

## **Effektives Prüfen von Schaltgeräten**

### **Schaltzeitenbestimmung über externe Sensoren**

Christian Studen M.Sc., Produkt Manager, KoCoS Messtechnik AG, Korbach, Germany

Zur vollständigen Beurteilung der Funktionsfähigkeit von Mittel- und Hochspannungsschaltern müssen verschiedene mechanische und elektrische Parameter geprüft werden. Insbesondere gasisolierte Schaltgeräte stellen den Prüfer dabei vor besondere Herausforderungen, unter anderem beim Anschluss des Prüfequipments. Zudem werden weltweit zunehmend Lösungen für „First Trip-Prüfungen“ nachgefragt. Eine flexible Möglichkeit, solche Prüfungen durchzuführen, bieten die Schaltgeräteprüfsysteme ACTAS unter Verwendung von externen Sensoren im Zusammenspiel mit externen Trigger-Signalen.

Großer Vorteil dieser Art der Anbindung der Messtechnik an den Leistungsschalter: Die Schaltanlage muss nicht freigeschaltet werden. Voraussetzung ist natürlich die gefahrlose Zugänglichkeit der Messgrößen. Die Spulenströme werden über Stromzangen aufgezeichnet, die Hauptkontaktzeiten werden über kapazitive Spannungsabgriffe oder ebenfalls über Stromzangen ermittelt. So lassen sich auf zeitsparende Weise unter anderem „First Trip“-Messungen sowie Schaltzeitenbestimmungen an gasisolierten Mittelspannungsanlagen und beidseitig geerdeten GIS-Anlagen durchführen.

#### **Leistungsschalter „online“ prüfen**

Als Bestandteil des Stromversorgungssystems fristet der Leistungsschalter sein Dasein im Netz in erster Linie als reiner Leiter, an den zunächst nur der Anspruch eines möglichst geringen Übergangswiderstandes gestellt wird. Und das oft über mehrere Jahre hinweg. Kein Fehler, kein Schalten. Das ist ganz im Sinne des Netzbetreibers, stellt die Technik des Schalters jedoch vor eine große Herausforderung. Denn sobald ein Fehler auftritt, muss er innerhalb von Millisekunden, gemäß seiner

Spezifikation, einen hohen Fehlerstrom unterbrechen. Oft auch aufgrund nicht ausreichender Wartung ist das nicht immer der Fall und der Leistungsschalter öffnet beim ersten Schaltvorgang nicht in der vom Hersteller angegebenen Schaltzeit. Verursacht wird das unter anderem durch Reibung, hervorgerufen durch Ablagerungen wie gehärtetem Fett und verschiedensten Umwelteinflüssen. In den meisten Fällen wird das Problem durch den ersten Schaltvorgang behoben, da sich Verhärtungen und Ablagerungen lösen. Ist das nicht der Fall und das Problem besteht über mehrere Schaltvorgänge hinweg, kann das zu schwerwiegenden Schäden am Schalter selbst und natürlich auch im Netz führen. Umso wichtiger ist es, Schaltgeräte in den entsprechend angegebenen Zyklen zu warten und zu prüfen. Durch die Messung der Schaltzeiten können dabei Rückschlüsse auf den Zustand des Kontaktsystems gezogen werden, dabei hat die erste Auslösung (First Trip) natürlich eine besondere Aussagekraft. Bei herkömmlichen (Offline-) Messverfahren wird der Schalter allerdings vor der Prüfung freigeschaltet und geerdet, was ein erstes Schalten bedingt, schon bevor die Messmittel angeschlossen werden. Rückschlüsse auf das Verhalten des Schalters beim First Trip sind auf diese Weise nicht möglich. Das ist nur ein Grund, warum die Nachfrage, Leistungsschalter „online“, das heißt ohne Freischaltung, zu prüfen weltweit steigt. Aber auch, weil Betriebs- und Wartungsbudgets stetig schrumpfen. Zusätzlich steigen die Anforderungen an moderne Prüftechnik, sie muss heute flexibel und zeitsparend eingesetzt werden können. Diese Anforderungen erfüllt die KoCoS Messtechnik AG mit den Schaltgeräteprüfsystemen ACTAS.

## SCHALTGERÄTEPRÜFUNG

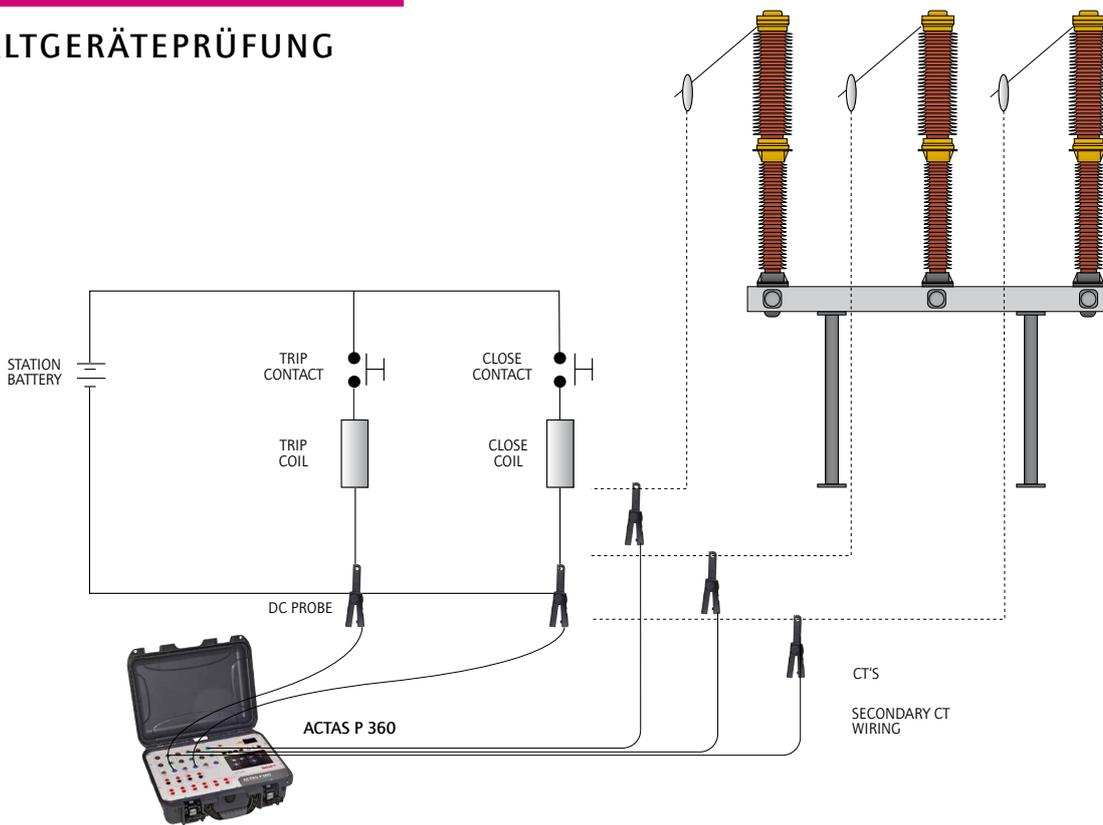


Bild 1: Anschlusschema einer First Trip-Messung mit ACTAS P360 und AC/DC-Stromzangen. Der Anschluss der Sensoren erfolgt an der Sekundärseite der Stromwandler und an den Auslösespulen.

Mit ACTAS können Leistungsschalter sowohl online als auch offline in verschiedenen Verfahren geprüft werden. Prüfungen bei oder nach Wartungsarbeiten am Schalter, um beispielsweise den Zustand der Unterbrechereinheit bewerten zu können, werden in der Regel offline, das heißt nach Freischaltung und Erdung des Schalters, durchgeführt. Dynamische Messverfahren bieten hier ein hohes Maß an Möglichkeiten, eine detaillierte Analyse durchzuführen, ohne die Schaltkammer öffnen zu müssen. Dabei werden Stromquellen bzw. Widerstandsmessgeräte genutzt, um über die Verläufe von Widerstand, Strom und Spannungsfall eine Bewertung durchzuführen. Offline-Prüfungen sind in der Regel jedoch teuer und nehmen viel Zeit und Personal in Anspruch.

### Vorteile durch „First Trip“-Messverfahren

Als Online-Prüfung bietet das First Trip-Messverfahren mit ACTAS einige Vorteile gegenüber der Offline-Prüfung. Aus wirtschaftlicher Sicht ist das insbesondere die Reduzierung des Zeitaufwandes, da das Freischalten und das Isolieren des Schalters gegen andere Betriebsmittel komplett wegfallen. Zudem werden Wartungskosten und Ressourcen gespart, wenn bei der Online-Messung keine Mängel festgestellt werden und sich eine Prüfung im Offline-Modus möglicherweise erübrigt.

### Vorteile des First Trip-Messverfahrens:

- Kein Freischalten des Leistungsschalters
- Kein Auftrennen von Steuerkreisen
- Kürzerer Zeitaufwand der Messung und Ressourceneinsparung
- Ein Kleben/Verzögern des Schalters kann beim ersten Schaltvorgang erfasst werden
- Eventueller Verzicht auf eine aufwendige Offline-Prüfung
- Prüfungen unter realen Bedingungen möglich
- Keine langen Ausfallzeiten der zu prüfenden

### Komponenten

Die First Trip-Messung kann mit ACTAS dreiphasig erfolgen. Für den Anschluss an Sekundärstromwandlern können bis zu neun externe analoge Sensoren, wie berührungslose Gleich- oder Wechselstromzangen, zeitgleich am Prüfsystem angeschlossen und aufgezeichnet werden. Für Spannungswandler stehen bis zu drei direkte Spannungsmesskanäle zur Verfügung. Die Messmittel und Sensoren werden angebracht, während der Schalter in Betrieb ist. Meist finden AC/DC-Stromzangen Verwendung, die an der Sekundärseite der Stromwandler und an den Betätigungsspulen angebracht werden. Über die entsprechend aufgenommenen Signale können die Schaltzeiten evaluiert werden und auch der Verlauf des Spulenstroms lässt Rückschlüsse auf den Zustand der Komponenten des Schaltgerätes zu.

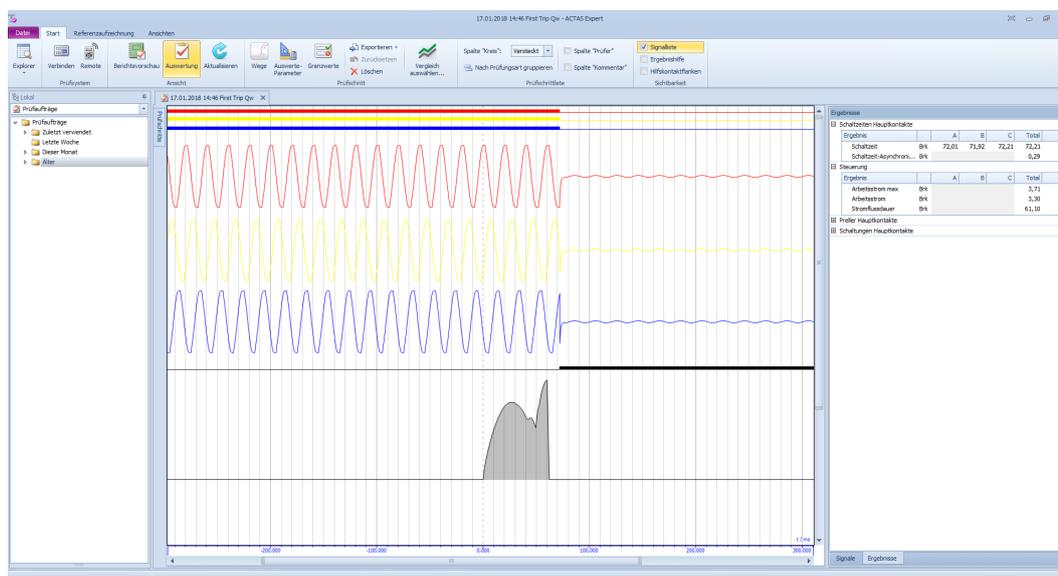


Bild 2: Auswertung einer First Trip-Messung mit ACTAS P260. Der Sinusverlauf zeigt die gemessenen Ströme an den Sekundärwindlern. Darüber werden die daraus resultierenden Binärsignale der Hauptkontakte dargestellt. Die Messung wurde über ein externes Triggersignal auf den Spulenstrom ausgelöst

Zusätzlich zu den Hauptkontaktzeiten, die über den Sekundärstrom der Stromwandler ermittelt werden, können Spulenströme aufgezeichnet werden. Die ermittelten Schaltzeiten setzen sich nach IEC 62271-100 aus Schaltereigenzeit und Lichtbogenzeit zusammen. Durch die große Anzahl an analogen Messeingängen bietet ACTAS aber auch die Möglichkeit, Werte wie Hilfskontaktzeiten aufzunehmen. Auch die Aufzeichnung von Wegsignalen ist möglich, wobei hier nur über ein Monitoring-System oder im Schalter integrierte Geber gemessen werden darf, um nicht an ungesicherten Antrieben hantieren zu müssen.

Weitere Vorteile der Onlineprüfung ergeben sich dadurch, dass keine Steuerkreise oder im Schaltschrank befindliche Klemmleisten aufgetrennt werden müssen. So werden Fehler durch Änderungen an der Verdrahtung zum Anschluss der Messmittel vermieden. Es können sogar eventuell vorhandene verdrahtungstechnische Probleme in der Anlage erkannt werden, da der Leistungsschalter beim First Trip-Verfahren unter realen Bedingungen geprüft wird.

Bei der Auswertung der Prüfungen spielt es dagegen keine Rolle, ob sie online oder offline durchgeführt wurden. Durch das Überlagern älterer Prüfungsergebnisse mit denen von aktuellen Prüfungen kann immer ein Vergleich erfolgen, in dem Signalverläufe übereinander gelegt und verglichen werden. So können Spulenstrom- und Spulenspannungsverlauf im Vergleich betrachtet werden, um beispielsweise ein Kleben bzw. Verzögern

der Auslösespulen oder auch einen Fehler der Versorgungsspannung festzustellen.

### Passive Schaltzeitenbestimmung bei gasisolierten Mittelspannungsanlagen

In der Regel werden an Mittelspannungsschaltern die Schaltereigenzeit sowie die Kontaktwiderstände gemessen. Teilweise werden aber auch entsprechende Wegverläufe mit aufgezeichnet, um Rückschlüsse auf den Zustand des gesamten Schalters zu erhalten. Der Anschluss der Schaltzeitenmessleitungen erfolgt hier direkt an den Hauptkontakten oder an gut zugänglichen Punkten wie Sammelschienen.

Bei gasisolierten Mittelspannungsanlagen gibt es jedoch kaum Möglichkeiten, die Schaltzeitenmessleitungen an den Hauptkontakten der Leistungsschalter anzubringen. Der Anschluss könnte, wenn überhaupt, über Reservefelder oder andere Komponenten erfolgen. Befindet sich die Anlage gerade im Aufbau und es sollen erste Prüfungen durchgeführt werden, gibt es meist Mittel und Wege, die Messungen auf herkömmliche Weise durchzuführen. Ist die Anlage jedoch in Betrieb und es sind Revisionsmessungen durchzuführen, stehen Aufwand und Nutzen in keinem Verhältnis. Es ist ein sehr hoher zeitlicher Aufwand für die Planung und auch für die Durchführung erforderlich, was das herkömmliche Messverfahren in gasisolierten Mittelspannungsschaltanlagen schlichtweg unwirtschaftlich macht.

Durch das neue Messverfahren mit externen Sensoren besteht die Möglichkeit, diese Art von Anlagen mit ei-

# SCHALTGERÄTEPRÜFUNG

nem vertretbaren Aufwand zu prüfen. Es ist sogar noch weniger zeitaufwendig als das Prüfen einer nicht gasisolierten Mittelspannungsschaltanlage mit den herkömmlichen Messverfahren, da die Anlage nicht freigeschaltet werden muss. Zur Messung der Schaltzeiten wird das in den Anlagen verbaute VDS (Voltage Detection System) genutzt. Das sind kapazitive Messpunkte für Spannungsanzeiger oder integrierte kapazitive Spannungsanzeiger nach VDE 0682-415 bzw. IEC 61243-5. Sollten keine Spannungswandler verbaut sein, sind diese Messpunkte die einzige und sichere Möglichkeit, eine Verbindung zu den Hauptkontakten der Leistungsschalter herzustellen.

Diese kapazitiven Messpunkte können direkt an die dafür vorgesehenen analogen Messeingänge des ACTAS-Prüfsystems angeschlossen werden, ohne weitere Messkomponenten zwischenschalten. Über die kapazitiven Messpunkte wird quasi der dreiphasige Sinusverlauf der Spannungen gemessen. Wird der Leistungsschalter über die Leitwarte geschaltet, wird der Spannungsabrisse auf dem ACTAS-Prüfsystem angezeigt. Um jedoch auch eine Schaltzeit ermitteln zu können, werden Stromzangen verwendet und an den Ein- und Ausspulen angebracht. Das Vorgehen bei diesem Verfahren ist ähnlich dem Vorgehen bei einer First Trip-Messung. Über im Prüfsystem einstellbare externe Triggersignale kann die Aufzeichnung der Messwerte sowie eine entsprechende Auswertung angestoßen werden. Externe Trigger können in ACTAS auf beliebige Signale gesetzt werden, dabei spielt es keine Rolle, ob es sich um einzelne binäre oder analoge Signale handelt oder um Signalgruppen. Die

Auswertung der Schaltzeit erfolgt in ACTAS vollautomatisch. Es muss kein Cursor gesetzt werden, um die Schaltzeiten manuell auszuwerten und händisch einzutragen. Für den Anschluss externer Sensoren bietet das Prüfsystem ACTAS P360 insgesamt neun Sensoranschlussbuchsen, an denen Stromzangen sowie Druck- und Wegsensoren angeschlossen werden können. Durch eine Doppelfunktion der Sensoranschlussbuchsen können analoge und auch digitale bzw. inkrementale Sensoren an denselben Buchsen angeschlossen werden. Somit ist es möglich, den Spulenstrom für Ein- und Ausspule sowie die Ströme der in gasisolierten Mittelspannungsanlagen verbauten Antriebe wie Trenner und Erder gleichzeitig aufzuzeichnen und zu analysieren. Dazu wird nur das Prüfsystem mit den entsprechenden Stromzangen benötigt, weitere Komponenten sind nicht erforderlich. Auch die Auswertung bzw. Ergebnisberechnung erfolgt automatisch, was ein weiteres Alleinstellungsmerkmal von ACTAS gegenüber anderen Prüfsystemen darstellt.

## Schaltzeitenbestimmung bei GIS mit beidseitiger Erdung

Grundsätzlich gilt die Anforderung, dass in Hochspannungsanlagen alle Teile geerdet werden müssen, an denen gearbeitet wird. Aus der DIN VDE0105-100 bzw. EN50110-1 ergibt sich jedoch eine weitere Problematik besonders bei GIS-Anlagen, nämlich dass ein Leistungsschalter zu Prüfzwecken in der Schaltanlage beidseitig zu erden ist. Bei Freiluft-Schaltanlagen stellt die Messung mit beidseitiger Erdung in der Regel kein großes Problem dar, KoCoS setzt hier mit „Dynamic Timing“ auf

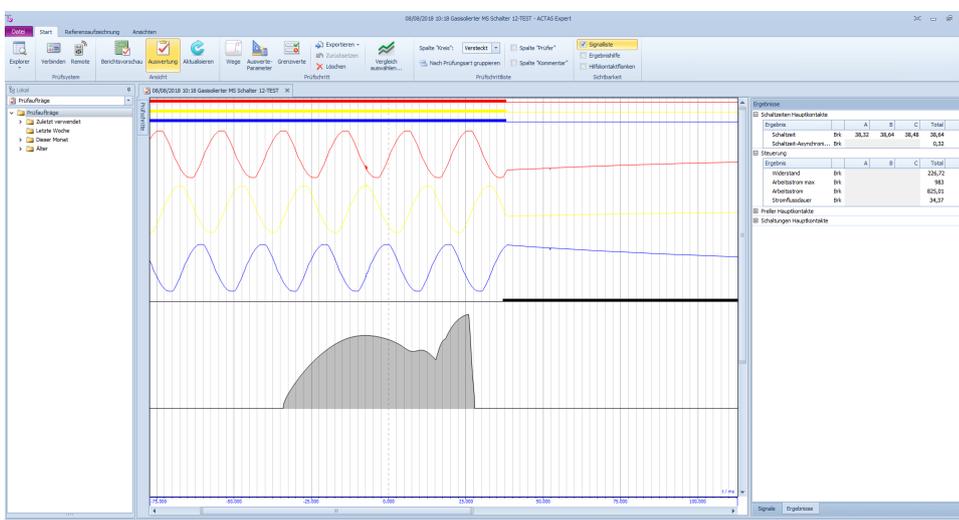


Bild 3: Auswertung einer Messung an einer gasisolierten Mittelspannungsanlage über VDS. Der Sinusverlauf zeigt die über das VDS gemessene Spannung. Darüber werden die daraus resultierenden Binärsignale der Hauptkontakte dargestellt. Die Messung wurde über ein externes Triggersignal auf den Spulenstrom ausgelöst.

die Kombination des Schaltgeräteprüfsystems ACTAS mit dem Widerstandsmessgerät PROMET. Beide Systeme können für sich allein „Stand Alone“ verwendet werden. Es ist jedoch auch möglich, die Widerstandsmessgeräte über ACTAS zu steuern. PROMET arbeitet hier quasi als Hauptkontaktmessleitung für das Dynamic Timing-Verfahren. Die Widerstandsmessgeräte PROMET SE haben jeweils zwei Stromausgänge sowie zwei Spannungsrückmesskanäle. Pro Stromausgang können bis zu 200 A getrieben werden. Durch den in der Unterbrechereinheit fließenden Strom oder auch durch den gemessenen Spannungsfall kann die Schaltzeit des Schalters bestimmt werden. Zusätzlich zur Schaltzeitenmessung können statische sowie dynamische Widerstandsmessungen mit dem gleichen Messaufbau erfolgen. Auch hier spielen externe Sensoren eine tragende Rolle, da die Widerstandsmessung durch den Einsatz von Stromzangen auch unter beidseitiger Erdung durchgeführt werden kann.

Bei GIS-Schaltanlagen ist die Bestimmung der Schaltzeiten mit beidseitiger Erdung über dieses Verfahren nicht so einfach möglich, was an dem sehr geringen Widerstandsverhältnis zwischen Erde und Unterbrechereinheit liegt. So können viele Prüfmethode nur angewendet werden, wenn das SF6-Gas abgesaugt und nach der Prüfung wieder befüllt wird. Zudem muss der Schalter komplett freigeschaltet werden. KoCoS bietet dagegen

mit dem First Trip-Verfahren auch hier eine Möglichkeit, GIS-Anlagen wirtschaftlich prüfen zu können.

Eine weitere Möglichkeit, Schaltzeiten bei einer beidseitig geerdeten GIS-Anlage zu bestimmen, ist eine Kombination aus den KoCoS-Messverfahren „First Trip“ und „Dynamic Timing“. Der Leistungsschalter muss hier über mindestens einen nach außen geführten isolierten Erder verfügen. Wieder werden Widerstandsmessgeräte PROMET eingesetzt, die je nach Ausführung Stromausgaben bis 600 A generieren und durch ACTAS gesteuert werden können. Als Stromsensoren werden in diesem Fall jedoch Rogowski-Spulen eingesetzt, da diese flexibel am isolierten Erder angebracht werden können. Über die während des Schaltvorgangs gemessenen Stromverläufe im isolierten Erder können die Schaltzeiten beim Öffnen und Schließen des Leistungsschalters bestimmt werden. Diese Methode hat einen großen Sicherheitsvorteil, da die GIS-Anlage während der gesamten Prüfdauer unter beidseitiger Erdung bleiben kann.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass über den Einsatz von externen Sensoren flexible, effektive Prüfungen an Schaltgeräten möglich sind, die den wirtschaftlichen Anforderungen heutiger Unternehmen entsprechen - Voraussetzung ist natürlich immer die gefahrlose Erreichbarkeit der Messgrößen.



Bild 4: ACTAS-Schaltgeräteprüfsysteme, PROMET-Widerstandsmessgerät und Zubehör zur Durchführung von On- und Offlineprüfungen.

## SCHALTGERÄTEPRÜFUNG

Schrifttum:

- [1] Richter, Frank: Verfahren zur Durchführung und Bewertung von Schaltgeräteprüfungen
- [2] Dreier, Jürgen: Überprüfung und Beurteilung von Motoren und Auslösespulen an Schaltgeräten
- [3] Studen, Christian: Schaltgeräte zeit- und kostensparend prüfen
- [4] IEC 62271-100
- [5] DIN VDE0105-100 / EN50110-1
- [6] VDE 0682-415 / IEC 61243-5



### Lebenslauf

Nach seiner Ausbildung zum Energieanlagenelektroniker bei der Fa. Viessmann in Allendorf absolvierte Christian Studen zunächst ein Bachelor-Studium im Bereich „Elektrotechnik“. Während des anschließenden Master-Studiums im Fachgebiet „Me-

chatronische Systeme“ war er als Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Labor „Leistungselektronik“ tätig.

Seit Mai 2013 ist Herr Studen bei der Fa. KoCoS Messtechnik AG in Korbach beschäftigt. Zunächst arbeitete er zwei Jahre im Service & Support, wo er umfassende Kenntnisse und Praxiserfahrungen auf dem Gebiet der elektrischen Energietechnik sammeln konnte.

Inzwischen ist Herr Studen Produktmanager für Leistungsschalter-Prüfsysteme. Er ist Ansprechpartner für Distributoren und Kunden weltweit und bietet ihnen mit seinem Produkt- und Applikationswissen kompetente Unterstützung.

Christian Studen M.Sc., Product Manager,  
KoCoS Messtechnik AG, Korbach, Germany



### KoCoS Messtechnik AG

Südring 42  
34497 Korbach, Germany  
Phone +49 5631 9596-40  
info@kocos.com  
www.kocos.com

SWITCHGEAR TESTING AT ITS BEST!

# KoCoS



## ACTAS P260 | 360

### Portable Schaltgeräte-Prüfsysteme

ACTAS P260 / P360 für die vollständige Prüfung von Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsschaltgeräten.

- Äußerst robust und kompakt
- Stand-Alone-Betrieb: Bedienung und Auswertung über 7" Touchscreen
- PIR- und Hauptkontaktmessung an bis zu 12 Schaltkammern
- Statische und dynamische Widerstandsbestimmung an bis zu 12 Schaltkammern
- Durchführen der Schaltgeräteprüfung in einem Prüfablauf
- Kein zeitaufwendiges Umklemmen während des Prüfablaufs
- Prüfen unter beidseitiger Erdung

Die Schaltgeräteprüfsysteme von KoCoS sind weltweit Nummer 1 mit über 25 Jahren Erfahrung in der Entwicklung und Fertigung.

### ACTAS – TEST THE BEST!

Klicken Sie bei uns vorbei, wir informieren Sie gerne weiter.



**KoCoS**  
A FRIEND OF ENERGY [kocos.com](http://kocos.com)