

# Die grünen Seiten für die Aus- und Weiterbildung

# GIG

Inhalt 21/2007

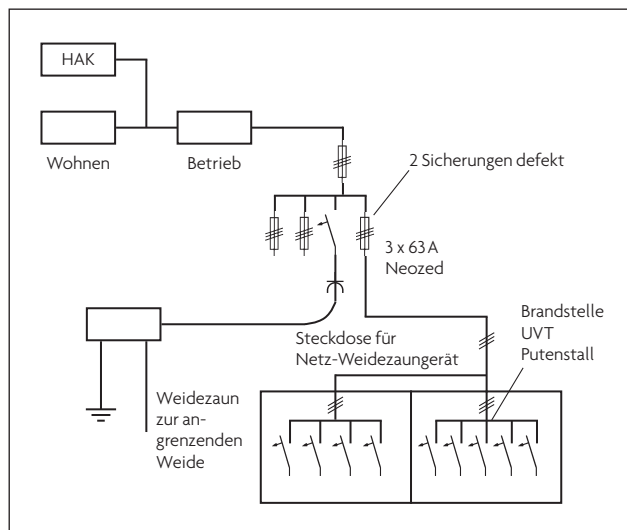
## Aus dem Alltag eines Sachverständigen

### Teil 5: Zu hohe Spannung auf Weidezaun

F. H. Triphaus

**Sachverständige werden immer dann gefragt, wenn andere Fachleute mit ihrem Latein am Ende angelangt sind. In diesem Fall sollte geklärt werden, ob ein Zusammenhang zwischen dem Tod eines Pferdes und dem Brand in einer Unterverteilung besteht.**

Nachts brannte die Unterverteilung in einem landwirtschaftlichen Gehöft so stark, dass die Kupferschienen teilweise geschmolzen sind. Die 63-A-Versicherungen für diese Unterverteilung befinden sich in der Hauptverteilung (Bild 1).



**Bild 1: Auf das Wesentliche reduzierter Stromlaufplan**

In der Nähe dieser Hauptverteilung gibt es auch einen Sicherungsautomat für die Licht- und Stromversorgung eines Geräteschuppens. In diesem Geräteschuppen ist ein für den 230-V-Anschluss vorgesehenes Weidezaungerät installiert. Das tote Pferd lag unter dem Weidezaundraht, etwa 100m vom Gebäude entfernt. Ein Tierarzt diagnostizierte einen Stromschlag.

Friedrich Helmut Triphaus, Sachverständiger für Elektrotechnik, Lindern

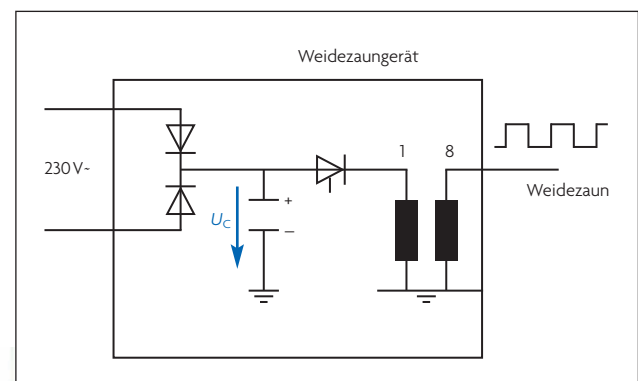
Es stellte sich nun die Frage, ob dieser Stromschlag über die Zaunanlage im Zusammenhang mit dem Brand in einer Unterverteilung stand, zumal zeitgleich die Spule eines Schützes einer Steuerung durchgebrannt ist und mehrere Glühlampen zerstört wurden.

### Funktionsweise eines Weidezaungeräts

Das hier eingesetzte Weidezaungerät bezieht die Energie über eine Schutzkontaktsteckdose aus dem 230-V-Netz. Die über zwei Dioden gleichgerichtete Netzspannung lädt einen Kondensator auf, der an der Primärwicklung eines Hochspannungs-Transformators anliegt (Bild 2). Dieser Kondensator wird – gesteuert über einen Thyristor – schnell entladen. Die Folge ist ein Spannungsimpuls an den Anschlüssen der Sekundärwicklung des Hochspannungs-Transformators, also an dem eigentlichen Weidezaun. Das soll die Tiere abschrecken.

Die Höhe dieses Spannungsimpulses hängt ab von...

- der am Kondensator anliegenden Spannung  $U_C$  (wenn 230V am Gleichrichter anliegt, ist  $U_C$  konstant) und
- vom Übersetzungsverhältnis des Hochspannungs-Transformators. Dieses Übersetzungsverhältnis liegt etwa bei 1 : 8. Das bedeutet: Wenn am Kondensator eine Gleichspannung in Höhe von 300V anliegt, beträgt sie über der Sekundärspule, also an der Zaunanlage, etwa das Achtfache, also 2400V. Sobald es allerdings auf der Netzseite zu einer Überspannung



**Bild 2: Schaltplan (stark vereinfacht) eines Weidezaungeräts**

kommt, wirkt sich das auch auf der Ausgangsseite eines Weidezaungerätes mit achtfacher Spannungserhöhung aus.

### Gab es bei dem Brand eine Überspannung?

Bei dem Brand, der vorwiegend im Bereich der Stromschienen unterhalb der Sicherungsautomaten wütete, ist ein erheblicher Strom geflossen. Dieser Strom muss aber kleiner als 315 A gewesen sein, sonst hätten die 63-A-Neozed-Schmelzsicherungen innerhalb von 0,2s angesprochen. (Hintergrund: Bei 63-A-Neozed-Schmelzsicherungen beträgt der K-Faktor etwa Fünf, also  $5 \cdot 63 \text{ A} = 315 \text{ A}$ . Das bedeutet, dass mindestens 315 A hätten fließen müssen, um eine derartige Sicherung schnell abzuschalten.)

315 A flossen aber nicht, jedenfalls nicht über einen längeren Zeitraum. Vielmehr hat sich über eine längere Zeit eine derartige Hitze entwickelt, so dass einige der Kupferschiene ausglühten, zum Teil schmolzen und sich in der Form veränderten. Bei einer Kupferschiene hat sich sogar eine Schweißperle gebildet (Bild 3). Hieraus kann man schließen, dass über einen längeren Zeitraum mal mehr, mal weniger hohe Ströme durch das Leitungsnetz flossen. Diese hohen Ströme induzieren in den benachbarten Leitern eine hohe Spannung, die der angelegten Netzspannung noch überlagert wird (Induktionsprinzip).



**Bild 3: Durch Hitze geschmolzene Kupferschiene sowie typische Perlenbildung durch Hitze**

Derartige Spannungsspitzen sind zwar nicht ungewöhnlich, sie kommen gerade beim Schalten größerer Lasten vor – dann allerdings nur über kurze Zeit.

In diesem vorliegenden Fall müssen über einen längeren Zeitraum (schätzungsweise 10 min ... 30 min) derartige Spannungsspitzen in die Zuleitung des Weidezaungerätes eingekoppelt worden sein. Damit lag diese höhere Spannung letztendlich auch am Weidezaun für längere Zeit an.

## Technisches Englisch

### Solar cells brave desert heat and snow

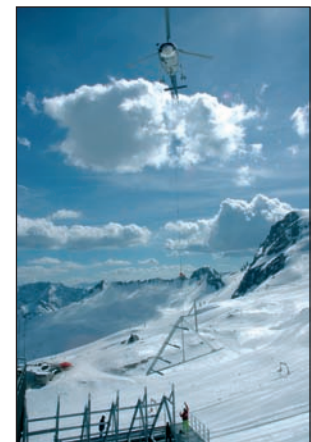
Christiane Decker

**Solarmodule müssen einiges aushalten: UV-Strahlung, Regen, Schnee, Hitze. Wo sich die Schwachstellen der Module verstecken, sollen nun Außenbewitterungsanlagen in extremen Klimagebieten zeigen.**

Manufacturers usually provide a warranty of 20 or 25 years on solar modules. How resistant are they to snow, salt-laden sea winds, arid deserts or humid tropical climates? Researchers from the Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE in Freiburg have set up outdoor weathering stations at a variety of sites where solar cells can be exposed to extreme climatic conditions: heat and a wide fluctuation between day and night temperatures in the Negev desert, Israel; snow, high winds and intense UV radiation at the top of the Zugspitze, Germany's highest mountain; combined heat and humidity in Serpong, Indonesia; and corrosive sea air on the island of Gran Canaria.

The outdoor stations will also be used to validate results of tests in a unique environmental simulation chamber currently under construction in Freiburg. Tests on solar modules are due to start here in spring 2008. The chamber intensifies the climatic conditions, enabling weak points in the modules to be detected sooner. It works on the basis of fluorescent lamps, which simulate the sun's UV radiation without generating as much heat as conventional Xenon lamps.

to brave (breiv) trotzen, widerstehen  
to provide (prə'vaɪd) hier: geben, gewähren  
warranty ('wɒrənti) Garantie  
resistant (rɪ'zɪstənt) widerstandsfähig  
salt-laden sea winds (sɔ:lt'leɪdn si: wɪndz) salzige Meeresluft  
arid ('æɪɪd) trocken  
humid ('hju:mɪd) feucht  
to set up (set ʌp) aufbauen  
weathering station ('weðərɪŋ 'steɪʃən) Wetterstation  
at a variety of sites (ət ə və'raɪəti əv saɪt) an verschiedenen Orten  
to be exposed to (ɪk'spəʊzd tə) etwas aussetzen  
extreme (ɪk'stri:m) extrem, äußerst  
climatic conditions (klaɪ'mætɪk kən'dɪʃənz) klimatische Bedingungen  
wide fluctuation (waɪd 'flʌktʃueɪʃən) ausgeprägte Schwankung  
UV radiation (ju:vi: 'reɪdi'eɪʃən) UV-Strahlung  
to validate ('vælɪdeɪt) bestätigen  
unique (ju:'ni:k) einmalig  
environmental simulation chamber (ɪn,vaiərən'mentəl 'sɪmjʊ'leɪʃən 'tʃeɪmbə) Umweltsimulationskammer  
under construction ('ʌndə kən'strʌkʃən) im Bau befindlich  
to be due to start (dju: tə stɑ:t) wird beginnen  
spring (sprɪŋ) Frühjahr  
to intensify (ɪn'tensɪfaɪ) verschärfen  
weak points (wi:k pɔɪntz) Schwachpunkte  
to be detected (dɪ'tektɪd) erkannt werden



Quelle: Fraunhofer-Gesellschaft

Dipl.-Ing. (FH) Christiane Decker, Redaktion »de«, nach Unterlagen der Fraunhofer Gesellschaft

## Aus der Praxis: Fehlerhafte Elektroinstallationen [ 20 ]

Christiane Decker

Vom selbstgemachten Wechselstromanschluss über einen zweckentfremdeten Kochtopf bis hin zur schrottreifen Lichterkette reicht in diesem Teil des Beitrags die Palette an Aufnahmen, die aufmerksame Elektrohandwerker aufgespürt und zu unserem Fotowettbewerb »Aufgepasst und mitgemacht« eingereicht haben.

Die von *Rolf Mainers* aus Bochum gefundene Installation wurde bei einem E-Check entdeckt (Bild 129) und zeigt, wie er schreibt, den Anschluss einer EDV-Anlage.



Quelle: Mainers

**Bild 129: Mehr als abenteuerlicher Anschluss einer EDV-Anlage**

Bei Erdarbeiten wurde Elektrotechniker *Manfred Ruthe*, Fockbek, zur Begutachtung eines sonderbaren Kochtopfes mit Kabeln gerufen. Zu der Aufnahme (Bild 130) schreibt er: »Dieser Kochtopf, mit Teer verfüllt, diente als Kabelmuffe und war vermutlich mehrere Jahrzehnte im Erdreich in Betrieb.«



Quelle: Ruthe

**Bild 130: In der Erde vergrabener, mit Teer gefüllter Kochtopf, der als Kabelmuffe diente**

Dr.-Ing. *Herbert Bessei* aus Bad Kreuznach hat auf seinem Weg in den Urlaub, genauer gesagt auf dem Mainzer Hauptbahnhof (Bild 131), »... eine abenteuerliche Installation ent-

Dipl.-Ing. (FH) *Christiane Decker*, Redaktion »de«  
Fortsetzung aus »de« 18/2007, S. 91



Quelle: Bessei

**Bild 131: Fliegende, also ungeschützt verlegte Leitung auf dem Mainzer Hauptbahnhof**

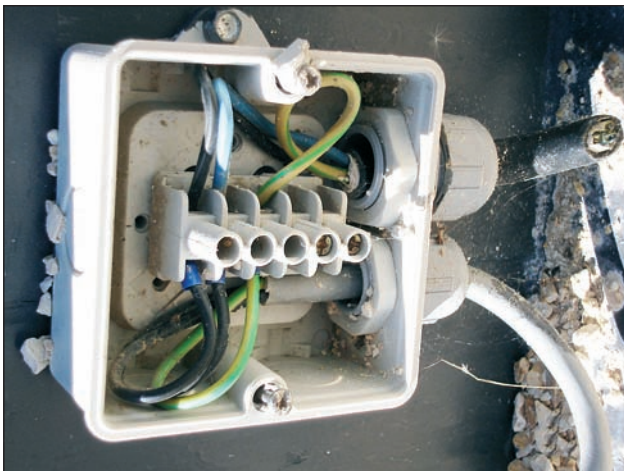
deckt, wie man sie sonst nur aus technisch unterentwickelten Ländern kennt. Es handelt sich um freifliegende Leitungen auf dem Bahnsteig, die nicht nur den Attacken von potenziellen Vandalen, sondern auch dem Anstoß von Gepäckwagen oder stabilen Rollkoffern ungeschützt ausgesetzt sind. Es gab auch keine Anzeichen dafür, dass eventuell noch daran gearbeitet würde. Offenbar war die Installation bereits »fertiggestellt«.

*Michael Rathing* sandte uns mit Bild 132 eine Aufnahme von einem »dreiarmligen Octopus«, wie er schreibt.



Quelle: Rathing

**Bild 132: Fachwissen gehört zweifelsohne dazu, sich auf solche Art und Weise von einer Drehstromsteckdose die benötigte Wechselspannung zu generieren; trotzdem dürfte diese Bastelarbeit nicht mit den Normen in Einklang zu bringen sein**



Quelle: Dietz

**Bild 133:** Abzweigdose, bei der der Deckel fehlte und das unter Spannung stehende Erdkabel frei liegt



Quelle: Dietz

**Bild 134:** Unzureichende Befestigung des Schutzleiters an der Erdungsanschlusschraube

Gerhard Dietz aus Weinsberg beteiligt sich gleich mit zwei Aufnahmen von fehlerhaften Elektroinstallationen an unserem Fotowettbewerb. Auf dem Bild 133 ist eine Abzweigdose ohne Deckel zu sehen, bei der außerdem das unter Spannung stehende

**FOTOWETTBEWERB**

Auf Grund des großen Interesses läuft der Fotowettbewerb unter dem Motto »Aufgepasst und mitgemacht« bei »de« nun weiter. Gesucht werden Fotos (Digitalfotos/Papierabzüge) von fehlerhaften Elektroinstallationen in Deutschland. Für Bilder, die veröffentlicht werden, erhält der Absender ein kleines Dankeschön. Bitte vermerken Sie kurz und präzise den Fehler und teilen Sie uns auch Ihren Namen und Ihre Anschrift mit.

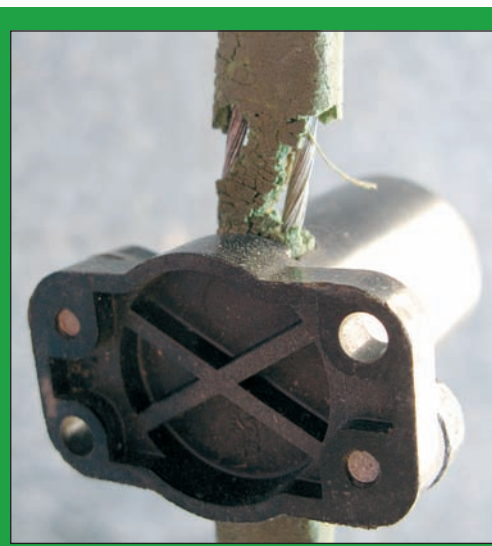
Senden Sie die Fotos bitte an:  
 Redaktion »de«  
 Aufgepasst und mitgemacht  
 Lazarettstraße 4  
 80636 München  
[decker@de-online.info](mailto:decker@de-online.info)



hende Erdkabel nicht abgeklemmt, sondern einfach abgeschnitten wurde. Bild 134 zeigt eine Erdungsanschlusschraube, wobei die Erdungsleitung unzureichend befestigt ist.

Volker Müller von der Fachhochschule Coburg schickt uns Aufnahmen von einer Lichterkette (Bild 135) und berichtet dazu: »Unser Verein ([www.spielplatz-alexanderhuetten.de](http://www.spielplatz-alexanderhuetten.de)) erhielt als Spende eine gebrauchte Lichterkette. Laut Spender lag diese Kette zwar 'einige Jahre im Keller, ist aber noch einwandfrei zu gebrauchen'. Da die Lichterkette wohl jahrelang Wind und Wetter schutzlos ausgesetzt war, befand sie sich – ganz im Gegenteil – in miserablen Zustand: Die Isolation war völlig brüchig, sodass an vielen Stellen schon die Kupferleiter zu sehen waren. Beim Knicken oder Verdrehen zerfiel die Isolierung endgültig in kleine grüne Brösel und die Leiter kamen zum Vorschein. Auch waren viele Fassungen zerbrochen, sodass man die E14-Gewinde der eingeschraubten Leuchtmittel berühren konnte. Die ganze Kette bestand zudem aus insgesamt vier Teilen, die mit Reihenklemmen oder durch einfaches Verdrillen und leichtes Umwickeln mit Isolierband verbunden waren. Gerade im Bereich (Effekt-) Beleuchtung habe ich schon so manche durch Laien gebastelte Installation gesehen, bei denen man sich wundert, dass noch keiner zu Schaden gekommen ist.«

(Fortsetzung folgt)



Quelle: Müller

**Bild 135:** Völlig unbrauchbare Lichterkette

# Einsatz moderner Leistungsschalter

## Teil 2: Auslösemechanismen und Planung der Einspeisung

Jörg-Rainer Wurdak

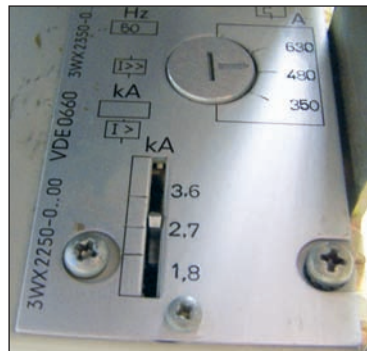
Im letzten Teil des Beitrags lernte Elektrotechnikmeister Sven Meisterlich nicht nur die wichtigen Eigenschaften von Leistungsschaltern kennen, sondern auch deren Aufbau und Kenngrößen. Bevor er nun zusammen mit seinem Freund einen Projektvorschlag für eine erweiterte Einspeisung erstellt, werden ihm erst noch die Auslösemechanismen erklärt.

### Die Auslösemechanismen bei Leistungsschaltern

Die Auslösemechanismen bei älteren Leistungsschaltern sind die gleichen wie bei Leitungsschutzschaltern, nämlich:

- thermischer Auslöser mit einem Bimetall für den Überlastschutz und
- elektromagnetischer Auslöser mit einer Spule für den Kurzschlusschutz (Bild 5).

Der Überlastauslöser lässt sich bei Leistungsschaltern immer einstellen. Je nach Anwendung sind auch welche mit einstellbarem Kurzschlussauslöser erhältlich. Auch moderne Leistungsschalter werden mit solchen klassischen Auslösern angeboten, die preiswert sind und für bestimmte Anwendungen reichen.

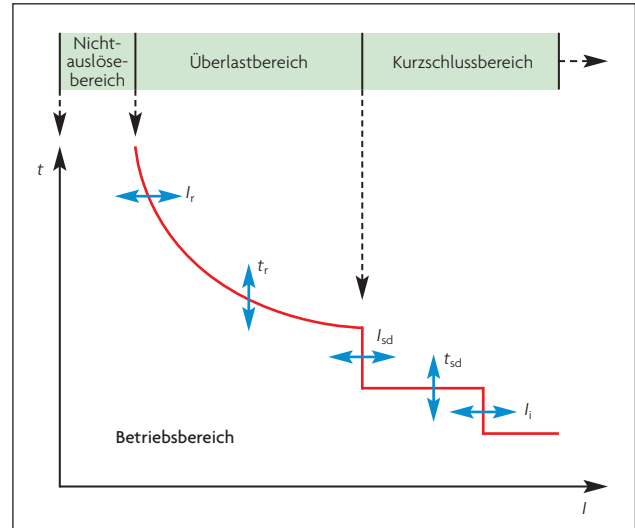


**Bild 5: Einstellbare Auslösemechanismen eines älteren Leistungsschalters**

Stand der Technik sind aber elektronische Auslösesysteme. Z.B. ist der Leistungsschalter »NZMN 3« damit ausgestattet. Durch die hier vielfäl-

Dipl.-Ing. Jörg-Rainer Wurdak arbeitet als Fachlehrer am Bundes-technologiezentrum für Elektro- und Informationstechnik in Oldenburg (bfe)

Fortsetzung aus »de« 20/2007, S. 99



**Bild 6: Allgemeine Auslösekennlinie mit Einstellmöglichkeiten**

tigen Einstellmöglichkeiten (Parametrierung) lässt sich der Leistungsschalter gut an die spezifischen Schutzaufgaben und Betriebsbedingungen anpassen. Stromwandler übermitteln der Auswertelektronik die im Lastkreis auftretenden Strom- und Zeitgrößen. Die Elektronik löst im Störfall das Schaltschloss aus. Neben den Schutzfunktionen ermöglicht die Elektronik auch Sonderfunktionen. Über eine Datenschnittstelle können Diagnose- und Betriebsdaten angezeigt und ausgewertet sowie der Leistungsschalter parametrierung und gesteuert werden.

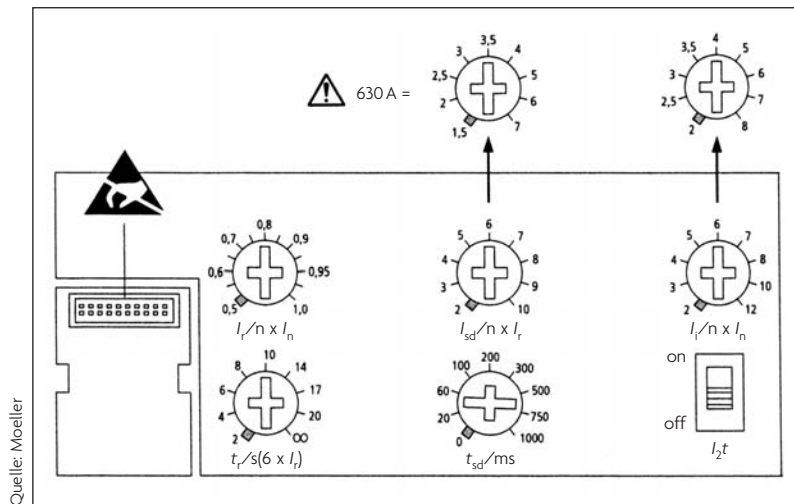
Elektromeister Sven Meisterlich interessiert sich nun eher für den praktischen Einsatz, also für die konkreten Einstellmöglichkeiten von Auslösebaugruppen. Dazu skizziert sein Freund Wim Weise zunächst die allgemeine Auslösekennlinie eines Leistungsschalters (Bild 6) und erläutert Verlauf und Kenngrößen. Dazu zieht er die Beschreibung der Einstellwerte vom Hersteller heran (Tabelle 4). Alle unter bzw. links der roten Kennlinie liegenden Strom- und Zeitwerte gehören zum Betriebsbereich des Leistungsschalters. Wenn Strom- und Zeitwerte die Kennlinie erreichen, löst der Leistungsschalter aus (Auslösestrom, Auslösezeit).

Der Überlastbereich hat eine stetige Strom-Zeit-Charakteristik. Bei kleinen Überlastströmen ist die Auslösezeit lang, bei größeren kürzer.

### Beschreibung der Einstellwerte

Formelzeichen Kenngröße	altes Formelzeichen	Bedeutung
$I_n$	$I_n$	Bemessungsstrom des Leistungsschalters
$I_r$	$I_r$	Einstellwert der stromabhängig verzögerten Überlastauslösung (eingestellter Betriebsstrom)
$t_r$	$t_r$	Verzögerungszeit der Überlastauslösung bei $6 \cdot I_r$
$I_i$	$I_{r,m}$	Einstellwert der unverzögerten Kurzschlussauslösung
$I_{sd}$	$I_{r,mv}$	Einstellwert der kurzzeitverzögerten Kurzschlussauslösung
$t_{sd}$	$t_{r,mv}$	Verzögerungszeit der Kurzschlussauslösung $I_{sd}$
$\beta t$	$\beta t$	Durchlassenergie (konstant)

**Tabelle 4: Einstellgrößen von Auslösebaugruppen**



**Bild 7: Elektronischer Auslöser eines modernen Leistungsschalters**

Im Kurzschlussbereich muss der Überstrom immer möglichst schnell abgeschaltet werden. Hat dieser Strom unterschiedliche Werte, bleibt die Abschaltzeit nahezu konstant klein (waagerechte Kennlinie).

»Wie stelle ich nun mein Abschaltverhalten ein?«, fragt Sven dazwischen. Wim lässt sich nicht aus der Ruhe bringen, nimmt eine Vorlage des Herstellers zur Hand (Bild 7) und fährt fort: »Üblicherweise wird der im Strompfad des Leistungsschalters zu erwartende Betriebsstrom  $I_r$  eingestellt. Nehmen wir an, in der Einspeisung der Werkhalle bei Supermetall erwarten wir bis zu 500 A. Dafür sind Stromschienen, Kabel und Leitungen ausgelegt. Unser Schalter NZMN 3 hat einen Bemessungsbetriebsstrom  $I_n$  von 630 A. 500 A sind rund 80% von 630 A. Das stellen wir als erstes am elektronischen Auslöser links oben ein. Dieser Wert  $I_r = 500 A$  ist praktisch die obere Grenze des Nichtauslösebereiches. Der Überlastbereich beginnt bei  $1,05 \cdot I_r$ , also bei 525 A. Bei diesem Wert darf der Leistungsschalter laut Norm erst nach 2 h auslösen. Darüber hinaus lässt sich der Verlauf der stetigen Überlastkennlinie mit  $t_r$  variieren. Diese Einstellmöglichkeit wird z. B. beim Motorschutz genutzt, wenn Scheranlauf vorliegt, also Anlaufzeiten von über 15 s zu erwarten sind. Die links unten eingestellte Abschaltzeit bezieht sich auf einen Anlaufstrom von  $6 \cdot I_r$ , also 3 kA. Einen solchen großen Motor wird es aber bei Supermetall sicher nicht geben. Für den Kurzschlussbereich haben wir drei Einstellmöglichkeiten sowie die  $I^2t$ -Option für Selektivitätsprobleme mit Schmelzsicherungen. Was davon notwendig ist und eingestellt wird, richtet sich nach dem Schutzobjekt,

den Kurzschlussstromwerten der Anlage und Selektivitätsanforderungen.« Für den unverzögerten Kurzschlussstrom  $I_i$  gibt es Richtwerte (Tabelle 5).

Sven gibt seinem Freund zu verstehen, dass er nun mit der Theorie vertraut ist. Jetzt heißt es für beide, vor Ort die bestehende Anlage zu besichtigen und die Erweiterungen einzuarbeiten.

### Die Aufgabenstellung

Sven und Wim treffen sich mit Ingo Isenstein, dem technischen Geschäftsführer der Fa. Supermetall, der zunächst die geplanten Erweiterungen für seine neue Fertigungsstraße vorstellt. Die Fertigungsstraße soll in Halle 2 aufgebaut werden und aus folgenden Komponenten bestehen:

- eine Erwärmungsanlage für Metallteile (Drehstromanschluss 400 V, 50 Hz, 120 A)
- ein Großantrieb (Drehstrommotor 45 kW, 400 VΔ, 81 A, 50 Hz) samt Steuertransformator
- eine Verarbeitungsmaschine für Metallteile (Drehstromanschluss 400 V, 50 Hz, 70 A)

Für diese neuen Anlagenkomponenten ist jeweils eine separate Netztrenneinrichtung (Anlagenhauptschalter) im Bereich der Halleneinspeisung vorzusehen. Die Maschinenlieferanten hatten Ingo Isenstein darauf hingewiesen, dass durch die Einbindung der neuen Bearbeitungsmaschinen Probleme mit der vorhandenen elektrischen Einspeisung entstehen können. Sven und Wim sollen also die elektrische Einspeisung genauer analysieren und einen Lösungsvorschlag erarbeiten. Es ist geplant, dass sich Wim um die exakte Projektierung kümmert und Sven mit seinen Mitarbeitern den Umbau und die Erweiterung der Einspeisung realisiert.

### Bestandsaufnahme vor Ort

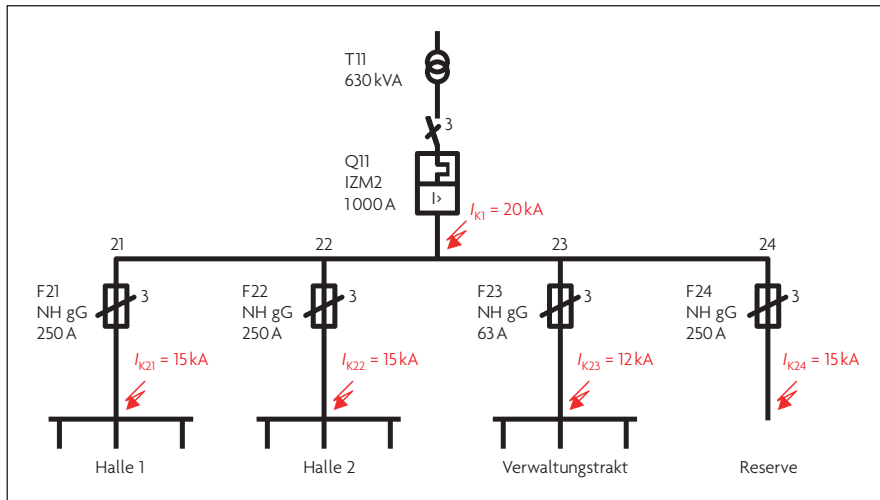
Der Auftraggeber zeigt den beiden Elektrikern Übersichtsschaltpläne der Elektroenergieversorgung seiner Firma (Bild 8). Sven erkennt sofort, dass in der Firma ein eigenes Niederspannungsnetz existiert. Der 630-kVA-Einspeisetransformator T11 stellt sekundärseitig 400 V/230 V mit maximal 909 A (Bemessungsstrom des Transformators) pro Außenleiter für die gesamte Firma zur Verfügung, denn:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{630 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 909 \text{ A}$$

### Richtwerte für den Kurzschlusschutz

Einsatzgebiet	$I_i$ Einstellung	$I_{sd}$ Einstellung	$t_{sd}$ Einstellung
direkter Anlagen-/Leitungsschutz	$5 \dots 10 \cdot I_n$	meist nicht notwendig	meist nicht notwendig
selektiver Anlagenschutz	$5 \dots 10 \cdot I_n$	meist notwendig	meist notwendig
Motorschutz	$8 \dots 14 \cdot I_n$	meist nicht notwendig	meist nicht notwendig ( $t_r$ beachten)
Transformatorschutz	$10 \dots 14 \cdot I_n$	meist notwendig (Rush-Effekt)	meist notwendig (Rush-Effekt)
Generatorschutz	$2 \dots 4 \cdot I_n$	bei Kurzschlussüberbrückung notwendig	bei Kurzschlussüberbrückung notwendig

**Tabelle 5: Einstellungen für den Kurzschlusschutz**



**Bild 8: Einspeisung bei der Fa. Supermetall vor der Erweiterung**

Als Einspeiseschalter der Gesamtanlage dient der Leistungsschalter Q11 mit  $I_n = 1000\text{ A}$ . Bei diesem eingesetzten Typ lassen sich  $I_r$ ,  $I_{sd}$ ,  $t_{sd}$  und  $I_1$  einstellen<sup>1)</sup>.

Projektierungsingenieur Wim stellt fest: »Die Werte der größten unbeeinflussten, also unbegrenzten Dauerkurzschlussströme  $I_k$  am Einbauort der Schaltgeräte sind angegeben. Das ermöglicht eine Selektivitätsabschätzung für den Kurzschlussfall und hilft bei der Auswahl zusätzlicher Leistungsschalter hinsichtlich des Schaltvermögens  $I_{cu}$  oder  $I_{cs}$ .« Der Schaltplan zeigt die Abgänge (21 ... 24) von Q11 zu den Gebäuden. Als Abgangssicherungen von Q11 bzw. Einspeisesicherungen der jeweiligen Gebäude dienen NH-Schmelzsicherungen.

1) Bedeutung der Kenngrößen siehe »de« 20/2007, S. 99ff.

Sven bemerkt: »Vom ungenutzten Reserveabgang 24 mit aktueller Absicherung in Höhe von 250 A werden wir was für Halle 2 abzwacken müssen. Maximal 250 A ist der gegenwärtige Bedarf von Halle 2. Dazu kommen noch für die Halle wegen der Erweiterung mindestens 270 A. Das macht 520 A.« Somit ergibt sich eine Strombilanz ohne Reduzierung durch Gleichzeitigkeitsfaktoren für T11, Q11 von:

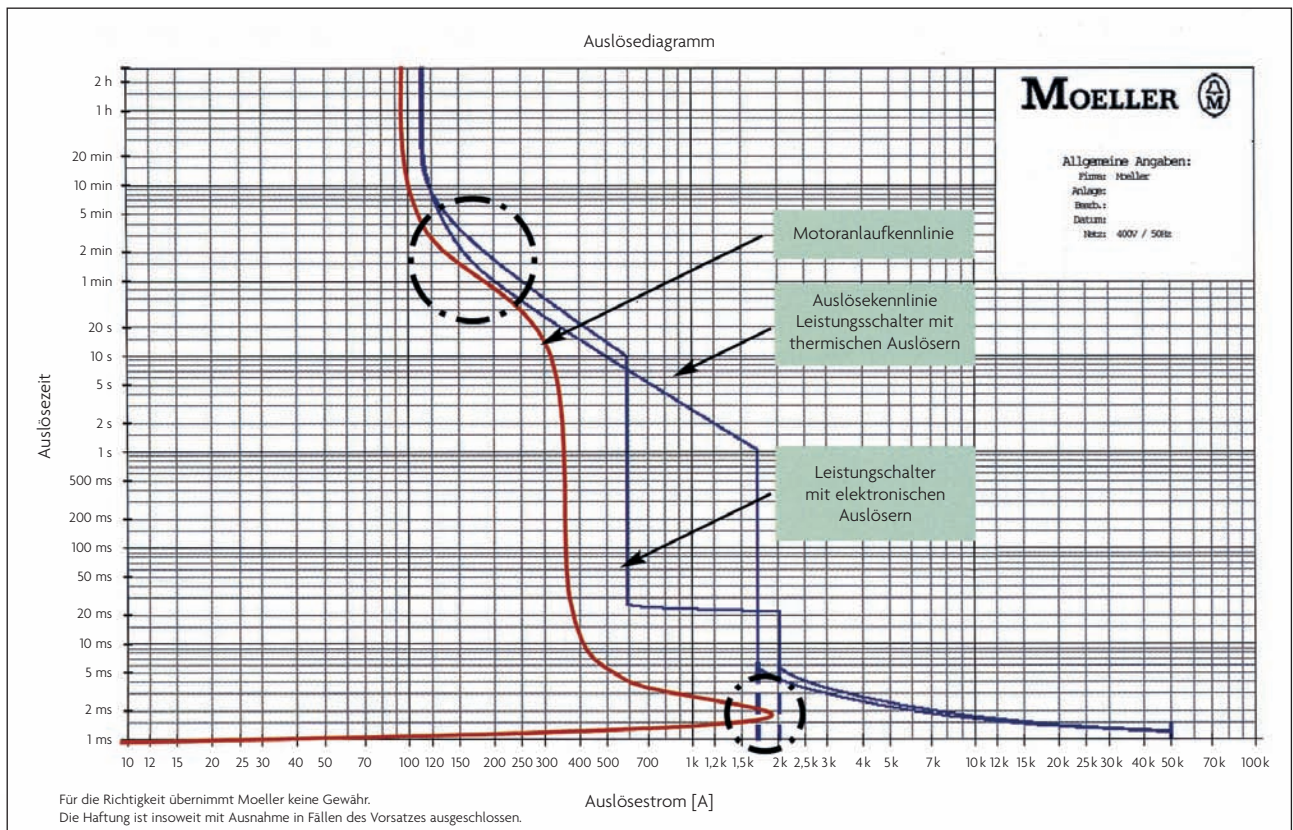
- Halle 1: 250 A
- Halle 2 erweitert: 520 A
- Verwaltungstrakt: 63 A

Das heißt insgesamt 833 A. Für den Reserveabgang bleiben dann maximal 76 A (denn  $909\text{ A} - 833\text{ A} = 76\text{ A}$ ).

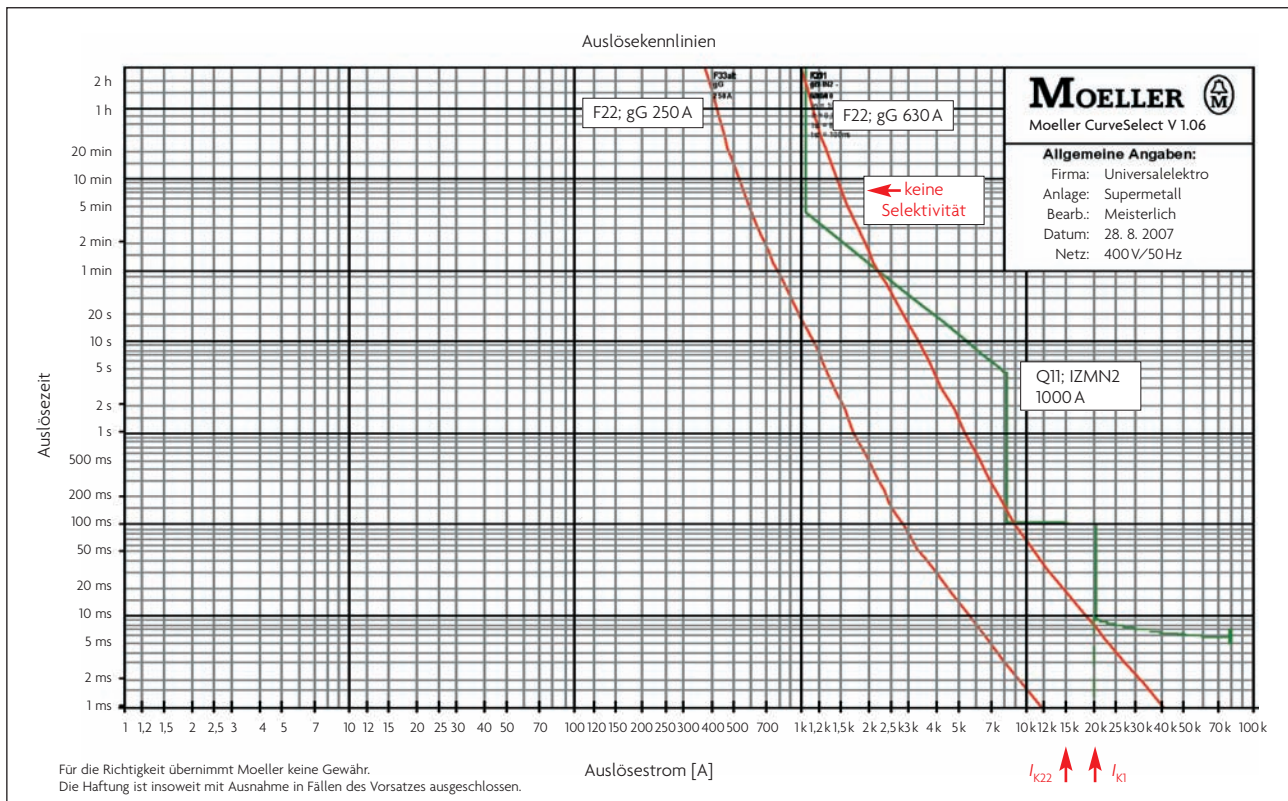
Hier wäre eine neue 63-A-Absicherung sinnvoll. »Das hieße für die nun auf 520 A erweiterte Halle 2, dass der nächste Bemessungsstromwert einer NH-Schmelzsicherung 630 A wäre«, sagt Sven und Wim sagt nach kurzer Überlegung dazu: »Der 1-kA-Leistungsschalter Q11 und die nachzuschaltende 630-A-Schmelzsicherung für die erweiterte Halle 2 unterscheiden sich in ihren Bemessungsströmen zu wenig. Das kann Probleme hinsichtlich der Selektivität bereiten.«

### Die Selektivität im Griff

Planer Wim hat eine Lösung parat. Von der Herstellerfirma des Einspeiseschalters Q11 gibt es ein computergestütztes Kennlinienprogramm, mit dem man das Auslöseverhalten von



**Bild 9: Kennlinienprogramm zum Feststellen des Auslöseverhaltens**



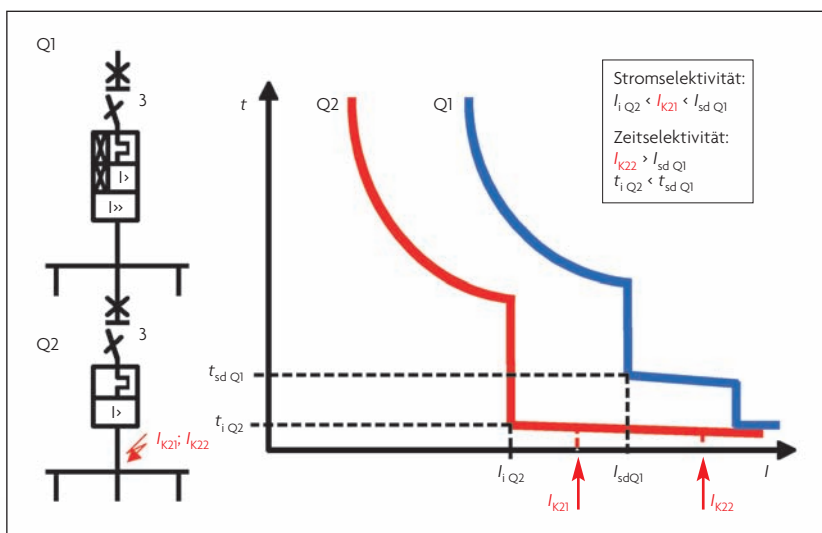
**Bild 10: Leistungsschalter mit nachgeschalteter Schmelzsicherung**

Schutzeinrichtungen simulieren kann. Damit lassen sich die Auslösekennlinien untereinander und mit dem Strom-Zeit-Verhalten anderer Betriebsmittel, z.B. Motore, vergleichen (Bild 9). So kann man also das Selektivverhalten und die Betriebssicherheit (betriebsmäßige Überströme sollen keine Auslösung bewirken) abschätzen. Wim holt sein Laptop hervor, auf dem das Kennlinienprogramm gespeichert ist, und gibt Q11 mit den eingestellten Kennwerten ein sowie die vorhandene 250-A-Schmelzsicherung F22 und die geplante 630-A-Schmelzsicherung (Bild 10). »Da siehst du es. Die geplante F22 ist in bestimmten Strombereichen nicht selektiv zu Q11, auch wenn ich die Einstellmöglichkeiten von Q11 ausschöpfe«, sagt Wim.

Hierzu muss Sven noch mal nachfragen, was das mit der Selektivität genau auf sich hat. Das erläutert Wim gerne. Bei

zueinander selektiv abgesicherten Stromkreisen soll nur der Stromkreis abgeschaltet werden, in dem der Fehler auftritt (Überlast- oder Kurzschlussstrom). In Reihe geschaltete Schutzeinrichtungen sind also vom Bemessungswert oder von den Einstellungen ihrer Kennwerte her so auszuwählen, dass nur die Schutzeinrichtung auslöst, die dem Fehlerort am nächsten liegt. Ungestörte Stromkreise bleiben somit in Betrieb, da die Hauptsicherung nicht auslöst.

Speziell bei Schutzeinrichtungen mit elektromechanischen Schaltern unterscheidet man noch in Strom- und Zeitsелеktivität (Bild 11). In Bild 11 ist Q2 zu Q1 selektiv, da die Auslösekennlinie von Q2 generell links neben und unter der von Q1 liegt. Hinter Q2 an seinem Einbauort treten zwei verschiedene Kurzschlussströme auf:



**Bild 11: Prinzip Strom- und Zeitsелеktivität**

- $I_{k21}$  liegt über dem Einstellwert der unverzögerten Kurzschlussauslösung  $I_i$  von Q2 – also löst Q2 aus.  $I_{k21}$  liegt aber unter dem Einstellwert der kurzzeitverzögerten Kurzschlussauslösung  $I_{sd}$  von Q1 – demzufolge löst Q1 (wie es sein soll) nicht aus.
- Im zweiten Fall ist  $I_{k22}$  größer als  $I_i$  und  $I_{sd}$ . (Ohne die eingestellte Verzögerungszeit  $t_{sd}$  von Q1 würden die Kennlinien fast zusammen fallen. Welcher Leistungsschalter bei  $I_{k22}$  auslöst, ist ungewiss – hier ist also keine Selektivität gegeben.) Durch das Einstellen der Kurzzeitverzögerung  $t_{sd}$  liegt die Kennlinie von Q1 deutlich über der von Q2. Q2 ist also viel schneller und nur er löst (wie es sein soll) bei  $I_{k22}$  aus.

(Fortsetzung folgt)