

# Implementieren eines Instandhaltungsprogramms mit Wärmebildkameras

## Anwendungsbericht



„Ich habe jetzt eine Wärmebildkamera. Wie geht es weiter?“

**John Snell**  
**Snell Infrared**

Die erfolgreiche Durchführung eines Instandhaltungsprogramms mit Wärmebildkameras beinhaltet Planungen und Maßnahmen. Dieses Dokument beschreibt die weitere Vorgehensweise, die Ihnen bei der Entwicklung Ihres Instandhaltungsprogramms mit Wärmebildkameras wertvolle Hilfe leisten wird.

### Erste Schritte

- **Gewinnen Sie die Unterstützung der Geschäftsführung.**  
Erstellen Sie eine Zusammenfassung Ihrer neuen Erkenntnisse aus der Thermografieschulung, und tragen Sie Ihre Ideen für weitere Vorgehensweisen der Geschäftsführung vor. Teilen Sie dabei mit, welche Unterstützung Sie benötigen, und ermitteln Sie, wie der Nutzen der Thermografie gemessen wird.
- **Sammeln Sie praktische Erfahrung bei der Interpretation von Wärmebildern.**  
Nutzen Sie die Kamera zwei- bis dreimal pro Woche über einen Zeitraum von sechs Monaten, um Fach- und Praxiswissen aufzubauen. Planen Sie Ihre Arbeit, führen Sie eine Nachverfolgung Ihrer Untersuchungsergebnisse durch, und dokumentieren Sie Ihre Ergebnisse von Anfang an.
- **Treffen Sie sich regelmäßig mit Ihren unmittelbaren Vorgesetzten, Vorarbeitern und anderen Kollegen.**  
Erklären Sie, was Thermografie beinhaltet, demonstrieren Sie die Kamera, bitten Sie um Unterstützung, und führen Sie Verfahren ein, mit denen diese Personengruppen thermografische Untersuchungen anfordern können. Richten Sie einen „Schaukasten“ ein, der Wärmebilder als Fallbeispiele aus der Praxis enthält. So können Sie das Programm im gesamten Betrieb bekannt machen.
- **Integrieren Sie diese Technologie mit anderen vorbeugenden Instandhaltungsmaßnahmen.**  
Thermografie ist häufig Teil eines umfassenderen vorbeugenden Instandhaltungsprogramms. Aus der Nutzung verschiedener



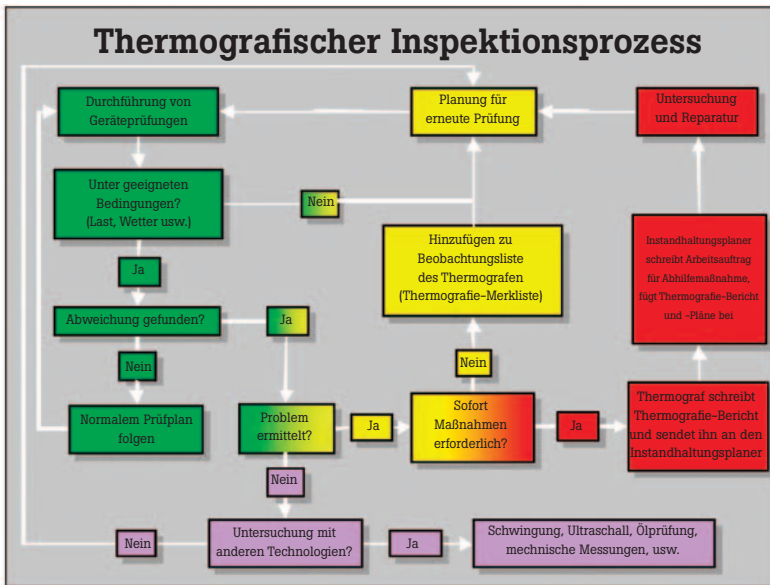
### Die Implementierung eines erfolgreichen vorbeugenden Instandhaltungsprogramms ist jetzt noch einfacher

Bisher war für die Einrichtung eines vorbeugenden Instandhaltungsprogramms viel umständliche Arbeit erforderlich, die zudem oft nicht den gewünschten Erfolg brachte. Ein erfolgreiches vorbeugendes Instandhaltungsprogramms soll einen einfachen Zugriff auf Verlaufsdaten für jedes kritische Anlagenteil ermöglichen, damit Trends der Messwerte überwacht und Ausfallzeiten für die Instandhaltung geplant werden können. So können ungeplante Ausfälle vermieden werden.



Technologien wie Schwingungs- oder Ultraschallanalyse gewonnene Daten können verwendet werden, um den Zustand des Maschinenparks zu untersuchen. Idealerweise arbeiten diese Technologien mit dem gleichen computergestützten Instandhaltungsmanagementsystem zusammen, damit sowohl Anlagenlisten und Verlaufshistorien als auch Berichte gespeichert und Arbeitsaufträge verwaltet werden können.

- **Führen Sie schriftliche Inspektionsverfahren ein.**  
Schriftliche Inspektionsverfahren verbessern die Qualität der erfassten Daten und stellen die Durchführung der Inspektion sicher. Die Schlüsselpunkte dabei sind Vollständigkeit, Zeitaufwand und Fähigkeit zur Interpretation der Aufnahmen.



Dieses Flussdiagramm ist ein Beispiel dafür, wie Thermografie sich in logischer Weise in ein Instandhaltungsprogramm, das auch andere Technologien der vorbeugenden Instandhaltung nutzt, integrieren lässt. (Mit freundlicher Genehmigung von Greg McIntosh, Snell Infrared Canada)



**Mit Fluke Connect™ EquipmentLog™ ist die Implementierung eines vorbeugenden Instandhaltungsprogramms jetzt so leicht wie noch nie.**

Fluke Connect™ EquipmentLog™ wurde entwickelt, damit Kunden von Fluke schneller und intelligenter arbeiten und so Geräteausfallzeiten und Kosten reduzieren können. Mit EquipmentLog können Benutzer für jede Anlage einen Ordner mit einer Beschreibung und dem Standort erstellen. Hier werden auch alle für diese Anlage im Zeitverlauf erfassten Messdaten gespeichert, sodass Instandhaltungstechniker sie mit Daten früherer Inspektionen vergleichen und beschleunigte Trends leichter erkennen können. Auf diese Weise lässt sich Instandhaltungsbedarf rechtzeitig ermitteln. Die Anlagen laufen länger, wodurch Zeit und Geld gespart und das Risiko ungeplanter Ausfallzeiten reduziert werden können.

Eine weitere nützliche Funktion von Fluke Connect™, der ShareLive Videoanruf, hilft Ihnen, dafür zu sorgen, dass Ihre Anlage läuft und läuft. Übertragen Sie kritische Daten, erhalten Sie Antworten und zusätzliche Arbeitsgenehmigungen sofort und ohne den Arbeitsort zu verlassen. Das bietet keine andere Wärmebildkamera auf dem Markt.

Noch nie war es leichter, Probleme zu lösen oder sogar zu vermeiden. Beginnen Sie noch heute mit dem Implementieren Ihres vorbeugenden Instandhaltungsprogramms, um Zeit zu sparen und die Produktivität zu steigern.



Gültige Arbeitsschutzrichtlinien verlangen, dass das gesamte Personal über die Risiken bei der Arbeit mit elektrischen Anlagen durch Schulungen informiert wurde. Das Tragen von zugelassener Schutzkleidung ist dabei selbstverständlich. Bei Thermografen besteht die Schutzkleidung im Allgemeinen aus flammhemmender Kleidung und einem Gesichtsschutz.

Ein Ausgangspunkt für die Entwicklung Ihrer speziellen Inspektionsverfahren können die zurzeit gültigen Industrienormen sein. Informieren Sie sich, ob Ihr Unternehmen Verfahren einsetzt, die als Leitfaden genutzt werden können. Beginnen Sie dann mit den elektrischen und mechanischen Hauptanwendungen, und verfeinern Sie Ihr Programm mit der Zeit.

Vermeiden Sie die ausschließliche Beurteilung Ihrer Untersuchungsergebnisse auf der Grundlage von Temperaturen. Mit Temperaturmessungen können Probleme hervorragend erkannt werden. Sie können dabei helfen, ein Problem zu beschreiben, jedoch sind sie weniger gut dazu geeignet, den Grund eines Geräteausfalls zu diagnostizieren. Ihr Inspektionsverfahren sollte die erforderlichen Bedingungen zur Lokalisierung des Problems beschreiben und dabei sowohl Thermografie als auch andere Technologien zur weiteren Fehlersuche berücksichtigen.

## Erstellen von Inspektionsrouten

Beginnen Sie die Planung mit der Hilfe vorhandener Bestands- oder Inventarlisten. Entfernen Sie dann alle Anlagenteile, die sich nur bedingt zur Temperaturmessung eignen, und konzentrieren Sie sich auf die Anlagen,

die Produktionsengpässe verursachen können. Sofern möglich, sollten Sie einen Blick auf die Verlaufshistorie werfen: Wo ereigneten sich in der Vergangenheit Fehler? Die restlichen Anlagen sollten mithilfe einer Datenbank oder eines Tabellenkalkulationsprogramms entweder nach Gebieten oder Funktionen in Prüfungsblöcke von ca. 2-3 Stunden unterteilt werden.

Es ist gut möglich, dass diese Liste nicht auf dem neuesten Stand ist, also sollten Sie sich bei Ihrer ersten Inspektionsrunde darauf gefasst machen, dass das Ausfindigmachen von Anlagen/Geräten, das Aktualisieren von Listen, das Bewältigen von Zugangsproblemen usw. etwas mehr Zeit in Anspruch nehmen kann. Es ist eine gute Idee, während der ersten Runde digitale Fotos von jeder Anlage/jedem Gerät zu machen und die Bilder für den späteren Gebrauch in der Anlagendatenbank zu speichern.

Sollte Thermografie erst jetzt in Ihrem Werk eingeführt werden, könnten die ersten Runden viel Interessantes zutage fördern. Alle weiteren Inspektionen sollten dann weniger zeitaufwändig sein. Nach der Durchführung von ca. drei Inspektionszyklen sollten Sie Ihre Inspektionswege zwecks Effizienzsteigerung neu organisieren und bei Bedarf neue Wege und Anlagen in den Inspektionszyklus aufnehmen. Die optimale Inspektionshäufigkeit ergibt sich aus dem Bedarf des Anlagenparks. Wenn die Anlagen älter, stark belastet oder nur mangelhaft instandgehalten werden, kann es sein, dass die Häufigkeit der Inspektionen zunimmt.

Die Häufigkeit der Inspektionen beruht auf verschiedenen Faktoren.



Wichtige Punkte hierbei sind Sicherheit, die Bedeutung der Anlage/des Geräts, Ausfallkosten und die Häufigkeit, mit der die Produktion und/oder Instandhaltung durch Probleme beeinträchtigt wird. Der letztgenannte Punkt allein ist so bedeutsam, dass unbedingt Zeit in die Analyse der Fehlerhistorie durch Diskussionen mit Kollegen oder in die Sichtung der Dokumentation vergangener Vorfälle im Betrieb investiert werden sollte. Sobald die Anlagen einige Inspektionszyklen durchlaufen haben, können folgende Häufigkeiten als Richtwert verwendet werden:

Anlagentyp	Inspektionshäufigkeit
Hochspannungsanlagen	1 bis 3 Jahre
Transformatoren	jährlich
440-V-Motorschaltschranke mit Klimaregelung	6 bis 12 Monate
Nicht klimaregelt oder älter	4 bis 6 Monate
Elektrische Energieverteilungsanlagen	4 bis 6 Monate
Große Motoren*	jährlich
Kleinere Motoren	4 bis 6 Monate

\* Setzt eine ebenfalls verwendete Schwingungsanalyse, Motorstromkreisanalyse und Schmiermittelanalyse voraus.

Auch die Inspektion aller neu angeschafften Anlagen als Teil des Abnahmeverfahrens und zur Schaffung eines Erfahrungsrahmens bei größeren Anlagen ist von Bedeutung. Sollte eine Anlage/ein Gerät bei der Anlieferung beschädigt sein, ist eine baldige Prüfung wichtig, um den tatsächlichen Zustand zu bestimmen. Einige Betriebe senden ihre mit Thermografieaufgaben betrauten Mitarbeiter in andere Unternehmen, um zu erwerbende Anlagen zu inspizieren, bevor sie ausgeliefert werden. In diesem Zusammenhang werden häufig Fehler und Probleme an den Anlagen gefunden, bevor sie die Abnahme durchlaufen. Bei Anlagenreparaturen oder

-änderungen muss das computergestützte Instandhaltungsmanagementsystem den Thermografen benachrichtigen, damit eine Nachfolgeprüfung durchgeführt werden kann; es geschieht allzu oft und aus unterschiedlichen Gründen, dass eine Reparatur nicht richtig durchgeführt worden ist. Daher sollten Sie erst dann annehmen, dass alles in Ordnung ist, wenn das von der Nachfolgeprüfung auch bestätigt wird.

Es ist möglich, dass eine Inspektion nicht zu dem Zeitpunkt stattfinden kann, zu dem sie fällig ist. Diese unerledigte Arbeit muss auf einen Termin vor dem nächsten Inspektionszyklus verschoben werden. Planen Sie also hierfür Zeit ein. Darüber hinaus sollten Sie auch eine Liste über Anlagen/Geräte erstellen, die bis zu einer Reparatur zusätzliche Überwachungen benötigen; viele Thermografen fügen solche Geräte wöchentlichen Inspektionsrouten hinzu, bis sich der Zustand geändert hat.

## Durchführung der Inspektionen

Es ist eine gute Idee, eine Checkliste zur Inspektionsvorbereitung zusammenzustellen.

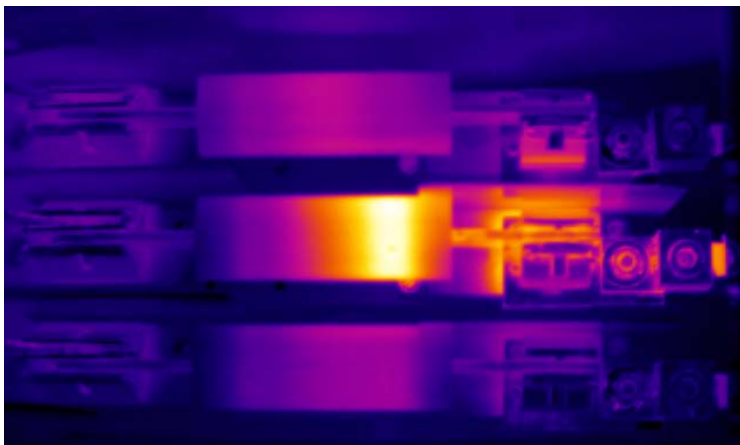
- Prüfen Sie die Funktionsfähigkeit der Wärmebildkamera von Fluke.
- Laden Sie die Akkus auf.
- Überprüfen Sie mit einem schwarzen Körper mit bekannter Temperatur oder durch Vergleich mit der Körpertemperatur eines Kollegen (gemessen am Tränenkanal), dass das System nicht durch Drift falsch misst.
- Löschen Sie den Speicher der zuvor aufgezeichneten Daten.
- Laden Sie bei einer Inspektionsroute, die bereits vorher durchlaufen worden ist, die vorherigen Resultate in die Kamera, damit sie mit den neuen Ergebnissen verglichen werden können.

- Sollte zusätzliche Ausrüstung wie eine Strommesszange oder ein Diktiergerät u. a. erforderlich sein, prüfen Sie auch diese Geräte.

Treffen Sie sich mit Ihren Kollegen aus den Arbeitsbereichen, in denen Sie Messungen durchführen möchten. Diskutieren Sie Bedenken (bzgl. der Sicherheit, des Zustands der Anlagen usw.), und dokumentieren Sie alle ungewöhnlichen Bedingungen, die sich auf Ihre Arbeit auswirken können. Fragen Sie nach Problemen, die Ihre Kollegen aufgezeichnet haben. Da routinemäßige Inspektionen im Allgemeinen von mehr als einer Person durchgeführt werden sollten, stellt dies auch eine guten Zeitpunkt dar, Ihre Anforderungen mit Ihrer Begleitperson zu besprechen. Diese Begleitperson wird dann in der Regel den Standort der zu inspizierenden Anlage genau bestimmen, Abdeckungen entfernen, Lastmessungen vornehmen und die Sicherheit des Thermografen während des Einsatzes der Wärmebildkamera von Fluke gewährleisten. Er oder sie sollte auch in der Lage sein, die notwendigen Informationen über den Zustand der Anlagen oder über Besonderheiten genau zu dokumentieren. Während dieses Treffens vor der Durchführung der Messungen muss auch die Person bestimmt werden, mit der im Falle eines Alarms oder eines Notfalls Kontakt aufgenommen wird.

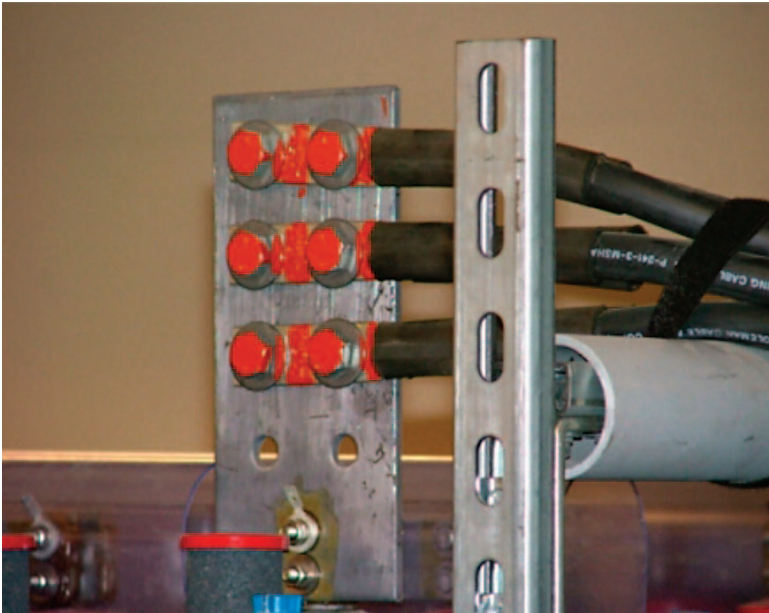
Wenn Sie einen Inspektionsbereich betreten, sehen Sie sich kurz um, und stellen Sie fest, wo sich der Notausgang befindet und welche Gefahren unter Umständen vorhanden sind. Viele Thermografen beginnen eine elektrische Inspektion, indem sie sich zunächst auf die noch geschlossenen Abdeckungen konzentrieren. Sollte eine der Abdeckungen dabei eine ungewöhnlich hohe Wärme abstrahlen, müssen ggf. weitere Sicherheitsmaßnahmen eingeleitet werden, bevor das Anlageninnere freigelegt wird. Luft-Ultraschallsensoren können sich beim Feststellen ergänzender Charakteristiken als sehr nützlich erweisen und somit einen bestimmten Grad an Sicherheit bieten.

Außer bei einer anfänglichen Basisinspektion sollten Wärmebilder nur bei Problemen oder „Ausnahmen“ festgehalten werden. Lassen Sie sich Zeit, und schauen Sie sich die Ergebnisse aus verschiedenen Blickwinkeln an; sammeln Sie alle Daten, die für Ihre Analyse nützlich sein könnten, u. a. auch zusätzliche Bilder der jeweiligen Komponente. Machen Sie sich weniger Gedanken über die eigentlichen Temperaturmessungen, solange Sie das Problem nicht lokalisieren können. An diesem Punkt kann ggf. der korrekte eingestellte Emissionsgrad sowie die Kompensation der reflektierten Temperatur verwendet werden. Es ist oftmals einfacher, zusätzliche Analysen am PC im Büro durchzuführen.



Dieses Ergebnis, eine unerwartet heiße Stelle in der Sicherung/der Sicherungsklemme an der mittleren Phase einer Dreiphasen-Schaltanlage unter weniger als der vollen Last, wurde als ernsthaft genug betrachtet, dass keine geplante Abschaltung abgewartet werden konnte. Protokolle sollten vor der Inspektion festgelegt werden, um mit solche Situationen effektiv zu bearbeiten.





Einfache Kennzeichnungen mit Farbe werden häufig verwendet, um die Zuverlässigkeit radiometrischer Messungen auf drastische Weise zu erhöhen.

Öffnen Sie in elektrischen Anlagen nur so viele Schaltschranktüren und Abdeckungen, wie dies auf sichere Weise möglich ist. Wenn die Türen der Abdeckungen zu lange geöffnet bleiben, können die überhitzten Zonen, die Probleme anzeigen, abkühlen. Sobald die Inspektion der Anlage abgeschlossen wurde, sollte die Begleitperson die Abdeckungen schließen, um den sicheren Aufenthalt im jeweiligen Bereich zu gewährleisten. Falls nötig sollten während einer Inspektion Schilder oder Absperrungen um einen Bereich herum angebracht werden.

Nach der Inspektion sollten Sie sich kurz mit dem/den Bereichsleiter(n) treffen und Ihre Ergebnisse mit ihm/ihnen besprechen. Bereiten Sie diese Personen auf die Aussagen in Ihrem Inspektionsbericht vor, lassen Sie sie wissen, wann Sie ihnen den Bericht zukommen lassen werden, und weisen Sie auf den Durchführungstermin der nächsten Inspektion hin.

Laden Sie die erfassten Daten nach jeder Inspektionsroute so schnell wie möglich herunter, um die Gefahr eines versehentlichen Datenverlusts zu verringern. Löschen Sie alle nicht benötigten Wärmebilder, und bearbeiten Sie die verbleibenden Wärmebilder individuell. Dabei werden Maßnahmen wie eine Feineinstellung der Temperaturmessung sowie die Durchführung der Anpassungen von Temperaturpegel und -spanne vorgenommen. Geben Sie alle ergänzenden Daten zusammen mit dem visuellen Bild der geprüften Anlagen im Protokoll an.

Sobald das Protokoll abgeschlossen ist, sollte der Bereichsleiter und/oder Bediener zu Ihrem Verteiler hinzugefügt werden. Abschließend sollte die Anlagenliste mit allen Änderungen, Hinzufügungen oder Streichungen aktualisiert werden.

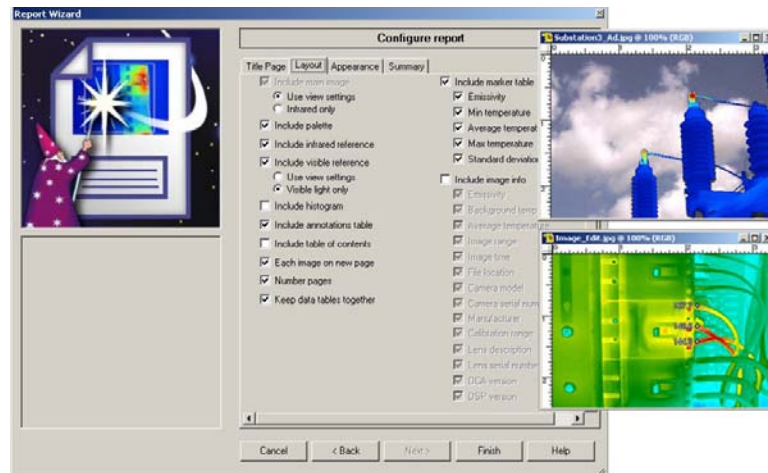
## Modifikationen zur Verbesserung der Inspektionsqualität

Die folgenden Empfehlungen zur Modifizierung von Anlagen dienen der Vereinfachung Ihrer Inspektionen, der Erhöhung der Sicherheit sowie der Steigerung der Effizienz.

- „Messziele“ mit hohem Emissionsgrad, die auf Komponenten wie Sammelschienen und großen, aus Metall gefertigten Elektro-Steckverbindern installiert sind, können die Zuverlässigkeit radiometrischer Temperaturmessungen drastisch erhöhen. Diese sogenannten Emissionsgradwandler sollten bereits in der Planungsphase von elektrischen Verteileranlagen konzipiert werden. Es liegt zwar keine Norm für die Nutzung solcher Ziele vor, jedoch müssen sie

stets dann installiert werden, wenn die Anlage keine Spannung führt. Viele Betriebe berichten von einem erfolgreichen Einsatz von Sprühfarbe (dünn aufgetragen und – bei Einsatz im Außenbereich – weiß), insbesondere von Farben, die speziell auf die Verwendung auf elektronischen Komponenten ausgelegt sind. Auch Klebeband für elektrische Anwendungen und Papieraufkleber sind geeignet. Ziele müssen nur in der Nähe von Anschlusspunkten installiert werden.

- Für Infrarotstrahlung durchlässige „Fenster“ (entweder aus kristallinem Material oder speziellem Kunststoff), die in Abdeckungen elektrischer Schalttafeln installiert werden (besonders bei Hochspannungsanwendungen), machen eine Inspektion der Komponenten ohne Öffnung der Anlage möglich. Installieren Sie diese Hilfsmittel jedoch nur an Orten, an denen eine komplette Inspektion möglich ist.
- Die berührungssicheren Kunststoff-Klarsichtabdeckungen („Acrylplatten“), die immer häufiger im Inneren von Schaltschränken zum Einsatz kommen, sind nicht durchlässig für Infrarotstrahlung! Es ist jedoch möglich, sie mit Scharnieren zu modifizieren oder bei Bedarf kleine Löcher über den Steckverbindern und Sicherungsklemmen zu platzieren.
- Schutzvorrichtungen und -abdeckungen an Fördersystemen und Kupplungen sollten so modifiziert werden, dass die Lager und Kupplungen inspiziert werden können. Erwägen Sie den Einbau von Türen mit kleinen Scharnieren oder die Verwendung eines Drahtgeflechts anstelle von Festmetall, solange Sie dadurch keine Kompromisse in puncto Sicherheit eingehen.
- Thermospiegel sind dicke Aluminiumplatten und erleichtern das Erkennen der thermischen Signatur. Um die Außenlager großer, vertikal angeordneter Elektromotoren einsehen zu können, installieren Sie einen Thermospiegel über der Maschine mit dem Blickwinkel nach unten. Setzen Sie den Thermospiegel auf den Boden, um von unten den Prozess oder die Maschine zu betrachten.



Professionelle Berichte können durch die Verwendung der SmartView-Software auf einem PC oder Laptop einfach erstellt werden.



