

# Berührungslose Anlagendiagnostik - den Zustand **sicher** erfassen - **jederzeit**



## Einleitung

Der Lebenszyklus einer Schaltanlage ist durch Betriebsfahrweise im Normalzustand gekennzeichnet. Kurzschlüsse eine Schaltanlage stellen einem extrem seltenen Ereignis dar, mehr als 99 % (geschätzte Erfahrung) aller Anlagen erfahren nie einen Kurzschluss und dieser hat auch nicht die Stärke des prospektiven Kurzschlussstromes.

In den ersten Jahren besteht für den Betreiber nur ein geringes Anlagenrisiko (gänzlich Null ist durch den Einsatz von Menschen nicht möglich). Im Laufe der Jahre wird dieses, bedingt durch die Alterung von Bauteilen (z.B. Verbindungen) als auch durch eine Dauerbelastung, ansteigen. Je älter die Anlage ist, umso höher muss der Aufwand für die Ertüchtigung der Anlage sein. Jedoch wie hoch und worauf ist zu achten, bzw. wie kann der Zustand der Anlage bewertet werden. Welche Schlussfolgerungen können daraus gezogen werden?

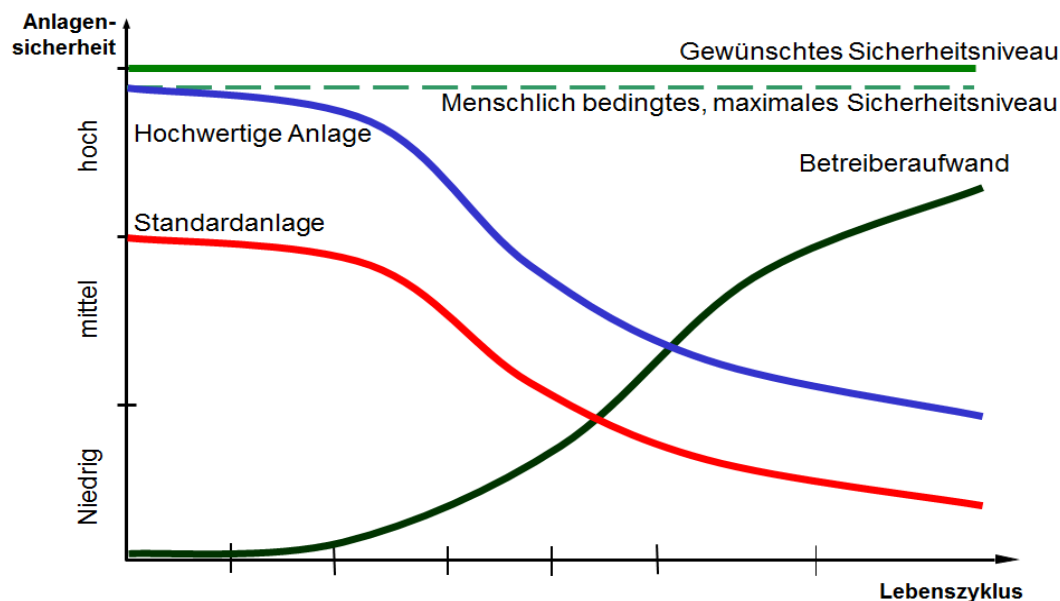
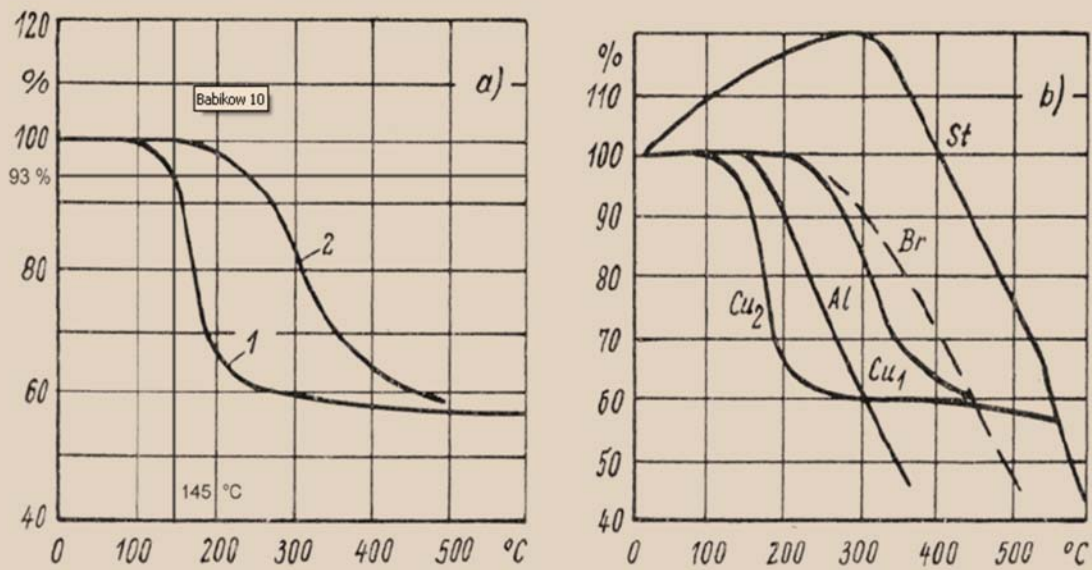


Bild der Lebenskurve aus LB live 2007

Eine wesentliche Ursache für Schäden an Schaltanlagen, mit der Einleitung eines Kurzschlusses bis zur Zerstörung der Anlage und möglichen Folgeschäden, können punktuelle Erwärmungen der Leiterbahnen sein. Die Erfassung der Kenngröße Strom bietet dafür keine ausreichenden Informationen, denn der Strom ist zwar die Quelle der Erwärmung, doch hängt die Temperatur von vielen weiteren Faktoren ab.

- Umgebungstemperatur der Anlage
- Aufstellbedingungen und Belüftung des Raumes
- Zirkulation in der Anlage bei Fachschottungen
- Oberwellen

## Festigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur



### 10.21. Abhängigkeit der Zugfestigkeitsgrenze der Metalle von der Erwärmungstemperatur

Kupfer: 1 Dauererwärmung, 2 kurzzeitige Erwärmung; b) für verschiedene Leitungsmetalle: Al, Br und Cu; Aluminium, Bronze und Kupfer hartgezogen, Cu<sub>2</sub> Elektrolytkupfer, St Stahl

M.A.Babikow, Seite 237

Seit mehreren Jahren wird deshalb von den Sachversicherern empfohlen, die Schaltanlagen in einem jährlich Rhythmus einer Thermografieuntersuchung zu unterziehen, um frühzeitig diese Erwärmungen aufzuspüren.



Bildquelle: Strato AG

### Thermografieuntersuchung

Das wesentliche Problem bei Schaltanlagen ist die erschwerte Zugänglichkeit der zu untersuchenden Kontaktstellen. Häufig werden Schaltanlagen direkt an der Wand aufgestellt und somit ist eine Zugänglichkeit von hinten in der Regel nicht mehr möglich.

Außerdem findet die Tätigkeit der Messung bei entfernten Abdeckungen in **gefährlicher Nähe zu** unter **Spannung** stehenden Anlagenteilen statt da eine Messung im abgeschalteten Zustand das Ergebnis verfälschen würde.

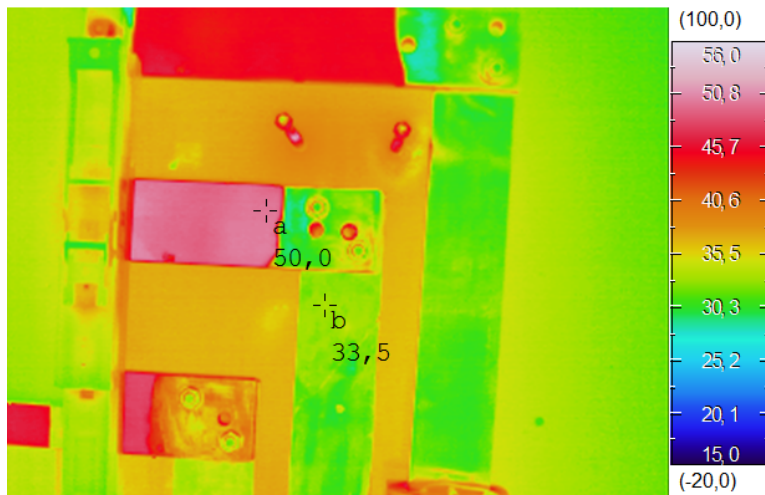
Bei den Messungen handelt es sich aber nur um zeitliche Einzelmessungen, bei denen der aktuelle Auslastungsgrad der Anlage zu berücksichtigen und Interpolationen auf die vollbelastete Anlage erfordert, was eine große Erfahrungen erfordert.

Die Auswertung der Wärmebilder setzt einen hohen Grad an Erfahrung im Umgang mit der Gerätetechnik voraus. So ist zum Beispiel der Einfluss von Reflexionen und Emissionsgraden der zu untersuchenden Betriebsmittel wie auch die Umgebungstemperaturen oder Heizungs- und Lüftungssysteme zu berücksichtigen.

RG: 1  $\epsilon$ : 0,85 SC:  $\Sigma$ 2

08/08/12

09:29:38



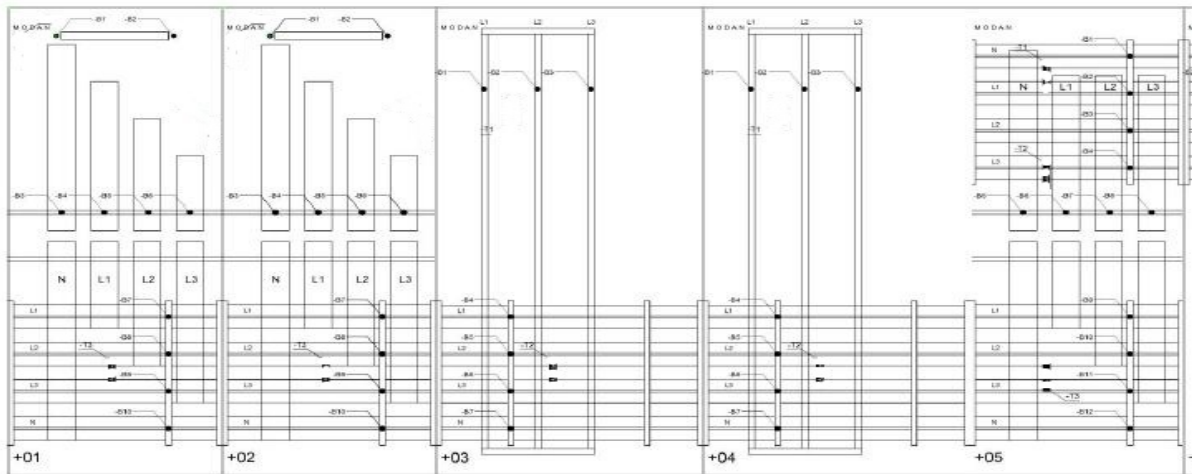
*Bildquelle VGH Versicherung*

Namhafte Schaltanlagenhersteller (ABB, Siemens, u.s.) haben deshalb Verfahren zur Überwachung der Schaltanlage entwickelt.



*Bildquelle: SIVACON-Prospekt Temperaturüberwachung 2013*

Beim SIVACON-System werden jedoch nur der Einspeisebereich und hier nur der Kabelanschluss thermografisch und damit indirekt überwacht. Bei vollständiger Überwachung besteht ein sehr hoher Aufwand für die zu verdrahtenden Sensoren.



Bildquelle Köhl S.a.r.l.

### Direkte Messung

Alle vorgenannten Punkte werden mit einer direkten, kontaktierenden Messung der Temperatur an den Betriebsmitteln ausgeräumt. Dabei erfolgt die Anbringung einzelner Temperatursensoren auf den zu messenden Betriebsmitteln und die Weiterleitung an zentrale Datenerfassungs-Systeme. Dadurch kann der Betriebszustand der Anlage zum einen an der gewünschten Stelle direkt erfasst und zum anderen jederzeit, und somit auch unter verschiedenen Belastungssituationen, abgerufen werden. Die Häufigkeit der Datenabrufe kann in einem Zeitintervall von zwei bis 16 Minuten vorgegeben werden, Änderungen sind jederzeit möglich.

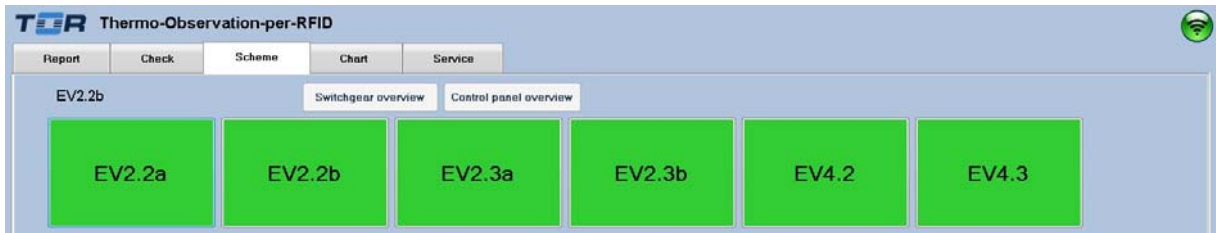
Die Übertragung der eingesammelten Daten erfolgt dann per Funk. Dazu sind die Sensoren mit einem speziellen, vom Fraunhofer-Institut entwickelten Chip ausgestattet, welcher nicht nur die Daten sammelt, sondern daneben auch Informationen über die Kennnummer des Chips überträgt. Mittels Empfangsantennen werden die Daten einer ganzen Systemgruppe eingesammelt und an einen Reader übertragen. Von hier werden die Daten dann an einen Industrie-PC weitergeleitet, mittels entsprechender Software eingelesen, erfasst und grafisch dargestellt.

### Systemvergleich

In der nachfolgenden Tabelle wurde verschiedene thermischen Messverfahren bewertet.

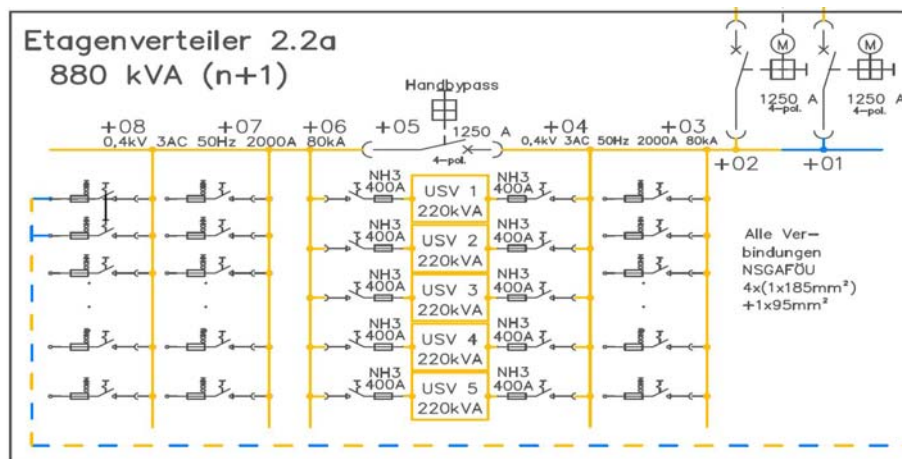
	Thermografie	Infrarotmessung	Kontaktmessung	TOR per RFID
Hersteller	z.B. Flir	z.B. SIVACON	Alle	z.B. MODAN
Abtastrate	jährlich	permanent	permanent	permanent
Auswertung	sehr kompliziert	kompliziert	einfach	einfach
Fernmessung	nein	möglich	möglich	ja
e-mail Versand	nein	möglich	möglich	ja
Fehlerauswertung	möglich	möglich	ausgeschlossen	ausgeschlossen
Gefährdung	sehr hoch	gering	gering	gering
Kosten	gering	sehr hoch	hoch	hoch

## Einfache Ergebnisdarstellung

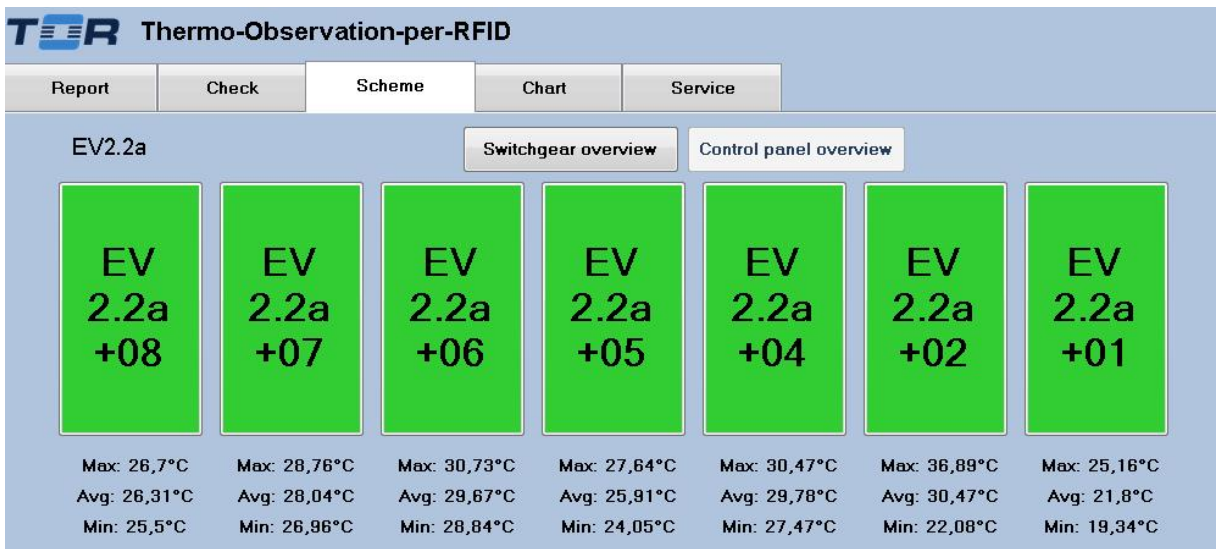


Prozessbild 1: Einfache Gesamtübersicht für alle Anlagen

Wie in dem Bild zu erkennen ist befinden sich alle Anlagen im „Grünen Bereich“, das heißt, dass kein Sensor einen ihm vorgegebenen Schwellwert überschritten hat. Erfolgt die Überschreitung, so verfärbt sich im Gesamtbild die entsprechende Anlage und der Nutzer kann dann in den tieferen Ebenen das Schaltfeld und weiter den Sensor der Meldung nachverfolgen. In der Anzeige der Feldebene werden für den zurückliegenden Zeitraum (in der Regel aktueller Monat) je Feld der Mittelwert, Maximalwert und Minimalwert angezeigt.



Übersichtsplan eines Etagenverteilers



Prozessbild 2: Detaillierte Gesamtübersicht einer NS-Verteilungsanlage

Generell ist es möglich für jeden Temperatur-Sensor verschiedene Schwellwerte für Informationsmeldung und Warnungsmeldung einzustellen. Damit können einzelne Bereiche

genauer überwacht werden denn bei einer kompakten Schaltanlage sind die Sammelschienen in der Regel einheitlich aufgebaut, aber die verschiedenen Abschnitte werden auf Grund der unterschiedlicher Stromflüsse auch unterschiedlich erwärmt.

Aber auch in den Felder ergeben sich, abhängig von den Schienenlagen unterschiedliche Temperaturwerte, welche exakt erfasst werden können.

Im oberen Bild sind diese Differenzen an den Einzelwerten sehr gut zu erkennen. Aus Gründen der Senkung der Verluste ist Feld +02 die Haupteinspeisung einer Schaltanlage und Feld +01 seine redundante Einspeisung dafür, welche nur im Fehlerausfall in Betrieb geht und somit die im Normalzustand die Temperatur der Umgebung annimmt. Gleiches gilt für Feld +05, welche als Handumgehung nur in bestimmten Betriebszuständen Strom führt und auch nur dann zusätzlich erwärmt wird.

### Betreiberinformation

Bei Überschreitung eines der eingestellten Schwellwerte (Info-Schwellwert oder Warnungsschwellwert) wird zusätzlich eine e-mail an die zuvor parametrisierten Nutzer gesandt, damit die Überschreitung keinem zufällige Betrachten überlassen bleibt. Danach können Abweichungen zeitnah beobachtet und gegebenenfalls zurückverfolgt werden. In der Temperatur-Kurvenebene können auch mehrere Sensoren (bis 4 Sensoren) miteinander verglichen werden, um nachzuvollziehen, ob die Erwärmung einen Bereich oder vielleicht die gesamte Anlage betrifft.

Neben den Ereignis-Reporten (e-mails) werden in monatlichen Reporten die jeweiligen Minimal- und Maximalwerte aller Sensoren, sowie Abweichungen zu den Vormonaten aufgelistet, um auch hier dem Betreiber Hinweise zu globalen Veränderungen zu geben.

Gegebenenfalls sollte z.B. nach einer Anlagenerweiterung auch eine Nachjustierung der Sensoren erfolgen, um frühzeitig kritische Zustände der Anlage sicher zu erfassen.

Es soll noch einmal klargestellt werden: Es gibt Grundeinstellungen der Sensoren für alle Schaltanlagen, welche sich an den maximalen Betriebsmitteltemperaturen aus den IEC/VDE-Normen orientieren. Durch individuelle Einstellungen der Schwellwerte der Sensoren kann jedoch frühzeitig auf Abweichungen reagiert werden, da Anlagen in der Regel nicht im Grenzbereich betrieben werden.

**Gesendet:** Montag, 16. März 2015 14:21  
**An:** Klosowski, Jürgen  
**Betreff:** Individual - Report: from 2015-03-03 00:00:00 to 2015-03-04 03:00:00

Individual - Report:  
-----

System Status:

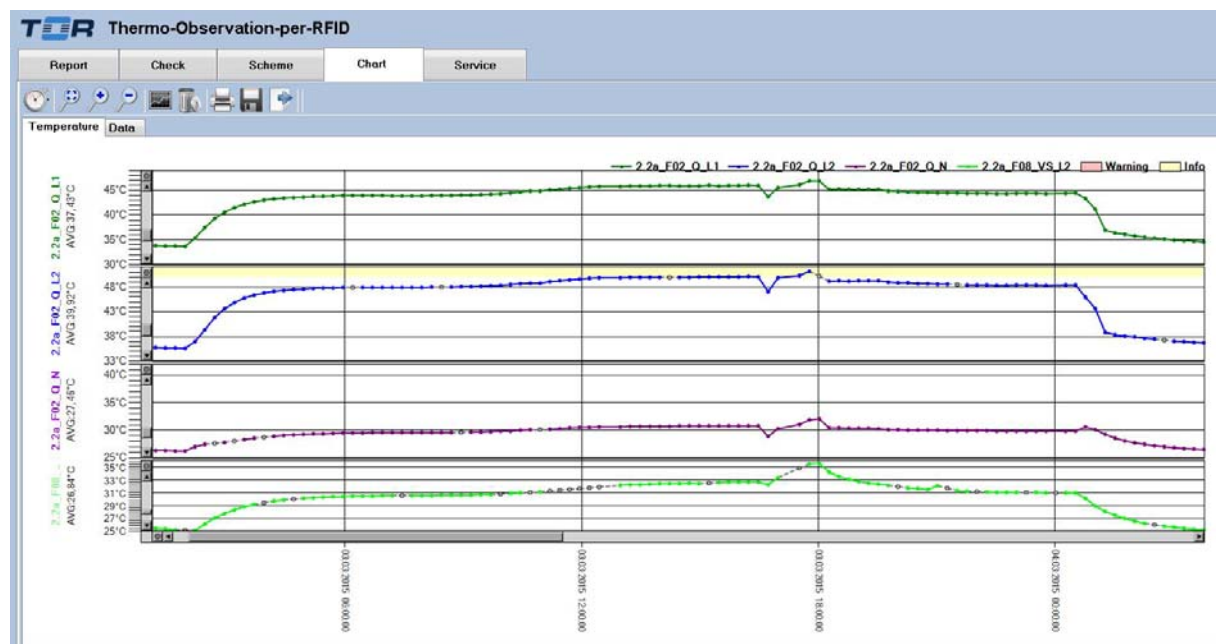
Name	Min	Max	Avg
EV2.2a	28°C	36,68°C	32,88°C
EV2.2b	19,64°C	20,5°C	19,87°C
EV4.2	15,85°C	17,41°C	16,08°C
EV4.3	20,1°C	22,42°C	20,86°C

Bild 2: Report-e-mail

Mittels der Sensorzuordnung kann festgestellt werden, wo die Temperaturwerte abweichen und mittels der Datenhistorie kann über einen beliebigen Zeitraum der Temperaturverlauf verfolgt und analysiert werden. Damit kann abgeschätzt werden, ob sofort reagiert werden muss, oder ob dies bis zur nächsten Betriebsruhe aufgeschoben werden kann. Gegebenenfalls kann der Ansprechwert geringfügig angehoben werden um den weiteren Verlauf per Infomeldung zu verfolgen (Anmerkung: Sollten mehrere oder bald alle Sensoren anschlagen lässt uns den guten Whiskey aus dem Bücherbord holen)

## Betriebsänderungen

Wie bereits erwähnt, sind mit den grafischen Auswertungen auch die Auswirkungen von Änderungen der Schaltzustände einfach nachzuvollziehen. Zum Vergleich mit späteren Lebensphasen können diese recht einfach dauerhaft archiviert werden.



Prozessbild 4: Vergleich von Sensoren in einen Schaltfeld bei Umschaltungen

Im betrachteten Zeitraum erfolgte die Zuschaltung weiterer Verbrauchergruppen (zusätzlich ca. 40 %) auf eine Einspeisung, was zu einem Anstieg der Temperaturen führte. Die beiden oberen Kurven sind den Sensoren der Energie-Einspeisung der Leiter L1 und L2 entnommen, Kurve 3 wurde vom N-Leiter der Einspeisung und Kurve 4 von einem Sensor an den zugeschalteten Verbrauchergruppen entnommen.

Damit ist es zum Beispiel möglich fundierte Informationen für zukünftige Investitionen oder Änderungen der Betriebszustände zusammenzutragen. Erstmals kann dies ohne Berücksichtigung des Stromes erfolgen, da dieser ohnehin nur als abgeleitete Größe für die Temperaturerwärmung herangezogen werden kann und vielen Faktoren, wie Abstrahlung, natürliche Belüftung, Oberwellen, dabei nicht ohnehin berücksichtigt werden.

Bei Betrachtung unter gleichen Betriebswerten kann über einen längeren Zeitraum (mehrere Jahre) auch eine Aussage über innere Veränderungen getroffen werden. Auch ein Vergleich von konfektionsgleichen Betriebsmitteln (z.B. Schaltfelder) kann vorgenommen werden, da bei einer großen Datenmenge identische Umgebungsbedingungen (Nennstrom, Außentemperatur) herausgesucht werden können.

## Alterung und Erweiterungen

Im gegenwärtigen Zustand ist es noch zu früh über die Ergebnisse dieser jährlichen Auswertungen zu berichten. Dennoch soll darauf verwiesen werden, dass durch direkten Vergleich betriebsgleicher Anlagenzustände auch ein Lebenszyklus der Anlage erstellt werden kann und somit wertvolle Empfehlungen für erforderliche oder eben nicht erforderliche Investitionen zur Verfügung stehen.

Darüber hinaus ist es möglich, mittels Lastwiderständen die Schaltanlage unter Beobachtung an Ihre Grenzen zu bringen und damit eine Aussage über den „Gesundheitszustand“ der Anlage zu geben. Dies entspricht in etwa einem EKG-Test auf dem Fahrrad, welcher dem Arzt viele Informationen liefert. Und so wie ein Arzt nach der Auswertung dieser Ergebnisse Empfehlungen für die zukünftige Lebensweise gibt kann der Schaltanlagenhersteller auf Basis der Auswertungen auch Empfehlungen für den weiteren Betrieb der Schaltanlage geben.

Ebenso wird es möglich sein zu entscheiden, ob eine Anlage noch und um wieviel Ampere erweitert werden kann. Die Auswertung der Belastungsergebnisse ist dabei umso wichtiger, als die Herstellerangaben nur starre Werte unter Prüfbedingungen vorgeben. Hiermit steht jede Anlage in einem Prüffeld, berücksichtigt jedoch die Umgebungsbedingungen am kundenspezifischen Einsatzort vollständig.

## zusätzlicher Nutzen

Häufig werden Schaltanlagenräume zusätzlich klimatisiert, da dies in den Anlagendaten vorgeschrieben ist. Hintergrund ist es eine unzulässige Erwärmung der Betriebsmittel zu verhindern. Mittels dieser Temperaturüberwachung können diese klimatechnischen Prozesse in Schaltanlagenräumen jedoch auch optimiert und somit Kosten gesenkt werden.

Abschließend soll noch erwähnt werden, dass neben den Temperaturwerten auch noch weitere Sensoren, zum Beispiel auch für Druck, Feuchte ausgewertet werden können und somit auch in der „Klassischen Elektrotechnik“ ein neues Zeitalter Einzug erhalten haben.

Autoren:

Dipl.-Ing. Jürgen Klosowski

Projektleiter für elektrische Anlagen und Systeme bei der Köhl GmbH