

Innovative und Kosten sparende Lösung zur Bearbeitung von Störungen im Niederspannungsnetz

Die Ortung von Kabelfehlern in Niederspannungsnetzen ist trotz moderner und leistungsfähiger Technologie der Kabelmesswagen häufig von Wartezeiten, langen Netzausfallzeiten und peripheren zusätzlichen Kosten begleitet. Eine innovative Entwicklung als Ergebnis einer fruchtbaren Zusammenarbeit zwischen einem Stromversorgungsunternehmen und einem Gerätehersteller hat zu einer leistungsstarken Technologie geführt, mit der sich Zeit, Aufwand und Kosten bei der Fehlerortung reduzieren lassen.



Bild 1: Entwickler Sebastian Schacht

toren müssen energiereiche Hochspannungsimpulse eingesetzt werden, die leider für angeschlossene Verbraucher zerstörend wirken. Somit ist es erforderlich, in jedem Hausanschluss – der im Allgemeinen innerhalb der Häuser installiert ist – der betroffenen Kabelstrecke alle Hausanschluss Sicherungen vor Beginn der Fehlerortung zu entfernen. Zunehmend finden die Techniker Situationen vor, in denen ein Zugang zu einem oder mehreren Hausanschlüssen nicht möglich ist. In der Folge entstehen entweder Kosten verursachende Wartezeiten, oder es werden – ebenfalls kostenträchtig – nicht zugängliche Hausanschlüsse aufgegraben, für die Dauer der Messungen getrennt und anschließend wieder hergestellt

2 Rückblick

1 Strukturbedingte Schwierigkeiten und Kosten

Die verzweigte Struktur der meisten Niederspannungsnetze mit unterirdischen Abzweigmuffen für die Hausanschlusskabel – oder in manchen Fällen zudem noch Verzweigungen der Stammkabel – bremst oftmals die Kabelmesswagen mit ihrer durchaus leistungsstarken, jedoch klassischen Kabelfehlerortung aus: Bei der Lichtbogenreflexionsmessung wie auch bei der Nachortung mit Stoßgenera-

Bereits vor rd. 30 Jahren wurde der erste elektronische Thyristorschalter (»Netzstoßschalter«) entwickelt; er war grob abgestuft als elektronische Sicherung verwendbar und konnte als Stoßgerät eingesetzt werden, mit dem die Netzspannung impuls(stoß) artig auf Fehler geschaltet wurde; wenn der Fehler bei Netzspannung durchschlag oder leitfähig war, konnte – bedingt durch die großen möglichen Ströme im Niederspannungsnetz – über der Fehlerstelle ein Stoßgeräusch wahrgenommen wer-



Dipl.-Ing. Manfred Schacht, Geschäftsführer, MS-Technik Mess- und Regelungstechnik GmbH & Co KG, Kiel

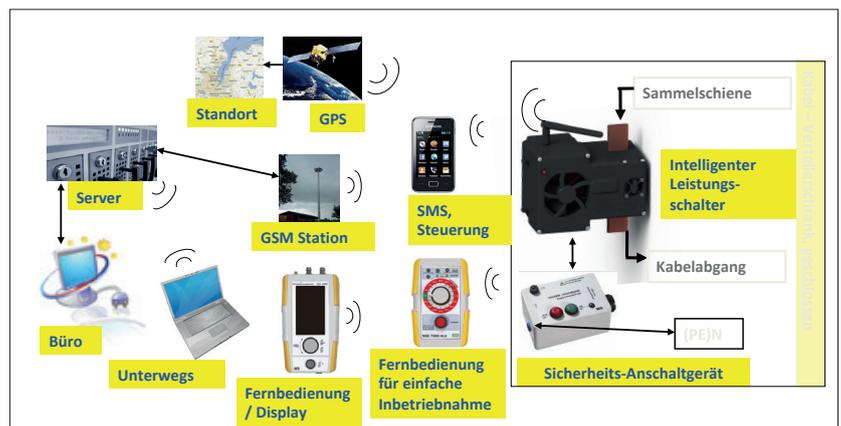


Bild 2: Architektur des Gerätesystems NSG 7000 G/T

den. Eine Vorortung oder auch Speicherung der Betriebsdaten war nicht möglich; zu einem späteren Zeitpunkt konnte durch zusätzliche externe Komponenten wie einer großen und schweren Drossel und diversen Kopfelementen ein Reflexionsgerät – in der Regel im Messwagen – vor Ort hinzugeschaltet werden. Allein die einzelnen Geräte und damit auch der gesamte Messaufbau war viel zu groß dafür, dass man sie dauerhaft zur Überwachung im Verteilerschrank unterbringen konnte.

Weitere Geräte mit elektronischen Schaltern folgten, ebenfalls mit großer Bauform. Ergänzt wurde die Reihe der Geräte mit einem mechanischen Relais, eingebettet in einem Vakuum, um den Kontaktverschleiß durch den Lichtbogen zu reduzieren. Jedoch auch diese Bauform ist nicht zur Unterbringung im Verteilerschrank geeignet; ihr Einsatz beschränkt sich im Allgemeinen auf Stationen mit ausreichend viel Platz. Aus der Messung von Strom und Spannung wird die Leitungsimpedanz zwischen Gerät und Fehlerstelle zur Berechnung der Fehlerentfernung herangezogen. Die Erfahrungen der Anwender zeigen allerdings, dass Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Entfernungsbestimmung in vielen Fällen für die Praxis nicht genügt.

Ein zunächst utopisch klingender Wunsch blieb: eine elektronische Lösung mit Hochleistungsthyristoren, allerdings in derart kleiner Bauform, dass das Gerät anstelle der NH-Sicherung im verschlossenen Verteiler-

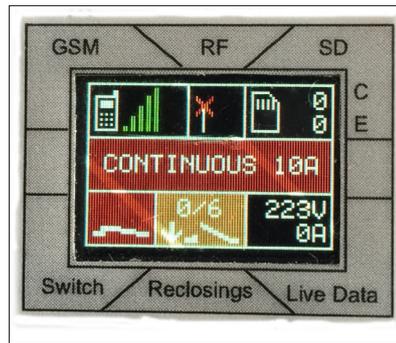


Bild 4: LCDisplay

schrank dauerhaft und ohne Wachpersonal betrieben werden konnte.

3 Erster moderner Lösungsansatz

Als Pionierleistung der Leistungselektronik im Kleinformat konnte das NSG 6000 der Firma MS-Technik in Kiel angesehen werden, das im Jahr 2011 auf den Markt kam. Dieses Gerät besteht aus zwei Komponenten: der eigentliche Leistungsschalter mit Thyristoren und Kühlsystem besitzt zwei Steckmesser und wird direkt in den NH-Sicherungshalter gesteckt, das Anschaltgerät mit Stromversorgung und Potenzialtrennung zum (PE)N-Anschluss ist über Kabel verbunden und wird in den Fußraum des Verteilerschranks gelegt. Die Bedienung erfolgt mit einer Funkfernbedienung mit Farb-LCDisplay, so dass der Anwender nicht quasi mit dem Kopf beim Einschalten im Verteilerschrank stecken muss, sondern bei schlechtem Wetter auch im Auto neben dem

Schrank sitzen kann, während er die Einstellungen vornimmt oder Daten ausliest und auswertet. Dieses Gerät konnte bereits die Strom- und Spannungsverläufe speichern und anzeigen sowie die Impedanz als Maß für die Fehlerentfernung berechnen.

Es wurde als wichtige Innovation für die Behandlung der Störungen im Niederspannungsnetz wahrgenommen. Ein weiteres derzeit auf dem Markt befindliches Gerät ist dem NSG 6000 in der grundlegenden Technologie nachempfunden.

4 Innovation, Kooperation und Entwicklung des neuen Systems

Entscheidende Impulse zu dem nächsten bedeutenden Innovations-schritt kamen von Enexis, einem großen niederländischen Stromversorgungsunternehmen, für ländliche wie auch städtische Gebiete, die sich vom Norden der Niederlande bis in den Süden erstrecken. Die Struktur der Niederspannungsnetze wie auch Probleme mit Wartezeiten und Kosten bei der Störungsbeseitigung sind ähnlich wie in Deutschland.

Die Unternehmensleitung hatte als Ziel definiert, eine Technologie zu finden bzw. zu fördern, die es erlaubt, die Kosten der Störungsbeseitigung der Niederspannung in Höhe vom rd. 2,5-fachen derjenigen für die Mittelspannung deutlich zu reduzieren; mit der bestehenden Situation war man unzufrieden und beauftragte das Assetmanagement mit der Suche nach Lösungen.

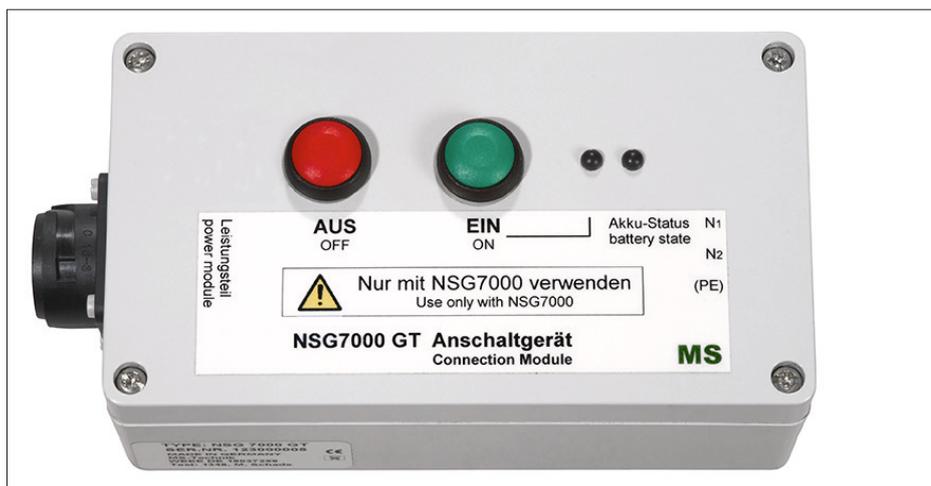


Bild 3: Leistungsschalter mit Anschaltgerät

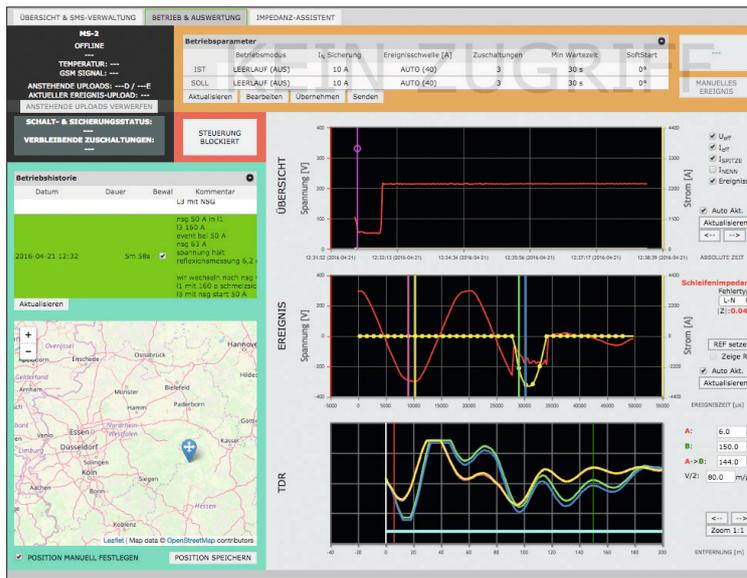


Bild 5: Websteuerung

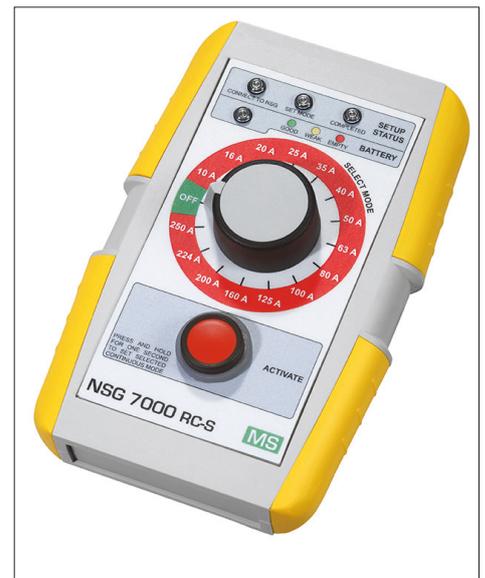


Bild 6: Inbetriebnahmefernbedienung

Man wurde auf das damals frisch verfügbare NSG 6000 aufmerksam, weil es eine seit vielen Jahren erste innovative Neuentwicklung darstellte. Allerdings gingen die Anforderungen an das, was man in dem Versorgungsunternehmen zur nennenswerten Kostensenkung benötigte, deutlich über das bestehende Gerät hinaus.

In kreativen und konstruktiven Gesprächen zwischen dem Assetmanagement, einem das Projekt begleitenden erfahrenen Kabelmesstechniker sowie den kreativen Köpfen bei MS-Technik wurden die Weichen gestellt für die anspruchsvolle Entwicklung des Nachfolgegerätes NSG 7000 G/T; beim Vertriebspartner Baur wird das Gerät unter dem Namen LV Guard 250 geführt. Um den Entwicklungsprozess zu beschleunigen, wurde ein gemeinsames Entwicklungsprojekt gestartet (Bild 1).

Damit die Entwicklung in hohem Maße die Anforderungen der Handhabung in der Praxis erfüllt, wurde sie durch den Messtechniker in enger Zusammenarbeit mit dem Entwickler begleitet. Erste Prototypen wurden im Feld erprobt, wertvolle Ergänzungen wurden ins Projekt eingefügt, und am Ende stehen praxistaugliche Geräte zur Verfügung. Um Misserfolge durch Unwissenheit auszuschließen, erhält jeder Nutzer vom unternehmensinternen Projektbetreuer eine Einweisung; ein Konzept, das sich sehr bewährt hat.

Mittlerweile hat das NSG 7000 G/T seine Funktionstüchtigkeit bei vielen

hundert Einsätzen an diversen gestörten Kabelstrecken bewiesen, sowohl bei großen Versorgungsunternehmen als auch bei Stadtwerken. Das modulare Gerätekonzept erlaubt dem Interessenten, das für ihn richtige Bedien- und Betriebskonzept auszuwählen. Interessant ist in dem Zusammenhang, dass von der Modularität des Systems, die es auch erlaubt, ein Gerät ohne die integrierte Lichtbogenreflexionstechnik als außerordentlich preisgünstige Variante zu beschaffen, noch kein einziger Kunde tatsächlich Gebrauch gemacht hat. Die Wertschätzung und die Kenntnis der Bedeutung der Lichtbogenreflexionstechnik, die heute ja auch eine Selbstverständlichkeit in den üblichen Kabelmesswagen aller gängigen Hersteller darstellt, sind eindeutig: Wer das NSG 7000 G/T und seine Möglichkeiten kennt, schätzt diese Technologie von vornherein. Darüberhinaus ist es ein großer Vorteil der Reflexionstechnik, dass sie sowohl zur Ortung von Unterbrechungen als auch von Kurz- bzw. Erdschlüssen geeignet ist.

Seit dem Jahr 2015 sind die Geräte mit zunehmender Anzahl bei Enexis im Einsatz, und die laufende Verfolgung des Projektes zeigt, dass sich die Erwartungen erfüllen. Selbst ohne Berücksichtigung der eingesparten externen Kosten wie z. B. die Auftrennung und dessen Wiederherstellung nach der Fehlerortung eines intakten Hausanschlusses, dessen Anwohner

weder zu Hause noch erreichbar sind, die jeweils mit rd. 1.000,- € bis 2.000,- € anzusetzen sind, spart man in jedem Jahr mindestens so hohe Kosten ein, wie nur einmal investiert wurden. Derart schnelle »Returns of Investment« sind nur wenigen Geräten vergönnt! Der Gerätebestand in dem Versorgungsunternehmen wird schrittweise erhöht, bis eine Deckung erreicht ist, bei der eine ausreichende Abdeckung mit Geräten zur effizienten Behandlung von Störungen im Niederspannungsnetz erreicht ist. Derzeit werden rd. 40 % der auftretenden Störungen mit dem NSG 7000 G/T geortet, wobei die Ortung immer durch die ausgebildeten Messtechniker mit ihren wertvollen Erfahrungen u.a. dank der Fernzugriffsmöglichkeit effizient durchgeführt wird; die Inbetriebnahme kann – besonders in der fortgeschrittenen Stufe der Geräte-einführung – bereits durch den Bereitschafts- bzw. Netzmonteur erfolgen.

Somit zeigt sich, dass die Einführung des NSG 7000 G/T in der Gesamtorganisation der Netzentstörung als sehr effiziente Hilfe angesehen werden kann; sie kann von Netzmonteuren in einfacher Form in Betrieb genommen werden und die Kunden in einer Art geschützter Form versorgen, wodurch sich die Situation auch entspannt; die Kabelmesstechniker übernehmen die Betreuung, initiieren ggf. weitere Betriebsarten und werten die Daten zur Fehlerortung

aus. Für den Fall der freischaltbaren Kabelstrecke bleibt der klassische Messwagen weiterhin Teil der Bereitschaft.

5 Komponenten und Funktionen

5.1 Architektur des Gerätesystems

Bild 2 zeigt die Architektur des Gerätesystems NSG 7000 G/T.

Im Kabelverteilerschrank werden Leistungsschalter und Anschlaggerät angeschlossen und in Betrieb genommen. Der Leistungsschalter wird dort angeschlossen, wo die Sicherung durchgebrannt ist. Sind im Fall eines Kurzschlusses zwei Sicherungen durchgebrannt, genügt es, eine der beiden durch das NSG zu ersetzen; die andere Phase wird wieder durch eine neue Schmelzsicherung üblicher Trägheitscharakteristik (gG) versorgt. Eine besondere Technologie im Gerät, die die finanziellen Ressourcen schont, macht weitere Leistungsschalter in den anderen beiden Phasen überflüssig; näheres dazu in Abschnitt 6 in diesem Artikel. Ergänzend wird die TDR-Brücke an die anderen beiden Phasen sowie an den (PE)N angeschlossen. Mit ihrer Hilfe sind Kabelfehler sowohl Phase-(PE)N wie auch Phase-Phase gleichermaßen lokalisierbar.

Im Leistungsschalter befindet sich zusätzlich ein GPS-Empfänger, mit dessen Hilfe das Gerät seine Position bestimmen und auf der Landkarte (Bestandteil der Websteuerung) punktgenau angeben kann. Dies ist wertvoll für große Unternehmen mit mehreren Geräten, um die Übersicht über die Einsatzorte zu behalten. Falls kein GPS-Signal empfangbar sein sollte, kann die Position über GSM näherungsweise bestimmt oder unkompliziert auch manuell in der Karte festgelegt werden.

Für den Leistungsschalter gibt es zwei vollwertige Kommunikationswege sowie eine SMS-Informationsmöglichkeit an die Mitglieder des Bereitschaftsteams.

Der eine Kommunikationsweg verwendet das Mobilfunknetz (auch Multiprovider und grenzüberschreitend) mit quasi unbegrenzter Reichweite; dazu wird das Gerät mit einer SIM-Karte versehen.

Der zweite Kommunikationsweg verwendet das lizenzfreie ISM-Band,



Bild 7: Lokale vollwertige Fernbedienung, hier im Design der Fa. Baur als LVGuard

allerdings ist dessen Reichweite begrenzt.

Der Anwender hat die Wahl, den einen oder den anderen oder auch beide Kommunikationswege zu nutzen.

Versorgungsunternehmen in kleinen Gebieten beschränken sich gelegentlich auf den privaten Funk, nutzen allerdings auch gern die SMS-Funktion. Versorger mit größeren Gebieten nutzen häufig beide Kommunikationsmöglichkeiten mit ihren jeweils individuellen, spezifischen Vorteilen. Sie stören sich nicht, da es ein klares Prioritätenkonzept der Steuerung gibt. Gleichwohl können mehrere Personen die Daten und Messkurven einsehen; somit könnte bei Bedarf auch ein erfahrener Kollege um Rat gefragt werden, ohne dass dieser zur Messstelle fahren muss.

5.2. Leistungsschalter und Anschlaggerät

Der Leistungsschalter (Bild 3) beinhaltet alle Funktionen, die zur Aufrechterhaltung des Betriebes und zur Fehlerortung erforderlich sind:

- Thyristorschalter mit Kühlsystem bis zu 250 A Dauerlast; Sicherungsstärke (alle Normwerte) 10 A – 250 A einstellbar mit per Firmware definierter Trägheit
- Stoßbetrieb, d.h. die Netzenergie wird auf den fehlerhaften Kabelstrang durchgeschaltet. Die natürliche Funktion der Thyristoren verhindert induktive Spannungsspitzen. Die Stoßströme können bis 7.000 A für eine ganze Netzhalbwellenperiode oder 9.000 A für eine halbe Netzhalbwellenperiode betragen, ohne dass das Gerät überlastet wird oder die interne Hochleistungssicherung durchbrennt.
- Integriertes, automatisch arbeitendes Reflexionsgerät mit hoher Ortsauflösung (0,4 m) und Messgenauigkeit, das bei Kurz- bzw. Erdschlussereignissen (z. B. Lichtbogen) jeweils ein Paket Gesunder und Fehlerbilder speichert (mehrere Ereignispakete möglich, unbegrenzte Anzahl)
- Datenspeicher für die Verläufe während des Einsatzes von Effektivspannung, Effektivstrom, Spitzenstrom, Nenn-Sicherungsstrom, Ereignisse
- Mobilfunkschnittstelle für Datentransfer und SMS-Sendefunktion
- 2,4-GHz-Funkschnittstelle
- Online-Schrittspannungsmodul zur Ortung erdfühligere Kabelfehler bei

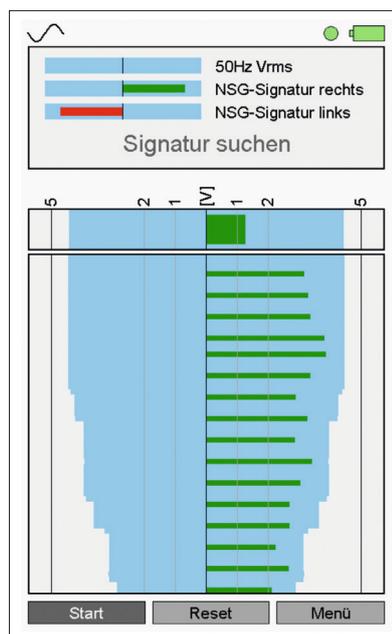


Bild 8: Online Schrittspannungsmessung

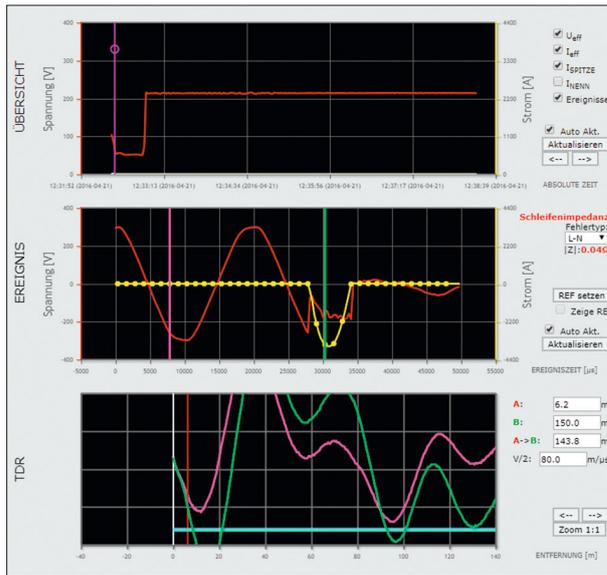


Bild 9: Praxisbeispiel 1 – Durchschlag Phase-PEN

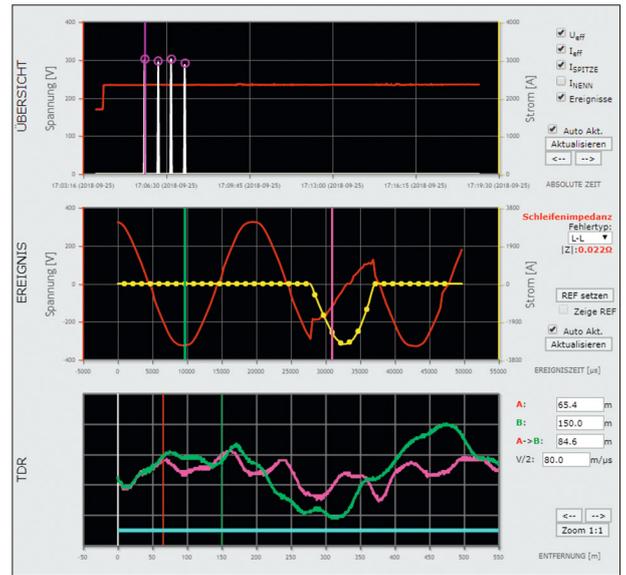


Bild 10: Praxisbeispiel 2 – Durchschlag Phase-Phase

laufendem Betrieb mit angeschlossenen Verbrauchern

- Farb-LCDisplay (Bild 4) zur Anzeige von: Mobilfunksignal(stärke)/ lokaler Funkbetrieb / gespeicherte, auf den Server hochzuladende Dateien/ Betriebsart und Sicherungsstärke/ Schalterzustand (offen, geschlossen, erneutes Schließen nach Ereignis erwartet) gewählte und bereits verbrauchte Zahl der automatischen Wiedereinschaltungen/aktuelle Werte Ausgangsspannung und Laststrom.
- Philosophie: jeder, der den Verteilerschrank öffnet und das Gerät vorfindet, soll ungefragt umfassend über Betriebsdaten und Zustand informiert werden (Sicherheitsaspekt).

5.3 Websteuerung

Die Websteuerung (Bild 5) stellt eine virtuelle Fernbedienung dar. Der Leistungsschalter sendet alle Messdaten via Mobilfunknetz auf einen Server und ruft ggf. bereitstehende Steuerbefehle für den laufenden Betrieb von dort ab. Der Informationstransfer wird durch die üblichen Regeln zur Datensicherheit gesichert. Jeder Anwender erhält seine Logindaten; innerhalb eines Unternehmens können getrennte, voneinander isolierte Gruppen eingerichtet werden.

Diese Technologie ermöglicht einen Daten- und Befehlstransfer mit unbegrenzter Reichweite, was sich sehr vorteilhaft auch dahingehend auswirkt, dass Kollegen, die sich nicht

vor Ort befinden, im Einzelfall zur Beurteilung von Messergebnissen zu Rate gezogen werden können.

Des Weiteren haben Dienstleistungsunternehmen die Möglichkeit, in Netzen platzierte Geräte zu betreiben und Messergebnisse zu bewerten.

Die Websteuerung benötigt keinerlei Softwareinstallation; sie wird mit einem der gängigen Internetbrowser aufgerufen, gefolgt von einem gesicherten Login mit Benutzernamen und Passwort.

Alle Betriebsdaten und Messergebnisse werden angezeigt und sind unkompliziert bedienbar:

- Standort des Gerätes auf der elektronischen Landkarte, geortet durch GPS-Empfänger oder manuell eingegeben
- Telefonbuch der Anwender und aktuelles Bereitschaftsteam
- Historie der Einsätze mit allen Messergebnissen
- Betriebsdaten des Gerätes für den jeweiligen Betriebsvorgang
- Strom-/Spannungsverläufe des gesamten aktuellen bzw. gewählten Betriebsvorgangs mit Kennzeichnung von besonderen Ereignissen wie z. B. Sicherungsauslösungen, Ausfall der vorgeschalteten Versorgung etc.
- Strom- und Spannungsverläufe im Moment des Auftretens eines Ereignisses inklusive Übersicht über die gespeicherten Impulsreflexionsbilder zur gezielten Auswahl der Gesundheits- und Fehlerbilder und Impedanz

des Leitungsnetzes zwischen Gerät und Fehlerstelle

- Reflexionsbilder inklusive komplettem Bedienmenü eines Reflexionsgerätes
- Extraseite zur Eingabe von Kabelabschnitten mit deren Kabeldaten (Leiter, Schirm, Material, Querschnittsfläche) zur Berechnung der Fehlerentfernung anhand der Impedanz (dies ist als Abfallprodukt der Strom-/Spannungsmessung und nur der Vollständigkeit halber vorhanden); das Ergebnis wird im Reflexionsbild als Markierung eingeblendet

Der Kabelmesstechniker findet hier viele bekannte Bedienfunktionen, die ihm vom Messwagen her geläufig sind.

Im Frühjahr 2019 wird eine neue Version der Websteuerung freigeschaltet mit u.a. zwei besonderen zusätzlichen Merkmalen

- Mächtiges Geräte- und Benutzermanagement zur Zuordnung und Freigabe von Geräten zu Personen(gruppen) durch den Kunden selbst; Verwaltungshierarchie
- Kompatibilität mit Browserfunktionen auf PCs, Tablets und Smartphones (bei letzteren sollte der Bildschirm nicht zu klein sein)

5.3.1 Telefonbuch

Das Telefonbuch stellt eine praktische Hilfe zur SMS-Benachrichtigung für die Praxis der wechselnden Rufbereitschaft dar.

Die Mobiltelefonnummer aller an der Rufbereitschaft Beteiligten wird einmal hinterlegt; daraus können Gruppen (Bereitschaftsteams) gebildet werden. Die SMS-Benachrichtigung bei Ereignissen geht an die jeweils als aktiv gekennzeichnete Gruppe (können auch Einzelpersonen sein, Mehrfachnennungen möglich). Somit entfällt die Mühe, jeweils bei Wechsel der Bereitschaft neue Mobilnummern eingeben zu müssen; es wird lediglich die aktuelle Gruppe aktiviert.

Die SMS-Textnachricht sorgt dafür, dass das Versorgungsunternehmen bereits informiert ist, wenn ein Kunde anruft.

5.4 Inbetriebnahmefernbedienung

Bei Störungen in der Niederspannung sind die Kunden direkt vom Versorgungsausfall betroffen. Insofern ist allen Beteiligten daran gelegen, schnell die Versorgung wieder herzustellen. Sich durch Menüs – womöglich noch bei kleinen Displays und bei Regenwetter im Freien – zur Geräteeinstellung hindurchzuarbeiten, erscheint höchst unwillkommen. Mit der Inbetriebnahmefernbedienung (*Bild 6*) gestaltet sich die Inbetriebnahme äußerst einfach und hilft, die Prozedur sehr einfach und schnell zu durchlaufen: Stromversorgung des Leistungsschalters einschalten, Auswahl der gewünschten Stärke der elektronischen Sicherungsfunktion; ein Tastendruck genügt, um den Datensatz auf den Leistungsschalter zu transferieren und den Betrieb zu starten: einfacher geht es kaum. Zudem kann dank der Funkverbindung der Vorgang bei ungünstiger Witterung vom Fahrzeug aus initiiert werden: man muss nicht vor dem Verteilerschrank knien! Techniker haben diese Art der Inbetriebnahme sehr schätzen gelernt.

5.5 Lokale vollwertige Fernbedienung

Wie auch die Websteuerung ermöglicht die Fernbedienung NSG 7000 RC-SV (*Bild 7*), alle Funktionen des NSG zu steuern und alle Daten des Betriebsvorgangs auszulesen und auszuwerten. Auch dieses Gerät kommuniziert mit dem Leistungsschalter per Funk und trägt nicht unerheblich

zur Ergonomie und nicht zuletzt auch zur Arbeitssicherheit der Arbeitsabläufe bei. Die Funkreichweite ist allerdings deutlich weiter ausgelegt als die der Inbetriebnahmefernbedienung.

Mit einem Fernbedienungsgerät können über ein Auswahlmenü mehrere Leistungsschalter ausgelesen und gesteuert werden.

In dem Moment, in dem die Fernbedienung den Funkkontakt erkennt, werden automatisch im Leistungsschalter gespeicherte Daten des jeweiligen Betriebsvorgangs heruntergeladen. Selbstverständlich können auch alle Funktionen des NSG 7000 G/T gesteuert werden.

Wenn sowohl die Websteuerung als auch die Funkfernbedienung RC-SV gleichzeitig betrieben werden, hat die Fernbedienung als Vor-Ort-Gerät den Vorrang und darf als alleiniges Gerät Funktionen des Leistungsschalters steuern (Sicherheitsaspekt). Gleichwohl kann man mit der Websteuerung alle Messdaten ansehen und unabhängig von den Vorgängen auf der Fernbedienung auswerten. Damit lässt sich wertvolle Hilfe von Kollegen anfragen, ohne dass diese vor Ort anwesend sein müssen.

5.5.1 Schrittspannungsfunktion

Eine hilfreiche Besonderheit stellt die Online-Schrittspannungsfunktion (*Bild 8*) der Fernbedienung dar.

Zunehmend verbreiten sich in den Niederspannungsnetzen die Kabel vom Typ NYY oder NAYY ohne Schirm mit Kunststoffisolierung. Besonders häufig werden NAYY, d.h. Kabel mit Aluminiumleitern verlegt. Diese bringen einen spezifischen, neuartigen Typ von Kabelfehlern mit sich: Wenn die Isolierung beschädigt wird und die Feuchtigkeit an den Aluminiumleiter gelangt, zersetzt sich das Aluminium langsam chemisch; es entsteht eine Unterbrechung, meistens im Leiter, gelegentlich im PEN. Als Folge fällt die Versorgungsspannung im nachgeschalteten Leitungsverlauf aus.

Damit ergibt sich fast automatisch eine Art Vorortung der Störungsstelle; als nächster Schritt ergibt sich folgerichtig die punktgenaue Nachortung.

Diese Art von Kabelfehler, bei der ein Leiter anhand der Feuchtigkeit den Erdboden kontaktiert, ist in klassischer Vorgehensweise gut mit einem oftmals vorhandenen Mantelfehlerortungsgerät lokalisierbar. Aber

auch hier wird die klassische Messtechnik ausgebremst: mit dem Mantelfehlerortungsgerät kann man nur an komplett freigeschalteten Kabeln arbeiten, und dies ist zunehmend nicht möglich.

Hier hilft die Online-Schrittspannungsfunktion (Pat.) des NSG 7000 G/T:

Der Leistungsschalter versorgt wie üblich die Kunden; an der erdfühiligen Unterbrechungsstelle tritt ein Fehlerstrom in den Erdboden aus, der einen gewohnten Spannungstrichter entsprechend den Regeln der Physik erzeugt. Allerdings ist dieser Spannungstrichter mit den herkömmlichen Schrittspannungsmessgeräten nicht messbar, da diese auf die impulsartigen Signale der Mantelprüfgeräte bzw. Messwagensysteme abgestimmt sind.

Die Fernbedienung NSG 7000 RC-SV kann optional mit der Schrittspannungsfunktion ausgestattet werden und stellt somit zwei Geräte in einem Gehäuse dar: Schrittspannungsmessgerät und Fernbedienung.

Die Elektronik ist so gestaltet, dass sie in der Lage ist, den 50-Hz-Spannungstrichter zu lokalisieren (die herkömmlichen Signale klassischer Mantelfehlermessgeräte sind selbstverständlich auch messbar). Als Tüpfelchen auf dem i kann der Leistungsschalter die Netzspannung – für den Verbraucher kaum merklich – so modulieren, dass die Schrittspannungsmessung sich auch eine Richtungsinformation herausfiltern kann, die in regelmäßigem Rhythmus erscheint; somit ergibt sich ein Messvorgang für den Anwender, der der herkömmlichen Schrittspannungs-ortung sehr ähnlich ist, allerdings mit völlig anderer innovativer Technologie und während die Kunden versorgt sind! Eine Abschaltung ist nicht notwendig, so dass sich auch hier Abschaltminuten einsparen lassen.

6 Praxisbeispiele

Nach nunmehr mehr als vier Jahren Praxiserfahrung hat sich die innovative Technologie bewährt. Sie hilft, die Kosten zu senken sowie Abschaltzeiten und ermüdende Wartezeiten zu sparen.

Nachfolgend werden einige Anwendungsbeispiele beschrieben.

6.1 Praxisbeispiel 1: Durchschlag Phase-(PE)N

In *Bild 9* sind die Kurvenverläufe eines Lichtbogen-Fehlers Phase-PEN zu sehen.

Die Kurven im oberen Feld zeigen Spannungsverlauf (rot), Effektivwert (gelb) und Spitzenwerte (weiß) des Stromes. Beim Durchschlag entsteht eine Stromspitze, die Spannung wird abgeschaltet. Das Ereignis wird durch den violetten Ring gekennzeichnet und angeklickt. Unverzüglich erscheinen im mittleren Feld die Strom- und Spannungsverläufe mit hoher Auflösung. Es ist genau zu erkennen, dass die Spannung unmittelbar vor dem Durchschlag die positive Halbwelle durchläuft und kurz vor Erreichen des Maximums zusammenbricht: die Fehlerstelle wirkt hier wie eine Funkenstrecke. Im gleichen Moment springt der Spitzenstrom auf einen großen Wert (3630A) und verläuft konform mit der Sinusform der Netzspannung gegen Null (typischer Verlauf für einen Fehler Phase-PEN). Wird der Nullpunkt erreicht, schaltet die elektronische Sicherung ab. Das NSG speichert kontinuierlich in sehr schneller Folge Reflexionsbilder; diese werden durch die Punkte auf der gelben Stromkurve symbolisiert. Wenn man einen Punkt mit dem Cursor anklickt, erscheint unmittelbar im unteren Feld das zugehörige Reflexionsbild; dessen Linienfarbe entspricht der Cursorfarbe des ausgewählten Reflexionsbildes, so dass sich leicht die Zuordnung erkennen lässt.

Der Messtechniker wählt nun (empfohlen: zwei zur vergleichenden Bestätigung) Reflexionsbilder vor dem Durchschlag aus (= »Gesundbilder«) und während des Durchschlags (= »Fehlerbilder«). Die Reflexionsbilder werden automatisch übereinandergelegt; sie verlaufen deckungsgleich bis zur Fehlerstelle und laufen dann auseinander. Zur Bestimmung der Fehlerentfernung wird einer der beiden Cursor (rot, grün) mit der Maus/dem Touchpad auf die Verzweigungsstelle gesetzt; im zugehörigen Feld wird automatisch die Entfernung angezeigt, wobei das System die im entsprechenden Feld angegebene Impulslaufgeschwindigkeit zugrunde legt.

Dieser anschauliche Bedienvorgang ist der Bedienung des Reflexionsgerätes im Kabelmesswagen sehr

ähnlich und kann von jedem Messtechniker unmittelbar durchgeführt werden.

In diesem Beispiel ergibt sich eine Fehlerentfernung von 6,2 m.

6.2 Durchschlag Phase-Phase

In diesem Beispiel (*Bild 10*) erkennt man, dass der Strom nicht mit dem sinusförmigen Spannungsverlauf der angeschlossenen Phase auf Null geht, sondern im Moment des Durchschlags Phase-Phase springt und mit dem Verlauf der verketteten (Phase-Phase) Spannung auf Null geht.

Auswahl und Auswertung der Gesund- und Fehlerbilder erfolgt wie beim Fehler Phase-PEN; die Entfernung ergibt sich zu 65,6 m.

Interessant und wichtig ist, folgendes wahrzunehmen:

- Die Reflexionsbilder sind klar und anschaulich auswertbar; dies ist der Funktion der TDR-Brücke zu verdanken, mit deren Hilfe Fehler Phase-Phase im Reflexionsbild gleichermaßen gut erkennbar sind wie Fehler Phase-PEN. Ein Kabelmesswagen müsste dafür die Betriebsart des Reflexionsgerätes von Phase-PEN auf Phase-Phase umschalten, im NSG hingegen ist dies nicht erforderlich!
- Die Spannung der – ebenfalls in den Fehlerstrom einbezogenen – Nachbarphase bleibt erhalten; deren Schmelzsicherung brennt nicht durch. Stattdessen schaltet die mit ihrem besonderen Trägheitsverhalten ausgestattete Sicherungsfunktion des Leistungsschalters rechtzeitig ab. Dies bestätigt die Vorgehensweise und Philosophie, dass selbst bei Phase-Phase-Fehlern ein Leistungsschalter genügt, die anderen Phasenleiter können weiterhin über Schmelzsicherungen versorgt bleiben: eine Technologie, die eine wirtschaftliche Verwendung von Investitionsmitteln ermöglicht (siehe Abschnitt 6)!

6.3 Erhöhung der Ortungsgenauigkeit

Die Ortung der Reflexionsmessung im NSG 7000 G/T / LVGuard besitzt eine gute Auflösung von 0,4 m. Auf Anregung des Entwicklungspartners

sollte über das übliche Vorgehen mit dem Messwagen hinaus das hohe Potenzial an erreichbarer Genauigkeit allein mit der Reflexionstechnik genutzt und oftmals eine punktgenaue Ortung schon ohne Nachortungsmethoden erreicht werden können.

Dazu wurde eine Online-Entfernungsmarkierung, der sogenannte Positionsindikator, entwickelt. Dabei handelt es sich um eine Elektronik, die zwar bei Netzspannung »unsichtbar« bleibt, jedoch für die Reflexionsimpulse zwischen Kurzschluss- und Offenend-Reflexion hin- und herschaltet; für den Verbraucher ist dieser Vorgang nicht wahrnehmbar.

Durch diese Technik, ein quasi künstlicher angeschlossener Kabelfehler, lassen sich das Kabelende, aber auch besondere Punkte wie z. B. Abzweige und (zugängliche) Hausanschlüsse markieren und in einem bewusst initiierten Paket von Reflexionsbildern darstellen. Auf diese Weise werden übliche Unwägbarkeiten wie z. B. – gerade in Niederspannungsnetzen – stark abweichende Impulslaufgeschwindigkeiten oder Ungenauigkeiten der Streckendokumentation erkannt und eine bemerkenswert hohe Ortungsgenauigkeit erreicht.

7 Einphasig/Dreiphasig

Bei einem dreiphasigen Kabelnetz erscheint es zumindest auf den ersten Blick logisch, jede der drei Phasen mit einer elektronischen Sicherung bei einer aufgetretenen Störung abzuschalten und zu überwachen.

Während der Entwicklung im Hause MS-Technik gingen jedoch die Überlegungen dahin, ob es nicht mit einer intelligenten Lösung möglich sei, den hohen materiellen – und in der Konsequenz auch finanziellen – Aufwand zu umgehen. Damit könnten Budgets für Investitionen entlastet werden bzw. es wäre möglich, ein Budget effizienter zur Versorgung weiterer Betriebsstellen mit zwei weiteren Geräten zu nutzen. Eine solche Technologie müsste dann allerdings in der Lage sein, Fehlertypen sowohl Phase-PEN zu orten als auch Phase-Phase.

Die Lösung dazu wurde entwickelt und liegt in einigen Details:

- das NSG wird immer an derjenigen Phase installiert, bei der eine Sicherung durchgebrannt ist. Sollten

zwei Sicherungen durchgebrannt sein, wird es an einer der beiden angeschlossen. Vorsorglich werden die Schmelzsicherungen der anderen beiden Phasen ersetzt, um ein originales Trägheitsverhalten ohne vorgeschädigten Schmelzdraht zu gewährleisten.

- b) An die anderen beiden Phasen sowie am PEN wird ein kleines preisgünstiges Zubehör angeschlossen, die sogenannte TDR-Brücke. Mit dieser Technologie ergeben sich immer gut auswertbare Reflexionsbilder sowohl Phase-Phase als auch Phase-PEN.
- c) Der Leistungsschalter besitzt ein durch Firmware feinabgestimmtes Trägheitsverhalten, das etwas schneller ist als die übliche Trägheit der Schmelzsicherungen, jedoch träge genug, um große Einschaltströme z. B. von Motoren oder LED-Beleuchtungen von einem Kabelfehler zu unterscheiden.

Die Erfahrungen der Techniker, die das System NSG 7000 G/T seit mehreren Jahren einsetzen, zeigen, dass sich diese Technologie bewährt hat und funktioniert. Obwohl es im Prinzip möglich ist, drei Leistungsschalter NSG 7000 G/T an einem defekten Kabel einzusetzen, hat sich in der Praxis nie die Notwendigkeit dazu ergeben, dies tatsächlich auch zu tun!

In der Summe können die Geräte, von denen täglich viele an verschiedenen Orten eingesetzt sind, mittlerweile auf viele hundert Einsätze zur Versorgung und Fehlerortung blicken, so dass statistisch bereits hochwertige Erfahrungswerte vorliegen.

Somit können drei Geräte NSG 7000 G/T sehr ressourcenschonend jeweils einphasig an drei verschiedenen Standorten eingesetzt werden!

Ein weiterer Aspekt hat sich im Laufe der Jahre gezeigt: Kabelfehler in Niederspannungsnetzen neigen zu einer »Entwicklungsgeschichte«: Zunächst gibt es gelegentliche, durch kleine Defekte bedingte Lichtbögen Phase-Phase oder Phase-PEN; nicht zwingend brennt dabei sofort eine Sicherung durch, da der Lichtbogen innerhalb einer Halbwelle zünden und von selbst wieder erlöschen kann (mit dem NSG sind solche Stellen tatsächlich sichtbar und wurden auch geortet!). Nach und nach steigert sich der Grad der Verbrennungen an der Fehlerstelle, die Zone der Schädigung

weitet sich aus, und ein Phase-Phase-Fehler kann sich ergänzend zu einem Phase-PEN-Fehler ausweiten oder umgekehrt. Als geschickte und effiziente Vorgehensweise hat sich herausgestellt, das NSG 7000 G/T möglichst frühzeitig des Entwicklungsprozesses bereits nach dem ersten oder zweiten Durchbrennen der Schmelzsicherung einzusetzen.

8 Einführung im Unternehmen

Im ersten Schritt wird allgemein das NSG 7000 G/T beim Messwagen angesiedelt. Damit gewinnt der Messtechniker Erfahrungen, Routine und Vertrauen in die innovative Technologie. Er lernt auch, die vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten einzusetzen und wertzuschätzen. Allerdings muss der Messtechniker mit seinem Messwagen und dem NSG auch jeweils zur defekten Kabelstrecke fahren.

Bei kleinen Versorgungsgebieten mit einem kleinen Team von Technikern genügt im Allgemeinen ein Gerät und hilft schon, menschliche Ressourcen z. B. bei Einsätzen am Wochenende vor dem Hintergrund der Ruhezeiten zu schonen.

Bei größeren Gebieten mit weitergehender Arbeitsteilung stellt sich nach einiger Zeit die Erkenntnis heraus, dass das NSG 7000 G/T bereits von einem Netzmonteur eingesetzt werden kann, der das Gerät in Betrieb nimmt, anstatt eine neue Sicherung einzusetzen. Nach dieser Inbetriebnahme wird (ggf. über die Leitstelle) der Messtechniker in Bereitschaft informiert; er übernimmt die Betreuung des Gerätes aus der Ferne über die Websteuerung, kann das Gerät fernbedienen, die Messergebnisse bewerten und bereits eine erste Ortung vornehmen. Bei Bedarf bzw. wenn sich der Fehler weiterentwickelt hat, fährt er zur defekten Kabelstrecke und ortet den Fehler endgültig.

Die Architektur des Gerätesystems unterstützt eine solche Vorgehensweise: der Netzmonteur erhält (körperlichen) Zugang zum Leistungsschalter und der Inbetriebnahmefernbedienung. Diese vergleichsweise kostengünstige Ausstattung ist extrem einfach den Mitarbeiter entlastend in Betrieb zu nehmen: Einschalten, Sicherungsstärke am Drehknopf wählen, Taster zum Start des Betrieb drücken; der Rest geht automatisch. Die

Auswertung der Kurven übernimmt der Messtechniker mit seinem Know-how und seinen Erfahrungen; seine Websteuerung und die lokale vollwertige Fernbedienung können für viele Leistungsschalter des NSG-Systems verwendet werden.

Das als Entwicklungspartner fungierende Versorgungsunternehmen nutzt bereits seit längerer Zeit das Gerät in dieser zweiten Verbreitungs- bzw. Nutzungsphase mit dem Erfolg, dass ca. 40 % der Niederspannungsstörungen mit dem NSG 7000 G/T geortet werden und die Instandhaltungskosten deutlich zurückgefahren werden konnten.

9 Vertrieb

Das NSG 7000 G/T wird direkt vom Hersteller MS-Technik (www.ms-technik.eu) und ggf. Distributoren angeboten. Unter dem Namen LV Guard 250 ist das Gerät bei der Firma Baur (www.baur-germany.de) verfügbar.

manfred.schacht@mstechnik.eu

vertrieb@baur-germany.de

www.baur.eu/de

www.mstechnik.eu