

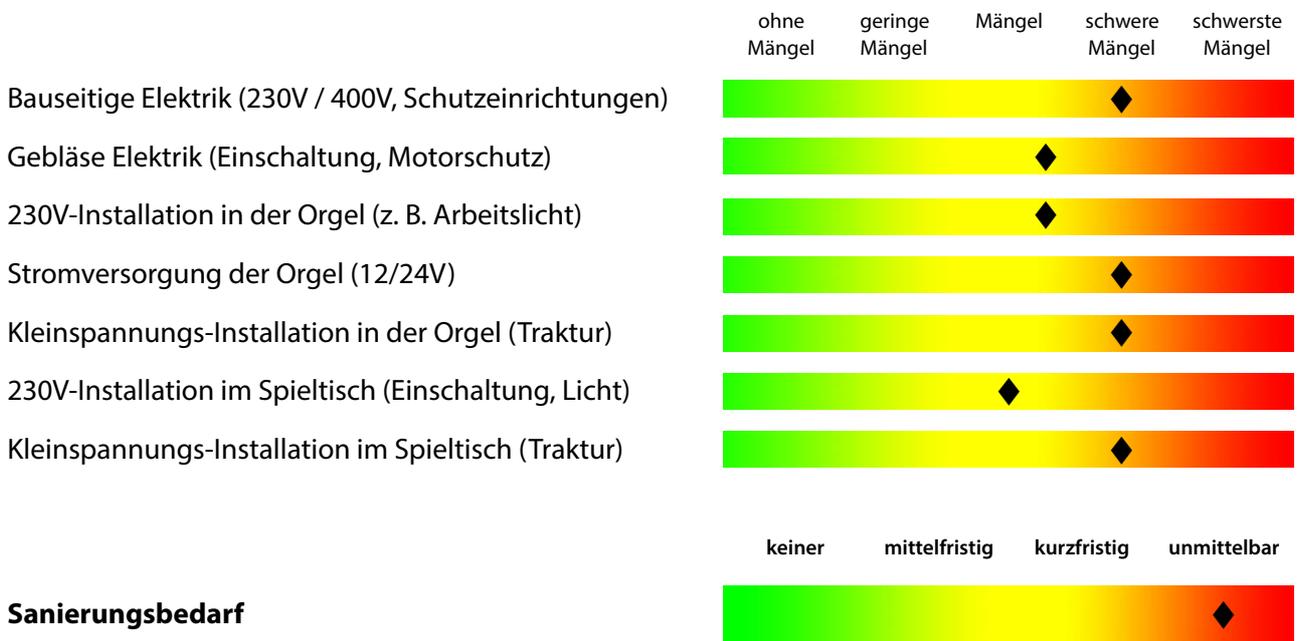
Expertise zur Orgelelektrik

Instrument:

Orgel der Pfarrkirche St. XXX
XXX,1972

Standort:

St. XXX
XX
XXX



Dr. Jürgen Scriba
Technische Dienstleistungen für den Orgelbau
Seinsheimstr. 47
97199 Ochsenfurt
scriba@orgelpunkt.com
+49 171 5421850



im Auftrag von
XXX

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung der Arbeiten Hauselektrik	3
Zusammenfassung der Arbeiten Orgelelektrik	4
Bauseitige Elektrik	6
Gebläse-Elektrik	9
Netzanschluss der Orgel	10
230V-Installation in der Orgel	11
Stromversorgung der Orgel	12
Kleinspannungsinstallation in der Orgel	14
Spieltisch	16
230V-Installation im Spieltisch	18
Kleinspannungsinstallation im Spieltisch	20
Technischer Anhang	22
A) Relevante Vorschriften	
B) Schutzeinrichtungen der Hauselektrik	
C) Schutzeinrichtungen für Orgelgebläse	
D) Brandschutz in der Orgelelektrik	
E) Sichere Stromversorgung in der Orgel	

Zusammenfassung der Arbeiten Hauselektrik

bauseitige Elektrik auf der Empore

- Instandsetzen der offenen Verteilerdose in der Wand hinter der Orgel
- Überprüfen / Instandsetzen von Steckdose und Zuleitung im Spieltischpodest
besser: Installation von ausreichend Steckdosen im Emporenbereich

Schutzeinrichtungen

- Überprüfen und Dokumentieren der Vorsicherungen zur Orgel in der Sakristei
- Einbau eines 3-phasigen Schutzschalters für den 400V-Gebläsestromkreis
- Einbau von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) oder kombiniertem Fehlerlichtbogen-Schutzschaltern (AFDD) für die Emporen-Stromkreise

Orgel-Netzversorgung

- Erneuern der Zuleitung 230V / 400V zur Orgel
Die unbefestigte Leitung aus der Außenwand und die schlecht verlegte Zuführung innerhalb des Orgelgehäuses ist zu ersetzen
- Montage eines Unterverteilers außerhalb des Orgelgehäuses mit Selbsthalterelais zur Orgel-Einschaltung, bevorzugt in 24V-Technik
Motorschutzschalter mit Phasenausfallschutz für das Orgelgebläse
- Entfernen des vorhandenen Motorschutzschalters aus der Motorkiste und Neuverkabelung des Gebläses zur Unterverteilung
- Netzseitiger Anschluss der neuen Orgel-Stromversorgung

Zusammenfassung der Arbeiten Orgelelektrik

Stromversorgung

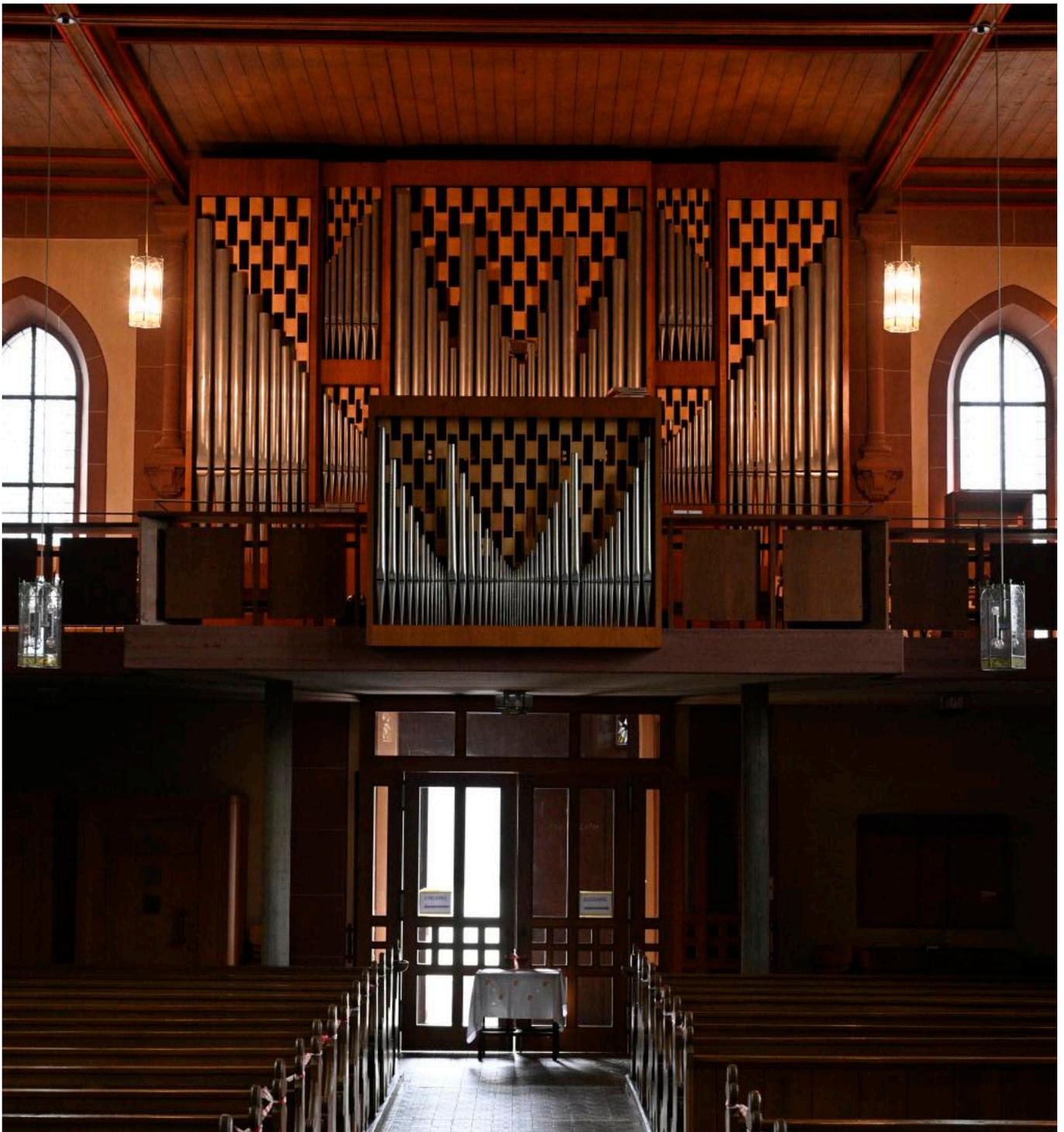
- Austausch der Stromversorgung, Spannung 24-26V, Nennstrom 30A
- Absicherung der verschiedenen Stromkreise zu den verschiedenen Windladen und zum Spieltisch, jeweils maximal 15A

Spieltisch

- Einbau eines neuen Anschlussfelds zur 24V-Zuführung in den Spieltisch, mit Untersicherungen max. 1A zu den verschiedenen Registergruppen
- Überprüfung der Verkabelung der Koppel-Hubmagnete und Absicherung der Einschaltrelais mit max. 6A.
- Bereinigen / Neuverlegen der nachlässigen Verkabelung im Spieltischfuß
- empfohlen: Einbau einer LED-Pedalbeleuchtung mit 24V-Betrieb (Zulassung für Möbel-Einbau)

Orgel

- Erneuern der 24V-Verkabelung mit Sicherungen für die verschiedenen Stromkreise, je max. 15A
- Erneuern der Stromverteiler für Schleifenzugmagnete an allen Windladen (Hauptorgel und Rückpositiv) durch Federzugklemmen mit Stecksicherungen 2A je Schleifenzugmagnet
- Neuverkabelung aller Schleifenzugmagnete ab Stromverteiler



Einen räumlichen Eindruck der baulichen Situation zeigt der virtuelle Basis-Rundgang:

XXX

Eine vollständige 360°-Dokumentation der Orgel mit hochauflösenden Detailaufnahmen wurde nicht beauftragt. Beispiele für die Anwendung dieser Technik finden Sie hier: <https://orgelpunkt.com/dokumentation/>

Bauseitige Elektrik

Auf der Orgelempore befinden sich keine allgemein zugänglichen Schalter o.ä. für die Orgel-Stromkreise.

Die Versorgung erfolgt zentral aus der Hauptverteilung in der Sakristei. Die dortige Elektrik ist auf einem akzeptablen technischen Stand. Allerdings fehlen jegliche Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen.

Die Dokumentation der Verteilung ist mangelhaft. Die Sicherungen sind mit schwer lesbaren Nummern beschriftet. Die Legende zu diesen Stromkreis-Nummern war nicht auffindbar. Der Deckel zur Verteilung fehlt. Der Organist konnte den demontierten Deckel schließlich versteckt im Treppenaufgang zur Orgel unter der Empore ausfindig machen.



Hauptverteilung in der Sakristei



Sicherungen in der Sakristei

Laut dieser schwer lesbaren Legende gibt es folgende getrennte Stromkreise:

230V Orgel, 3x "Kraftstrom Orgel"

Diese drei Phasen der 400V-Zuleitung der Orgel als unabhängige Sicherungen auszuführen, birgt ein großes Risiko: Wird eine der Sicherungen z.B. durch Fehlbedienung mangels erkennbarer Dokumentation ausgeschaltet, kann der Gebläsemotor wegen fehlender Phase nicht mehr anlaufen.

Da der veraltete Motorschutzschalter keinen Schutz gegen Phasenausfall bietet, kann sich in dieser Situation der Gebläsemotor überhitzen. Eine Zerstörung des Motors wäre die Folge. Im Extremfall kann so auch ein Brand ausgelöst werden, denn die Motorkiste ist mit Schaumstoff ausgekleidet, der dem Anschein nach nicht flammhemmend ausgestattet ist.

Die Hauptverteilung in der Sakristei ist zu überprüfen und allgemeinverständlich zu dokumentieren.

Der 400V-Stromkreis zur Orgel ist mit einem 3-phasigen Leitungsschutzschalter auszustatten, so dass im Fehlerfall alle Phasen gemeinsam abgeschaltet werden.



Deckel der Sakristei-Verteilung demontiert

Stromkreis	Stromkreisbezeichnung	Stromkreis	Stromkreisbezeichnung	Stromkreis	Stromkreisbezeichnung
1	Hängelampen Kirche 1+2	13	Kraft Orgel	25	Stachel Altar rechts / Orgelstrom
2	Hängelampen Kirche 3+4	14	" "	26	" Altar links / Kirchenlink
3	Strahlter Kirche / Strahlter Chor	15	" "	27	" Kirche rechts / 230V / Lampe
4	Beleuchtung Orgel / Stachel Org	16	Kraft Stachellose Vent.		
5	Außenbeleuchtung	17	" "		
6	Stachellose Verteilung / Mikro	18	" "		
7	Orgel 230V	19	Kraft Glocke		
8	Beleuchte 2x	20	" "		
9	Kirchturm / Eingang / Kanal Sprüchler	21	" "		
10	Sakristei / Licht Heizung	22	Heizung		
11	Altarmantel / Liedanz.	23	" "		
12	Sakristei	24	" "		

Diese Anlage wurde errichtet von:

Beschriftung auf dem demontierten Deckel

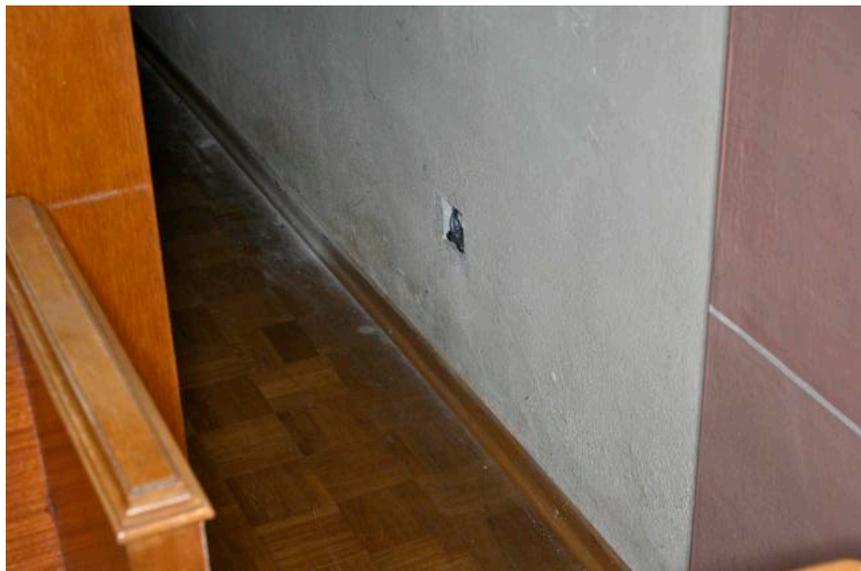
Die bauseitige Elektroinstallation auf der Empore hat einige Mängel. So ist hinter der Orgel eine überfüllte Wandverteilerdose offen zugänglich. Die mit Lüsterklemmen verbundenen Kabel sind an den Enden nicht ausreichend vor Berührung geschützt.

Neben einer im Spieltisch eingebauten Doppelsteckdose ist nur eine Aufputzsteckdose im Spieltischpodest zugänglich. Diese ist nicht gegen Beschädigungen durch Betreten geschützt.

Die Zuleitung zur Steckdose erfolgt durch ein unzureichend befestigtes Installationskabel durch den Trakturkanal.

Angesichts der Tatsache, dass alle diese Verbraucher vermutlich über die eine Sakristei-Sicherung "230V Orgel" versorgt werden, ist dringend zu empfehlen, für diesen Stromkreis zumindest einen Fehlerstrom-Schutzschalter (RCD) nachzurüsten, sowohl zum Brandschutz, als auch zum Personenschutz.

Besser noch ist die Ausrüstung des Stromkreises durch einen kombinierten Fehlerstrom/ Lichtbogenschutz. Solche auch als "Brandschutzschalter" bezeichneten Geräte schützen auch vor Lichtbögen, die an schadhafte Isolationen und mangelhaften Klemmstellen entstehen. Solche Schäden stellen bei dieser Installation ein besonderes Brandrisiko dar (siehe Anhang).



ungeschützte Verteilerdose auf der Empore



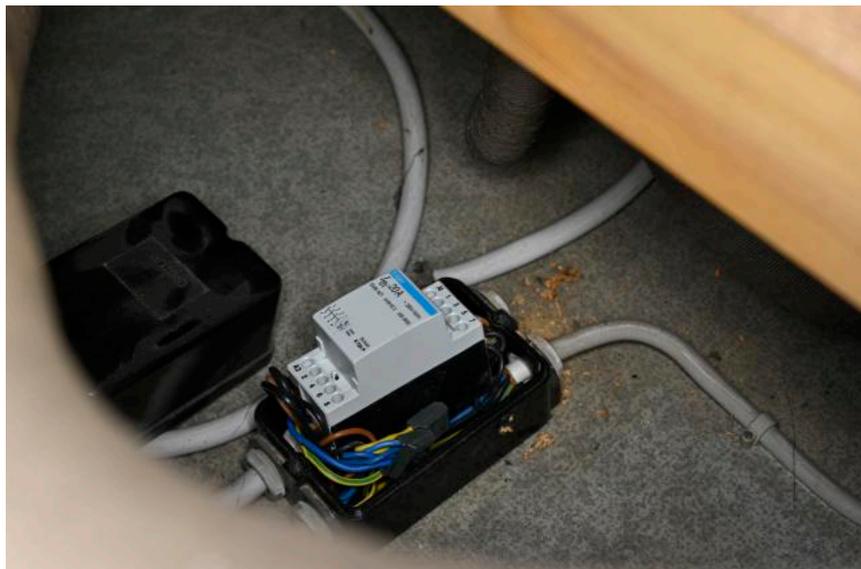
offener Wandverteiler (o.), Steckdose am Podest

Gebläse-Elektrik

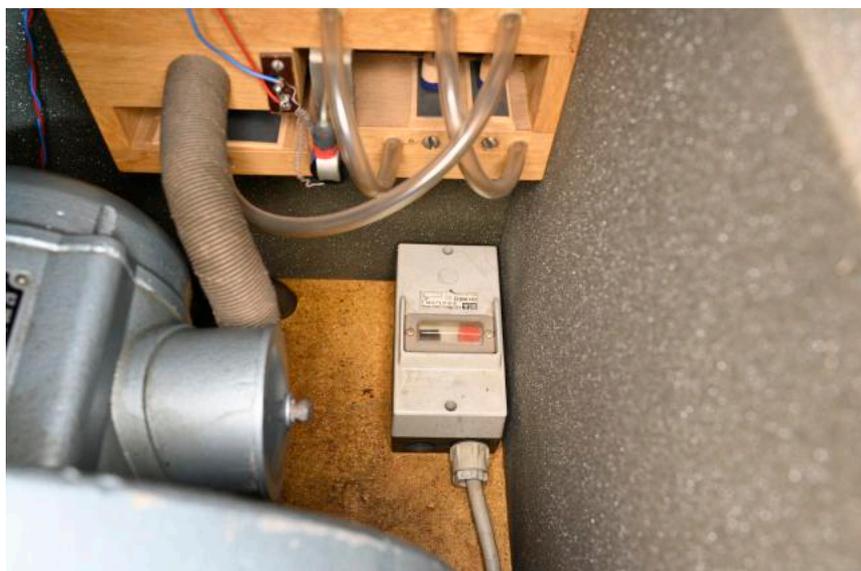
Die Einschaltung von Orgel-Stromversorgung und Gebläse geschieht durch einen Schütz, der lose in einer Verteilerdose auf dem Boden im Orgelgehäuse montiert ist. Diese Installation ist grenzwertig.

Der Motorschutzschalter ist in der Motorkiste montiert. Wie oben erwähnt, hat dieser Schutzschalter keinen Phasenausfall-Schutz. Abgesehen davon, dass ein solcher Schutz dringend zu empfehlen ist, weil er Motorschäden bei teilweisen Netzausfällen vorbeugt, besteht in dieser Installation eine besonders hohe Gefahr, dass eine Phase versehentlich abgeschaltet wird (s. o.), und die Gestaltung der Motorkiste erhöht die Brandgefahr bei Überhitzung des Motors.

Zudem ist in der Motorkiste ein pneumatischer Tremulant montiert, der mit 24V eingeschaltet wird. Die 24V-Verkabelung ist nachlässig mit dünnen Drähtchen ausgeführt. Da Sicherungen in der Kleinspannungsinstallation fehlen (s.u.) besteht hier eine zusätzliche Gefahr von Kurzschlüssen und Brandgefahr im 24V-Stromkreis.



Einschalt-Schütz (Schutzdeckel demontiert)



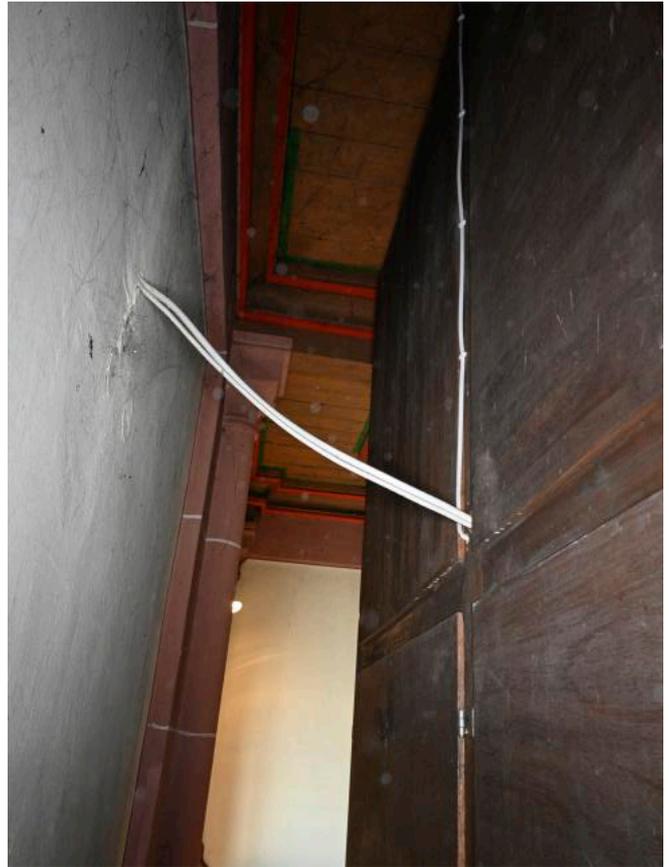
Motorkiste, Motorschutzschalter

Netzanschluss der Orgel

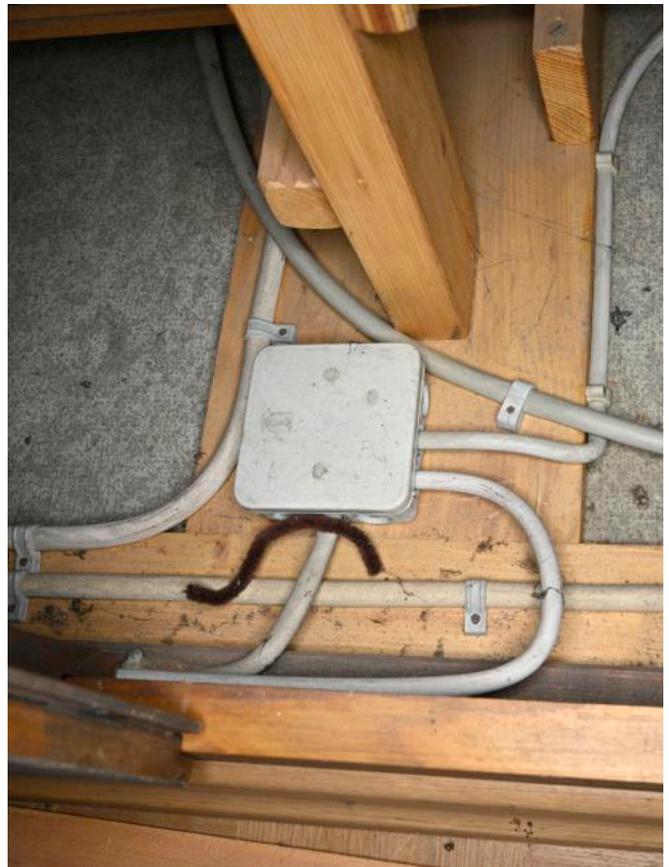
Die Zuleitung von 230V und 400V in die Orgel geschieht über ein ungeschütztes, frei hängendes Bündel von starren Installationsleitungen, das von der Gebäuderückwand in das Obergehäuse der Orgel führt. Eine solche Installation spricht jeden Grundsätzen des Elektrohandwerks Hohn. Die weitere Verteilung der 230V-Stromkreise im Orgelgehäuse erfolgt über den gleichen Leitungstyp, der mit Kabelschellen am Gehäuse befestigt ist. Verteilerdosen z.B. zu Arbeitsleuchten sind mit Kunststoff-Verteilerdosen ausgeführt.

Die verwendeten Komponenten sind intakt und wären für sich gesehen akzeptabel. In der Gesamtsicht mit der bauseitigen Elektrik ist eine grundlegende Sanierung dringend angeraten.

Da im Orgelgehäuse bereits jetzt die gesamte Elektrik extrem beengt und schwer zugänglich verbaut ist, schlage ich vor, außerhalb des Gehäuses eine neue Aufputz-Unterverteilung zu installieren. Hier finden ein neuer Motorschutzschalter für das Orgelgebläse, sowie weitere Schutzeinrichtungen für Emporen-Stromkreise Platz. Auch der Einschalterschütz für die Orgel sollte dort zugänglich eingebaut werden. Bei dieser Gelegenheit sollte ohne großen Mehraufwand die Einschaltung durch einen 24V-Schütz und eine kleine 24V-Standby-Versorgung umgebaut werden. Auf diese Weise bleibt der Spieltisch so weit wie möglich frei von 230V-Stromkreisen, und die vorhandenen Einschalttaster können ohne Sicherheitsbedenken weiter verwendet werden.



230V / 400V Zuleitung in die Orgel

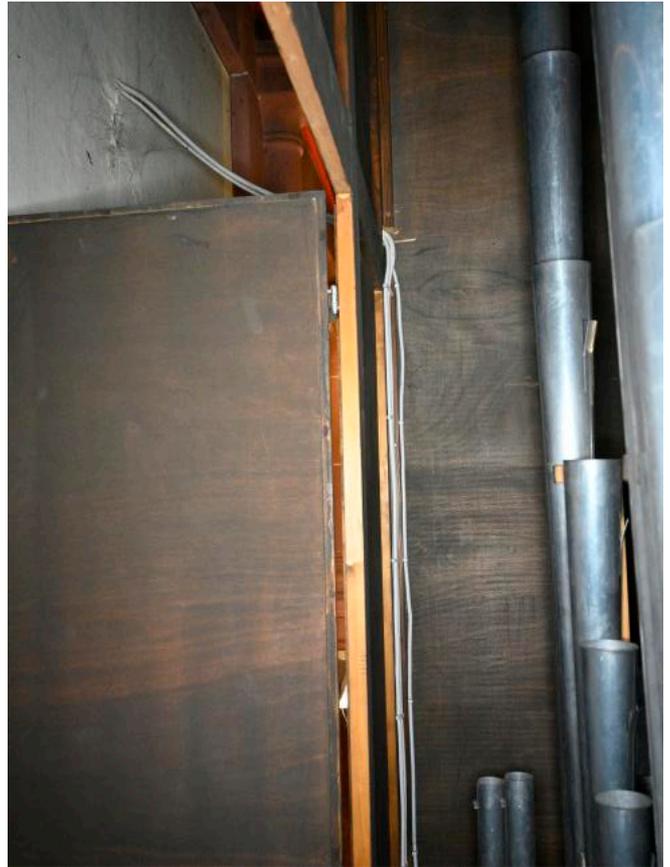


230V-Verteilerdosen im Orgelgehäuse

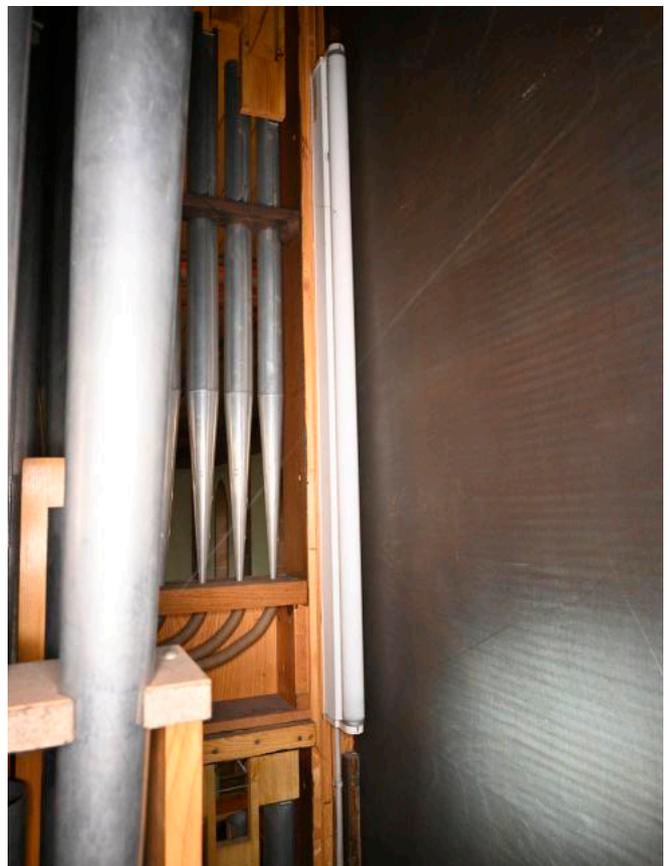
230V-Installation in der Orgel

Die Hauptkritik an der 230V-Installation im Orgelgehäuse gilt der Netz-Zuleitung. Die unsachgemäße bauseitige Anbindung setzt sich in einer nur teilweise befestigten Leitungstrasse fort, die vom Obergehäuse ins Untergehäuse führt, wo Stromversorgung und Gebläse montiert sind.

Die Arbeitsleuchten mit offenen Leuchtstoffröhren sind neben diesem Aspekt der Elektrosicherheit weniger relevant. Bei einer Sanierung der Orgelelektrik empfiehlt es sich jedoch, auch diese Lampen zu ersetzen. Vorzugsweise durch LED-Leuchten, die auch mit 24V Kleinspannung betrieben werden könnten.



Haupt-Netzzuleitungen in die Orgel



Arbeitsleuchten im Orgelgehäuse

Stromversorgung der Orgel

Im Orgel-Untergehäuse ist ein klassischer 3-Phasen-Gleichrichter montiert. Laut Typenschild beträgt die Sekundärspannung 24-28V, der Nennstrom 36A.

Die Einbaulage ist extrem beengt. Der horizontale Einbau ist so nicht zulässig, da die Belüftung nicht gewährleistet ist.

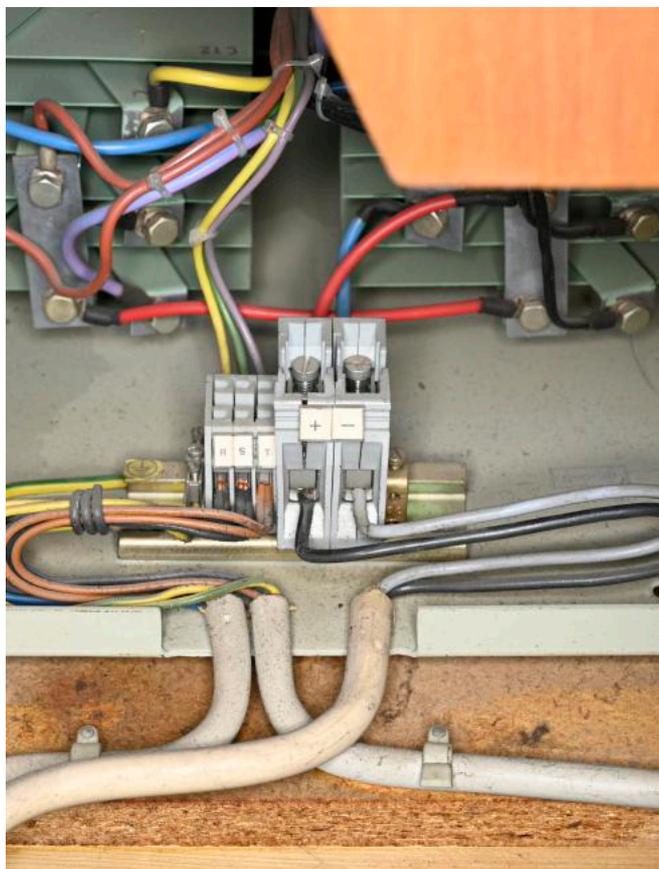
Der Gleichrichter besitzt keinerlei Sicherung im Sekundärkreis.

Da das Gerät ohnehin nicht die aktuellen Sicherheitsstandards für Schutzkleinspannung erfüllt, ist die Stromversorgung komplett zu ersetzen.

Die 400V-Anschlussklemmen des Gleichrichters wurden als Durchgangsklemmen für das Gebläse mitbenutzt. Diese Installation ist vom Elektriker zu bereinigen.



Stromversorgung im Orgel-Untergehäuse



Anschlussfeld des Gleichrichters



Gleichrichter ohne Sicherung

Technische Daten der Stromversorgung	
Typ	3-Phasen Transformator und Gleichrichter
Baujahr	vmtl. wie Orgel 1972
Schutzkleinspannung (PELV / SELV)	nein
Versorgung von	Registertraktur
Spannung / Strom laut Typenschild	24 - 28V, 36A
Leerlaufspannung gemessen	26,6V
Ruhestrom gemessen	0,4A
max. Strom beim Betätigen eines Registerschalters	2,3A
max. Strom beim Betätigen Tutti/Pleno	26,6V
max. Strom bei vollgriffigem Tutti-Spiel	-
min. Spannung unter Volllast	24,5A
Stromversorgung ersetzen	Ja
Bemerkungen	
<p>Unzulässig horizontal mit ungenügender Belüftung eingebaut Extrem beengt, Deckel nur mit Mühe zu öffnen Kabel nur teilweise befestigt</p>	

Kleinspannungsinstallation in der Orgel

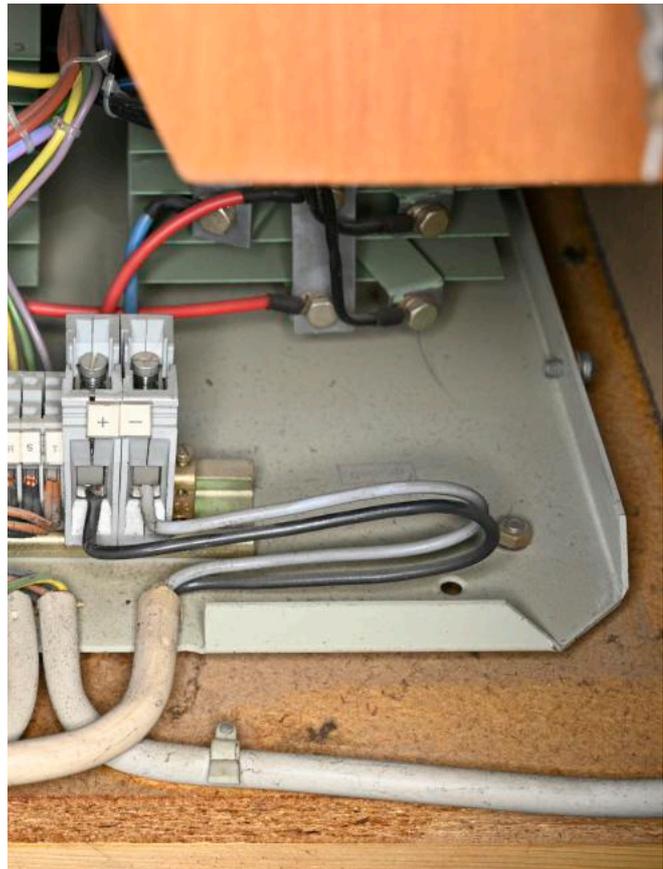
Zur Verteilung der 24V-Stromkreise in die Orgel wurden starre 230V-Installationsleitungen zweckentfremdet. Schon der abgehende Leitungsquerschnitt von $2,5\text{mm}^2$ ist für den Gleichrichter-Nennstrom unzureichend.

Der verwendete Farbcode ist inkonsistent. Am Gleichrichter wurde angeschlossen Plus: Schwarz, Minus: Grau. In der Haupt-Verteilerklemme wird abgehend für Plus auch Rot und für Minus Blau verwendet.

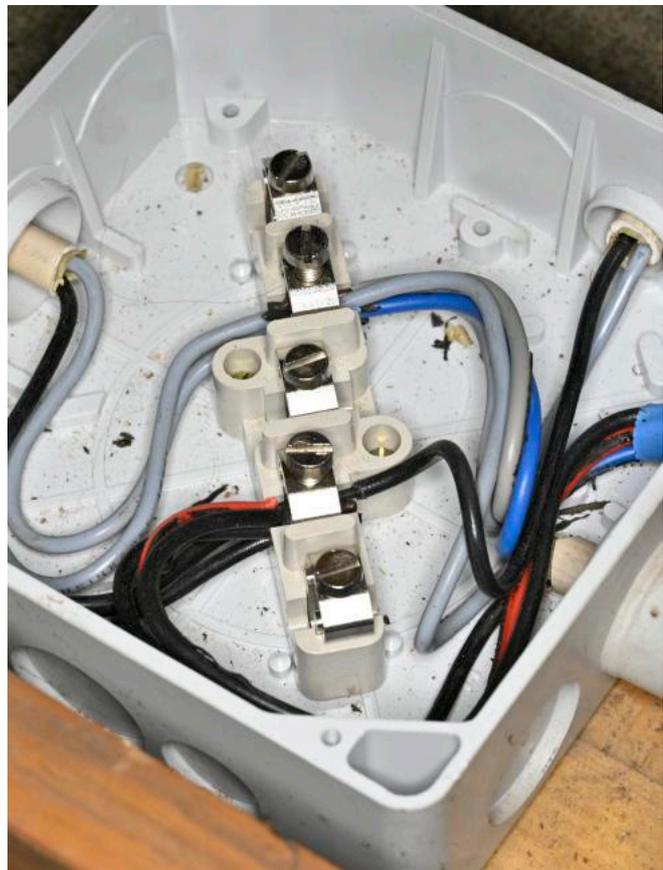
Das grundlegende Problem besteht darin, dass keinerlei Sicherungen in den 24V-Stromkreisen vorhanden sind. Somit kann im Fehlerfall durch jedes noch so dünne Kabel der volle Gleichrichter-Kurzschlussstrom fließen, der deutlich höher als der Nennstrom von 36A liegen kann.

Hier müssen nach Einbau einer neuen Stromversorgung die Abgänge zu den verschiedenen Stromkreisen entsprechend abgesichert werden.

Ich empfehle eine komplette Neuverkabelung in der Orgel (s.u.) mit Stromkreisen, die mit Leitung von mindestens 4mm^2 ausgeführt und mit maximal 15A abgesichert sind.



Haupt-Versorgungsleitung 24V am Gleichrichter



Haupt-Verteilerklemme 24V

Typisch für die Entstehungszeit der Orgel und die damalige Bauweise der Firma sind an den Windladen die Schleifzugmagnete auf Brettern montiert, an denen Messingbleche als Stromverteiler für die 24V-Versorgung der Magnete angebracht sind.

Diese Schraubverteiler gelten heute als ungeeignet, weil die Verbindungen nicht langzeitstabil sind. Auch weist Messing einen dreimal höheren spezifischen Widerstand als Kupfer auf und müsste daher mit deutlich größeren Leiterquerschnitten ausgeführt sein.

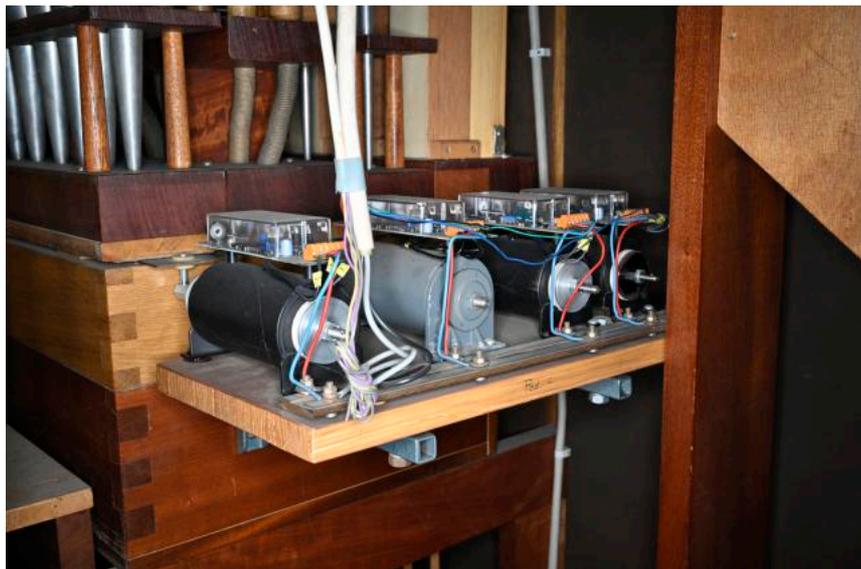
Die unisolierten Schienen liegen dicht nebeneinander und können bei Arbeiten in der Orgel leicht zu Kurzschlüssen durch herabfallendes Werkzeug oder Kleinteile führen.

Vor allem fehlen aber jegliche Sicherungen an dieser Querschnittsverjüngung von der Versorgungsleitung zu den abgehenden Drähten zu den Schleifzugmagneten.

Zumindest die Stromverteiler und die Verkabelung zu den einzelnen Magneten ist zu erneuern. Dabei sind moderne Federzugklemmen mit Stecksicherungen, max. 4A einzusetzen.

Da die Leitungswege innerhalb des Instruments relativ kurz sind und die Verkabelung generell mangelbehaftet ist (Querschnitte, Leitungstyp, Farbkodierung), sollte die 24V-Installation in der Orgel komplett erneuert werden. Dies ist wirtschaftlicher als eine Ertüchtigung der vorhandenen Leitungen.

Die Schleifzugmagnete im Rückpositiv sind ähnlich verkabelt. Auch hier muss zumindest die Verteilung erneuert und abgesichert werden. Leider sind diese Magnete schwer zugänglich.



Schleifzugmagnete, Pedal C/Cis-Seite



Schleifzugmagnete im Rückpositiv

Spieltisch



Spieltisch



Spieltisch Rückansicht

Der Spieltisch ist insgesamt sauber aufgebaut. Die Verkabelung ist gut zugänglich. Die Schalter hinter der Registratur sind jedoch mit der mechanischen Umschaltung für Festkombinationen in einem eigenen Holzgehäuse gekapselt. Diese Einheit wurde nicht weiter untersucht, da hier für den Zugang weitere Demontagen am Spieltisch nötig gewesen wären. Dieser Bereich muss bei der Planung von Sanierungsmaßnahmen noch genauer betrachtet werden.

Die mechanische Spieltraktur führt unter der Orgelbank zum Rückpositiv und unter dem Podest hindurch ins Orgelgehäuse.

Die Verkabelung zum Spieltisch erfolgt ebenfalls unter dem Podest hindurch zur Orgel. Da sich die Deckplatten des Podests entfernen lassen, sollten die Kabelwege für Sanierungsmaßnahmen gut zugänglich sein.

230V-Installation im Spieltisch

Im Spieltisch sind einige 230V-Komponenten verbaut. So ist die Motoreinschaltung zeittypisch als Selbsthaltungsschaltung mit einem 230V-Schütz ausgeführt. Erfreulicherweise sind die zugehörigen Taster im Spieltisch gut gegen Berührung im Innern des Spieltischs geschützt, und die abgehende Verkabelung ist sauber ausgeführt.

Für die Pedalbeleuchtung sind Leuchten mit Glühlampen verbaut. Die Verkabelung erfolgt steckbar hinter dem Kniebrett.

Diese Lösung ist aus heutiger Sicht nicht optimal. Die Leuchten haben vermutlich keine Zulassung für den Möbeleinbau.

Da die Leuchtenabdeckungen unbeschädigt sind und die Verkabelung sauber ausgeführt ist, ist diese Lösung akzeptabel. Falls eine Überarbeitung der Spieltischelektrik erfolgt, sollte auf LED-Beleuchtung umgestellt werden, vorzugsweise mit 24V betrieben.



Taster zur Orgel-Einschaltung



Pedalbeleuchtung mit Glühlampen im Kniebrett

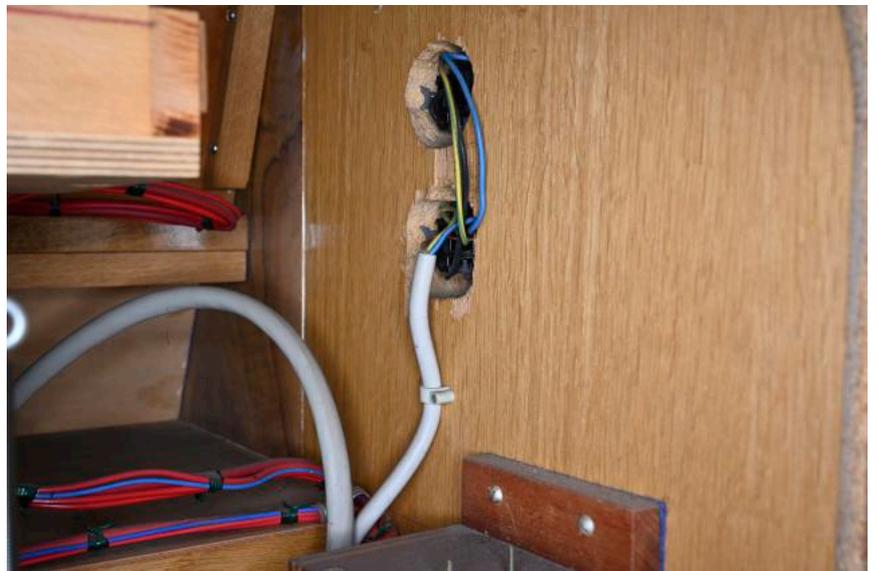
In die Spieltischwange auf der Basseite ist eine Doppelsteckdose eingebaut, an die Notenpultleuchte etc. angeschlossen werden.

Die Verkabelung dazu im Spieltisch ist nicht fachgerecht ausgeführt. Es fehlen zumindest Hohlwanddosen und eine geschützte Verlegung der Verkabelung.

Diese Verkabelung muss zumindest durch den Elektriker in Stand gesetzt werden. Besser wäre es auf solche Installationen ganz zu verzichten und außerhalb des Spieltischs für ausreichende Steckdosen zu sorgen. Hier muss ein Gesamtkonzept mit Blick auf die unzureichende Situation mit der einzelnen Aufputzsteckdose am Podest zum Rückpositiv gefunden werden.



Steckdose in der Spieltischwange



Verkabelung im Spieltisch

Kleinspannungsinstallation im Spieltisch

Die Verkabelung der Registratur ist insgesamt sauber ausgeführt. Die Schalter hinter der Registratur sind in einer Einheit mit den über Bowdenzüge bedienten Schaltern für Festkombinationen verbaut. Diese Einheit konnte ohne weitere Demontagen nicht eingesehen werden.

Es werden neben Kunststoff-ummantelten Kabel auch Kabel mit Seidenisolation und einen Querschnitt von nur 0.14mm^2 verwendet, wie am Anschlussbrett auf der Basseite des Spieltischs zu sehen ist.

Hier liegt das größte Risiko in Sachen elektrischer Sicherheit: Offenbar finden ohne jede Sicherung Querschnittsverjüngungen vom unabgesicherten Gleichrichter (Nennstrom 36A) zu den textil-isolierten Orgelkabeln statt (maximal zulässiger Strom 1A).

Diese Verkabelung kann ohne Risiko weiterbetrieben werden, wenn die Zuleitungen der verschiedenen Stromkreise mit maximal 1A abgesichert werden. Dazu ist ein neues Anschlussfeld für 24V im Spieltisch einzubauen mit Sicherungsklemmen und 1A-Stecksicherungen, über die seine sinnvolle Anzahl von Stromkreisen abgesichert wird. Dazu müssen, wenn nötig, Sammelleiter der Registerschalter in kleinere Gruppen unterteilt werden.

Im Fuß des Spieltischs ist diskantseitig eine ungeordnete lose Verkabelung mit dünnen Einzeladern vorhanden. Diese muss entwirrt, sauber verlegt und in das Sicherungskonzept mit einbezogen werden.



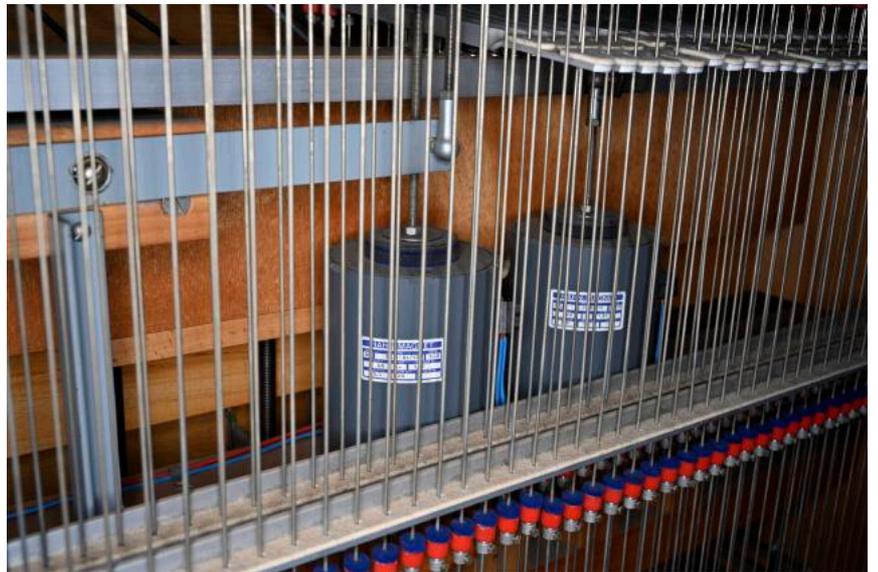
seidenisierte Kabel im am Anschlussfeld des Spieltischs.



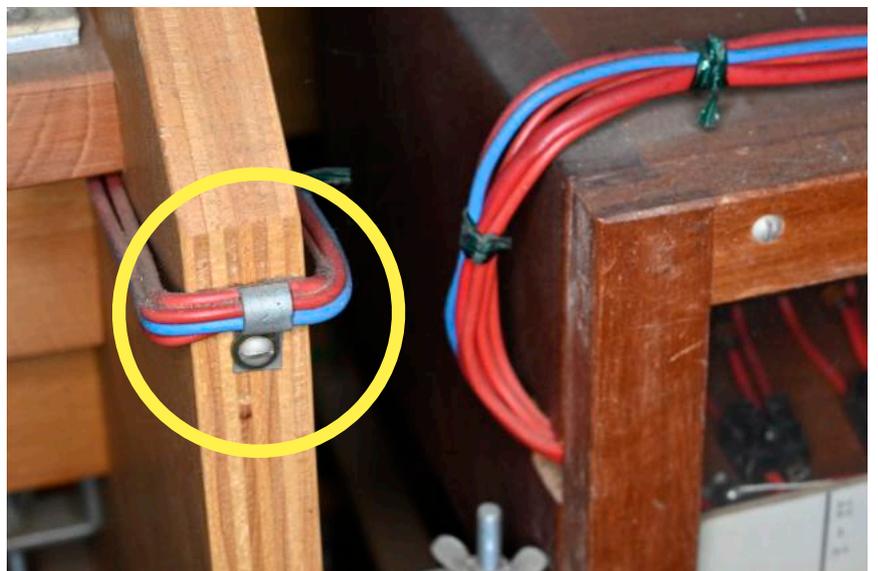
Koppelrelais (o.), lose Drähte im Spieltischfuß

Die größten 24V-Stromverbraucher im Spieltisch sind die drei Hubmagnete für die Betätigung der mechanischen Koppeln. Sie ziehen laut Typenschild einen Strom von 1,4A. Die Einschaltung erfolgt über Relais auf der Basseite des Spieltischs. Die Verkabelung erfolgt über Einzeladern, die mit minimalen Biegeradien um die Wangen des Koppelapparats verlegt und mit einer Metallschelle befestigt sind. Hier besteht die Gefahr von Isolationsschäden und Kurzschluss der benachbarten Leitungen.

Die Verkabelung muss überprüft werden, und die Zuleitung zum Relais mit maximal 6A abgesichert werden.



Hubmagnete zur Betätigung der Koppeln



Koppelmagnet-Relaisschaltung, Kabel