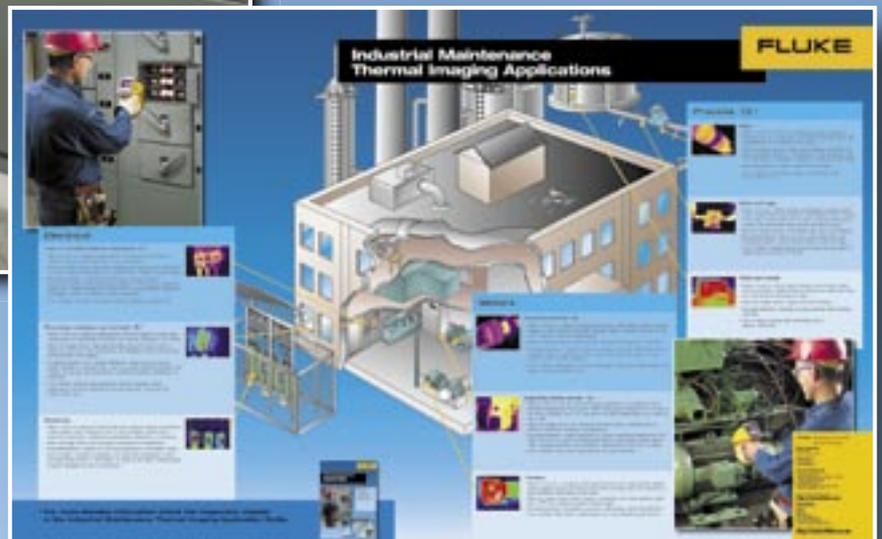


Anwendungsbericht Thermografie in der industriellen Wartung



Inhalt

1. Aufspüren lockerer oder korrodierter elektrischer Verbindungen
2. Erkennen von Unsymmetrie und Überlasten
3. Überprüfung von Lagern
4. Überprüfung von Elektromotoren
5. Überprüfung von Dampfsystemen



1. Aufspüren lockerer oder korrodierter elektrischer Verbindungen

Aus Wärmebildern lässt sich der Betriebszustand der einzelnen Komponenten elektrischer Systeme ablesen. In der Tat ist die Überprüfung elektrischer Systeme seit den

Anfängen der Thermografie vor mehr als 40 Jahren die wichtigste kommerzielle Anwendung.



Thermografie ist ein besonders geeignetes Verfahren, um sich anbahnende Probleme in elektrischen Verbindungen schon vorher zu erkennen. Neue elektrische Komponenten und Verbindungen lassen mit der Zeit nach. Ganz gleich welche Last an einem Stromkreis anliegt, werden elektrische Verbindungen durch Schwingungen, Materialermüdung und Alterung gelockert oder durch Umweltbedingungen korrodiert. Kurz gesagt werden alle elektrischen Verbindungen früher oder später ausfallen. Wenn sie nicht gefunden und repariert werden, können diese fehlerhaften Verbindungen zu Störungen führen.

Bei Lockerung oder Korrosion steigt der Widerstand der Verbindung, und der Strom, der durch diesen Widerstand fließt, erzeugt Wärmeenergie an dieser Stelle. Aus diesem Grund kann eine fehlerhafte Verbindung mit Hilfe eines Wärmebilds bereits vor einem Ausfall erkannt werden. Wenn fehlerhafte Verbindungen vor dem Auftreten einer Störung erkannt und behoben werden, können Feuer und drohende Abschaltungen zentraler Systeme im produzierenden, kommerziellen und öffentlichen Bereich vermieden werden. Derartige vorausschauende Maßnahmen sind äußerst wichtig, da der Ausfall eines kritischen Systems unweigerlich Kosten verursacht, Arbeitskräfte und Material bindet, die Produktivität senkt, die Rentabilität eines Unternehmens beeinträchtigt und sich negativ auf die Sicherheit von

Mitarbeitern und Kunden auswirkt. Im folgenden Artikel wird erläutert, wie mit Hilfe der Thermografie lockere, zu fest angezogene oder korrodierte Verbindungen in elektrischen Systemen aufgespürt werden können. Dazu müssen nur Temperaturen in einer Unterverteilung verglichen werden.

Vorgehensweise

Überprüfen Sie die Verteilungen bei abgenommenen Abdeckungen und mindestens 40 % der maximalen Leistung.

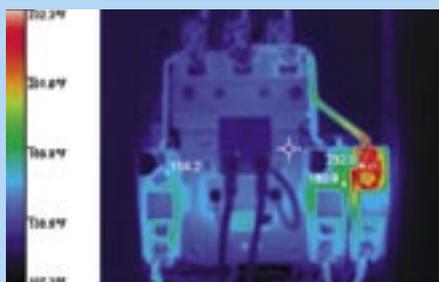
Messen Sie die Last, damit Sie die Messwerte mit den normalen Betriebsbedingungen vergleichen können. Vorsicht: Abdeckungen von Verteilungen dürfen nur von entsprechend autorisiertem und ausgebildetem Personal mit zugelassener Schutzkleidung entfernt werden.

Nehmen Sie Wärmebilder aller Verbindungen auf, die höhere Temperaturen als vergleichbare Verbindungen mit ähnlicher Last aufweisen.

Auswertung

Suchen Sie allgemein nach Verbindungen mit einer vergleichsweise hohen Temperatur. Dies lässt auf einen hohen Widerstand schließen, der durch Lockerung, zu fest angezogene Verbindung oder Korrosion entstehen kann. Die Temperatur ist normalerweise (aber nicht immer) an der Stelle mit dem größten Widerstand am höchsten und nimmt mit der Entfernung ab.

Wie bereits erwähnt können



Die Anschlüsse dieser Verdampferpumpe sind auf Phase L3 über 50 °C heißer.

überhitzte Verbindungen bei zusätzlicher Lockerung oder Korrosion einen Ausfall verursachen und sollten daher behoben werden.

Die beste Lösung besteht darin, regelmäßige Inspektionswege einzuführen, in die alle wichtigen Verteilungen und Verbindungen mit hohen Lasten wie Antriebe, Trennschalter, Steuerungen usw. einbezogen werden. Speichern Sie Wärmebilder aller Verteilungen und Verbindungen auf Ihrem Computer und verfolgen Sie die Messwerte mit der beiliegenden Software über einen längeren Zeitraum. So haben Sie Bezugspunkte, mit denen Sie feststellen können, ob eine überhitzte Zone ungewöhnlich ist und ob eine Reparatur erfolgreich war.

Handlungsbedarf

Zustände, die ein Sicherheitsrisiko darstellen, sollten bei der Reparatur die höchste Priorität haben. Die Richtlinien der NETA (InterNational Electrical Testing Association) besagen, dass bei einer Temperaturdifferenz (ΔT) von mehr als 15 °C bei gleichen Komponenten und gleicher Last eine sofortige Reparatur erforderlich ist.

Die NETA empfiehlt ebenfalls eine Reparatur, wenn die Temperaturdifferenz (ΔT) zwischen einem Bauteil und der Umgebungstemperatur mehr als 40 °C beträgt.

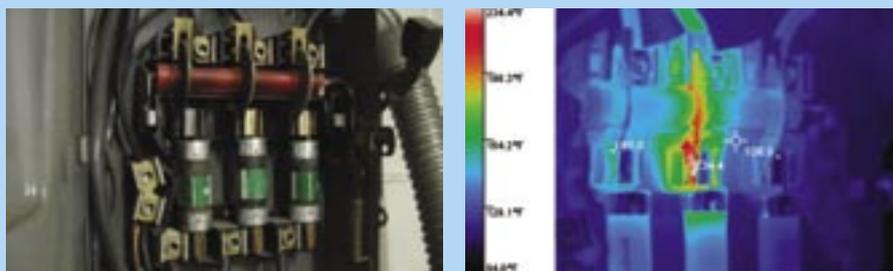
Potentielle Ausfallkosten

Wenn das Problem nicht behoben wird, kann die Überhitzung einer lockeren oder korrodierten elektrischen Verbindung zu einem Durchbrennen der Sicherung und dem Ausfall des gesamten Produktionsablaufs führen. Es dauert dann wahrscheinlich mindestens eine halbe Stunde, die Anlage abzuschalten, eine Ersatzsicherung aus dem Lager zu holen und die Sicherung zu ersetzen. Die Kosten des Produktionsausfalls schwanken je nach Branche und Fertigungsprozess, aber in vielen Branchen ist ein Produktionsausfall von einer halben Stunde äußerst kostspielig. In einer Stahlschmelzanlage beispielsweise werden die Kosten eines Produktionsausfalls durch Stillstandzeiten auf ca. 1.000 € pro Minute geschätzt.

Weitere Maßnahmen

Überhitzte Verbindungen sollten auseinandergenommen, gereinigt, repariert und wieder zusammen-

gesetzt werden. Wenn die Anomalie danach immer noch auftritt, liegt das Problem möglicherweise nicht an der Verbindung, obwohl eine fehlerhafte Reparatur denkbar wäre. Suchen Sie mit einem Multimeter, einer Strommesszange oder einem Netz- und Stromversorgungsanalysator nach möglichen Gründen für die Überhitzung, beispielsweise Überlast, Unsymmetrie oder Problemen, die durch Oberschwingungen erzeugt werden. Erstellen Sie mit der beliebigen Software zu jedem Problem, das Sie mit Hilfe einer Wärmebildkamera festgestellt haben, einen Bericht mit einem Wärmebild und einem Digitalbild der Anlage. So können Sie die Probleme am besten finden, hieraus einen Vorschlag für Reparaturen entwickeln und den Zustand vor und nach der Reparatur dokumentieren.



Das Wärmebild zeigt, dass die Verbindungen an beiden Phasen (L1 und L2) dieses Hauptschalters überhitzt sind, was auf eine Unsymmetrie hinweist.

Thermografie-Tipp

Metallteile an elektrischen Verbindungen und Kontakten sind oftmals blank und reflektieren Infrarot-Energie von Objekten in der Nähe. Dadurch können Temperaturmesswerte und Wärmebilder verfälscht werden. Stark verschmutzte Anlagen können ebenfalls die Messung beeinträchtigen. Gehen Sie zur Verbesserung der Genauigkeit wie folgt vor: Warten Sie, bis die Anlage keine Spannung führt und tragen Sie dunkle, nichtreflektierende Farbe auf den Messfleck auf. Achten Sie darauf, keine brennbaren Materialien wie schwarzes Papier oder Kunststoffband zu verwenden.

2.

Erkennen von Unsymmetrie und Überlasten

Mit Wärmebildern können offensichtliche Temperaturunterschiede im Vergleich zu den normalen Betriebsbedingungen in industriellen Drehstromkreisen leicht identifiziert werden.

Techniker müssen nur den Temperaturgradient der drei Phasen nebeneinander betrachten, um Unsymmetrie oder Überlast in einem einzelnen Leitungszweig schnell zu erkennen.

Unsymmetrie kann verschiedene Gründe haben: Probleme bei der Stromverteilung, niedrige Spannung auf einem Leitungszweig oder einen Isolationsdurchschlag in den Motorwicklungen.

Schon eine kleine Spannungsunsymmetrie kann zu einer Verschlechterung der Verbindung und damit einem Abfall der Versorgungsspannung führen. Somit ziehen Motoren und andere Lasten übermäßig viel Strom, liefern weniger Drehmoment (wobei die mechanische Belastung zunimmt) und fallen früher aus. Bei einer starken Unsymmetrie kann eine Sicherung durchbrennen, wodurch eine Phase ausfällt. Währenddessen kehrt der unsymmetrische Strom auf dem Neutralleiter zurück, und Verbraucher fallen aus. In der Praxis ist es so gut wie unmöglich, den Strom über drei Phasen perfekt auszugleichen. Die National Electrical Manufacturers Association (NEMA)

hat Spezifikationen für zahlreiche Geräte formuliert, die Technikern bei der Bestimmung akzeptabler Werte für Unsymmetrie helfen. Diese Spezifikationen können als Bezugswerte bei Instandhaltung und Fehlersuche verwendet werden.

Vorgehensweise

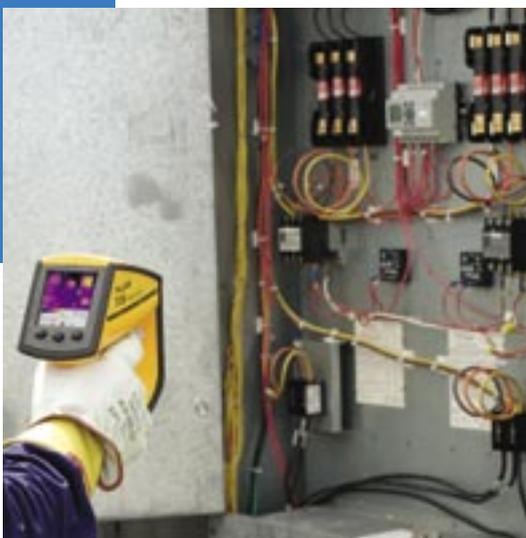
Nehmen Sie Wärmebilder aller Verteilungen und anderer Anschlüsse mit hohen Lasten wie Antriebe, Trennschalter, Steuerungen, usw., auf. Wenn Sie hohe Temperaturen feststellen, untersuchen Sie Abzweigleitungen und Lasten entlang des Stromkreises. Überprüfen Sie die Unterverteilungen bei abgenommenen Abdeckungen. Idealerweise sollten Sie Tests nur an warmgelaufenen Geräten im eingeschwungenen Zustand bei mindestens 40 % der normalen Leistung vornehmen. So können Sie Messwerte richtig einschätzen und mit den normalen Betriebsbedingungen vergleichen.

Auswertung

Phasen mit gleicher Last sollten gleiche Temperaturen aufweisen. Bei einer Unsymmetrie haben die Phasen mit der höheren Last eine höhere Temperatur, da durch den höheren Strom mehr Wärmeenergie erzeugt wird. Unsymmetrische Last, Überlast, fehlerhafte Verbindungen und unsymmetrische Oberschwingungen erzeugen jedoch ein ähnliches Bild. Somit müssen bei der Problemdiagnose die Ströme in allen Phasen gemessen werden.



Die Anschlüsse dieser Verdampferpumpe sind auf Phase 3 über 50 °C heißer.



Vorsicht:

Abdeckungen von Verteilungen dürfen nur von entsprechend autorisiertem und ausgebildetem Personal mit zugelassener Schutzkleidung entfernt werden.

Hinweis: Ein ungewöhnlich kalter Stromkreis oder Leitungszweig kann auf den Ausfall eines Bauteils hinweisen. Die Einführung regelmäßiger Inspektionswege, in die alle wichtigen elektrischen Verbindungen einbezogen werden, hat sich bewährt. Speichern Sie alle aufgenommenen Bilder mit der beiliegenden Software auf

einem Computer und verfolgen Sie die Messwerte über einen längeren Zeitraum. So haben Sie Bezugsbilder für einen späteren Vergleich. Mit dieser Vorgehensweise können Sie bestimmen, ob ein heißer oder kalter Bereich ungewöhnlich ist. Nach einem Eingriff können Sie mit neuen Bildern feststellen, ob die Reparatur erfolgreich war.

Handlungsbedarf

Die Reihenfolge der Reparaturen sollte zuerst nach Sicherheitsaspekten und dann nach der Bedeutung der Anlage für die Produktion und dem Ausmaß des Temperaturanstiegs bestimmt werden.

Nach den Richtlinien der NETA (InterNational Electrical Testing Association) besteht sofortiger Handlungsbedarf, wenn die Temperaturdifferenz (ΔT) bei gleichen Komponenten und gleicher Last mehr als 15 °C beträgt oder wenn die Temperaturdifferenz (ΔT) zwischen einem Bauteil und der Umgebungstemperatur mehr als 40 °C beträgt.

Die NEMA-Normen (NEMA MG 1-12.45) raten vom Betrieb eines Motors bei einer Spannungsunsymmetrie von mehr als 1 % ab. Die NEMA empfiehlt vielmehr, Motoren bei größeren Unsymmetrien geringer zu belasten. Für andere Geräte gelten eigene Grenzwerte.

Potentielle Ausfallkosten

Der Ausfall eines Motors ist oft eine Folge von Spannungsunsym-

metrie. Die Gesamtkosten setzen sich wie folgt zusammen: Motor-kosten, Arbeitskosten für den Motorwechsel, Ausschuss infolge des nicht optimalen Anlagenbetriebs und durch Stillstandzeiten entgangene Erträge.

Nehmen wir einmal an, die Kosten für den Austausch eines 50-PS-Motors pro Jahr betragen 5.000 € einschließlich Arbeitskosten. Nehmen wir weiter an, die entgangenen Einnahmen belaufen sich auf 6.000 € pro Stunde und die Stillstandzeiten betragen 4 Stunden pro Jahr.

Gesamtkosten: 5000 € + (4 x 6000 €) = 29.000 € pro Jahr, und hier sind die Kosten durch die möglichen Qualitätsschwankungen noch nicht eingerechnet.

Weitere Maßnahmen

Wenn ein Leiter laut Wärmebild auf einer größeren Länge heißer als andere Stromkreis-komponenten ist, könnte er überlastet sein oder einen zu geringen Querschnitt aufweisen. Prüfen Sie die Bemessung des Leiters und die momentane Last, um den Grund zu bestimmen.

Prüfen Sie Stromausgleich und Belastung aller Phasen mit einem Multimeter mit Stromzange, einer Strommesszange oder einem Netz- und Stromversorgungsanalysator. Prüfen Sie Schutzeinrichtungen und Schaltanlagen auf der Spannungsseite auf Spannungsabfälle. Im Allgemeinen sollte die Netzspannung nicht mehr als 10 % von der Nennleistung abweichen. Mit

Hilfe der Spannung zwischen Neutralleiter und Schutzleiter können Sie Aussagen über die Systembelastung treffen und Oberschwingungen erfassen. Wenn die Spannung zwischen Neutralleiter und Schutzleiter mehr als 3 % beträgt, sollten Sie weitere Tests vornehmen.

Lasten können schwanken. Eine Phase kann an einem Leitungszweig völlig unerwartet um 5 % abfallen, wenn eine ausreichend starke einphasige Last angelegt wird. Spannungsabfälle über den Sicherungen und Schaltern können sich auch als Unsymmetrie am Motor und Überhitzung im fehlerhaften Bereich äußern. Prüfen Sie daher mit Wärmebildkamera und Multimeter oder Strommesszange genau nach, bevor Sie davon ausgehen, dass Sie die Ursache gefunden haben.

Weder Haupt- noch Abzweigleitungen sollten bis zum maximal zulässigen Grenzwert belastet werden. In den Lastberechnungen sollten Oberschwingungen berücksichtigt werden. Eine weit verbreitete Lösung für Überlast besteht darin, die Lasten über die Stromkreise zu verteilen oder sie zu regeln, falls während des Vorgangs Lasten angelegt werden.

Erstellen Sie mit der beiliegenden Software zu jedem Problem, das Sie mit Hilfe einer Wärmebildkamera festgestellt haben, einen Bericht mit einem Wärmebild und einem Digitalbild der Anlage. So können Sie die Probleme am besten finden, hieraus einen Vorschlag für Reparaturen entwickeln und den Zustand vor und nach der Reparatur dokumentieren.

Thermografie-Tipp

Thermografie wird überwiegend zum Aufspüren elektrischer und mechanischer Anomalien eingesetzt. Entgegen der landläufigen Meinung ist die Temperatur eines Geräts, auch die relative Temperatur, nicht der einzige Anhaltspunkt für einen bevorstehenden Ausfall. Eine Reihe weiterer Faktoren sollte berücksichtigt werden, wie z. B. Änderungen der Umgebungstemperatur und mechanische oder elektrische Lasten, optische Anzeichen, die Bedeutung eines Bauteils, Erfahrungen mit ähnlichen Bauteilen, Ergebnisse anderer Tests usw. Kurz gesagt entfaltet Thermografie den größten Nutzen in einem umfassenden Programm zur Zustandsüberwachung und vorbeugenden Instandhaltung.

3. Überprüfung von Lagern

Wenn ein Motorlager ausfällt, steigt die Motortemperatur, und das Schmiermittel zersetzt sich. Die Windungen überhitzen, bis der Temperatursensor auslöst und den Motor

stoppt. Im ungünstigsten Fall frisst sich die Welle fest, der Rotor kann sich nicht mehr drehen und der Motor fällt völlig aus.

In vielen vorbeugenden Instandhaltungsprogrammen wird Thermografie eingesetzt, um die Temperatur der betriebstechnischen Ausrüstung mit Hilfe der thermischen Energie zu überwachen und so den Ausfall von Anlagen zu erkennen und zu vermeiden.

Mit Wärmebildkameras können Techniker zweidimensionale Infrarotbilder von Lager- und Gehäusetemperaturen aufnehmen und so die momentane Betriebs-

temperatur mit Bezugswerten vergleichen sowie mögliche Defekte erkennen.

Vorgehensweise

Generell ist eine Schwingungsanalyse die beste Methode zur Überwachung großer, gut zugänglicher Lager mit relativ hoher Geschwindigkeit im Rahmen eines vorbeugenden Instandhaltungsprogramms. Dieses Verfahren ist jedoch nur dann sicher, wenn Geber an den Lagern angebracht

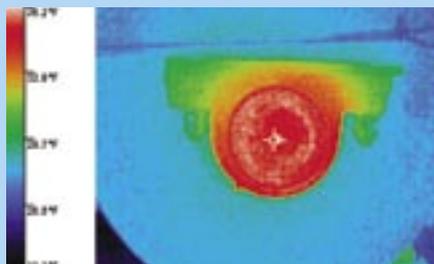
werden können. Wenn die Lager jedoch relativ klein sind (z. B. in Förderbandrollen), niedrige Geschwindigkeiten aufweisen oder während des Betriebs nur schlecht bzw. nicht sicher zugänglich sind, stellt Thermografie eine sinnvolle Alternative oder Ergänzung zur Schwingungsanalyse dar. In den meisten Fällen können thermografische Untersuchungen aus sicherer Entfernung während des Betriebs vorgenommen werden. Das Aufnehmen eines Wärmebilds mit einer tragbaren Wärmebildkamera ist zudem weniger zeitaufwändig als eine Schwingungsanalyse.

Tests an mechanischen Geräten sollten an warmgelaufenen Geräten im eingeschwungenen Zustand und bei normaler Last durchgeführt werden. So können die Messwerte mit den normalen Betriebsbedingungen verglichen werden.

Nehmen Sie ein Wärmebild des zu untersuchenden Lagers auf, und wenn möglich auch Bilder von Lagern mit einer vergleichbaren Funktion im selben Bereich. Dazu gehören beispielsweise das Lager am anderen Ende eines Förderbandes oder einer Papiermaschinenrolle oder ein anderer Lagerplatz an der gleichen Welle.

Auswertung

Lagerprobleme können üblicherweise durch einen Vergleich der Oberflächentemperaturen gleicher Lager unter gleichen Bedingungen festgestellt werden. Heiße Stellen auf einem Wärmebild stellen



Die Überhitzung von Welle und Lager ist möglicherweise die Folge eines defekten Lagers, unzureichender Schmierung oder falscher Ausrichtung.

überhitzte Bereiche dar, die normalerweise beim Vergleich ähnlicher Geräte auffallen. Bei der Überprüfung von Motorlagern wird die Temperatur von zwei Rotorkappen (bei Motoren und Lagern desselben Typs) oder von Stator und Rotorkappe verglichen.

Allgemein ist es sinnvoll, regelmäßige Inspektionswege einzuführen, in die alle wichtigen drehenden Maschinen einbezogen werden. Falls es bereits Inspektionswege für eine regelmäßige Schwingungsanalyse gibt, kann die Überwachung der Lager leicht um eine thermografische Überprüfung erweitert werden. Speichern Sie auf jeden Fall ein Wärmebild aller wichtigen Geräte auf einem Computer und verfolgen Sie die Messwerte mit der beiliegenden Software über einen längeren Zeitraum. So haben Sie Bezugsbilder für einen späteren Vergleich. Damit können Sie feststellen, ob ein überhitzter Bereich ungewöhnlich ist und ob eine Reparatur erfolgreich war.

Handlungsbedarf

Zustände, die ein Sicherheitsrisiko darstellen, sollten bei der Reparatur die höchste Priorität haben. Darüber hinaus müssen Sie von Fall zu Fall entscheiden, wann in Ihrem Werk erfahrungsgemäß Handlungsbedarf besteht, um den Ausfall eines wichtigen Geräts aufgrund eines defekten Lagers zu vermeiden. So ist beispielsweise ein Autohersteller bei einer schwer zu überwachenden Fertigungsstraße von der Schwingungsanalyse zu einer Kombination aus Schwingungsanalyse und Thermografie übergegangen, um sicherzustellen, dass die normalen

Betriebstemperaturen der Lager in einem bestimmten Bereich liegen. Das Wartungspersonal des Unternehmens verfügt über solide thermografische Kenntnisse und weiß, dass Handlungsbedarf besteht, wenn die Temperatur eines Lagers über dem oberen Grenzwert des normalen Betriebsbereichs liegt.

Sie sollten sich am Beispiel dieses Autoherstellers orientieren, wenn Sie eine thermografische Untersuchung an Lagern durchführen, die normalerweise nicht per Schwingungsanalyse überwacht werden, oder wenn Sie Lager stichprobenweise prüfen, und wie bei anderen Verfahren zur Zustandsüberwachung Warnkriterien einführen. Thermografieexperten haben Faustregeln für die zulässige Temperaturdifferenz (ΔT) von Lagern in bestimmten Geräten mit einer bestimmten Schmiermethode (Schmierfett, Ölbad usw.) aufgestellt.

Potentielle Ausfallkosten

Sie können die Kosten für Reparatur, Produktions- und Arbeitsausfall abschätzen, die durch ein defektes Lager in einem bestimmten Motor, einer Pumpe, einem Antrieb oder einem anderen kritischen Bauteil entstehen. In einem Automobilwerk betragen die geschätzten Kosten für den Ausfall einer bestimmten Pumpe mehr als 15.000 € für Reparaturen, zuzüglich 30.000 € Produktionsausfall pro Minute und Arbeitskosten von mehr als 600 € pro Minute. Hier kann sich ein vorbeugendes Wartungsprogramm schnell amortisieren, das derartige Ausfälle verringert oder vermeidet.

Weitere Maßnahmen

Bei allen drehenden Maschinen entsteht Wärme an den Reibungspunkten des Systems: den Lagern. Schmierung reduziert die Reibung und leitet dadurch in unterschiedlichem Maß (je nach Art der Schmierung) die Wärme ab. Mit Hilfe der Thermografie können Sie diesen Prozess abbilden und dabei den Zustand der Lager feststellen. Wenn Wärmebilder auf ein überhitztes Lager hinweisen, nehmen Sie die entsprechende Wartung vor, indem Sie das Lager schmieren oder austauschen. Mit einer Schwingungsanalyse oder einem anderen Verfahren der vorbeugenden Instandhaltung können Sie die beste Maßnahme bestimmen. Erstellen Sie mit der beliebigen Software zu jedem Problem, das Sie mit Hilfe einer Wärmebildkamera festgestellt haben, einen Bericht mit einem Wärmebild und einem Digitalbild der Anlage. So können Sie die Probleme am besten finden, hieraus einen Vorschlag für Reparaturen entwickeln und den Zustand vor und nach der Reparatur dokumentieren.

Thermografie-Tipp

Schutzvorrichtungen und -abdeckungen an Fördersystemen und Antriebskomponenten sollten so modifiziert werden, dass die Lager und Kupplungen thermografisch inspiziert werden können. Erwägen Sie den Einbau von Türen mit kleinen Scharnieren oder die Verwendung eines Drahtgeflechts anstelle von Festmetall. Achten Sie bei diesen Änderungen darauf, die Sicherheit der Mitarbeiter nicht zu gefährden.

4. Überprüfung von Elektromotoren

Elektromotoren sind das Rückgrat der Industrie. Allein in Europa werden ca. 40 Millionen Motoren in der Industrie eingesetzt. Schon die

Tatsache, dass diese Motoren 70 % des industriellen Stromverbrauchs benötigen, zeigt ihre Bedeutung.



Ein Programm zur Vermeidung kostspieliger Ausfälle in Ihrem Betrieb kann durch die Einführung von Thermografie zur Überwachung des Zustands von Elektromotoren noch verbessert werden. Mit Hilfe einer tragbaren Wärmebildkamera können Sie das Temperaturprofil eines Motors in zweidimensionalen Bildern festhalten.

Von der Oberflächentemperatur eines Elektromotors auf einem Wärmebild kann auf die Betriebsbedingungen geschlossen werden. Diese Art von Zustandsüberwachung stellt eine wichtige Maßnahme zur Vermeidung vieler unerwarteter Motordefekte in zentralen Systemen im produzierenden, kommerziellen und öffentlichen Bereich dar. Präventive Maßnahmen sind äußerst wichtig, da der Ausfall eines kritischen Systems unweigerlich Kosten verursacht, Arbeitskräfte und Material bindet, die Produktivität senkt und, wenn er nicht behoben wird, die Rentabilität eines Unternehmens und möglicherweise die Sicherheit von Mitarbeitern und Kunden beeinträchtigt.

Vorgehensweise

Idealerweise sollten Sie Tests an Motoren unter normalen Betriebsbedingungen vornehmen. Im Gegensatz zu einem Infrarot-Thermometer, das nur die Temperatur an einem einzigen Punkt messen kann, erfasst eine Wärmebildkamera Temperaturen in einem größeren Bereich, und zwar für alle kritischen Komponenten wie Motor, Wellenkupplung, Motor-

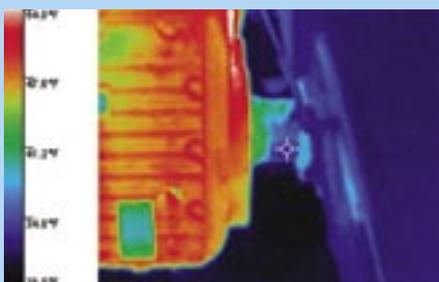
und Wellenlager und Getriebe. Denken Sie daran: Alle Motoren sind auf den Betrieb bei einer bestimmten Innentemperatur ausgelegt. Das Motorgehäuse sollte das heißeste Bauteil sein.

Auswertung

Die normale Betriebstemperatur eines Motors ist üblicherweise auf dem Typenschild angegeben. Eine Wärmebildkamera kann die Innentemperatur zwar nicht direkt erfassen, die Oberflächentemperatur lässt jedoch entsprechende Rückschlüsse zu. Wenn die Temperatur im Motor zunimmt, steigt auch die Oberflächentemperatur. Ein Thermografieexperte, der sich auch mit Motoren auskennt, kann daher aus einem Wärmebild beispielsweise einen unzureichenden Luftstrom, einen bevorstehenden Lagerausfall, Probleme mit der Wellenkupplung oder die Verschlechterung der Rotor- oder Statorisolierung ablesen. Allgemein ist es sinnvoll, regelmäßige Inspektionswege einzuführen, in die alle wichtigen Motor-Antriebs-Kombinationen aufgenommen werden. Speichern Sie Wärmebilder aller Kombinationen auf Ihrem Computer und verfolgen Sie die Messwerte über einen längeren Zeitraum. So haben Sie Bezugsbilder, mit denen Sie feststellen können, ob eine überhitzte Zone ungewöhnlich ist und ob eine Reparatur erfolgreich war.

Handlungsbedarf

Zustände, die ein Sicherheitsrisiko darstellen, sollten bei der Repara-



Einwandfrei funktionierende Lager sollten kalte Temperaturen aufweisen.

tur die höchste Priorität haben. Berücksichtigen Sie dabei die maximale Betriebstemperatur der Motoren, die üblicherweise auf dem Typenschild angegeben ist und den maximal zulässigen Temperaturanstieg gegenüber der Umgebungstemperatur darstellt. (Die meisten Motoren sind für den Betrieb bei Umgebungstemperaturen von maximal 40 °C ausgelegt.) Im Allgemeinen halbiert sich die Lebensdauer des Motors pro 10 °C über der Nenntemperatur. Bei einer planmäßigen thermografischen Überwachung von Elektromotoren wird schnell deutlich, welche Motoren überhitzen. Auch bei einer Einzelprüfung gibt ein Wärmebild Hinweise darauf, ob ein Motor im Betrieb wärmer wird als gleiche Motoren in vergleichbaren Anwendungen.

Potentielle Ausfallkosten

Für einen bestimmten Motor können Sie eine Kostenanalyse durchführen, in der Motorkosten, die durchschnittliche Stillstandzeit der Fertigungsstraße durch

Motorversagen, Arbeitskosten für den Motorwechsel, usw., berücksichtigt werden. Natürlich schwanken die Kosten des Produktionsausfalls je nach Branche. So kann ein Produktionsausfall bei einer Papiermaschine bis zu 3.000 € pro Stunde kosten, während die Verluste in einer Stahlschmelzanlage bis zu 1.000 € pro Minute betragen können.

Weitere Maßnahmen

Im Folgenden finden Sie Tipps und Maßnahmen für typische Überhitzungsursachen:

a. Unzureichender Luftstrom.

Falls eine kurze Abschaltung keine negativen Auswirkungen auf den Fertigungsprozess hat, schalten Sie den Motor ab und reinigen die Lufteinlassgitter grob. Planen Sie für die nächste geplante Abschaltung des Werks eine gründliche Reinigung des Motors ein.

b. Unsymmetrie oder Überlast.

Die Ursache für dieses Problem, meist eine hochohmige Verbindung in einer Schaltanlage,

einem Trennschalter oder dem Motoranschlusskasten, kann normalerweise mit einer thermografischen Prüfung lokalisiert und mit einem Multimeter, einer Strommesszange oder einem Netz- und Stromversorgungsanalysator weitergehend analysiert werden.

c. Bevorstehender Lagerausfall.

Wenn Wärmebilder auf ein überhitztes Lager hinweisen, nehmen Sie die entsprechende Wartung vor, indem Sie das Lager schmieren oder austauschen. Auch wenn eine Schwingungsanalyse relativ kostspielig ist und von einem Experten vorgenommen werden muss, kann Sie Ihnen dabei helfen, die beste Vorgehensweise zu bestimmen.

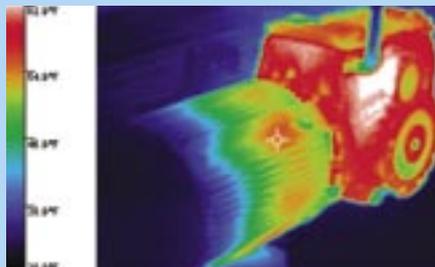
d. Isolationsdurchschlag.

Prüfen Sie die Motorwicklungen mit einem Isolationsmessgerät. Wenn Sie einen Isolationsdurchschlag feststellen, wechseln Sie den Motor so bald wie möglich aus.

e. Falsche Ausrichtung der

Welle. In den meisten Fällen kann das Vorliegen einer falsch ausgerichteten Kupplung durch eine Schwingungsanalyse bestätigt werden. Falls eine Abschaltung möglich ist, können Sie die Ausrichtung mit einem Laser-Messgerät direkt vor Ort korrigieren.

Erstellen Sie zu jedem Problem, das Sie mit Hilfe einer Wärmebildkamera festgestellt haben, mit der beliebigen Software einen Bericht mit einem Wärmebild und einem Digitalbild der Anlage. So können Sie die Probleme am besten finden, hieraus einen Vorschlag für Reparaturen entwickeln und den Zustand vor und nach der Reparatur dokumentieren.



Dieses Wärmebild zeigt links einen kalten Motor und rechts ein heißes Getriebe mit einer besonders heißen Anomalie.

Thermografie-Tipp

Manchmal ist die Sicht auf ein bestimmtes Bauteil versperrt, z. B. bei einem Motor oder Getriebe hoch oben auf einer Maschine. In diesem Fall können Sie in einem Thermospiegel das Spiegelbild des Bauteils betrachten. Ein 3 mm starkes Aluminiumblech ist hierfür hervorragend geeignet.

Platzieren Sie das Blech vorsichtig, wenn Sie es nur vorübergehend benötigen, oder bringen Sie es dauerhaft so an, dass es die Überprüfung erleichtert. Das Aluminiumblech muss dafür nicht auf Hochglanz poliert sein. Wenn Sie jedoch (im Gegensatz zu relativen) absolute Temperaturmesswerte erfassen möchten, müssen Sie die Eigenschaften des Spiegels berücksichtigen und die Emissivitätsmesswerte entsprechend ermitteln und an der Wärmebildkamera einstellen. Dieses Verfahren funktioniert nur, wenn die Oberfläche des Spiegels sauber ist, da Öl oder andere Verunreinigungen die reflektierenden Eigenschaften des Spiegels verändern.

5. Überprüfung von Dampfsystemen

Das U.S. Department of Energy (DOE) schätzt, dass mehr als 45 % des industriellen Kraftstoffverbrauchs der USA für die Dampferzeugung benötigt werden. Dampf wird zur Erhitzung von Rohstoffen und zur Behandlung von Halbzeu-

gen eingesetzt. Des Weiteren dient er als Energiequelle für Maschinen und Heizungssysteme sowie für die Stromerzeugung. Dampf ist aber auch teuer: Für die Dampferzeugung werden jährlich Millionen Euro ausgegeben.

Dampf ist alles in allem eine äußerst effiziente Möglichkeit für den Transport von Wärmeenergie. Die Erzeugung von Dampf aus Wasser benötigt sehr viel Wärmeenergie, und Dampf kann einfach und kostengünstig über Druckleitungssysteme verteilt werden. Wenn der Dampf den Verbrauchspunkt erreicht und einen Teil der enthaltenen Wärmeenergie an die Umgebung oder einen Arbeitsvor-

gang abgibt, kondensiert er zu Wasser, das für die erneute Umwandlung in Dampf zum Boiler zurückgeführt werden muss. Es gibt eine Reihe verschiedener Verfahren, mit denen Dampfsysteme überwacht und auf einwandfreie Funktion geprüft werden können, u. a. die Infrarot-Thermografie. Bei diesem Verfahren erfassen Techniker mit Wärmebildkamera als die Oberflächentemperatur von Maschinen und Gebäuden in zweidimensionalen Abbildungen. Wärmebilder von Dampfsystemen geben die relative Temperatur der Systemkomponenten wieder und zeigen damit an, wie effektiv und effizient die Komponenten arbeiten.

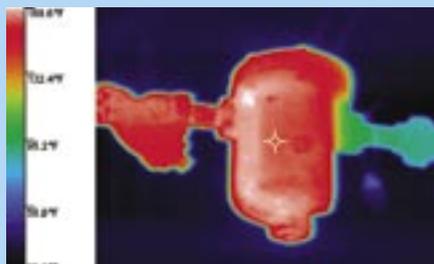
Vorgehensweise

Mit einer Kombination aus Ultraschall- und Thermografieprüfung können Sie die Aufklärungsrate von Problemen in Dampfsystemen deutlich verbessern. Prüfen Sie alle Kondensatabscheider und Dampfleitungen, einschließlich Erdleitungen. Untersuchen Sie darüber hinaus Wärmetauscher, Boiler und dampfbetriebene Maschinen. Mit anderen Worten,

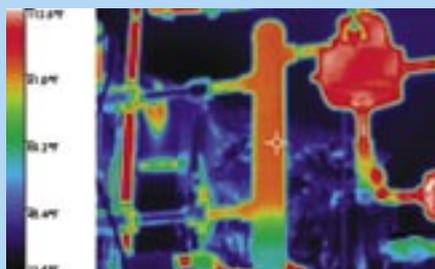
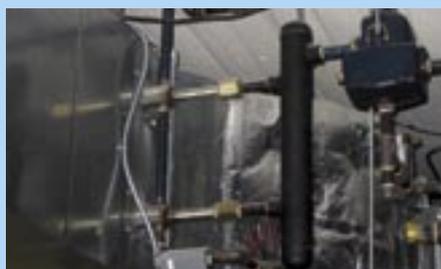
untersuchen Sie alle Komponenten des Dampfsystems mit einer Wärmebildkamera.

Auswertung

Kondensatabscheider sind Komponenten zum Abscheiden von Kondensat und Luft aus dem System. Bestimmen Sie mit einer Ultraschall- und Thermografieprüfung, ob ein Kondensatabscheider defekt ist und ob er im offenen oder geschlossenen Zustand versagt hat. Wenn ein Wärmebild eine hohe Einlasstemperatur und eine niedrige Auslasstemperatur ($< 100\text{ °C}$) zeigt, arbeitet der Kondensatabscheider normalerweise einwandfrei. Falls die Einlasstemperatur deutlich unter der Systemtemperatur liegt, gelangt kein Dampf in den Kondensatabscheider. Suchen Sie nach einem vorgeschalteten Problem wie einem geschlossenen Ventil, einem verstopften Rohr usw. Falls Einlass- und Auslasstemperatur identisch sind, hat der Kondensatabscheider wahrscheinlich im offenen Zustand versagt und bläst Dampf in die Kondensatleitung ab. Das System läuft weiter, allerdings mit einem beträchtlichen Energieverlust. Zu niedrige Einlass- und Auslasstemperaturen lassen darauf schließen, dass der Kondensatabscheider im geschlossenen Zustand versagt hat. Kondensatabscheider und Einlassleitung sind mit Kondensat gefüllt. Des Weiteren können Sie mit einer Wärmebildkamera Folgendes



Wenn ein Kondensatabscheider wie in diesem Beispiel einwandfrei funktioniert, zeigt das Wärmebild einen hohen Temperaturunterschied.



Wenn ein Kondensatabscheider wie in diesem Beispiel einwandfrei funktioniert, zeigt das Wärmebild einen hohen Temperaturunterschied.

erfassen, während das Dampfsystem in Betrieb ist: Verstopfte **Dampfleitungen** und geschlossene Ventile, undichte Erdleitungen, blockierte **Wärmetauscher**, feuerfeste Materialien und Isolierung von **Boilern**, Anomalien an **dampfbetriebenen Maschinen** sowie den Erfolg der **letzten Reparaturen**.

Es ist sinnvoll, regelmäßige Inspektionswege für alle wichtigen Komponenten des Dampfsystems einzuführen, damit alle Kondensatabscheider mindestens einmal pro Jahr überprüft werden. Größere oder besonders kritische Kondensatabscheider sollten öfter überprüft werden, da die potentiellen Ausfallkosten höher sind. Mit der Zeit können Sie mit dieser Vorgehensweise bestimmen, ob ein heißer oder relativ kalter Bereich ungewöhnlich ist, und überprüfen, ob eine Reparatur erfolgreich war.

Handlungsbedarf

Dampf ist äußerst heiß und steht oft unter hohem Druck, daher sollten alle Zustände, die ein

Sicherheitsrisiko darstellen, bei der Reparatur die höchste Priorität haben. In den meisten Fällen sollten danach die Probleme behoben werden, die sich negativ auf den Produktionsablauf auswirken.

Potentielle Ausfallkosten

Die Kosten für den vollständigen Ausfall des Dampfsystems sind je nach Branche unterschiedlich. Zu den größten industriellen Dampfverbrauchern gehören beispielsweise die chemische Industrie, die Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie sowie die Pharmaindustrie. Die Kosten für Stillstandzeiten werden in diesen Branchen auf 700.000 € bis 1.100.000 € pro Stunde geschätzt. Anders herum betrachtet verursacht der Ausfall eines mittelgroßen Kondensatabscheiders in einem 7-bar-Dampfsystem im offenen Zustand Kosten in Höhe von etwa 3.000 € pro Jahr. Wenn in Ihrem Betrieb in den letzten 3 bis 5 Jahren keine Wartungsarbeiten an Kondensatabscheidern durchgeführt wurden, haben

wahrscheinlich 15 bis 30 % der Kondensatabscheider versagt. Bei 60 mittelgroßen Kondensatabscheidern in einem System summieren sich die Verluste wahrscheinlich auf 27.000 € bis 54.000 € pro Jahr.

Weitere Maßnahmen

Die wichtigsten Maßnahmen zur Überprüfung der Funktion und Leistung von Kondensatabscheidern sind Sichtprüfung, akustische Prüfung und Temperaturmessung. Mit einer jährlichen thermografischen Prüfung der Kondensatabscheider und der zugehörigen Komponenten können Dampfverluste wahrscheinlich um 50 % bis 75 % gesenkt werden. Sinnvollerweise sollten in einem Instandhaltungsplan für Dampfsysteme Reparaturen nach Gesichtspunkten wie Sicherheit, Dampf-/Energieverlusten, Produktionsausfällen und Qualitätsverlusten priorisiert werden. Erstellen Sie mit der beliebigen Software zu jedem Problem, das Sie mit Hilfe einer Wärmebildkamera festgestellt haben, einen Bericht mit einem Wärmebild und einem Digitalbild der Anlage. So können Sie die Probleme am besten finden, hieraus einen Vorschlag für Reparaturen entwickeln und den Zustand vor und nach der Reparatur dokumentieren.

Tipp für Berichte

Lassen Sie auf Ihrem Bericht Platz für eine Nachuntersuchung. Es reicht schon, wenn Sie Platz für ein nachfolgendes Wärmebild lassen oder ein Datum eintragen. Planen Sie Ihre Arbeit so, dass Sie eine Nachuntersuchung kurz nach dem Abschluss der Reparatur durchführen können, indem Sie sich beispielsweise den letzten Freitag im Monat dafür frei halten. So können Sie nicht nur überprüfen, ob die Reparatur erfolgreich war, sondern auch dem Reparatur- und Wartungsteam eine Rückmeldung über die Ergebnisse geben. Darüber hinaus können Sie möglicherweise die Ursache feststellen und die defekten Teile begutachten. So können Sie Erfahrungen über die Anlage sammeln und Ihre Erfahrungen über den professionellen Einsatz der Thermografie weiter entwickeln.

Fluke Ti Wärmebildkameras

Die wegweisende Serie Fluke Ti sorgt dafür, dass Thermografie nicht mehr nur wenigen vorbehalten ist. Mit diesen Wärmebildkameras für den industriellen Einsatz können auch

Service- und Wartungstechniker, die sich mit den Anlagen und Maschinen am besten auskennen, thermografische Untersuchungen durchführen.

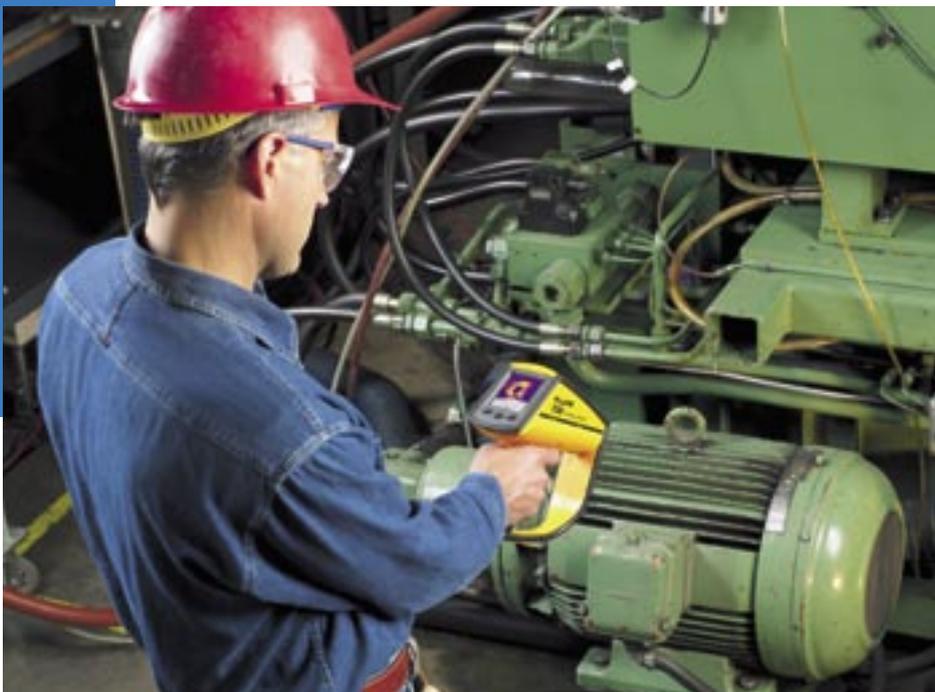
Thermografie für vielseitige Anwendungen

Dank ihrer handlichen Bauweise mit einhändiger Bedienung und einer intuitiven Benutzerführung ist für exakte Messungen mit Wärmebildkameras der Serie Ti keine spezielle Ausbildung erforderlich. Sie müssen die Kamera nur auf die gewünschte Stelle richten und scharf stellen. Der Temperaturbereich wird automatisch so eingestellt, dass ein aussagefähiges, zweidimensionales Bild der Temperaturverteilung entsteht. Wenn Sie den Trigger betätigen, wird das Bild mit den zugehörigen Messwerten gespeichert. Mit den kostengünstigen Messgeräten der Serie Fluke Ti können die Mitarbeiter mit

thermografischen Prüfungen betraut werden, die sich am besten mit den Maschinen und Anlagen auskennen.

Robust und zuverlässig

Fluke bietet eine umfangreiche Palette an elektrischen Messgeräten und Diagnosewerkzeugen, die nun um die Wärmebildkameras der Serie Ti weiter erweitert wird. Wie alle Fluke-Messgeräte sind sie zuverlässig, robust und auf den Einsatz unter rauen industriellen Umgebungen ausgelegt.



Fluke Deutschland GmbH

Heinrich-Hertz-Straße 11
34123 Kassel
Tel.: (069) 2 22 22 02 00
Fax: (069) 2 22 22 02 01
E-Mail: info@de.fluke.nl

Fluke Vertriebsgesellschaft mbH

Mariahilfer Straße 123
1060 Wien
Tel.: (01) 928 95 00
Fax: (01) 928 95 01
E-Mail: info@as.fluke.nl

Fluke Switzerland GmbH

Industrial Division
Grindelstrasse 5
8304 Wallisellen
Tel.: 044 580 75 00
Fax: 044 580 75 00
E-Mail: info@ch.fluke.nl

COSMOS DATA AG

Binzstrasse 15 / 8045 Zürich
Tel: 044 463 75 45
Fax: 044 463 75 44
Internet: www.cosmosdata.ch
Email: info@cosmosdata.ch