

5.3 Arbeiten unter Spannung

Als oberster Grundsatz gilt, dass Arbeiten unter Spannung (AuS) nur dann durchgeführt werden dürfen, wenn die Sicherheit und der Gesundheitsschutz aller an den Arbeiten Beteiligten sichergestellt ist (Bild 6). Das heißt, AuS erfordert besondere technische sowie auch organisatorische Maßnahmen. AuS ist bereits in DIN VDE 0105-100 [3] und ebenso in BGR A3 „Arbeiten unter Spannung an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln“ [5] geregelt. Wie eingangs erwähnt, soll die BGR A3 [5] in die TRBS 2131 Teil 1 „Arbeiten unter Spannung“ überführt werden.

6 Zusammenfassung

Mit dem hier aufgezeigten Vorgehen ist es möglich, im Rahmen der TRBS 2131 [2] und unter Anwendung der DIN VDE 0105-100 [3] elektrische Gefährdungen zu ermitteln und zu bewerten sowie geeignete Maßnahmen zum Ausschließen oder Begrenzen dieser Gefährdungen abzuleiten und festzulegen. Mit Hilfe dieser schriftlich niedergelegten Festlegungen kann der Arbeitgeber die Vermutung der Einhaltung der Anforderungen der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) [1] für sich geltend machen.

Literatur

- [1] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes – Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), gültig seit 27.9.2002.
- [2] Technische Regel für Betriebssicherheit (TRBS) 2131 Elektrische Gefährdungen; gültig seit 12.11.2007.
- [3] DIN VDE 0105-100 (VDE 0105-100):2005-06 Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 100: Allgemeine Festlegungen, in der Fassung vom Juni 2005.
- [4] Unfallverhütungsvorschrift BGV A3 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ vom 1. April 1979, in der Fassung vom 1. Januar 1997; aktualisierte Nachdruckfassung vom Januar 2005.
- [5] Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit BGR A3 „Arbeiten unter Spannung an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln“, Stand: August 2005.
- [6] Oelmann, H.; Seibel, D.: Arbeiten an Anlagen der Stromversorgung bergen hohes Risiko. Brücke, 2009 Ausgabe 2/09, S. 16–20. ■

Power over Ethernet plus

Daten- und Energieübertragung mittels Twisted-Pair-Verbindung

K. Jungk, Straubenhardt

Die Idee, ein Medium für mehrere Zwecke zu nutzen, ist alt. Beispielsweise verfügten Telefone anfänglich über eingebaute Batterien für Sprechstrom und einen Kurbelinduktor für die Erzeugung des Signalisierungsstroms. Doch schon bald wurden Batterie und Induktor in die Vermittlungsstelle verlagert. Die Zweidrahtverbindung mit dem Amt hatte die Aufgabe, sowohl Daten (Sprechströme) als auch Betriebs- und Rufenergie zu transportieren. Somit scheint die Doppelnutzung von Ethernet-Leitungen für Daten und Strom nur konsequent. Dieser Beitrag informiert über Technik, Vorzüge und Zukunftsperspektiven von Power over Ethernet (PoE).

1 Grundlagen

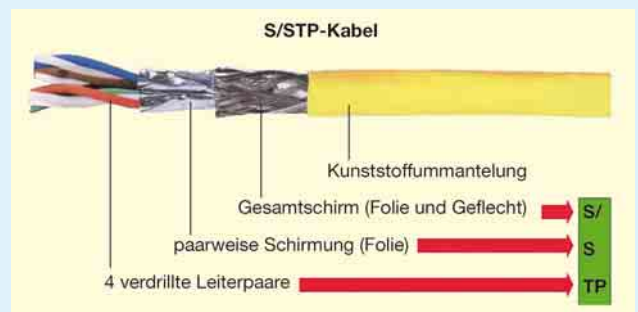
Moderne Ethernet-Vernetzungssysteme verwenden sogenannte Twisted-Pair-Kabel (TP), die in der hochwertigen Variante aus vier jeweils mit Aluminiumfolie geschirmten verdrehten Adernpaaren (PIMF: Pairs in Metal Foil) bestehen. Werden die geschirmten Adernpaare verseilt und von einer weiteren Schirmfolie umhüllt, spricht man von S/STP-Kabeln (Screened Shielded Twisted Pair) der Katego-

rien 6 oder 7 (Bild 1). Für Ethernet-Zwecke hat sich das in dem Standard ISO/IEC 11801 definierte RJ-45-Stecksystem mit 8 Kontakten durchgesetzt (Bild 2, Bild 3). Für die Farbgebung der Adernpaarisolierung ist Blau/Weiß-Blau, Grün/Weiß-Grün, Orange/Weiß-Orange und Braun/Weiß-Braun üblich. Die Zuordnung der Farben zu den Kontaktpins ist leider nicht ganz einheitlich. Es finden die Normen TIA/EIA T568A und TIA/EIA T568B Anwendung (Bild 4). Für durchgängige Kabel (straight cable) ist die Farbzuordnung eigentlich gleichgültig, sie muss nur an beiden Kabelenden gleich erfolgen. Allerdings ist die Belegung rechts in Bild 4 (T568B) erheblich häufiger in der Praxis anzutreffen. Sie unterscheidet sich von der links (T568A) durch die Vertauschung der Paare 3 (Grün/Weiß-Grün) und 2 (Orange/Weiß-Orange). Wird an einem

Autor

Karsten Jungk, Straubenhardt, ist freier Fachjournalist und Mitglied der internationalen Vereinigung für Elektronik-Fachjournalisten UIPRE.

1 Ein Ethernetkabel der höchsten Leistungskategorie Cat 7 besteht aus 4 foliengeschirmten Adernpaaren, die als Bündel abwärts geschirmt sind



2 In der RJ-45-Buchse einer Standard-Ethernet-Steckverbindung sind die 8 Kontaktfedern zu erkennen



3 Die 8 Schleifkontakte im RJ-45-Stecker gleiten beim Einstecken über die korrespondierenden Kontaktfedern der Buchse

Sonnige Aussichten



NEU

Das Geschäft mit der Sonne boomt. Die Zahl der installierten Photovoltaik-Anlagen wächst Jahr für Jahr mit enormer Geschwindigkeit. Profitieren auch Sie davon mit Hensel **ENYSUN**, dem Komplettpaket für die Photovoltaik-Installation. Sicher, normgerecht und modular. So, wie Sie es von Hensel gewohnt sind.

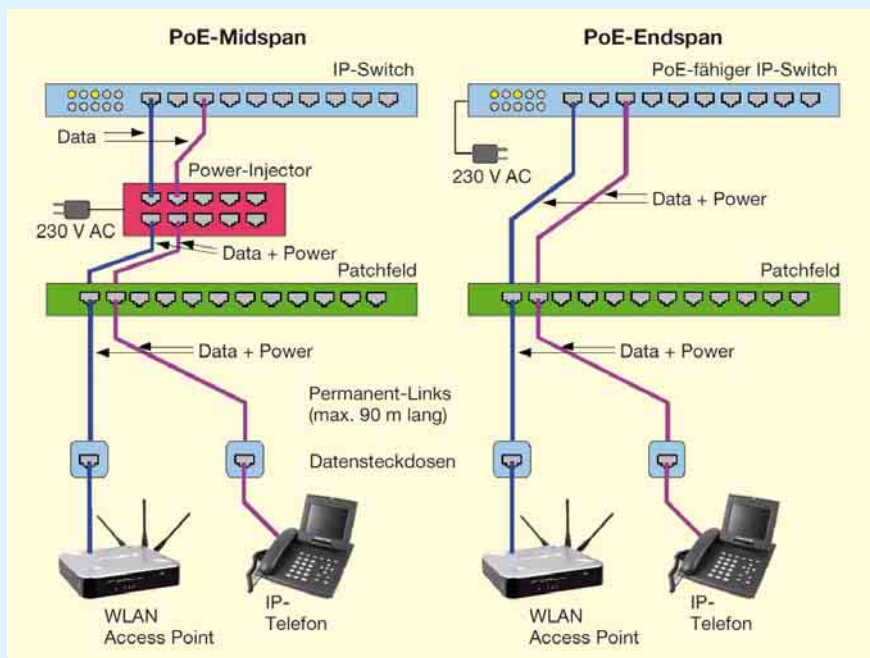
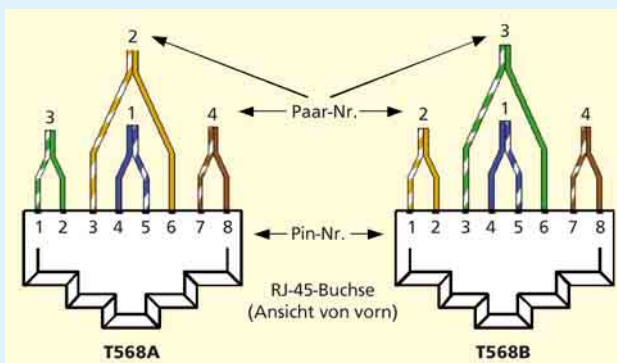


www.enysun.eu

ENYSUN
Normgerechte Photovoltaik-Verteiler

Gustav Hensel GmbH & Co. KG · D-57368 Lennestadt

④ Es sind zwei Zuordnungen der Adernpaare zu den RJ-45-Kontakten üblich, die rechte (T568B) ist weitaus häufiger anzutreffen



⑤ Bei Midspan-Lösungen wird die Leistung in das Kabel eingeschleift, sodass die Switches bleiben können; bei Endspan-Lösungen sind PoE-fähige Switches notwendig, die auch die Aufgabe der Stromversorgung übernehmen

Ende nach dem Schema T568A und am anderen nach T568B aufgelegt, ergibt sich ein gekreuztes Kabel (crossover cable). Diese Kreuzung bewirkt, dass die Send- und Empfangspins auf beiden Seiten einander richtig zugeordnet werden (d. h. senden links ↔ empfangen rechts; senden rechts ↔ empfangen links). Da die Zusammenschaltung von Ethernet-Strecken in der Regel über „Switches“ oder „Hubs“ erfolgt, bei denen die Kreuzung intern erfolgt, werden gekreuzte Kabel nur zur Herstellung einer direkten Datenverbindung, z. B. zwischen zwei PCs, benötigt. Seit 2003 ist Power over Ethernet durch die Norm IEEE 802.3af „Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specification. Amendment: Data Terminal Equipment (DTE) Power via Media Dependent Interface“ definiert. Als Ergänzung zum damals bereits bestehenden Ethernet-Standard legt sie fest, wie der Transport von Energie über ein Datenkabel zu erfolgen hat, ohne dass die Daten-

integrität und die Netzwerksicherheit beeinträchtigt werden. Grundsätzlich sind speisende Geräte (**Power Sourcing Equipment PSE = Quellen**) und gespeiste Geräte (**Powered Device PD = Senken, Verbraucher**) zu unterscheiden. Mit anderen Worten: Jedes PoE-Gerät gehört einer der beiden Kategorien PSE oder PD an. Besonders die IP-Telefonie hat zum Wachstum von PoE beigetragen. Sie baut im großen Stil auf kombinierten Daten- und Sprachnetzen mit gemeinsamer Infrastruktur auf und hilft dem Anwender dadurch, Kosten zu sparen.

2 Prognosen

In stark steigendem Maß sind inzwischen PoE-fähige WLAN-Access-Points, IP-Kameras und Printserver erhältlich. Die Auswirkungen der ständig steigenden Energieeffizienz in der Elektronik und die Leistungserweiterungen

durch PoE-plus werden in Zukunft auch Laptops, Touchscreens usw. PoE-fähig werden lassen. Diese können dann dank ihres niedrigen Energieverbrauchs ohne eigenes Netzteil am Ethernet betrieben werden. Zudem lässt sich mit einer entsprechenden Intelligenz in den PSEs (z. B. den Switches) die Energieabgabe über den betreffenden Port an den Bedarf des Endgeräts anpassen. So kann PoE mit diesem Potential für beträchtliche Energieeinsparungen eine wichtige Rolle in zukünftigen Nachhaltigkeitsszenarien spielen.

3 Mid- und Endspan-Lösungen

Die Energie für die Speisung des PDs kann entweder individuell über sogenannte PoE-Injektoren (Midspan) oder im Switch (Endspan) auf seine Ethernetleitung eingekoppelt werden (Bild 5). PoE-fähige Geräte greifen sie intern hinter ihrem Ethernetport ab. Es besteht aber auch die Möglichkeit, die Speiseenergie zur Versorgung nicht-PoE-fähiger Endgeräte über deren DC-Buchse durch sogenannte Power-Extraktoren auszukoppeln. In diesem Fall ist kein externes Steckernetzteil erforderlich. Falls in einem Ethernet ohne PoE nur ein einzelnes PD betrieben werden soll, ist ein einzelner sogenannter Power Inserter als einfachster Midspan-Power-Injector die günstigste Lösung.

Midspan-Lösungen erfordern zwei ungenutzte Adernpaare eines Ethernetkabels, die nur bei Übertragungsgeschwindigkeiten mit 10 oder 100 Mbit/s (10BaseT, 100BaseT) zur Verfügung stehen. Jedoch lassen sich über derart genutzte Kabel keine zwei PoE-Verbindungen mehr herstellen – d. h. Cable-Sharing ist nicht möglich. Diesem Nachteil steht als Vorzug entgegen, dass die Netzwerkgeräte nicht erst umgerüstet werden müssen. Für zukünftige Netze mit Datenraten von 1000 Mbit/s (1000BaseT, Gigabit-Ethernet) und mehr ist dies ohnehin nicht mehr möglich.

Endspan-Lösungen erfordern den Austausch normaler Switches gegen PoE-taugliche, d. h. solche mit integrierter Einspeisung. Dabei werden die Signaladern 2 und 3 nach Art einer Phantomspeisung gleichzeitig zum Transport der Speiseenergie verwendet. Die bei 10/100BaseT-Systemen ungenutzten Adern-

	PoE-Midspans	PoE-Switches
Vorteile	• unabhängig vom Switch-Hersteller • längere Nutzung des Switches (kostengünstiger) • volle Leistung für Endgerät	• Platz sparend • nur ein Patchkabel pro Kanal • einfache Installation
Nachteile	• erhöhter Platzbedarf • zusätzliche Patchkabel	• hohe Leistung (volle Leistung an jedem Port) • bei Switchwechsel wird für PoE mitbezahlt

6 Vergleich der Midspan und Endspan-Lösung

Bei Neuerrichtung fällt die Entscheidung meist zugunsten vom Endspankonzept

Tafel 1 Vergleich der wichtigsten Kennwerte von PoE (IEEE 802.3af) und PoE plus (IEEE 802.3at)

	IEEE 802.3af (PoE)	IEEE 802.3at (PoE plus)
PSE-Typ	Ethernet-Switch Power Injection Hub	Ethernet-Switch
Power-Einspeisung	End- oder Midspan	Endspan
PSE-Ausgangsspg.	44 ... 57 V	50 ... 57 V
max. Betriebsstrom	0,35 A	0,72 A
Leitungswiderstand	20 Ω	20 Ω
max. Spannungsfall	7,0 V	14,4 V
min. Spannung am PD	37 V	35,6 V
max. Leistung vom PSE	15,40 W	30,00 W
max. Leistung zum PD	12,95 W	25,63 W
Class ID	0... 3, 4 wie 0	Layer 1: nur Class 4 Layer 2: bis zu 1023 Klassen

paare 1 und 4 stehen also für einen vollständigen Ethernetkanal mit oder ohne Endspan-PoE zur Verfügung. Eine kleine Zusammenfassung der Vor- und Nachteile von PoE-Mid- und Endspanverkabelungen zeigt Bild 6.

4 Elektrische Kennwerte

Seit Mitte des Jahres 2003 spezifiziert der PoE-Standard IEEE 802.3af unter Berücksichtigung der physikalischen Eigenschaften des Querschnitts des TP-Kabels und der Kontaktflächen in den RJ-45-Steckverbindungen die maximal zulässige Stromstärke von 0,35 A bei einer für den Menschen unbedenklichen „Schutzkleinspannung“ (44 V bis 57 V). Für ein 100 m langes TP-Kabel wird ein Schleifenwiderstand von 20 Ω angenommen. Wegen des daraus resultierenden Spannungsfalls von 7 V im Kabel, stehen dem Verbraucher minimal (44-7) V = 37 V zur Verfügung, was einer Leistung von $37 \text{ V} \times 0,35 \text{ A} = 12,95 \text{ W}$ entspricht. Damit lässt sich bereits eine Vielzahl von Endgeräten betreiben: IP-Kameras, WLANAccess-Points, IP-Telefone, Printserver, Magnetkarten-, Barcode- und RFID-Leser usw.

Dies ist jedoch für den Betrieb eines Notebooks, eines Flachbildschirms zur Wiedergabe von IP-Videostreams oder eines POS-Terminals (Supermarktkasse mit Scanner) trotz ständig steigender Energieeffizienz nicht

ausreichend. Hier soll der neue, kurz vor der endgültigen Verabschiedung stehende Standard 802.3at für „PoE plus“ Abhilfe schaffen. Um diesen kompatibel zum Standard 802.3af zu gestalten, waren einige Erweiterungen erforderlich. Die wichtigsten Kennwerte beider Standards zeigt Tafel 1.

5 PoE-Betrieb

In dem Standard 802.3af sind fünf Leistungsklassen für das PD definiert. Diese ermittelt das PSE und stellt sein Leistungsangebot an die PDs dann entsprechend ein (Tafel 1). Dies sichert den energiesparenden Betrieb eines am betreffenden Port angeschlossenen PDs und stellt mehr Leistung für den Betrieb der PDs an den anderen Ports zur Verfügung. Um die Zerstörung eines nicht PoE-fähigen Endgerätes durch Anlegen einer Versorgungsspannung auszuschließen, führt das PSE bei Verbindungsherstellung oder beim ersten Einschalten eine Reihe komplexer Tests durch. So wird das Endgerät identifiziert (Signature) und im Fall eines PDs seiner Leistungsklasse zugeordnet (Classification).

Das Signalisierungsprotokoll bei 802.3af zur Erkennung des Leitungszustands und des Leistungsbedarfs der angeschlossenen Endgeräte ist in Bild 7 detailliert dargestellt. Im Wesentlichen werden dabei fünf Abschnitte (periods) unterschieden:

Anzeige

megacom

ist ein deutscher Hersteller für

Ortungssysteme

zum Auffinden verunfallter Personen, zu einem hervorragenden Preis-Leistungs-Verhältnis.

Nähere Infos unter Telefon 04191 90850 oder www.megacom-gmbh.de

Erkennen. Durch das Anlegen von zwei Spannungsrampen mit 2,8 V und 10,1 V Scheitelspannung misst das PSE den dadurch hervorgerufenen Strom (sequence signature detection). Dieser gibt Aufschluss darüber, ob ein PD angeschlossen ist. Wenn dem so ist, beginnt die Klassifizierungsphase. Wenn nicht (also kein Gerät oder ein Nicht-PoE-Gerät), bleibt die Spannungsversorgung über das Ethernetkabel abgeschaltet.

Klassifizieren. In dieser Phase durchfährt das PSE einen Spannungsbereich von 14,5 V bis 20,5 V und wertet die Antwort des PDs in Form eines Signaturstroms als Information über seine Leistungsklasse nach Tafel 2 aus. Ein PoE-plus-PD würde von einem PoE-plus-PSE zweimal in dieser Phase angefragt und im Gegensatz zu einem Standard-PoE-Gerät zweimal mit einem Strom von 44 mA antworten. Damit hätte es seine Zugehörigkeit zur Klasse 4 offen gelegt.

Start und Betrieb. Lässt sich das angeschlossene Gerät als PD identifizieren, wird seine Versorgungsspannung angeschaltet und beständig überwacht.

Trennen. Durch das Herausziehen des Ethernet-Steckers wird die Stromaufnahme unterbrochen. Fällt der Strom unter einen Wert von 5–10 mA erfolgt die sofortige Abschaltung der Versorgungsspannung und ein neuer Anschaltvorgang löst wieder die geschilderte Signalisierungsprozedur aus. So ist sichergestellt, dass ein schnelles „Umstöpseln“ auf ein Nicht-PoE-Gerät diesem keinen Schaden zufügen kann. Ein Problem kann sich mit PDs ergeben, die nach einer gewissen Zeit der Untätigkeit in einen Schlafzustand (idle mode) übergehen, um Strom zu sparen. Falls dabei der Stromverbrauch unter die jeweilige Ab-

schaltsschwelle des PSEs sinkt, wird es seine Energielieferung über den entsprechenden Port einstellen, indem es ihn spannungsfrei schaltet. Jetzt kann das PD nicht mehr durch ein aktivierendes Ereignis aufgeweckt werden. Um Stabilität und Zuverlässigkeit von PoE-Anwendungen zu steigern, muss dieses irrtümliche „DC-Disconnect“ unterbunden werden. „**AC-Disconnect**“ ist eine Methode hierfür. Dabei wird der Gleichspannung im PSE eine kleine Wechsellspannung überlagert, die über das PD einen entsprechenden Strom erzeugt. Bei eingestecktem PD ist dies stets gegeben. Erst dann, wenn das PSE eine Wechselstromimpedanz $> 26,24 \text{ k}\Omega$ feststellt, wird die Versorgung abgeschaltet. Damit ist sichergestellt, dass nur das Entfernen des PDs zum Beenden der Energielieferung führt.

6 Neue Herausforderungen durch PoE plus

Die bei PoE plus übertragbaren höheren Leistungen können zu zwei Problemen führen: Erwärmung des Ethernet-Kabels und Kontaktabbrand an den Steckverbindern.

Temperaturerhöhung. Die Stärke des übertragenen Stroms und der Querschnitt der Strom führenden Leiter beeinflussen den Temperaturanstieg des Kabels. Bei Kabelbündeln (Bild 8) wirkt sich dies besonders bei den im Inneren liegenden Kabeln aus, die ihre Wärme naturgemäß schlechter abführen können. Laut Standard sind als Leitertemperatur nur maximal 60°C zulässig. In heißen Umfeldern kann diese Grenze aber überschritten werden.

Einzige umfassende Dokumentation



Schaltanlagen berechnen und entwerfen

■ Diese beispiellose Darstellung stellt das Fachgebiet aktuell und umfassend vor. Anhand der Mittelspannungsschaltanlage werden die wesentlichen Aspekte moderner Mittelspannungstechnik dargelegt.

■ Das betrifft einerseits das Zusammenwachsen und -wirken ursprünglich separater Bauteile, andererseits grundsätzliche physikalische und technische Betrachtungen.

■ Diese vollständig überarbeitete Ausgabe berücksichtigt das aktuelle Normen- und Vorschriftenwerk.

2., aktual. u. erw. Aufl., 312 S., 225 Abb., 70 Tafeln, Hardcover, Bestell-Nr. 3-341-01495-0, € 68,00

shop
huss

HUSS-MEDIEN GmbH
10400 Berlin

Direkt-Bestell-Service:
Tel. 030 42151-325 · Fax 030 42151-468
E-Mail: bestellung@huss-shop.de
www.huss-shop.de

Preisänderungen und Liefermöglichkeiten vorbehalten

Jetzt bestellen!

Ich bestelle zur Lieferung gegen Rechnung zzgl. Versandkosten zu den mir bekannten Geschäftsbedingungen beim
huss-shop, HUSS-MEDIEN GmbH, 10400 Berlin

KUNDEN-NR.
(siehe Adressaufkleber oder letzte Warenrechnung)

Expl.	Bestell-Nr.	Autor/Titel	€/Stück
	3-341-01495-0	Böhme, Mittelspannungstechnik	68,00

Firma/Name, Vorname

Branche/Position/z. Hd.

Telefon/Fax

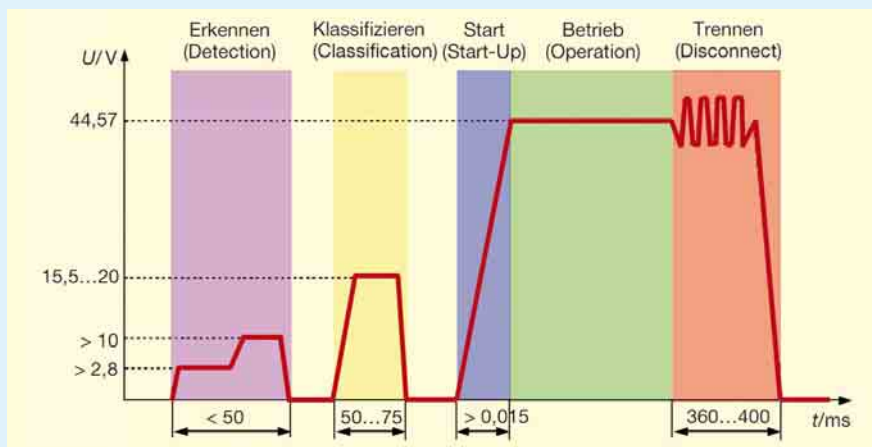
E-Mail

Straße, Nr./Postfach

Land/PLZ/Ort

Datum/Unterschrift

0910 ep



7 Die Phasen des Initialisierungsprotokolls bei PoE

Klasse	maximale vom PSE abgegebene Leistung	maximale vom PD aufgenommene Leistung
0 (Standardwert)	15,4 W	0,44 – 12,95 W
1 (optional)	4,0 W	0,44 – 3,84 W
2 (optional)	7,0 W	3,84 – 6,49 W
3 (optional)	15,4 W	6,49 – 12,95 W
4 (reserviert)	identisch mit Klasse 0	noch nicht festgelegt

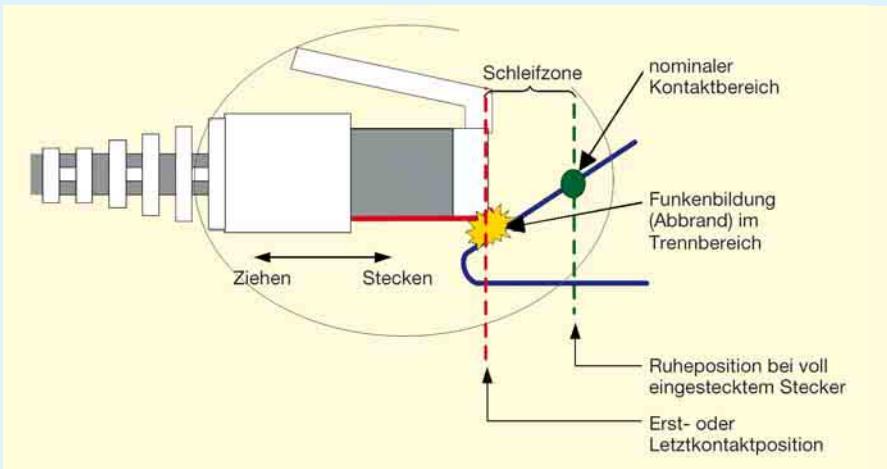
Tafel 2 Vergleich der PoE-Leistungsklassen



③ Bei gebündelten PoE-Kabeln erwärmen sich die innenliegenden Kabel naturgemäß am stärksten

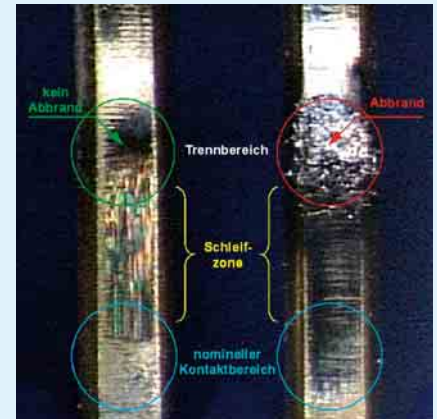
Tafel ③ Vergleich der Temperaturerhöhung bei 100 gebündelten mit max. zulässigem Strom beaufschlagten PoE-plus-Kabeln

Kabeltyp	Leiterquerschnitt	Temperaturanstieg
Cat 5e/u	AWG 24 (0,205 mm ²)	10 °C
Cat 5e/s	AWG 24 (0,205 mm ²)	8 °C
Cat 6e/u	AWG 24+ (0,205 mm ²)	8 °C
Cat 6A/u	AWG 23 (0,246 mm ²)	6 °C
Cat 6As	AWG 23 (0,246 mm ²)	5 °C
Cat 7	AWG 22 (0,324 mm ²)	4 °C



⑨ Abbrand an einem RJ-45-Stecker

In der Trennzone entsteht beim Herausziehen des Steckers unter Last ein Lichtbogen, der den Kontakt abbrennt. Die Trennzone sollte deshalb sauber von der nominalen Kontaktzone bei voll eingestecktem Stecker sein, um gute und zuverlässige Übertragungseigenschaften zu gewährleisten. (Quelle: Reichle & De-Massari)



⑩ Kontakte ohne und mit Abbrand

Der Kontakt links führt keinen Gleichstrom und ist deshalb abbrandfrei. Beim rechten Kontakt ist dies anders: die nominale Ruhekontaktzone am Ende der Schleifzone ist jedoch sauber von der Abbrandzone getrennt. (Quelle: Reichle & De-Massari)

Tests der PoE-plus-Arbeitsgruppe IEEE 802.3at an Bündeln aus 100 Kabeln haben für verschiedene Kabeltypen den maximalen Temperaturanstieg ermittelt (Tafel ③). Es fällt auf, dass hochwertige, zweifach geschirmte S/STP-Kabel (Cat 7 – für Gigabit-Ethernet geeignet) die geringste, durch innere Verlustleistung bedingte Erwärmung aufweisen. Man kann dies auf die bessere Wärmeabführung durch die Schirmung zurückführen. Auf jeden Fall schränkt Zusatzwärme die zulässige Umgebungstemperatur bei dem Einsatz der Kabel in größeren Bündeln ein und muss bei Planungen berücksichtigt werden. Hinzu kommt, dass mit einer Erwärmung von Leitern deren Widerstand und die dadurch hervorgerufene Einfügedämpfung steigt, wodurch sich die maximal mögliche Länge eines Ethernetsegments verkürzt.

Bei der höchstens zulässigen Umgebungstemperatur von 56 °C für gebündelte Cat-7-Kabel mit einem Durchmesser der einzelnen Massivleiter von 0,64 mm sind dies immerhin etwa 6 %, d. h. die Länge eines Permanent-Links wird von 90 m auf 85 m verkürzt. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund einer weiteren angedachten Leistungsverdoppelung

und -übertragung bei Nutzung aller vier Adempaare zu beachten.

Steckverbindungen unterliegen bei PoE plus besonderen Belastungen. Wenn man vor dem Ausstecken den Verbraucher nicht abschaltet, was meistens in der Praxis unterlassen wird, entsteht ein Abbrand des Kontaktmaterials in Stecker und Buchse durch Lichtbogenbildung beim Trennvorgang. Im Betrieb ist eine Temperaturerhöhung am ruhenden Kontakt durch die Verlustleistung im Übergangswiderstand zu verzeichnen. Ein geeignetes Kontaktdesign muss deshalb sicherstellen, dass sich die Verbindungs- bzw. Trennzone und die Ruhekontaktzone nicht überlappen (Bild ⑨). Das Bild ⑩ zeigt die Verhältnisse an einer stromlosen Kontaktfeder (links) und einer stromführenden (rechts) in einer RJ-45-Buchse. Hierbei sind die Abbrandzone (rechts) und die nominale Kontaktzone durch eine ausgeprägte Schleifzone deutlich getrennt, so wie es sein sollte. In Verbindung mit der Wahl geeigneter Kontaktmaterialien, einer möglichst großflächigen Kontaktzone und einem angemessenen Kontaktdruck lassen sich Abbrand und auch nominale Kontaktwiderstand minimieren. Weil Steckverbindungen ein unverzichtbarer Bestandteil des gesamten Links

sind, dürfen ihre elektrischen Eigenschaften besonders unter PoE-plus-Gesichtspunkten nicht vernachlässigt werden. Hier gilt die alte Weisheit: Eine Kette ist nur so stark wie ihr schwächstes Glied.

7 Zusammenfassung

Der Einsatz von PoE-fähigen Switches (Power Sourcing Equipment) in Verbindung mit PoE-fähigen Endgeräten (Powered Devices) bietet zahlreiche Vorzüge, wie einfache Installation, Mobilität und Flexibilität, Zuverlässigkeit sowie umfassende Management- und Überwachungsmöglichkeiten. Die Optimierung der Energieversorgung, die Möglichkeit mit einer USV (unterbrechungsfreie Stromversorgung) viele Endgeräte zugleich gegen Stromausfall zu sichern, über administrierbare Switches gezielt Ports ab- und anzuschalten und den Verbrauchsstatus des Endgeräts zu überwachen, keine Notwendigkeit einer 230-V-Steckdose am Ort des Endgeräts und nicht zuletzt auch die mit PoE erzielbaren signifikanten Kosteneinsparungen rechtfertigen eine sehr gute Zukunftsprognose für PoE (plus). ■