Die grünen Seiten für die Aus- und Weiterbildung

GiG

Inhalt 13-14/2007

105 **Elektroinstallation**
Abschaltbedingungen im TN-System

107 **Elektroinstallation**
EMV-gerechte Elektroinstallation [2]

109 **Informationstechnik**
LWL in LAN-Datennetzen [3]

112 **Technisches Englisch**
Energy guzzlers exposed

Abschaltbedingungen im TN-System

Reinhard Soboll

Dieser Beitrag geht auf die Anfrage eines Lesers zurück, der meint, Diskrepanzen bei den Abschaltbedingungen im TN-System zwischen DIN VDE 0100 Teil 410 und DIN VDE 0100 Teil 610 festgestellt zu haben.

Fragestellung

Bei einer Diskussion mit Lehrern an einer beruflichen Schule wurden Bedenken bei der Beurteilung der Abschaltbedingungen im TN-System geäußert. Unsere Schüler müssen die Abschaltbedingungen im TN-System

- beschreiben und
- in der praktischen Prüfung messen und beurteilen können.

In DIN VDE 0100 Teil 410 und in DIN VDE 0100 Teil 610 werden scheinbar unterschiedliche Werte für die Schleifenimpedanz Z_S und I_K gefordert. Um diese Diskussion um die Bewertung von Z_S und I_K zu beenden, bitte ich um Ihre Meinung zu diesem Thema.

Ich versuche, die umstrittene Sachlage an einem Beispiel aufzuzeigen. Ich bin mir bewusst, dass eine in der Praxis gemessene Schleifenimpedanz $>1{,}5\,\Omega$ in normalen Anlagen immer auf einen Fehler hindeuten kann und eine kritische Untersuchung der Anlage angebracht ist. Im Beispiel sollen nur die für den Schüler (Prüfling) widersprüchlichen Ergebnisse aufgezeigt werden.

DIN VDE 0100 Teil 410 ist für die Abschaltbedingung im TN-System unter 413.3.3 zu entnehmen:

- $Z_S \cdot I_a \leq U_0$ daraus folgt $Z_S \leq U_0/I_a$
- Der Kurzschlussstrom $I_K = U_0/Z_S$ muss im Fehlerfall größer sein als der Auslöse- oder Abschaltstrom I_a der Überstrom-Schutzeinrichtung ($I_K > I_a$).

Beispiel: Für einen Steckdosenstromkreis – abgesichert mit einem LS-Schalter Typ B $I_n = 13\,A$ – berechnet man bei $U_0 = 230\,V$:

$$Z_S \leq U_0/I_a = 230\,V/(5 \cdot 13\,A) = 3{,}54\,\Omega$$

Bei einem angenommenen Fehlerfall mit beispielsweise $U_0 = 230\,V$ und $Z_S = 2{,}5\,\Omega$ würde (z.B. bei einem Körperschluss mit vernachlässigter Impedanz) ein Kurzschlussstrom in Höhe von

$$I_K = U_0/Z_S = 230\,V/2{,}5\,\Omega = 92\,A$$

fließen und den LS-Schalter in der geforderten Abschaltzeit von $t_a = 0{,}4\,s$ abschalten ($I_K > I_a$; $I_K > 5 \cdot I_n$). Damit wären die Abschaltbedingungen nach DIN VDE 0100 Teil 410 erfüllt.

In DIN VDE 0100 Teil 610 wird unter E 612.6.3 eine gemessene Schleifenimpedanz gefordert mit:

$$Z_S \leq {}^2/_3 \cdot (U_0/I_a)$$

Ist hier in DIN VDE 0100 Teil 610 der Wert um ein Drittel verringert, um ggf. die Widerstandserhöhung mit steigender Leitertemperatur oder auch durch den evt. größeren Messfehler bei speziellen Messgeräten zum Prüfen der Schutzmaßnahmen zu berücksichtigen?

Muss der gemessene Kurzschlussstrom entsprechend der um ein Drittel verringerten Schleifenimpedanz um ein Drittel erhöht werden, damit man aus dem gemessenen Wert des Kurzschlussstromes eine ordnungsgemäße Abschaltbedingung nach 0100 Teil 610 ableiten kann?

Nun wieder zum Beispiel: Mit dem durch Rechnung ermittelten Wert für $Z_S = 3{,}54\,\Omega$ müsste ein Strom $I_K = 92\,A$ fließen, um die Abschaltbedingung noch sicherzustellen.

Bei der Messung mit einem Universalprüfgerät am oben beschriebenen Stromkreis sollen nun z.B. die Messwerte $Z_S = 2{,}6\,\Omega$ und $I_K = 88\,A$ gemessen werden. Darf diese Anlage dann noch als sicher eingestuft werden?

Nach 0100 Teil 610 wäre nach meiner Auslegung nur ein Messwert in Höhe von

$$Z_S \leq {}^2/_3 \cdot (U_0/I_a) = {}^2/_3 \cdot 3{,}54\,\Omega = 2{,}36\,\Omega$$

zulässig. Der gemessene Strom I_K müsste damit den Mindestwert von $I_K = U_0/Z_{S(zul)} = 230\,V/2{,}36\,W = 97{,}5\,A$ erreichen.

Um unsere Schüler eindeutig und sicher auf die bevorstehende Abschlussprüfung vorbereiten zu können, bitte ich um Ihre Beurteilung des frei gewählten Beispiels.

P.B., B.-W.

Antwort

Gehen wir zunächst auf die Schutzmaßnahmen nach DIN VDE 0100 Teil 410 ein. DIN VDE 0100 Teil 410 enthält grundlegende Anforderungen für den Schutz von Personen und Nutztieren. Für die Einhaltung des Schutzes gegen elektrischen Schlag unter Fehlerbedingungen fordert die Norm, dass die Kennwerte der Schutzeinrichtungen und die Schleifen-

Dipl.-Ing. *Reinhard Soboll* arbeitet als Fachlehrer am Bundestechnologiezentrum für Elektro- und Informationstechnik in Oldenburg (bfe)

impedanz so sein müssen, dass bei Auftreten eines Fehlers mit vernachlässigbarer Impedanz zwischen einem Außen- und einem Schutzleiter oder einem Körper irgendwo in der Anlage die automatische Abschaltung der Stromversorgung innerhalb der festgelegten Zeit erfolgt. Dazu muss folgende Bedingung erfüllt sein:

$$Z_S \cdot I_a \leq U_0$$

Dabei sind:

Z_S: Impedanz der Fehlerschleife (Schleifenwiderstand),

I_a: Strom, der das automatische Abschalten der Schutzeinrichtung innerhalb einer vereinbarten Zeit bewirkt (Abschaltstrom der Schutzeinrichtung)

U_0: Effektivwert der Nennwechselspannung gegen Erde

Prüfung der Schutzmaßnahmen nach DIN VDE 0100 Teil 610

DIN VDE 0100 Teil 610 enthält Anforderungen für die Prüfung der Schutzmaßnahmen. Die Norm enthält nicht die Forderung, dass $Z_S \leq {}^2/_3 \cdot (U_0/I_a)$ sein muss. Es wird lediglich in den Anmerkungen darauf hingewiesen, dass bei der Beurteilung der Messwerte zu berücksichtigen ist, dass die Norm für die Messgeräte eine Betriebsmessabweichung von ±30 % zulässt. Weiterhin ist zu beachten, dass der bei der Schleifenimpedanzmessung auftretende Fehler nicht nur vom Prüfgerät, sondern auch von den Netzbedingungen abhängt. Zudem wird hier darauf hingewiesen, dass bei der Messung eventuell mit einer von 20 °C abweichenden Leitertemperatur gerechnet werden muss.

Die Norm für die Schleifenwiderstandsmessgeräte (DIN VDE 0413 Teil 3) lässt eine Betriebsmessabweichung von ±30 % zu. Diese zulässige Abweichung wird von den namhaften Messgeräteherstellern jedoch nicht ausgenutzt (**Bild**). In der Praxis hat sich die Bewertung des Messwertes, der Schleifenimpedanz und des Kurzschlussstromes mit diesem Toleranzwert jedoch bewährt.

Durch Messung lässt sich der Nachweis erbringen, dass im TN-System die Bedingungen für die automatische Abschaltung ($Z_S \leq U_0/I_a$ oder $I_K \geq I_a$) erfüllt sind. Hierbei ist I_K der Kurzschlussstrom in der gemessenen Fehlerschleife.

Betrachtung des Beispiels

Einsatz eines B-13A-Leitungsschutzschalters im TN-System. Die geforderte Abschaltzeit beträgt 5 s, der Abschaltstrom der Schutzeinrichtung $I_a = 5 \cdot I_N = 65$ A.

- ***Betrachtung der Schleifenimpedanz***: Es ist nachzuweisen, dass $Z_S \leq U_0/I_a$ ($Z_S \leq 230\,V/65\,A = 3{,}54\,\Omega$) ist. Laut Anfrage wird eine Schleifenimpedanz von 2,6 Ω gemessen. Unter Berücksichtigung einer Fehlertoleranz von +30 % ergibt sich: Z_S = Messwert + 30 % Messwert = 2,6 Ω + 0,3 · 2,6 Ω = 3,38 Ω. Damit ist $Z_S \leq U_0/I_a$ erfüllt, da 3,38 Ω < 3,54 Ω. Theoretisch ist der Stromkreis in Ordnung.
- ***Betrachtung des Kurzschlussstromes***: Da sich die Betriebsmessabweichung auf den Schleifenwiderstand bezieht und die Normen generell auf den Schleifenwiderstand verweisen (siehe auch DIN VDE 0100 Teil 610 Tabelle NA.1), ist dieser Wert zur Beurteilung des Stromkreises zu verwenden. Daraus ergibt sich – bei Beachtung der 30 %-Fehlertoleranz des Schleifenwiderstandes – für den Kurzschlussstrom:

  $$I_K = U_0/Z_S = 230\,V/3{,}38\,\Omega = 68\,A$$

  Damit ist $I_K > I_a$ erfüllt, da 68 A > 65 A. Theoretisch ist der Stromkreis in Ordnung.

Praxis

In der Praxis hat sich die Beurteilung des angezeigten Kurzschlussstromes bewährt, auch wenn dies in den Normen so nicht steht. In der Praxis ist es einfacher, sich die erforderlichen Abschaltströme zu merken, als die maximal zulässigen Schleifenwiderstandswerte parat zu haben. Bei der Beurteilung der angezeigten Kurzschlussströme sollte eine Messabweichung von 30 % berücksichtigt werden. Bei dieser Betrachtung liegt man in der Praxis immer auf der »sicheren Seite«.

In Grenzbereichen des Schleifenwiderstandes würde diese Betrachtung dazu führen, dass der Stromkreis als nicht in Ordnung einzustufen wäre.

Im Beispiel des Anfragers wurde ein Kurzschlussstrom von 88 A gemessen. Bezieht man die Messabweichung auf den angezeigten Wert, so ergibt dies, dass der Stromkreis nicht in Ordnung ist:

I_K = Messwert – 30 % Messwert = 88 A – 0,3 · 88 A = 61,6 A

Der Stromkreis ist nicht in Ordnung, da der Kurzschlussstrom kleiner ist als der Abschaltstrom der Schutzeinrichtung.

Damit der Stromkreis bei dieser Betrachtung als in Ordnung eingestuft werden könnte, müsste der Kurzschlussstrom mindestens $I_K \geq I_a/70\,\% = 65\,A/0{,}7 = 93\,A$ betragen. Weitere Beispielrechnungen finden Sie auch in »de« 10/2007 auf S. 98.

Beurteilung des Beispiels

Um Ihre Schüler eindeutig und sicher auf die Prüfung vorbereiten zu können, ist eine Rücksprache mit der zuständigen Prüfungskommission erforderlich. Für Aufgaben im theoretischen Teil könnten Fragen zum Schleifenwiderstand gestellt werden, und es wären Berechnungen denkbar, damit die Schüler den Hintergrund erkennen. Für die praktische Messprüfung ist es nach meiner Meinung sinnvoller, die von mir unter dem Abschnitt »Praxis« beschriebene Betrachtung zu wählen. Diese Form der Betrachtung wird in den meisten mir bekannten Meister-, Facharbeiter- und Gesellenprüfungen so angewendet und lässt sich auch in der Berufspraxis einfacher und sicherer anwenden.

Technische Kennwerte

Funktion	Messgröße	Messbereich (Anzeigebereich I_K)	Auflösung	Eingangsimpedanz/ Prüfstrom	Nenngebrauchsbereich	Nennwerte	Betriebsmessabweichung	Eigenabweichung
Z_{Schl} Z_I	Z_{Schl} (Vollwellen) Z_I	0,01 ... 9,99 Ω	10 mΩ	0,83 ... 4,0 A	0,15 ... 0,49 Ω 0,50 ... 0,99 Ω 1,00 ... 9,99 Ω	U_N = 120/230 V	±(10% v.M.+2D) ±(10% v.M.+3D) ±(5% v.M.+3D)	±3 D ±(4% v.M.+3D) ±(3% v.M.+3D)
	Z_{Schl} (+/– Halbwellen)				0,25 ... 0,99 Ω 1,00 ... 9,99 Ω	U_N[2)] = 400 V/ 500 V bei Z_{Schl}	±(18% v.M.+3D) ±(10% v.M.+3D)	±(6% v.M.+5D) ±(4% v.M.+3D)
	I_K	0 A ... 999 A 1,00 kA ... 9,99 kA 10,0 kA ... 50,0 kA[3)]	1 A 10 A 100 A	—	120 (108 ... 132) V 230 (196 ... 253) V 400 (340 ... 440) V	f_N = 50/60 Hz	Rechenwert aus Z_{Schl}	

Ausschnitt aus den Herstellerangaben für das Messgerät Profitest 0100 S II von GMC

EMV-gerechte Elektroinstallation

Teil 2: Trassierung

Holger Clausing

Beleuchtete der erste Teil des Beitrags (»de« 11/2007) die Netzform (TN-S-System) bei EMV-gerechter Elektroinstallation, geht es in diesem Beitragsteil im Wesentlichen um Fragen der Trassenführung von Leitungen außerhalb von Verteilern.

Leiterschleifen und induktive Einkopplungen müssen für den störungsfreien Betrieb elektro- und informationstechnischer Einrichtungen vermieden werden. Unterschiedliche Varianten dieser beiden Gesichtspunkte tragen zusammen mit der Wahl der richtigen Netzform zum Gelingen oder Scheitern einer EMV-gerechten Elektroinstallation bei.

Baumstruktur der Verkabelung

Schleifen innerhalb der Verkabelung lassen sich wirkungsvoll durch Leitungssysteme in Baumstruktur vermeiden (**Bild 9**). Hierbei wird ausgehend von der Einspeisung (z.B. Niederspannungshauptverteilung) ein System aufgebaut, das sich über Knotenpunkte (z.B. Verteiler und Unterverteiler) immer feiner verästelt. Querverbindungen innerhalb der Baumstruktur sollte man unbedingt vermeiden, weil dadurch Schleifen entstehen, über die eine induktive Kopplung entstehen kann (**Bild 10**). Diese Baumstruktur ohne Schleifen ist sinngemäß sowohl für die energietechnische als auch die informationstechnische Verkabelung anzuwenden.

Schleifen können insbesondere an solchen Betriebsmitteln entstehen, die sowohl über einen Stromversorgungsanschluss als auch über einen Netzwerkanschluss verfügen. Das trifft z.B. auf PCs, Netzwerkverteiler und viele Automatisierungsgeräte zu. Um die Schleifen klein zu halten, empfiehlt es sich, gemeinsame oder benachbarte Trassen für beide Leitungssysteme zu planen. Die möglichst geschirmten Leitungen sollten bei gemeinsamer Trasse über Trennstege auf definiertem Abstand gehalten werden. Darüber hinaus sind alle Leitungen möglichst kurz zu halten – das gilt nicht nur wegen der aktuell hohen Kupferpreise, sondern auch aus EMV-Sicht.

Verlegesysteme und Schirmung

Als Verlegesysteme eignen sich insbesondere metallische Tragekonstruktionen, die in ihrem Verlauf niederimpedant sind, d.h., großflächig verbunden und so oft wie möglich an den Potentialausgleich angeschlossen werden. Dadurch verbessert sich der vermaschte Potentialausgleich innerhalb des Gebäudes, und das Tragesystem wirkt ähnlich wie eine Schirmung. Die vielfach gängige Praxis der Verbindung mit kurzen Leitungsstücken gilt nicht als niederimpedant. Zum einen besteht das Risiko des Lockerns oder Abreißens der Verbindung, zum anderen wirken die Leitungsstücke bei hochfrequenten Ableitströmen auf dem Tragesystem wie Störsendeantennen.

Bei mit Brandschottungen zu versehenden Wand- und Deckendurchbrüchen sollte man möglichst solche Schotts einsetzen, durch die das Tragesystem ungeschnitten mit durchgeführt werden darf. So lassen sich EMV und vorgeschriebener Brandschutz durchaus in Einklang bringen.

Vorzugsweise wählt man geschirmte Leitungen, bei denen der Schirm beidseitig großflächig aufgelegt ist. Als Energiekabel lassen sich z.B. die Typen NYCW oder NYCWY mit konzentrisch ausgeführtem Schutzleiter einsetzen. Bei diesen

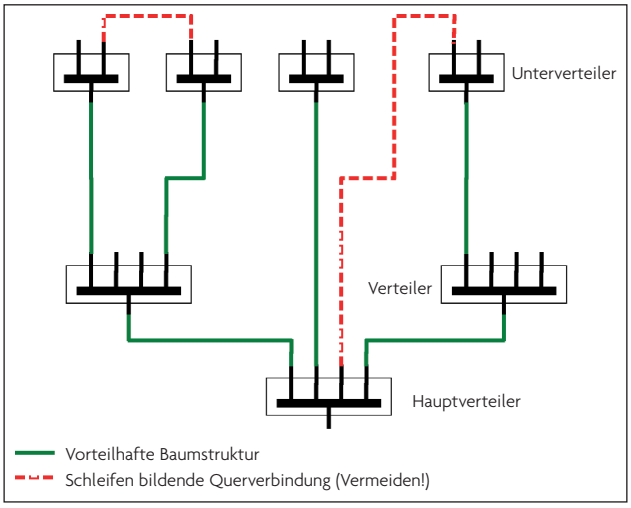


Bild 9: Baumstruktur der Verkabelung

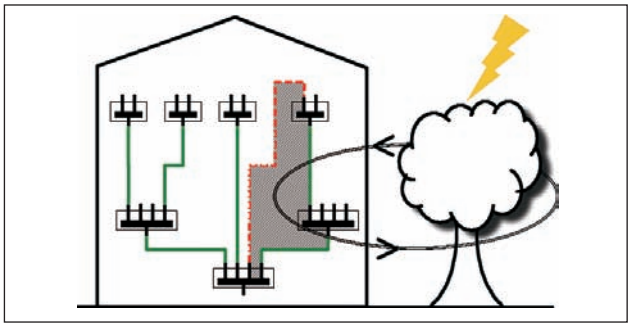


Bild 10: Einkopplung in Schleifen

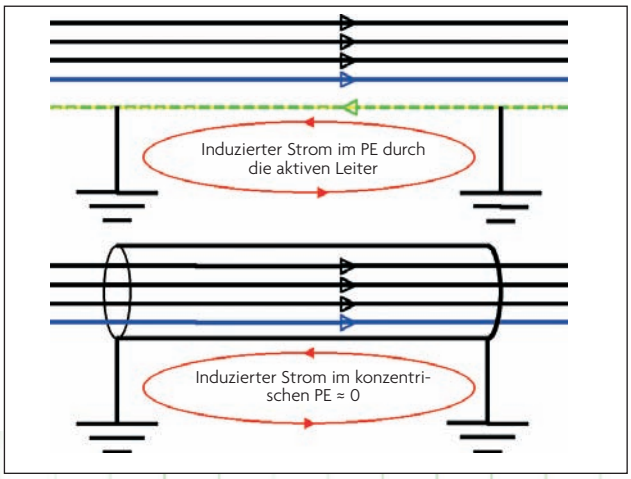


Bild 11: Induzierte PE-Ströme

Dipl.-Ing. (FH) *Holger Clausing* arbeitet als Fachlehrer am Bundestechnologiezentrum für Elektro- und Informationstechnik in Oldenburg (bfe)

Fortsetzung aus »de« 11/2007, S. 91

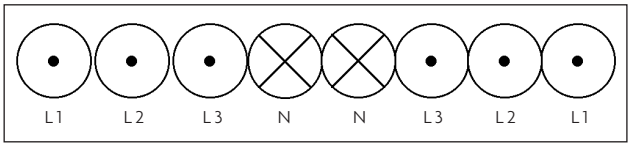


Bild 12: Anordnung von Einleiterkabeln

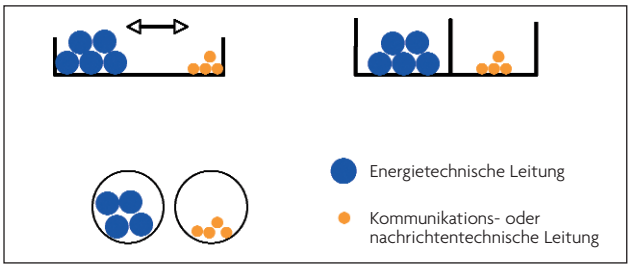


Bild 13: Räumliche Trennung verschiedener Systeme durch Abstand, metallische Trennstege, separate Rohre

Bauarten findet fast kein Einkoppeln der Betriebsströme in den beidseitig angeschlossenen Schutzleiter statt (**Bild 11**).

Soweit es geht, sind Mehrleiterkabel zu verwenden, bei denen sich die Felder der einzelnen Adern zumindest teilweise gegenseitig aufheben. Falls aufgrund großer Querschnitte dennoch Einleiterkabel zum Einsatz kommen, so sind diese wie in **Bild 12** dargestellt anzuordnen. Der Schutzleiter (PE) sollte hierbei nicht allzu nah bei den aktiven Leitern verlegt werden, um eventuelle Störeinwirkungen zu reduzieren.

Bei der Festlegung der Leitungswege ist auf jeden Fall auf ausreichenden Abstand zu Transformatorenanlagen, Verteileranlagen und empfindlichen elektrischen Anlagen und Geräten zu achten.

Trennung verschiedener Systeme

Die Forderung, Leitungssysteme mit unterschiedlicher Funktion oder Spannungsebene räumlich getrennt voneinander zu verlegen, widerspricht auf den ersten Blick dem oben beschriebenen Prinzip der Vermeidung von Schleifen. Bei den Abständen zwischen unterschiedlichen Leitungssystemen geht es um die Reduzierung der Kopplung auf ein vertretbares Maß. Die Baumstruktur bleibt erhalten, man sorgt nur dafür, dass Mindestabstände eingehalten oder geerdete metallische Trennbleche eingebracht werden (**Bild 13**).

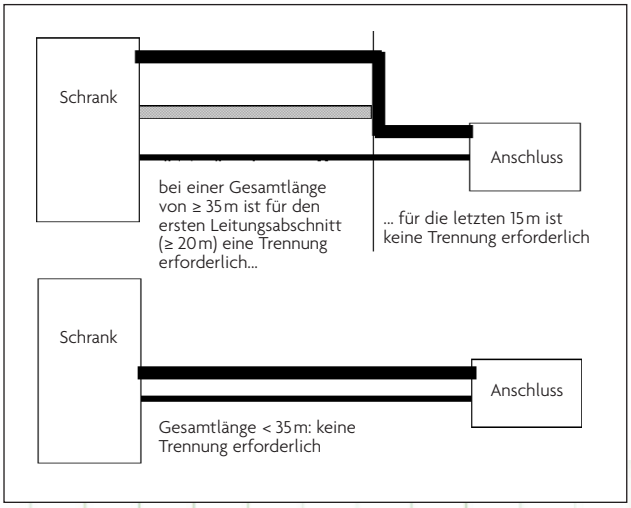


Bild 14: Längenabhängige Trennung im Tertiärbereich

Trennabstände

Art der Installation	Abstand		
	Ohne Trennsteg/nichtmetallener Trennsteg	Trennsteg aus Aluminium	Trennsteg aus Stahl
Ungeschirmte Stromversorgungsleitungen und ungeschirmte informationstechnische Kabel	200 mm	100 mm	50 mm
Ungeschirmte Stromversorgungsleitungen und geschirmte informationstechnische Kabel	50 mm	20 mm	5 mm
Geschirmte Stromversorgungsleitungen und ungeschirmte informationstechnische Kabel	30 mm	10 mm	2 mm
Geschirmte Stromversorgungsleitungen und geschirmte informationstechnische Kabel	0 mm	0 mm	0 mm

Tabelle 1: Verlegeabstände im Primär- und Sekundärbereich

Grundsätzlich stellt die Trennung sicher, dass eine gegenseitige nachteilige Beeinflussung vermieden wird. Konkrete Hinweise über die aus EMV-Sicht einzuhaltenden Abstände enthalten die Normen zur Installation von Kommunikationsanlagen unter dem Stichwort anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen (DIN EN 50173). Die Norm entstand für Anwendungen von PC-Netzwerken in Bürobereichen. Die strukturierte Verkabelung teilt sich für ein Gebäude bzw. ein Gelände in folgende drei Bereiche auf:

- Primärbereich: Der Primärbereich verbindet die Gebäude untereinander. In diesem Bereich wird die Verkabelung zwischen den Gebäuden festgelegt.
- Sekundärbereich: Der Sekundärbereich bildet das Kabelsystem zwischen den Etagen in einem Gebäude und ermöglicht die Kopplung zum Primärbereich.
- Tertiärbereich: Dieser Bereich verbindet die Endsystemanschlusspunkte mit dem Sekundärbereich.

Für die Primär- und Sekundärverkabelung gibt **Tabelle 1** die Trennabstände an. Für die Tertiärverkabelung gilt (**Bild 14**):

- Beträgt die Länge der Tertiärverkabelung weniger als 35 m, wird bei geschirmter Verkabelung kein Trennabstand benötigt;
- bei Längen > 35 m gelten die Trennabstände nach Tabelle 1 über die gesamte Länge mit Ausnahme der letzten 15 m, die mit dem informationstechnischen Anschluss verbunden sind.

Die Vorgaben für Abstände und Trennung gelten nicht bei Verwendung von Lichtwellenleitern (LWL) im Primär- und Sekundärbereich, im Tertiärbereich kommen LWL kaum zum Einsatz.

Über die Empfehlungen der DIN EN 50173 hinaus sollten immer die Planungs- und Montageanleitungen der Hersteller beachtet werden. Werden dort abweichende Vorgaben über die einzuhaltenden Mindestabstände gemacht, so haben sich diese in der Regel in der Praxis bewährt.

(*Fortsetzung folgt*)

LWL in LAN-Datennetzen

Teil 3: LWL-Verbindungstechnik in Kommunikationskabelsystemen

Werner Stelter

In diesem Teil des Beitrags geht es unter anderem um den Einbau von LWL-Steckern in Datendosen, um die Reinigung und Inspektion von LWL-Steckverbindungen sowie um das Herstellen von Spleißverbindungen.

Die bei »Fiber to the desk«-Lösungen (FTTD) bis zum Arbeitsplatz verlegten Glasfaserleitungen werden in einer Teilnehmeranschlussdose abgeschlossen, wo auch die Zugentlastung und das Kabelmanagement erfolgt (**Bild 8**). Bei der Ablage der Adern sollte der Biegeradius 30 mm nicht unterschreiten.

Reinigung und Inspektion von LWL-Steckverbindungen

Verschmutzte Steckverbindungen gelten als Hauptursache für Fehler in Glasfaserverbindungen, und sie können den Betrieb von Datennetzen und die Ergebnisse bei Abnahmemessungen erheblich beeinflussen. Schließlich beträgt das Dämpfungsbudget bei Anwendungen wie Gigabit- oder 10-Gigabit-Ethernet nur noch 2,6 dB. Bei Weitverkehrsnetzen ist deshalb die Steckerreinigung vor jedem Steckvorgang vorgeschrieben. Auch in LAN-Datennetzen sollte der Reinigungsprozess vor jedem Verbinden selbstverständlich sein. Selbst Stecker von original verpackten Pigtails und Rangierkabeln sind oft verschmutzt.

Reinigung der Steckerstirnfläche

Bei der Reinigung mit einem alkoholgetränkten Tuch handelt es sich um die bekannteste Methode zur Reinigung von LWL-Steckerstirnflächen (**Bild 9**). Dabei muss man unbedingt darauf achten, dass zum Abschluss mit einem trockenen, fusselfreien Tuch nachgereinigt wird und keine Alkoholrückstände auf der Steckerstirnfläche verbleiben. Die Praxis hat gezeigt, dass verbleibende Alkoholrückstände hygroskopisch wirken und Schmutz anlagern.

Wesentlich schneller geht die Trockenreinigung mit einer Reinigungskassette vonstatten, die ein Mikrofasertuch enthält (**Bild 10**). Diese Methode eignet sich besonders bei Rangierarbeiten.

Zum Abschluss der Reinigung sollte man das Ergebnis grundsätzlich mit einem Inspektionsmikroskop überprüfen (**Tabelle 4**).

Reinigung der Durchführungskupplung

Die geschlitzte Hülse (Slit Sleeve) des Mittelstücks dient dazu, zwei Steckerferrulen möglichst ohne Luftspalt und ohne Versatz zueinander zu führen, da sonst eine unerwünschte Einfü-

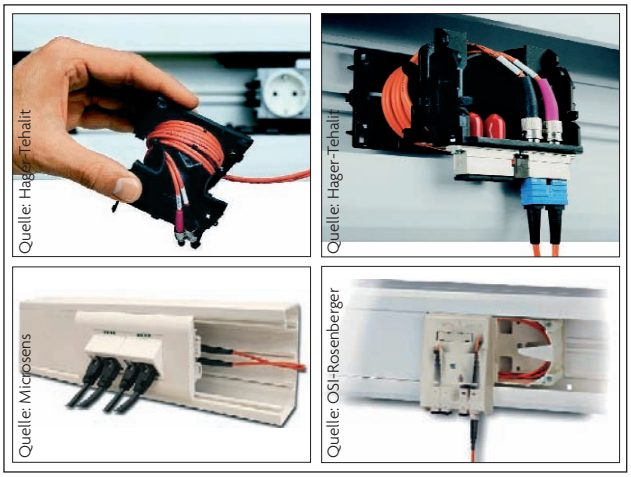


Bild 8: Zugentlastung und Kabelmanagement in der Teilnehmeranschlussdose (li. oben); Verwendung eines Hybridadapters von ST auf SC-Duplex (re. oben); direkt an einem Installationsswitch angeschlossene Glasfaser (li. unten) und LWL-Datendose zur Ablage von LWL-Adern unter Einhaltung des Biegeradius von 30 mm. Durch Kabelreservoir und Spleißablage ist auch das Anspleißen von Pigtails im Brüstungskanal möglich (re. unten)

Quelle: bfe-Oldenburg

Bild 9: Reinigung der LWL-Steckerstirnflächen mit Alkohol (›98 %); die Nachreinigung mit einem trockenen fusselfreien Tuch ist unbedingt erforderlich, damit keine Alkoholreste auf der Stirnfläche verbleiben

Quelle: bfe-Oldenburg

Bild 10: Trockenreinigung der LWL-Steckerstirnflächen mit einer Mikofaserbandkassette

Dipl.-Ing. *Werner Stelter* arbeitet als Fachdozent in der Abteilung Informationstechnik am bfe-Oldenburg. Seit 1997 leitet er dort Seminare zum Thema Lichtwellenleitertechnik.

Fortsetzung aus »de« 12/2007, S. 97

Steckerstirnflächen

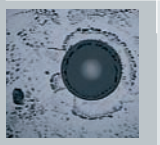
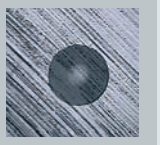
Mikroskopbild	Bemerkung
	Industriell polierte Steckerstirnfläche mit sehr geringen Verschmutzungen
	Verschmutzte Steckerstirnfläche mit Kratzern Die Verschmutzungen führen dazu, dass kein Stirnflächenkontakt besteht. Die Folgen sind Dämpfungserhöhung und Verringerung der Rückflussdämpfung. Außerdem überträgt sich die Verschmutzung auf den Gegenstecker. Deutlich zu erkennen ist der Kleberand von der Feldkonfektionierung. Die Kratzer stammen von einer rauen Polierfolie.
	**Rückstände von der Reinigung mit Alkohol** Der Gegenstecker hat die Alkoholreste an den Faserrand gedrückt. Die Übertragung ist nicht beeinträchtigt; nach einer Reinigung mit Alkohol sollte unbedingt eine Trockenreinigung erfolgen
	**Fettstreifen von der Berührung mit dem Finger**

Tabelle 4: Mikroskopbilder zum Beurteilen von Steckerstirnflächen
Lichtreflexion im Kernbereich: Ein Inspektionsmikroskop beleuchtet die Steckerstirnfläche, dabei wird ein Teil des Lichtes in die Faser eingekoppelt. Befindet sich ein Gradschliffstecker am anderen Ende der Strecke, werden 4% des Lichtes von dort zurückreflektiert und führen zum hellen Fleck im Kernbereich

gungsdämpfung I_L entsteht. Fremdkörper in der Hülse des Mittelstücks können eine Fehlstellung der Ferrule verursachen oder auf die Stirnfläche gelangen. Deshalb ist auch die Außenwand der geschlitzten Hülse zu reinigen.

Trockene Druckluft eignet sich zur Grobreinigung des Mittelstücks, also zur Entfernung von Staubteilchen. Zur Reinigung der geschlitzten Hülse verwendet man speziell dafür hergestellte, durch die Hülse zu schiebende Reinigungsstäbchen. Die Stäbchen sollten dabei nicht gedreht, sondern nur geschoben werden, da sich die Hülsen im Mittelstück drehen. Bei Bedarf lassen sich die Stäbchen in Alkohol tränken.

Wichtig: Unbenutzte Stecker und LWL-Adapter in Rangierfeldern müssen stets mit Staubschutzkappen verschlossen werden.

Reinigung von Steckerstirnflächen im Verteilerfeld

Es ist sehr aufwändig, ein Verteilerfeld zu öffnen, um eine verschmutzte LWL-Steckerstirnfläche zu reinigen. Leichter funktioniert die Reinigung der Steckerstirnfläche im Verteilerfeld mit speziellen Reinigungsstäbchen oder einem Reinigungsgerät mit Mikrofaserband für die 2,5-mm-Ferrule durch die Hülse des Mittelstückes hindurch (**Bild 11**). Abschließend empfiehlt es sich, das Ergebnis mit einem Inspektionsmikroskop zu überprüfen (**Bild 12**).

Quelle: bfe-Oldenburg

Bild 11: Reinigung der LWL-Steckerstirnfläche durch die Hülse des Mittelstückes hindurch

Quelle: bfe-Oldenburg

Bild 12: Backpanelmikroskop zur Beurteilung der LWL-Steckerstirnfläche durch die Hülse des Mittelstückes in einem Verteilerfeld

Spleißverbindungen

Unter Spleißen versteht man in der Glasfasertechnik das Verbinden von zwei Glasfaserenden, d.h. das Verschmelzen zweier Faserenden mittels elektrischem Lichtbogen (**Bild 13**). Der Lichtbogenspleiß ermöglicht eine dämpfungsarme, reflexionsfreie und langzeitstabile Verbindung.

Für die Verbindung von Gradientenindexfasern G50/125 und G62,5/125 in LAN-Anwendungen genügen Spleißgeräte mit festen V-Nuten, die nur den Vorschub in Z-Richtung ermöglichen. Für die Verbindung von Einmodenfasern sollten so genannte 3-Achsen-Spleißgeräte eingesetzt werden, die eine automatische Kernzentrierung ermöglichen.

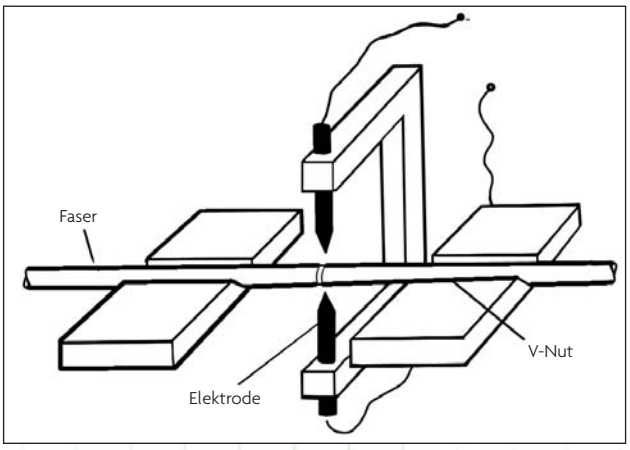


Bild 13: Verschmelzen der Faserenden mittels elektrischem Lichtbogen

Arbeitsschritte beim Spleißen

	Faservorbereitung und rechtwinklig brechen Befreien der Faserenden vom Primärcoating (Absetzen), Reinigen mit Alkohol und rechtwinkliges Brechen mit einem Trenngerät, so dass eine ebene Stirnfläche entsteht.
	Einlegen der Fasern in die V-Nuten des Spleißgerätes so, dass die Faserenden zwischen den Spleißelektroden liegen; automatischer Vorschub der Fasern durch Bewegung der V-Nuten während des Spleißvorgangs
	Anbringen eines Spleißschutzes, um den Spleiß mechanisch und vor Feuchtigkeit zu schützen. Üblich ist die Verwendung des »Crimpspleißschutzes«. Der V-förmige Aluminiumträger ist korrosionsbeständig und mit einer dauerelastischen Butyl-Masse gefüllt.
	Ablage von bis zu zwölf Spleißen im Spleißschutzhalter (Spleißkamm) der Spleißkasette. **Wichtig**: Der Biegeradius von 30 mm darf nicht unterschritten werden. Die Empfehlung in der Praxis lautet, drei Ringe der Faser in der Kassette abzulegen. Das entspricht einer Länge von ca. 1,5 m.

Tabelle 5: Arbeitsgänge beim Herstellen von Schmelzspleißen

Die fortgeschrittene Automatisierung der Spleißgeräte hat die Arbeit für den Monteur erleichtert (**Tabelle 5**). Moderne Geräte erkennen bereits die zu verbindenden Glasfasertypen und wählen automatisch das dazugehörige Spleißprogramm.

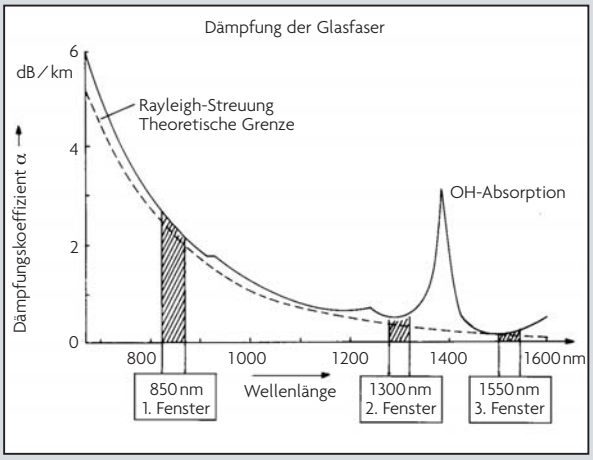
Ausblick

Der folgende Teil des Beitrags behandelt die Messtechnik zur Abnahme und Fehlersuche an LWL-Strecken in LAN-Datennetzen. (*Fortsetzung folgt*)

WELLENLÄNGENBEREICHE UND OPTISCHE FENSTER

Die Dämpfung einer Glasfaser hängt von der Wellenlänge ab. Sie setzt sich im Wesentlichen aus einem Absorptionsanteil und einem Streuanteil zusammen. Unregelmäßigkeiten im Glaskern erzeugen die so genannte Rayleigh-Streuung, die mit steigender Wellenlänge abnimmt. Bei der Rayleigh-Streuung handelt es sich um eine physikalische, nicht eliminierbare Materialeigenschaft, die die theoretisch kleinste spektrale Dämpfung einer Glasfaser begrenzt. Der dagegen materialspezifische Absorptionsanteil der Dämpfung kann reduziert werden. Verunreinigungen – z. B. die bei der Faserherstellung in die Faser gelangenden OH-Ionen – absorbieren das Licht bei verschiedenen Wellenlängen. Bedingt durch diese OH-Absorptionsspitzen und durch die zur Verfügung stehenden optischen Sender und Empfänger haben sich drei günstige Wellenlängenbereiche für die optische Übertragung herausgebildet. Diese so genannten »optischen Fenster« liegen bei 850 nm, 1300 nm und 1550 nm.

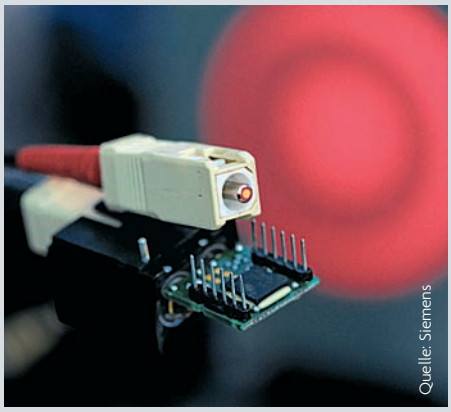
Inzwischen gelang es durch verbesserte Herstellungsverfahren, die OH-Absorptionsspitzen zu eliminieren. Und so nutzen Telekommunikationsnetze auf neueren Fasern für die optische Übertragung den gesamten Wellenlängenbereich von 1280 nm bis über 1600 nm hinaus.



Wellenlängenabhängigkeit des Dämpfungskoeffizienten von Quarzglasfasern

ÜBERTRAGUNGSREKORD MIT POLYMERFASER

Forscher der Siemens Corporate Technology haben einen neuen Geschwindigkeitsrekord bei der Datenübertragung mit optischen Polymerfasern aufgestellt. Mit Hilfe eines verbesserten Übertragungsverfahrens ist es den Technikern gelungen, ein Gigabit pro Sekunde durch die Plastikfasern zu schicken. Dies sei etwa zehnmal mehr als bei Produkten, die derzeit auf dem Markt sind. Damit wäre die letzte Hürde für den Durchbruch von optischen Polymerfasern am Massenmarkt aus dem Weg geräumt, heißt es von Seiten Siemens.


Quelle: Siemens

Bei dem neuen Verfahren werden die Bits nicht wie bisher als gewöhnliche Lichtimpulse verschickt. Die Forscher verwendeten einen speziellen Algorithmus, der die Lichtsignale verändert, wodurch mehr Informationen in die verfügbare Bandbreite der Polymerfaser passen. Die von DSL und WLAN bekannte Mehrträgermodulation haben die Forscher dabei soweit angepasst, dass sie auch auf Lichtsignale anwendbar ist. »*Durch die so genannte Quadratur-Amplituden-Modulation mit bis zu 256 Signalzuständen kann die Bandbreiteneffizienz gemessen in Bit pro Sekunde und Hertz deutlich erhöht werden*«, erklärt Projektleiter *Sebastian Randel*. Dadurch konnten die Forscher im Labor schließlich exakt 1008 Megabit pro Sekunde durch das Polymerfaserkabel übertragen.

Die Polymerfaser ist damit nicht nur fit für den Einsatz im Eigenheim, sondern vor allem auch für die Industrie-Automation, meinen die Siemens-Forscher. Dort haben sich die robusten und kostengünstigen Leitungen als Standard längst etabliert. Wie im Privatbereich sind auch dort ständig höhere Datenraten gefragt.

Technisches Englisch

Energy guzzlers exposed

Christiane Decker

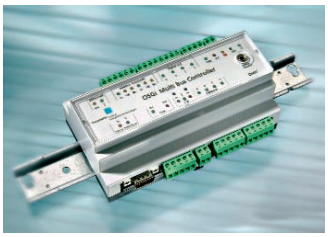
Ein neuartiges Monitoring-System entlarvt Stromfresser, bevor es teuer wird. Grundlage ist ein Hutschienenmodul-Server, der in jeden Wohnungsverteiler passt.

In the midst of preparing for a party, the **host** hurriedly **stacks** her cold cuts and cheese in the **fridge** to make room for the **bulky cake plate**. In her **haste**, she doesn't notice that the plate is **blocking** the fridge door, causing energy to be wasted. A message immediately starts blinking on a display in the kitchen: »Please close fridge door.« In another scenario, the **washing machine**'s **bearings** are **worn**, and the **cylinder** is guzzling an unnecessary amount of electricity **to cope with** the resulting **friction**. A text message saying »Please have your washing machine **inspected**« warns the owner in time, thus helping to avoid a horrendous **electricity bill** at the end of the year.

The basis for these warnings is a monitoring system developed by researchers at the Fraunhofer Institute for Integrated **Circuits** IIS in Erlangen. »*Each **electrical appliance** is **fitted with** sensors that **continuously** measure the electricity being consumed*,« explains project manager *Peter Heusinger* of the IIS. »*The sensors send this information to a server which lies **concealed** in the **fuse box** as a **top-hat rail module**.*« A small computer program in the server **calculates** the current **electricity consumption** of each appliance and automatically **compares** the values with ones **obtained** earlier. If the energy consumption of a fridge **gradually** continues to increase, it could be because the **seal** is damaged. The system then sends an **appropriate** message to the owner. »*This can be in the form of a text message, a message on a display in the kitchen or one displayed in a **user interface** on the computer, **depending on** the user's **preferences**,*« says *Heusinger*. The user can not only **call up** the **average** electricity consumption of individual devices, but can, **for the first time**, also **track** their consumption during **operation**.

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

energy guzzler (‘en@dZi ‘g√z l@r) Stromfresser
to expose (Ik‘sp@Uz) entlarven, erkennen
in the midst of (In D@ mIst @v) mitten in
preparing (prI‘pe@rI˜) Vorbereitung(en)
host (h@Ust) Gastgeber bzw. Gastgeberin
to stack (st{k) stapeln
fridge (frIdZ) Kühlschrank
bulky (‘b√lki) sperrig
cake plate (keIk pleIt) Tortenplatte
haste (heIst) Eile
to block (blÅk) hemmen, blockieren
washing machine (‘wÅSI˜ m @‘Si:n) Waschmaschine
bearing (‘be@rI˜) Lager, Halterung
to be worn (bi wO:n) abgetragen, verschlissen
cylinder (‘sIlInd@r) Trommel
to cope with (k@Up wID) ankommen gegen, fertig werden mit
friction (‘frIkS@n) Reibung
to inspect (In‘spekt) überprüfen
electricity bill (I,lek‘trIsIti bIl) Stromrechnung
circuit (‘s´:kIt) elektrische Schaltung
electrical appliance (I‘lektrIk@l @‘plaI@ns) Elektrogerät
to be fitted with (bi ‘fItId wID) verfügt über
continuously (k@n‘tInju@sli) ständig, ununterbrochen
to conceal (k@n‘si:l) sich verbergen
fuse box (fju:z bÅks) Sicherungskasten, Wohnungsverteiler
top-hat rail module (tÅph{t reIl ‘mÅdju:l) Hutschienenmodul
to calculate (‘k{lkjUleIt) berechnen
electricity consumption (I,lek‘trIsIti k@n‘s√mpS@n) Stromverbrauch
to compare (k@m‘pe@r) vergleichen
to obtain (@b‘teIn) erzielen, erhalten, bekommen
gradual (‘gr{dZu@l) allmählich
seal (si:l) Dichtung, auch: Siegel, Seehund
appropriate (@‘pr@UprieIt) angemessen, entsprechend
user interface (‘ju:z@r ‘Int@feIs) Nutzeroberfläche
to depend on (dI‘pend Ån) abhängen von
preferences (‘pref@r@nsIz) Vorlieben
to call up (kO:l √p) abrufen, sich anzeigen lassen
average (‘{v@rIdZ) mittlerer, durchschnittlicher
for the first time (f@r D@ f´:st taIm) erstmalig
to track (tr{k) verfolgen
operation (,Åp@‘reIS@n) Betrieb



Quelle: Fraunhofer IIS

KURZ UND BÜNDIG: INTERESSANTES ZUR AUS- UND WEITERBILDUNG

E-volution mit Online-Fachwörterbuch

Das Online-Nachschlagewerk des Hager Tehalit Förderprogramms »E-volution« umfasst mehr als 42 000 englische Fachbegriffe aus der Elektrotechnik und angrenzender Fachgebiete wie der Telekommunikationstechnik. Das kostenlose Wörterbuch ist zweisprachig aufgebaut. Das heißt: Der Nutzer kann sowohl deutsche Übersetzungen für englische Fachbegriffe suchen als auch englische Übersetzungen für deutsche Fachausdrücke. Bei der Suche nach Fachübersetzungen muss der Anwender nicht unbedingt das ganze Wort eingeben – das Wörterbuch bietet auch die so genannte »Wildcard-Suche«, bei der Wortanfang bzw. Wortende durch das »Sternzeichen« auf der Computer-Tastatur ersetzt wird.

»*Fachenglisch ist mittlerweile fester Bestandteil in den Ausbildungen der Elektrobranche. Beim Lesen und Verstehen von Bedienungsanleitungen oder Montagehinweisen in englischer Sprache kann das Online-Wörterbuch eine wichtige Hilfe sein*«, erklärt E-volution Projektleiterin *Gabriele Haupert-Augustin*.

Das neue Wörterbuch steht jedem Anwender ohne Zugangsbeschränkung im Internet unter **www.e-volution.de/woerterbuch** kostenlos zur Verfügung.