

Tricks und Kniffe für Kälteanlagenbauer

Fehlersuchmethoden der Elektrotechnik

Norbert Ludwig, Springe

Sicher hat jeder Kälteanlagenbauer schon einmal einen elektrischen Fehler in einer Kälteanlage beseitigen müssen, der ihn trotz aller Erfahrung an den Rand der Verzweiflung getrieben hat. Gewiß, mit Erfahrung und Fingerspitzengefühl beseitigt man in der Praxis zwischen 90 % und 95 % aller Fehler, zu denen auch solche gehören, die offensichtlich sind. Was aber, wenn nichts zu sehen ist, ein ähnlicher Fehler noch nicht auftrat und auch das berühmte Klopfen und Wackeln nichts bringt? Hier hat sich die methodische Fehlersuche bewährt, die im folgenden Artikel beschrieben werden soll.

Vordiagnose

Eine methodische Fehlersuche beginnt stets mit einer möglichst exakten Vordiagnose. Eine Fehlerbeschreibung der Art „Die Anlage läuft nicht!“ ist dabei laienhaft und völlig unbrauchbar. Zu unterscheiden ist zunächst zwischen zerstörerischen und nicht zerstörerischen Fehlern. Im ersten Fall hat eine Sicherung bzw. ein Leitungsschutzschalter, ein Fehlerstromschutzschalter (RCD) oder ein Motorschutzschalter ausgelöst. Bisweilen

zum Autor

Norbert Ludwig,
Leiter der
Norddeutschen
Kälte-
Fachschule,
Springe



ist auch eine Motorwicklung durchgebrannt oder eine Magnetspule defekt. Hat eine der Sicherheitseinrichtungen ausgelöst, wird man sie probeweise zurücksetzen oder ersetzen, aber bitte stets gegen ein Originalbauteil! Auch die häufig praktizierte Erhöhung der Einstellwerte ist verwerflich, denn ein grundloses Auslösen gibt es nicht, und schließlich läßt man in sein Auto auch nicht in der Werkstatt eine lautere Hupe einbauen, wenn die Bremse nicht funktioniert.

Zerstörerische Fehler

Wiederholt sich das Auslösen der Sicherheitseinrichtung, liegt offenbar keine einmalige Überlastung, sondern ein Fehler vor. Dabei gelten folgende Zusammenhänge:

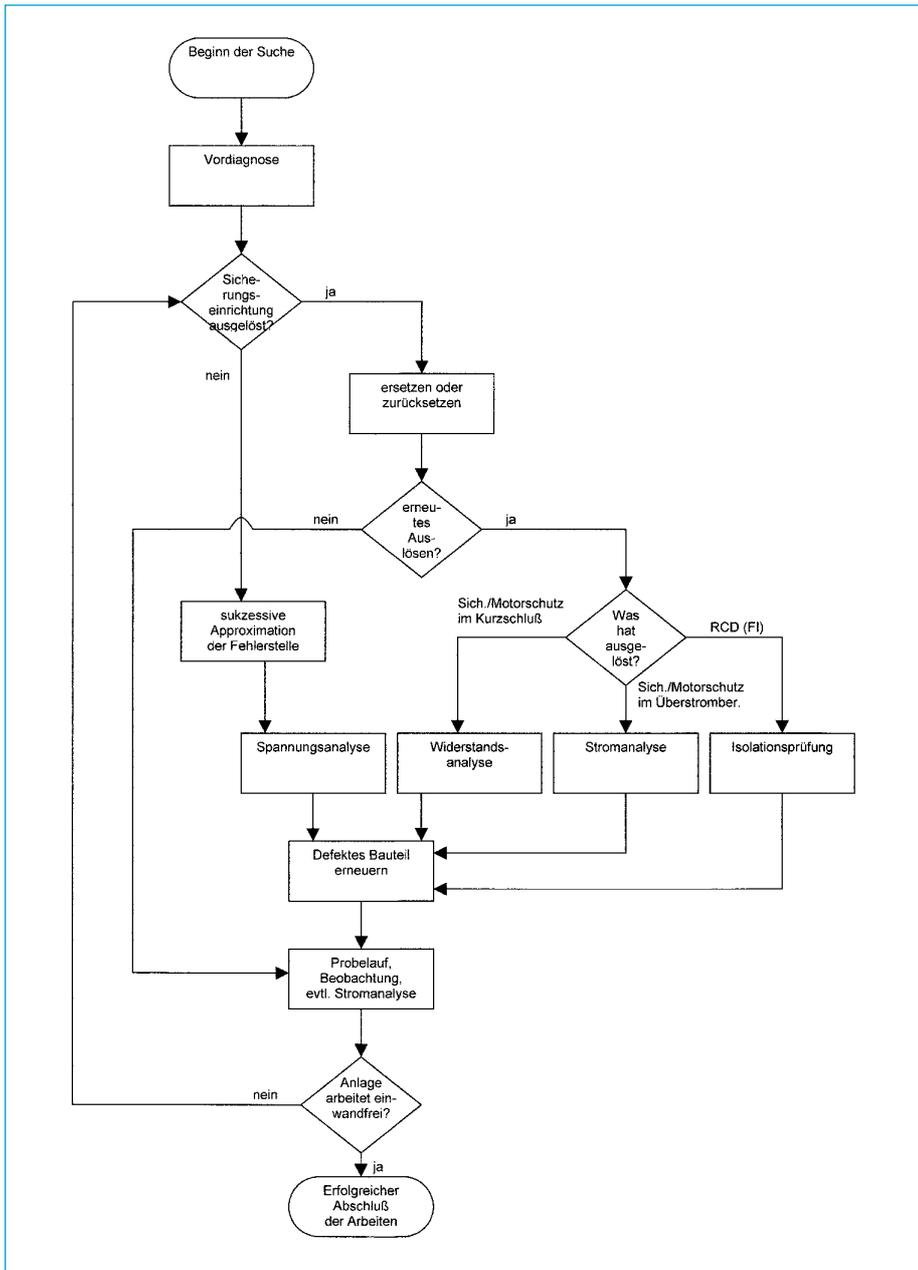
Sicherung oder Leitungsschutzschalter: Kurzschluß (Verbindung zwischen Außen- und Neutralleiter), Phasenschluß (Verbindung zweier Außenleiter) oder Überlastung. Im letzten Fall löst das Bauteil erst nach einer gewissen Zeit (einige Sekunden bis zu Minuten) aus, so daß hier gut unterschieden werden kann. Bei der Suche nach Schlüssen kommt nur die Widerstandsanalyse als Methode in Betracht, während bei Überlastung auch die Stromanalyse hilfreich sein kann.

Fehlerstromschutzschalter: Körperschluß (Verbindung aktiver Teile wie Außen- oder Neutralleiter mit geerdeten Komponenten wie Gehäusen). Die Fehlersuche erfolgt durch Abklemmen in Frage kommender Komponenten und/oder Widerstandsanalyse.

Motorschutz: Ein einfaches **Bimetallrelais** löst aus bei Nichtanlauf, mechanischer Überlastung (zu bedenken ist dabei auch eine z. B. fehlende Pressung von Ventilatoren, die zu einer erhöhten Stromaufnahme führt) und bei Phasenausfall (weil dann der Strom in den beiden verbleibenden Außenleitern steigt). Ist ein **Motor-schutzschalter** vorhanden, beinhaltet er zusätzlich zum Bimetallrelais auch einen schnellen magnetischen Kurzschlußauslöser. Löst dieses Bauteil also innerhalb von Bruchteilen von Sekunden aus, ist bei der Fehlersuche genauso vorzugehen, als hätte eine Sicherung unterbrochen. Elektronische Motorschutzgeräte wie das INT 69 von Kriwan lösen bedingt durch zu hohe Wicklungstemperaturen aus. Dabei ist auch stets an extern zu suchende Fehler wie fehlende Kühlung durch Füllungsmangel der Kälteanlage oder defekte Lüfterflügel zu denken! Ansonsten ist hier die Stromanalyse die Methode der Wahl.

Nicht zerstörerische Fehler

Hierbei hat sich die Spannungsanalyse nach genauer Beobachtung, welche Komponenten nicht arbeiten, bewährt. Allein dadurch lassen sich im Vorfeld bereits sinnlose Messungen vermeiden. Dabei ist zu beachten, daß nur vorschriftsmäßige zweipolige Spannungsprüfer verwendet werden dürfen, deren Meßspitzen scharf (geringere Abrutschgefahr) und nicht zu lang unisoliert (Gefahr der Lichtbogenbildung beim Abrutschen) sein sollten.



Fehlersuchhilfe

Fehlersuchmethoden

Spannungsanalyse

Sie erfolgt mit einem zweipoligen Spannungsprüfer, wobei in der Regel gegen den festen Bezugspunkt „Neutralleiter“ gemessen wird. Arbeitet die gesamte Anlage nicht, wird man zunächst die Versorgungsspannung der Steuerkreise prüfen und sich langsam von vorn in die Schaltung „hineinarbeiten“, da der Fehler vermutlich am Anfang der Stromkreise aufgetreten ist. Arbeitet eine externe Komponente nicht (z. B. ein Magnetventil oder

ein Heizstab), wird zuerst an den entsprechenden Abgangsklemmen gemessen. Steht hier die Spannung an, ist der Fehler außerhalb des Schaltschranks, vermutlich am nicht arbeitenden Betriebsmittel selbst, zu suchen.

Gelangt die Spannung jedoch gar nicht bis zu den besagten Klemmen, kommt eine ganze Reihe von Ursachen im Schaltschrank selbst oder außerhalb in Frage, da in der Regel mehrere Komponenten wie Schützkontakte und diverse Sicherungseinrichtungen in Serie geschaltet sind. Bei längeren Ketten läßt sich die Fehlersuchzeit durch die Methode der sukzessiven Approximation deutlich reduzieren. Dabei wird in der Mitte der Kette gemessen.

Ist Spannung vorhanden, liegt der Fehler im zweiten Abschnitt, wenn nicht, im ersten. Jetzt wird in der Mitte des defekten Abschnitts erneut gemessen, und es ergeben sich wieder zwei Abschnitte usw. Auf diese Weise ist der Fehler sehr schnell einzukreisen.

Widerstandsanalyse

Hierbei ist vor den Messungen auf absolute Spannungsfreiheit zu achten, da ansonsten die Meßgeräte unweigerlich zerstört werden. Zu beachten sind hierbei auch eventuelle Restladungen von Kondensatoren!

Mit einem gewöhnlichen Widerstandsmeßgerät können Leitungen, Kontakte und Spulen auf Durchgang und Kondensatoren auf Isoliereigenschaften des Dielektrikums geprüft werden. Zur Auswertung der Messungen gehören bestimmte Erfahrungswerte des Messenden. Gegebenenfalls vergleichende Messungen zu definitiv intakten Komponenten machen. Zu beachten ist dabei, daß Spulen auch Windungs- oder Lagenschlüsse aufweisen können, die zu erhöhter Stromaufnahme führen. Diese sind mittels Widerstandsanalyse genauso wenig zu erfassen wie partielle Kapazitätsverluste von Kondensatoren. Hier führt nur die Stromanalyse weiter.

Isolationsfehler, die zum Auslösen von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen führen, sind mit gewöhnlichen Ohmmetern bisweilen nicht zu diagnostizieren, da diese nur mit Spannungen von wenigen Volt arbeiten, so daß bereits hauchdünne Oxidschichten bewirken, daß ein unendlich hoher Wert angezeigt wird, obwohl im Betrieb bei hoher Spannung die Isolation durchschlägt. Hier sind handelsübliche Isolationsprüfgeräte nötig, die mit Spannungen von 500 V oder 1000 V arbeiten und so gnadenlos jede Schwachstelle von Isolationen aufdecken. Vor dem Arbeiten mit diesen Geräten ist allerdings sicherzustellen, daß vorhandene Elektronik abgeklemmt wurde, da sie sonst unwiederbringlich zerstört würde! Ein einfacher Nachweis von Isolationsfehlern gelingt an der Einspeisestelle der Spannung im spannungslosen Zustand: Zu verbinden sind alle aktiven Leiter (auch N) miteinander, der Fehler Suchende hat jetzt alle Schalter einzuschalten und alle Lastschütze gedrückt zu halten (ggf. festklemmen). Nun ist von den aktiven Leitern zum Schutzleiter zu messen. Bei Schutzklasse I (Erdung) müssen sich mindestens 500 kΩ ergeben! Ist das nicht der Fall, sind nacheinander die Lasten abzu-

hängen und so die Fehler einzukreisen. Erfahrungsgemäß sollte man dabei mit den Heizungen beginnen.

Stromanalyse

Für direkte Strommessungen ist der Stromkreis aufzutrennen und über den Strommesser wieder zu verbinden. Man muß sich stets davon überzeugen, daß der verwendete Strommesser den zu erwartenden Strom auch verträgt! Zu bedenken sind ebenfalls eventuelle Einschaltstromstöße!

Bei der Messung höherer Ströme (ab etwa 5 A) haben sich auch die berührungslos messenden Strommeßzangen bewährt, die der Handel als autarke Geräte, aber auch als Vorsatzgerät für Multimeter, anbietet. Dabei wird die Tatsache genutzt, daß jeder Stromfluß ein Magnetfeld um den Leiter herum erzeugt, das um so kräftiger wird, je höher der Strom ist. Es handelt sich also um eine indirekte Messung. Man muß sich mit der Ablesung der Meßwerte vertraut machen, so daß zügig gemessen werden kann. Wenn zuviel Strom fließt, ist die Messung umgehend zu beenden, da eine Überlastung vorliegt.

Zur Stromanalyse an Motoren muß der Bemessungsbetriebsstrom (früher: Nennstrom) bekannt sein. Dieser bezieht sich auf die Bemessungsbetriebsleistung (früher: Nennleistung). Das ist die Angabe auf dem Leistungsschild, also die abge-

gebene Wellenleistung. Da diese in der Praxis selten erreicht wird und auch nur kurzfristig überschritten werden darf, ist auch die zu erwartende Stromaufnahme lastabhängig und in der Regel geringer als dieser Bemessungsbetriebsstrom. Wird dieser nicht überschritten, und sind die Kühlungsverhältnisse der Wicklung in Ordnung, ist der Motor auch nicht gefährdet.

Statistik

In alle Überlegungen der Fehlersuche sollten auch statistische Erfahrungen einfließen. So zum Beispiel Ausfallhäufigkeiten: Heizungen fallen bedeutend öfter aus als Motoren oder Schütze. Heizungen haben etwa gleich häufig Isolationsfehler wie Unterbrechungen, während Motorwicklungen so gut wie nie unterbrechen, dafür aber öfter Windungsschlüsse und Isolationsfehler aufweisen. Kleinleistungsspulen wie solche in Relais, Schützen und Magnetventilen werden mit relativ dünnem Draht gewickelt, der bisweilen zum Reißen neigt, so daß hier auch nach Unterbrechungen geforscht werden muß. Allgemein läßt sich sagen, daß Isolierkunststoffe sowohl durch wechselnde thermische Beanspruchung (große Erwärmung) als auch durch Ultraviolettbestrahlung (Sonne bei Außenmontagen) penetriert werden und ihre dielektrischen Eigenschaften einbüßen. Klemmen und

Verbinder sind grundsätzlich als potentielle Fehlerquelle zu sehen. Damit sind sie in die Messungen einzubeziehen, und, nachdem die Anlage eine Weile gearbeitet hat, im spannungslosen Zustand einmal anzufassen. Schlechte Kontakte neigen durch erhöhte Übergangswiderstände zu übermäßiger Erwärmung. Die Ausfallraten elektromechanischer Komponenten nehmen mit dem Alter kontinuierlich zu, während für elektronische Komponenten erhöhte Ausfallwahrscheinlichkeit im ersten Jahr gilt (Fertigungsfehler), die dann drastisch zurückgeht und erst nach etwa acht Jahren wieder ansteigt (Alterung). All diese Erfahrungen sind ebenfalls in der Fehlerdiagnostik hilfreich und vergrößern den Erfolg.

Konsequenzen

Messen bedeutet nur zum kleinen Teil, ein Instrument anzuschließen und einen Wert abzulesen. Was nützt eine Aussage über eine Spannung, einen Strom oder einen Widerstand, wenn man nicht weiß, was zu erwarten steht? Nichts. Messen bedeutet also in erster Linie, zu prüfen, ob bestimmte Erwartungen erfüllt werden. Und dazu sind schaltungstechnische Kenntnisse ebenso erforderlich wie logische Diagnostik! Die Fehlersuche beginnt also stets im Kopf, und nur durch Messungen in Verbindung mit Überlegungen stellt sich der notwendige Erfolg ein. □

Ingenieure von morgen schon heute umwerben

Nachdem in der letzten KK-Ausgabe in Verbindung mit dem Beitrag über die DKV-(Nachwuchs)-Tagung 2000 in Bremen noch Möglichkeiten der Nachwuchsförderung im Kälte- und Klimabereich angerissen wurden, haben die KK-Redaktion mittlerweile die ersten Fakten erreicht. Zwar (noch) nicht (wie in einem Kommentar der KK 01 ange-regt) von Seiten des DKV, dafür aber durch den Hochschulbereich, genauer die Fachhochschule Karlsruhe. Der dortige Fachbereich Maschinenbau bietet neuerdings nämlich das „**Karlsruher Verbundstudium**“ an. Verstanden wird darunter eine Kombination aus betrieblicher Ausbildung und Hochschulstudium, ähnlich den Modellen, die es schon seit Jahren an Berufsakademien gibt. In Karlsruhe kann zwischen 2 unterschiedlichen Programmen gewählt werden:

- **Verbund Hochschulstudium und Berufsausbildung**, wobei die Ausbildung in enger Kooperation mit der IHK erfolgt. Parallel zum Studium

findet eine gewerbliche Ausbildung zum Industriemechaniker in einem Industrieunternehmen statt.

- **Verbund Hochschulstudium und betriebliches Traineeprogramm**, das mit der IHK abgestimmt wird. Dabei lernt ein Studierender verschiedene betriebliche Bereiche kennen und schließt mit der Bezeichnung Ingenieur-Assistent ab.

Parallel dazu besteht natürlich weiterhin die Möglichkeit des Diplomstudiums mit dem Abschluß Dipl.-Ing. (FH) sowie weitere Angebote mit Bachelor-Abschlüssen, worüber nähere Informationen über das Internet unter www.fh-karlsruhe.de angeboten werden.

Da in Karlsruhe auch der Studienschwerpunkt „Kälte-, Klima- und Umweltverfahrenstechnik“ angeboten wird, ist dieses neue Modell angesichts des derzeitigen Mangels an jungen Ingenieuren auch für die Kälte- und Klimaindustrie von großem Interesse. Und wie der

KK-Redaktion zwischenzeitlich bestätigt wurde, gibt es bereits die ersten Unternehmen der Kältebranche, die ihr Interesse an dieser neuen praxisbezogenen Ausbildung bekundet haben, bzw. die gewillt sind, den praktischen Teil mitzugestalten. Der Vorteil dieses Modells liegt auf beiden Seiten. Dem Studierenden wird die Ausbildungszeit für eine betriebliche Qualifikation plus anschließendem Studium verkürzt sowie der Berufseinstieg schon während dem Studium ermöglicht. Das Industrieunternehmen hat damit die Chance einer gezielten Personalentwicklung durch die längerfristige Einbindung des Studenten in betriebliche Aufgaben.

Es tut sich also auch unabhängig von den Start-up-Gedanken der KK-Redaktion in der Branche etwas, um dem derzeitigen Mangel an qualifiziertem Ingenieurnachwuchs entgegenzuarbeiten. Bis es jedoch zu einer tatsächlichen Entspannung der heutigen Situation kommen wird, wissen wohl auch Experten nicht vorherzusagen, oder sind Sie vielleicht anderer Meinung? A. F.