

White Paper

Cu-Anschlussstechnik

RJ45 – Der normgerechte Allroundstecker für die Anforderungen in Industrie und Gebäude



Autor

Roland Dold
Leiter Produktmanagement
RDold@metz-connect.com

Roland Dold leitet das Produktmanagement der BTR NETCOM GmbH. Seit über 15 Jahren ist er auf dem Gebiet der RJ45 Anschlussstechnik für die strukturierte Verkabelung tätig. Vorsitzender des DKE Arbeitskreises GAK 715.3.4 "Anwendungsneutrale Verkabelung für den industriellen Bereich". Mitarbeiter in ISO/IEC JTC1 SC25 WG3 CITG, ZVEI AK Anschlussstechnik Forum 10/11 und PNO TC2WG6.

RJ45 – Der normgerechte Allroundstecker für die Anforderungen in Industrie und Gebäude

Vom Telefon Stecker zum High Tech Stecksystem für zukünftige Anwendungen

Management Summary

Der RJ45 Stecker ist ein technisch entscheidendes Bauteil innerhalb der „Strukturierten Verkabelung“. Ausgelegt für die Anforderungen der Umgebung und angepasst an die physikalischen Eigenschaften der Verkabelung trägt er zur Leistungsfähigkeit des gesamten Netzwerks bei.

Industrial Ethernet und der Einsatz in der Gebäudeautomation stellen dem aus der Bürokommunikation nicht mehr weg zu denkenden Stecker ganz neue Aufgaben.

10 GBit-fähig und den Anforderungen der Verkabelung in der Industrie gewachsen, ist er schon heute zu einem kleinen Stück High Tech geworden.

Er trägt entscheidend zur zuverlässigen Funktion des gesamten Netzwerks bei und bietet damit über Jahre hinweg einen sicheren Investitionsschutz.

Inhaltsverzeichnis

Management Summary.....	2
Inhaltsverzeichnis	2
RJ45 vom Telefonstecker zum High-Speed Stecksystem.....	3
Das Dosen-Erbe.....	3
Verbindungslose Übertragungsstrecken	4
Installation von WLAN Access Points	4
Gebäudeautomation.....	4
Homeautomation.....	5
Industrie (Industrial Ethernet)	5
Orte mit geringem Platzangebot.....	6
Neue Anforderungen an einen „alten“ Stecker.	6
Die Adernstärke.....	6
Der Kabelmantel	6
Die Übertragungsrate	6
Das Übersprechen.....	7
Einfachheit / Kontaktsicherheit	7
Schlussbetrachtung.....	8

RJ45 vom Telefonstecker zum High-Speed Stecksystem

Der RJ45 behauptet sich schon seit mehr als 30 Jahren als der Allround-Stecker für Datenübertragungssysteme.

Er ist, neben Kabel, Dose und Verteiler, ein wichtiger Teil der in der Europäischen Norm DIN EN 50173 definierten „Anwendungsneutralen Kommunikationskabelanlagen“. Im Gegensatz zur Bedarfsverkabelung, bei der die Kabel so verlegt werden wie man sie im Moment braucht, berücksichtigt diese Verkabelung alle möglichen Anwendungen über Jahre hinweg und hält Reserven vor. Sie wird auch als „Strukturierte Verkabelung“ bezeichnet und ist integraler Bestandteil einer modernen Liegenschaft. Um den Anforderungen der „Strukturierten Verkabelung“ gerecht zu werden, müssen auch die Eigenschaften des RJ45 Stecksystems an die Eigenschaften der Kabel ideal angepasst sein.

Seit seinen ersten Tagen hat sich dabei seine äußere Form, die in der DIN EN 60603-7-x festgelegt ist, nicht verändert.

Er hat eine sehr kompakte Bauform und bietet 8 Kontakte und eine Schirmung. Bei Standard RJ45 Steckern werden Kabel mittels der Piercing-Kontakttechnik unter Einsatz einer sogenannten Crimpzange angeschlossen.

Moderne Stecker setzen auf die Schneidklemmtechnik, die eine weit-aus höhere Kontaktsicherheit bietet. Durch solche und viele weitere technische Weiterentwicklungen und Optimierungen ist er bis heute das Non Plus Ultra der Datenübertragung geblieben.

Der RJ45 ist der Standard-Stecker für 4-paarige (8-adrige) Datenkabel. Bisher vor allem in der Bürokommunikation eingesetzt erschließen sich ihm immer weitere

Anwendungen. Grund, sich etwas näher mit dem RJ45 und seinem Umfeld zu beschäftigen, mit falschen Auffassungen aufzuräumen, neue Einsatzszenarien aufzuzeigen und einen Blick auf die neusten technischen Entwicklungen zu werfen.



Bild1: RJ45 Anschlussstecker

Das Dosen-Erbe

Bisher ist man immer davon ausgegangen, dass Geräte im Netzwerk immer eine Anschlussdose brauchen. Auch die einschlägigen Normen gehen davon aus. Doch eine neue Klasse von Geräten erobert das Gebäudenetzwerk – Geräte, die fest installiert sind und nicht mehr zwingend eine Dose benötigen.

Wenn man ein Gerät an ein LAN anschließen möchte, sucht man zunächst Eins: die Anschlussdose. Jedem Endanschluss (TA) seine Dose! So ist es in der Norm DIN EN 50173-1 festgelegt. Zuerst eine Dose als Übergabepunkt gesetzt und dann die endgültige Verkabelung zum Endgerät geführt – das ist seit Einführung der Norm 1995 allgemeingültiger Standard in der Strukturierten Verkabelung und wird nicht in Frage gestellt. Ursprünglich stammt dieses Vorgehen aus der Strom-Verkabelung. Hier ist es auch notwendig, um Gefahren für Mensch und Maschine zu vermeiden und ein Gerät sicher vom Netz trennen zu können - im einfachsten Fall durch

Ziehen des Netzsteckers.

Diese Sicherheitsbedenken greifen bei Ethernet nicht. Das Setzen von Installationsdosen hat aber auch dort durchaus seine Berechtigung. So sind PC-Arbeitsplätze in Büros nicht immer fest an eine Stelle gebunden. Im Laufe der Nutzung solcher Räume verschieben sich die Anschlusspunkte schon mal, so dass es einfacher ist, eine fest installierte Anschlussdose bereitzustellen, von der aus dann die PCs mit flexiblen Patchkabeln bedient werden. Auch ist

der zeitlich begrenzte Anschluss mobiler Endgeräte damit besser zu händeln. Man braucht zum Anschluss nur ein Verbindungskabel, das nach Gebrauch einfach wieder entfernt werden kann. Doch muss man sich fragen, ob dieser Einsatz von Dosen in jedem Fall sinnvoll ist.

Netzwerkverkabelung dient heute nicht mehr nur dem Anschluss von Büro-kommunikationsgeräten. Immer mehr Anwendungsgebiete der Kommunikationsanbindung über Ethernet werden



Bild2: RJ45 Anschlussstecker

erschlossen. Anwendungsgebiete, in denen die Endgeräte nicht räumlich flexibel sind und auch nicht zeitlich begrenzt angeschlossen werden. Für diese Gerätekategorie wird ein fester Installationsort vorgesehen, zu dem auch meist nur ein Installationskabel geführt wird. Eine Installationsdose könnte hier eingespart werden.

Etwas, das in diesem Zusammenhang immer wieder zu hören ist, ist, dass das Setzen von Dosen ja so in der Norm vorgeschrieben sei. Das ist zunächst auch richtig. In den einschlägigen Normen, DIN EN 50173 und DIN EN 50174, werden die Anschlusspunkte (TA) als Endpunkte der Strukturierten Verkabelung definiert.

Bei einer Kupferverkabelung muss es sich dabei um eine Buchse mit acht Kontakten nach DIN EN IEC 60603-7 handeln. Trotzdem ist die Norm offen genug, um auch einen RJ45 Stecker als Endpunkt der strukturierten Verkabelung im Gebäude zuzulassen. Das ist für den industriellen Bereich in der EN 50173-3 bereits definiert.

Verbindungslose Übertragungsstrecken

Eine neue Philosophie der Verkabelung hält Einzug.

Szenarien aus der Industrie und der Gebäudetechnik.

Die herkömmliche Büroverkabelung wird auch auf absehbare Zeit hinaus eines der Haupteinsatzgebiete der strukturierten Verkabelung sein. Doch immer mehr verlagert sich der Einsatz hin zu anderen Gebieten wie Industrie und auch Gebäudeautomatisierung.

Installation von WLAN Access Points

WLAN Access Points erfreuen sich immer größerer Beliebtheit. Ob zur Ausstattung in privaten Haushalten oder in Büros, bei öffentlichen Hotspots oder in der Werkshalle - zur kabellosen Anbindung mobiler Teilnehmer oder zur Erschließung nur schwer per Kabel erreichbarer Areale sind WLAN Access Points in keinem Bereich mehr wegzudenken.

Bei der Installation der Geräte wird dabei zunächst der optimale Einsatzort zur Erfüllung der Funktionalität ermittelt. In den wenigsten Fällen ist dort dann auch ein direkter Zugang

zu einem vorhandenen LAN möglich. Das heißt, in der Regel muss zum Anschluss eines WLAN Access Points ein zusätzliches und nur für dieses Gerät bestimmtes Installationskabel gezogen werden. Man hat in diesem Fall also ein Kabel und genau ein Gerät, welches an dieses Kabel angeschlossen werden muss. Hier gibt man dann einer Anschlussdosenlosen Installation den Vorzug. Dazu wird einfach ein RJ45 Stecker direkt auf das Installationskabel montiert und so ein direkter Anschluss des Access Points ermöglicht.

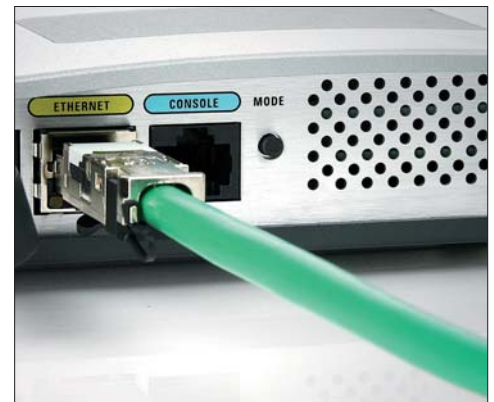


Bild3: Direktanschluss eines Netzwerkgerätes

Gebäudeautomation

Die Gebäudeautomation mit ihrem Energieeinsparpotential und den viel-

fältigen Komfortfunktionen rückt immer mehr ins Interessenfeld der Gebäudebetreiber. Automatisch gesteuerte Lüftung, die Überwachung und Regelung des Raumklimas, der Beleuchtung und der Beschattung sowie die zentrale Zugangskontrolle erfordern die feste Installation von zusätzlichen Geräten, Aktoren und Sensoren in jedem Raum des Gebäudes.



Bild4: Direktanschluss in der Gebäudeautomation

Die meisten dieser Geräte werden hinter Wand- und Deckenverkleidungen oder im Fußboden für den Raumnutzer unsichtbar fest montiert werden. Meist lassen nur sogenannte Raumbediengeräte erahnen, was alles an Technik im Verborgenen arbeitet. Die Kommunikation unter den Geräten erfolgt meist über Gebäudeautomationsbusse, wie LON, BACnet oder auch KNX. Immer mehr Hersteller gehen dazu über, in ihre Geräte, neben der Kommunikationsschnittstelle für den entsprechenden Bus, einen Ethernet-RJ45 Anschluss zu integrieren. Damit eröffnet sich Ihnen die Integration in die IP-Kommunikation des LAN, was einen externen Zugriff auf Raumregler

oder sogar Sensoren und Aktoren ermöglicht. Fernwartung über das Internet, oder eine einfache PC gestützte Steuerung, Regelung, Überwachung und Visualisierung von Prozessdaten sind nur zwei Beispiele von Anwendungen, die damit denkbar sind. Auch kann die komplette Kommunikation der Geräte unterein-

ander TCP/IP basiert ablaufen. Eine zusätzliche Bus-Verkabelung wäre dann obsolet. Auch hier hat jedes Gerät seinen festen Platz, der oft durch die Anwendung festgelegt ist. Selbst wenn das Gerät gegen ein anderes ausgetauscht wird, bleibt der Installationsort erhalten. Soll es in das LAN integriert werden, muss meist

eine extra Leitung zum Gerät geführt werden. Das Setzen einer Dose macht keinen Sinn. Die direkte Montage eines RJ45 Steckers auf das Installationskabel ist das Vorgehen der Wahl, um das Gerät kosteneffektiv und sicher zu verbinden.

Homeautomation

In Gebäuden lässt sich aber auch noch eine andere Klasse von Geräten antreffen. Die so genannte Weiße Ware, wie Kühlschrank, Wasch- und Spülmaschine oder Herd. Zwar gibt es noch keinen großen Markt, doch exi-

stieren schon erste Exemplare von Haushaltsgeräten, die Ihren Status melden oder die sich über das Netzwerkinterface fernsteuern lassen. Die Kaffeemaschine über das Internet per Handy anschalten oder einfach die

Temperatur der Gefriertruhe ermitteln und überwachen – das alles wird in Zukunft möglich sein. Dabei kann bei fest installierten Geräten eine dosenlose Installation durchaus Sinn machen.

Industrie (Industrial Ethernet)

Auch auf einem ganz anderen Gebiet erobert die Ethernet Kommunikation und damit der RJ45 Stecker immer mehr Anteile – der industriellen Automatisierung und Fertigung. Ähnlich der Gebäudeautomation dominieren hier auch spezielle Feldbusse wie CANopen, Interbus oder Profibus. Durch die Integration von Ethernet Schnittstellen öffnen sich diese in sich

geschlossenen Systeme und lassen erstmals eine durchgängige Kommunikation vom Büro bis zur einzelnen Maschine zu. Für die eigentliche Aufgabe der Automatisierung ist eine Kommunikation der einzelnen Maschinenteile Grundvoraussetzung. Um einen reibungslosen Ablauf der Steuerung zu gewährleisten, müssen Aktoren in einer vorhersagbaren Zeit

reagieren. Die Kommunikation muss streng deterministisch und damit echtzeitfähig sein. Ethernet mit dem TCP/IP Protokoll ist dafür zunächst nicht vorgesehen. Trotzdem erscheint es verlockend, preiswerte Ethernet-Massenware einzusetzen und von den enormen Bandbreiten von bis zu 10 GBit/s zu profitieren. So entwickelten sich in den letzten Jahren verschiedene Ansätze, um das Standard Ethernet echtzeitfähig zu machen, die allesamt unter dem Oberbegriff Industrial Ethernet einzuordnen sind. Die bekanntesten Vertreter darunter sind Profinet, Ethercat, Ethernet/IP und Ethernet Powerlink. Grundsätzlich verschieden, ermöglichen diese Systeme doch eines: die IP-Kommunikation zwischen Maschinen und Steuerungen der industriellen Fertigung. Hier jetzt jedem Kommunikationsteilnehmer seine eigene Anschlussdose zu spendieren, ist nicht zuletzt auch wegen des geringen Platzangebotes ein Ding der Unmöglichkeit. Der direkte Anschluss der Installationskabel ist die eine sinnvolle Vorgehensweise.



Bild5: Direktanschluss im Industrieverteiler

Orte mit geringem Platzangebot

Das geringe Platzangebot führt auch in weiteren Anwendungsfeldern zu alternativen Vorgehensweisen in der Netzwerkinstallation. So ist man zum Beispiel in Schiffen oder auch Flugzeugen dazu gezwungen, nicht nur auf Dosen zu verzichten, sondern auch auf Patchfelder. Hier werden dann die Installationskabel direkt in die Switches geführt – das spart nicht

nur Platz, sondern auch Gewicht. Diese Einsatzszenarien zeigen: Ethernet und der RJ45 Stecker sind nicht nur in der Bürokommunikation zu Hause. Der Trend, Geräte und Maschinen mit Ethernetanschlüssen auszustatten, wird sich in den nächsten Jahren weiter steigern. Denkt man nur an die Gebäudesystemtechnik, so ist heute schon absehbar,

dass die Anzahl fest installierter Geräte im LAN die der herkömmlichen Netzwerkteilnehmer überholen wird. Immer mit dabei: der RJ45 Stecker. Doch um diesen neuen Anforderungen gerecht zu werden, müssen neue technische Entwicklungen her, die ihn fit machen für einen erfolgreichen Einsatz auch in der Zukunft.

Neue Anforderungen an einen „alten“ Stecker

Wie eine bewährte Technik fit gemacht wird für die Anwendungen der Zukunft mit CAT6 und 10 Gigabit Ethernet, einfachster und sicherer Montage und innovativer Anschlussstechnik.

Aus den beispielhaften Szenarien zum Einsatz des RJ45 zeigt sich schon eine wichtige Hauptforderung: Er muss direkt auf Installationskabel installierbar sein.

Die Adernstärke

Herkömmliche RJ45 Stecker sind für Kabel mit einem maximalen Aderndurchmesser von ca. 1 mm ausgelegt. Das ist für viele Anwendungen zu wenig. Bei Installationskabeln können durchaus Adernstärken von 1,6 mm zur Anwendung kommen. Von diesen müssen dann auch noch 8 Adern nebeneinander in einen Stecker passen. 8 Adern mit einem Durchmesser von 1,6 mm nebeneinander in einem Stecker der nach DIN EN 60603-7-1 nur 11,63 mm breit sein darf – da ist es schon rein mathematisch nicht

mehr möglich alle Adern parallel zu den Anschlüssen zu führen. Moderne RJ45 Stecker nehmen die Adern dazu in zwei Ebenen auf. Jeweils 4 Adern werden in einer Ebene zu ihren Anschlussstellen geführt. Eine in den Steckern integrierte Platine verbindet dann die Anschlussstellen mit den Kontakten des Steckers. Damit existiert in diesen Steckern ein integriertes Adernmanagement, welches zusätzlich die Konfektionierung für den Installateur erleichtert.

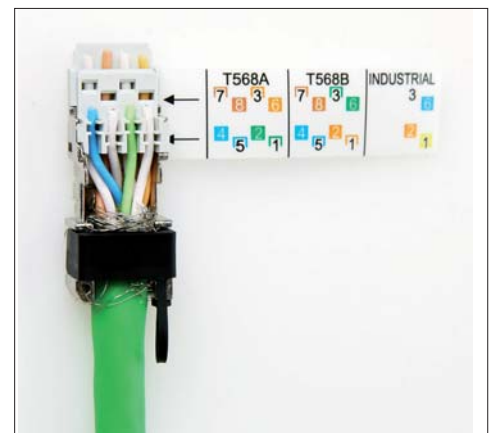


Bild6: Moderner RJ45 Stecker mit Adernmanagement

Der Kabelmantel

In besonders rauen Umgebungen werden auch besondere Anforderungen an die Sicherheit des gesamten Kabels gestellt. Gesamtkabeldurchmesser von 8,5 mm, in manchen Fällen sogar bis zu 10 mm, sind da keine Seltenheit.

Unter beengten Verhältnissen müssen nun auch solch dimensionierte Kabel zusammen mit den Steckern noch Harmonica Jack fähig bleiben. Das heißt in einer patchfeldlosen Verkabelung, bei der die Installationskabel

direkt zu einem Switch geführt werden, müssen auch solche Stecker noch nebeneinander und übereinander passen.

Dazu wird die gesamte Geometrie des Steckers äußerst schlank gestaltet.

Die Übertragungsrate

Die Anforderungen an die Übertragungsrate steigen in allen Bereichen. Nicht nur bei der Übermittlung von multimedialen Daten in Geräten der Unterhaltungselektronik, sondern auch bei Industrial Ethernet wird die Forderung nach GBit Ethernet oder gar 10 GBit Ethernet immer lauter.

Um diesen hohen Anforderungen gerecht zu werden, muss ein RJ45 Stecker der zukünftigen Norm DIN EN IEC 60603-7-51 entsprechen. Darin werden Bauarten für geschirmte freie und feste Steckverbinder für Datenübertragungsraten bis 500 MHz spezifiziert. Diese Übertragungsraten kön-

nen mit einem RJ45 nur unter optimalen Bedingungen erreicht werden. Das heißt alle Kontakte müssen sicher hergestellt und die Verluste durch Reflexionen, Einfügedämpfung und Übersprechen minimiert sein.

Das Übersprechen

Als besonders problematisch erweist sich bei den benötigten Frequenzen von bis zu 500 MHz das Nah-Nebensprechen. Es kommt zum Übersprechen zwischen zwei benachbarten Adern. Dieses wird im Kabel noch durch die symmetrische Verdrillung und eine entsprechende Schirmung unterdrückt. Im Stecker aber sind die

symmetrische Verdrillung und die Schirmung erst einmal nicht mehr vorhanden. Im Stecker muss dann die unverdrillte und ungeschirmte Länge der Adernpaare so kurz wie möglich gestaltet sein.

Eine weitere Engstelle bleibt aber: die aufgrund der Geometrie sehr engen Kontaktabstände. Durch die vorgege-

bene Steckerbelegung liegen dazu noch die Adern der Paare (3-6) und (4-5) ungünstig übereinander. Es kommt zu kapazitiven und induktiven Kopplungen, denen durch eine ausgeklügelte Kompensation im Inneren des Steckers entgegengewirkt wird.

Einfachheit / Kontaktsicherheit

Die ausgefeilteste Kompensation und die beste Geometrie sind zum Scheitern verurteilt, wenn keine richtige und dauerhafte Verbindung zwischen Kabel und Stecker zustande kommt. Bei der industriellen Herstellung ist die Montage von RJ45 Steckern auf das Patch-Kabel ein ausgereifter Prozess, der idealerweise unter ständiger Qualitätskontrolle steht. Dadurch wird der Erhalt der Übertragungseigenschaften des Kabels erreicht. Der Installateur im Feld muss den Stecker von Hand auf das Kabel bringen. Zwar benutzt er normalerweise Spezialwerkzeug wie eine RJ45 Crimpzange, doch können Stecker und Zange von verschiedenen Herstellern kommen und sind dann nicht perfekt aufeinander abgestimmt. Nur zum Stecker passende Crimpzangen stellen die richtige „Einpresstiefe“ der Kontakte im Stecker sicher. Wird zu wenig eingepresst, kann es zu Wackelkontakten kommen, wird zu tief gepresst, geht der Kontakt eventuell ganz verloren.

Beim Crimpen kommt es also darauf an, wie fest und wie weit die Zange zugeedrückt wird, um damit die Verbindung zwischen den Adern und den Anschlüssen herzustellen. Ein kaum zu kalkulierender Prozess, der eventuell keine Kontaktsicherheit bietet. Zu-

sätzlich behindern beengte Arbeitsumgebungen und auch Schmutz das Arbeiten des Installateurs. Um Kontaktsicherheit garantieren zu können, muss die Montage für den Installateur so einfach wie möglich und ohne Spezialwerkzeug durchführbar sein. Hier kommt nun ein feldkonfektionierbarer Stecker zu Einsatz. Dieser zeichnet sich durch optimierte IDC Schneidklemmen und ein einfaches Auflegen

der 8 Adern aus.

Der Kontakt wird durch simples Zusammendrücken des zweiteiligen Steckerkörpers mit einer Zange oder aber einfach auch per Hand erzeugt. Dieses Zusammendrücken erfolgt bis zu einem festen Anschlag, womit sichergestellt ist, dass die Adern bis zur genau richtigen Tiefe in die Klemmen gedrückt werden.

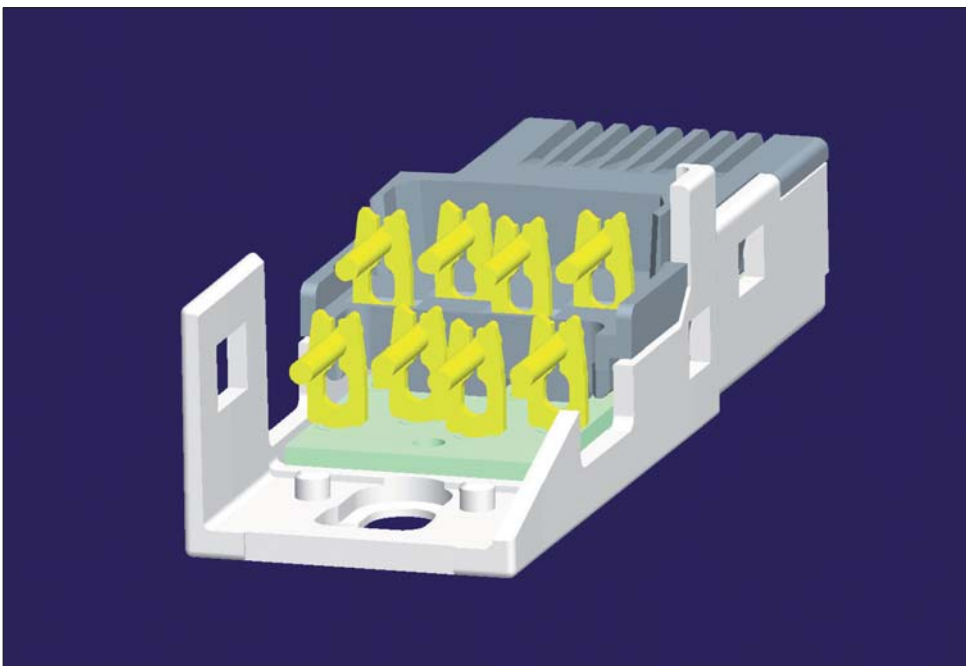


Bild7: IDC-Schneidklemmen eines feldkonfektionierbaren RJ45 Steckers

Schlussbetrachtung

Der RJ45 Stecker hat noch lange nicht ausgedient. Durch das Vordringen von Ethernet in neue Bereiche wie die Gebäudeautomation und Industrie-Automatisierung (Industrial Ethernet) werden an ihn ganz neue Anforderungen gestellt. Mit der dosenlosen Installation muss er sich den Installationsleitungen anpassen. Dazu wurden neue, innovative Adernmanagementsysteme in die Stecker integriert, um alle 8 Adern überhaupt aufneh-

men zu können. Die Beschaltung aller 8 Adern (4 Adernpaare) macht wiederum erst die volle Nutzung der Leistungsfähigkeit heutiger Kabel der Kategorie 6 und 7 möglich. Um dem Bedarf an immer höherer Datentransferleistung von bis zu 10 GBit zu genügen, wurde die Geometrie der Adernkontaktierung optimiert. Im Stecker integrierte, aufwändige induktive sowie kapazitive Kompensationen gleichen die unerwünschten Kopplun-

gen, die bei den geforderten Frequenzen von bis zu 500 MHz vermehrt auftreten, aus und stellen die idealen symmetrischen Bedingungen für die Signalübertragung her.

Diese hohen Anforderungen machen auch eine optimierte Montagetechnik notwendig, die dem Installateur die Arbeit erleichtert und gleichzeitig die Übertragungssicherheit gewährleistet.



BTR NETCOM GmbH

Im Tal 2

D-78176 Blumberg

Tel. +49 7702 533-0

Fax +49 7702 533-433

www.btr-netcom.com