seite sind die verschiedenen Szenarien in vereinfachten Prinzipschaltbildern veranschaulicht. Auf normgerechte Schaltzeichen wurde bewusst verzichtet.

Alle neuen Stromversorgungen sollten in PELV-Schaltung mit geerdetem Minus-Pol ausgeführt werden. Die ohnehin empfohlene Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (siehe Abschnitt B) erhöht dabei zusätzlich die Sicherheit.

Die sichere Stromversorgung dient dem Schutz vor elektrischem Schlag. Brandschutzmaßnahmen, insbesondere die Absicherung der Kleinspannungskreise, müssen selbstverständlich zusätzlich durchgeführt werden.

**Netzspannung
230 / 400V**

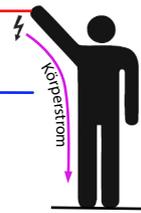
Phase (L)
Nulleiter (N)
Schutzleiter (PE)



**Kleinspannung
12 / 24V**

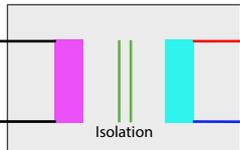
Unsichere Stromversorgung

Kommt es zu einem Überschlag der Netzspannung, fließt beim Berühren einer Kleinspannungsleitung ein lebensgefährlicher Körperstrom zur Erde.



Schutzkleinspannung

Phase (L)
Nulleiter (N)
Schutzleiter (PE)

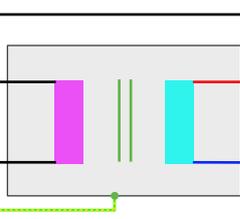


Sichere Stromversorgung

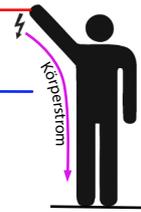
Eine spezielle Isolation im Transformator verhindert Überschläge von Netzspannung.



Phase (L)
Nulleiter (N)
Schutzleiter (PE)



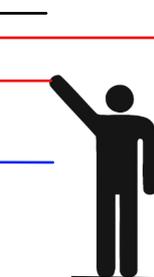
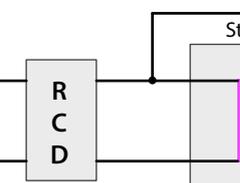
Gefahr durch Schäden in der 230V-Installation der Orgel



In der Orgel, und insbesondere im Spieltisch, verlaufen oft Netz- und Kleinspannungsleitungen unmittelbar nebeneinander. Durch einen Isolationsschaden oder eine unbeabsichtigte Verbindung kann die gesamte Kleinspannungsinstallation unter Netzspannung stehen. Bei Berührung irgend einer ungeschützten Kontaktstelle fließt ein lebensgefährlicher Körperstrom.

PELV-Schaltung mit Fehlerstrom-Schutzschalter

Phase (L)
Nulleiter (N)
Schutzleiter (PE)



Umfassenden Schutz ohne großen Mehraufwand bietet die PELV-Schaltung (DIN VDE 0100-41). Hier ist der **Minus-Pol der Kleinspannung mit dem Schutzleiter der Netzspannungsseite verbunden**. Auf den Kleinspannungsleitungen kann so keine gefährliche Spannung auftreten. Ein Fehlerstromschutzschalter (RCD) für die gesamte Orgelinstallation registriert alle Ströme, die durch schadhaft 230V-Leitungen über die Kleinspannungsseite zur Erde fließen, und schaltet schon bei kleinen Defekten ab.