

White Paper



Kat. 6 Module und Rangierkabel: Ein Konkurrenzvergleich



Convincing cabling solutions

Inhalt

1. Einführung	3
2. Qualität von Rangierkabeln	3
2.1. Übertragungstechnische Performance von Rangierkabeln	3
2.2. Kontakthöhe des Steckers (Kontaktzone)	6
2.3. Zugentlastung und Knickschutz (Anti-Kink)	8
2.4. Zusammenfassung – Rangierkabeltest	11
3. Mechanische Belastbarkeit	12
3.1. Der Steckvorgang	12
4. Elektrische Belastbarkeit: Verträgt das Anschlussmodul “hot plug and play”?	17
4.1. Power over Ethernet	17
4.2. Hot plug and play	17
4.3. Das Thema Steckverbinder	17
4.4. Spannungsfestigkeit und Strombelastbarkeit	18
4.5. Steckvorgang unter Last	19
4.6. Testergebnisse	20
4.7. Drei Fragen	20
5. Handhabung: Ist das Anschlussmodul problemlos zu beschalten?	21
5.1. Wichtige Eigenschaften eines Anschlussmoduls / Bewertungsmethode	21
5.2. UTP aufschalten	23
5.3. STP aufschalten	24
5.4. Ergebnisse für UTP	25
5.5. Ergebnisse für STP	26
6. Zusammenfassung	27
7. Weitere Informationen	27

© Copyright 2005 Reichle & De-Massari AG (R&M). Alle Rechte vorbehalten.

Weitergabe und Vervielfältigung dieser Publikation oder von Teilen daraus sind, zu welchem Zweck und in welcher Form auch immer, ohne die ausdrückliche schriftliche Genehmigung durch Reichle & De Massari AG nicht gestattet. In dieser Publikation enthaltene Informationen können ohne vorherige Ankündigung geändert werden. Die Erstellung dieses Dokuments erfolgte mit grösstmöglicher Sorgfalt, es enthält den zum Zeitpunkt der Erstellung aktuellen technischen Stand. Technische Änderungen vorbehalten.

1. Einführung

Wenn man die Qualität der Komponenten in einem Verkabelungssystem betrachtet, denkt man zunächst an die Übertragungseigenschaften. Sie sind zweifellos wichtig – aber sie sind nicht das Einzige. Für die Gesamtbeurteilung von Anschlussmodulen und Rangierkabeln zählen weitere Kriterien wie Zuverlässigkeit, Langlebigkeit und gute Gebrauchseigenschaften.

R&M hat deshalb 40 Produkte führender Hersteller einschliesslich der eigenen auf diese Kriterien hin getestet. Dieses White Paper fasst die Ergebnisse in vier Abschnitten zusammen: Qualität von Rangierkabeln, mechanische Belastbarkeit, elektrische Belastbarkeit und Handhabung. Wer alle diese Aspekte berücksichtigt, kann sicher sein, dass er in ein qualitativ hochwertiges Produkt investiert, das auch langfristig seinen Wert behält.

Anwendung:	Enterprise Cabling, Industrial Cabling, Residential Cabling
Technologie:	RJ45-Anschlussmodule und -Rangierkabel der Kategorie 6 für LAN-Verkabelungen der Klasse E
Format:	White Paper
Themen:	Vergleich von Anschlussmodulen und Rangierkabeln verschiedener Hersteller
Ziel:	Qualitätsvergleich unter besonderer Beachtung der mechanischen Eigenschaften
Zielgruppe:	Planer, Entscheider, Installateure
Autoren:	Regina Good-Engelhardt, René Troesch
Erschienen:	Mai 2005

2. Qualität von Rangierkabeln

Früher wurden sie meist stiefmütterlich behandelt, doch mit der gestiegenen Leistungsfähigkeit der Verkabelungssysteme wurde klar: Rangierkabel sind ein integraler Teil des Gesamtsystems. Einschlägige Studien zeigen, dass Performance-Probleme häufig auf unzureichende Rangierkabel zurückzuführen sind. Die Verwendung erstklassiger Rangierkabel ist deshalb unabdingbar.

Dieser Abschnitt der Untersuchung beschäftigt sich mit drei wesentlichen Eigenschaften von Rangierkabeln:

- Übertragungstechnische Performance,
- Kontakthöhe des Steckers und
- Zugentlastung.

R&M hat von 22 Rangierkabeltypen jeweils 20 Exemplare getestet. Die Kabel wurden „blind“ nummeriert und gekennzeichnet mit einer Vxx-("Hersteller-")Nummer. Alle getesteten Produkte waren als Kategorie 6 deklariert.

2.1. Übertragungstechnische Performance von Rangierkabeln

Die Norm ISO/IEC 11801:2002 spezifiziert u.a. Grenzwerte für die Parameter RL (Return Loss, Rückflusdämpfung) und NEXT (Near-end Crosstalk, Nahnebensprechdämpfung). Wenn die Rangierkabel diese Grenzwerte einhalten, hat das einen unschätzbaren Vorteil: Ein normkonformer Permanent Link wird durch Anschluss von normkonformen Rangierkabeln automatisch zum normkonformen Channel. Darauf kann sich der Installateur verlassen. Wenn die Rangierkabel die Grenzwerte jedoch nicht einhalten, muss der Installateur jeden Channel nochmals einzeln prüfen. Das bedeutet einen hohen Zeitaufwand.

Ergebnisse

Gemessen wurden jeweils mehrere Exemplare von 22 verschiedenen Rangierkabeltypen. Die folgenden Diagramme zeigen die Ergebnisse, bezogen auf den geltenden Grenzwert. Der grüne Punkt repräsentiert

den Mittelwert und damit die mittlere “Reserve” im Abstand zum Grenzwert. Die blaue Linie spannt sich zwischen Minimal- und Maximalwert. Sie ist damit ein Mass für die Streuung (Varianz). Eine höhere Streuung bedeutet zugleich eine grössere Wahrscheinlichkeit, den Grenzwert zu überschreiten.

Geschirmte Rangierkabel (STP)

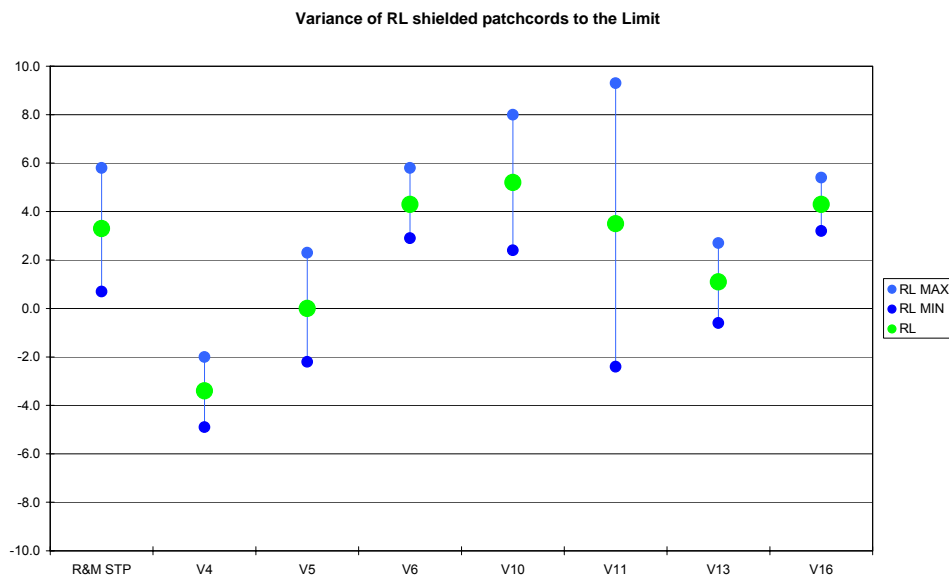


Bild 1: RL-Reserve, Maximal/Minimal- und Mittelwerte. Y-Skala in dB, bezogen auf den Grenzwert.

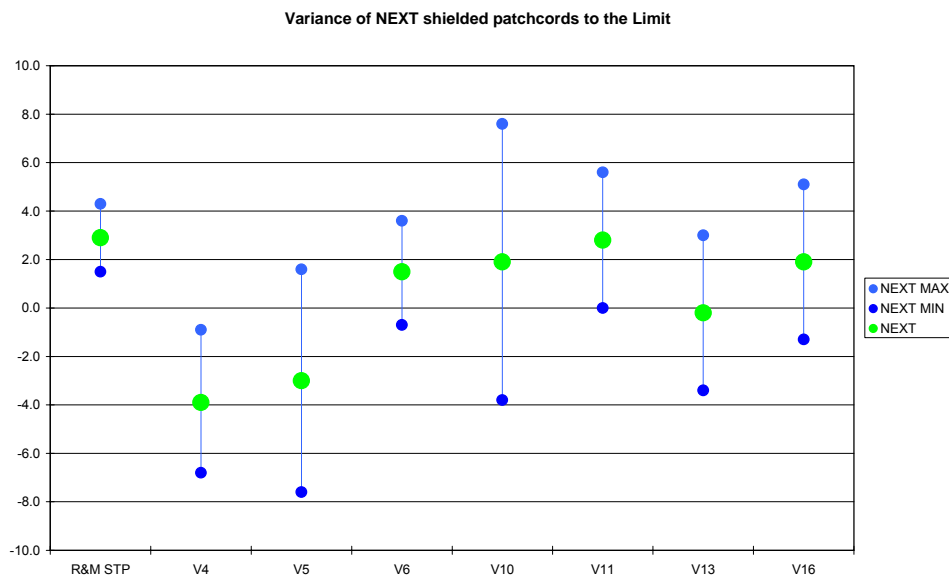


Bild 2: NEXT-Reserve, Maximal/Minimal- und Mittelwerte. Y-Skala in dB, bezogen auf den Grenzwert.

Nur die Rangierkabel von R&M erfüllen beide Anforderungen, RL und NEXT. Manche Kabel erfüllen die Kat. 6 Anforderungen überhaupt nicht; andere haben eine hohe Streuung, was darauf hindeutet, dass die Hersteller ihren Produktionsprozess nicht im Griff haben. Das heisst, der Kunde kann Kabel bekommen, die den Kat. 6 Spezifikationen nicht entsprechen, obwohl er für Kat. 6 bezahlt hat.

Ungeschirmte Rangierkabel (UTP)

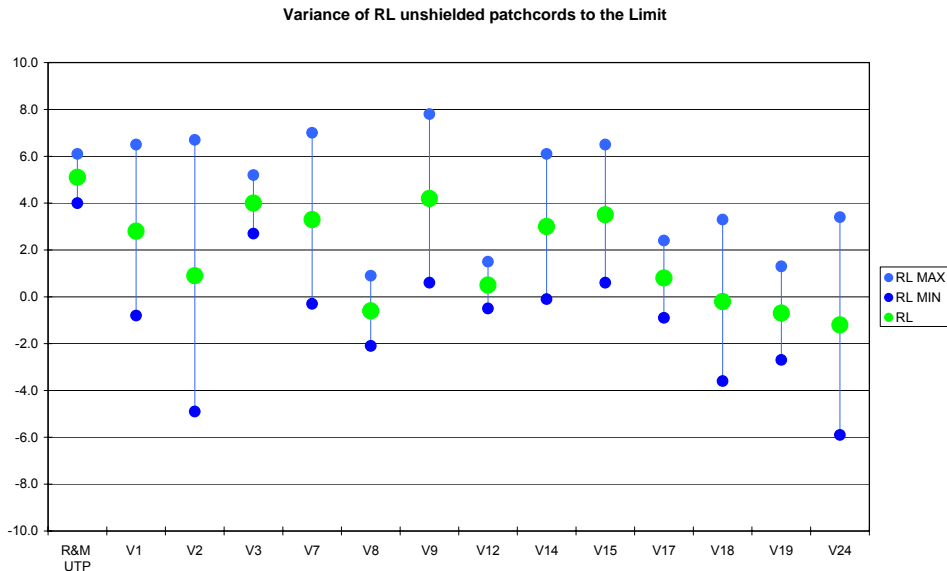


Bild 3: RL-Reserve, Maximal/Minimal- und Mittelwerte. Y-Skala in dB, bezogen auf den Grenzwert.

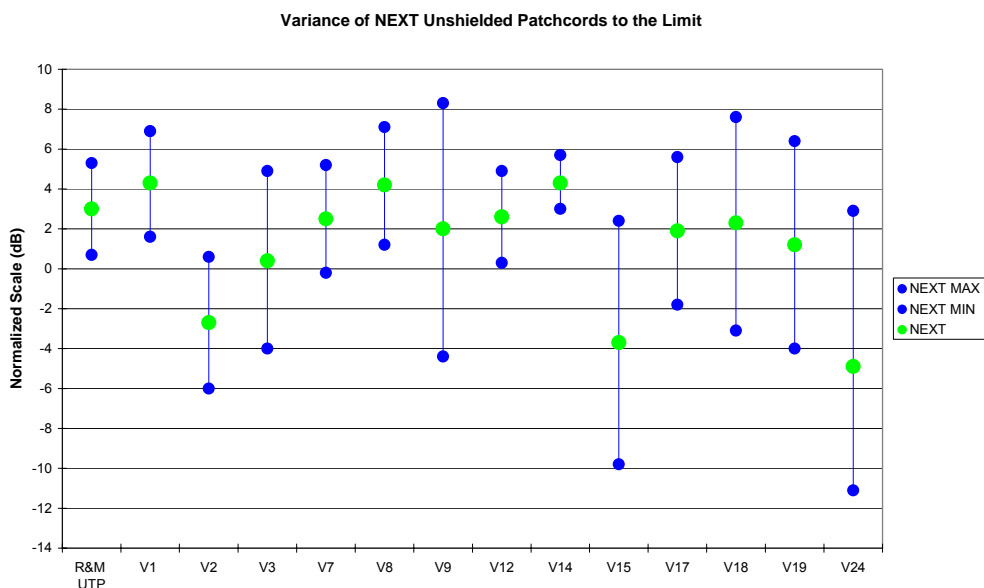


Bild 4: NEXT-Reserve, Maximal/Minimal- und Mittelwerte. Y-Skala in dB, bezogen auf den Grenzwert, und normalisiert unter Berücksichtigung von Testbedingungen, die im Feld nicht auftreten.

Insgesamt zeigen die Rangierkabel von R&M die beste Performance. Wieder gibt es Kabel, die die Grenzwerte der Norm nicht einhalten und deshalb nicht als Kat. 6 Kabel gelten können. Manche Kabeltypen haben eine sehr hohe Streuung, andere liegen mit ihrem Mittelwert schon auf der Grenze, so dass man davon ausgehen kann, dass die Hälfte der gelieferten Kabel nicht der Norm entspricht.

Dank ausgezeichneter Kontrolle des Herstellungsprozesses kann R&M 100prozentige Qualität garantieren.

2.2. Kontakthöhe des Steckers (Kontaktzone)

Um einen guten Kontakt zwischen Stecker und Anschlussmodul zu erreichen, muss die Kontaktzone innerhalb definierter Grenzen liegen.

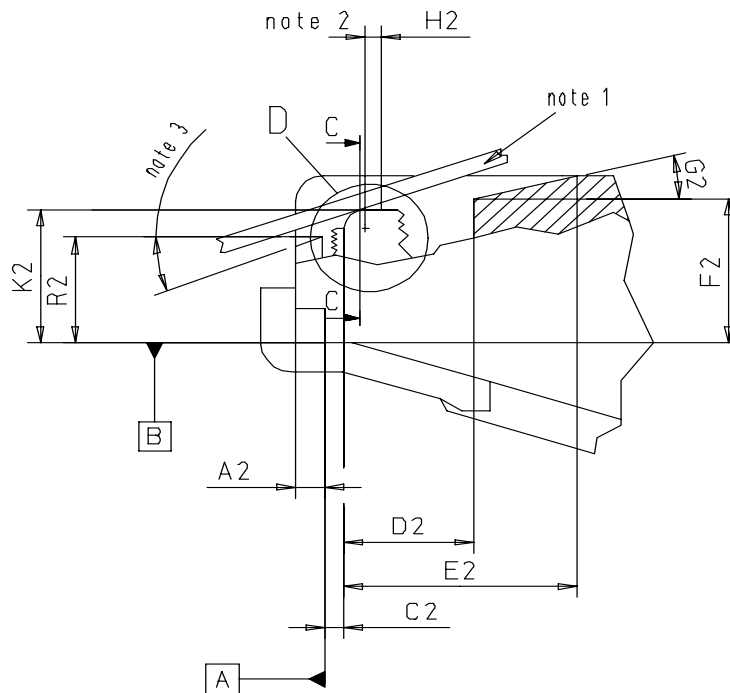


Bild 5: Kontakthöhe des Steckers. K2 ist eines der kritischen Masse. Es muss zwischen **5,89** und **6,15 mm** liegen.

Prüfvorrichtung

Zur Prüfung der Kontakthöhe hat R&M eine spezielle Vorrichtung entwickelt. Sie wird zur eigenen Produktionskontrolle eingesetzt.



Ergebnisse

Gemessen wurden jeweils 20 Exemplare von 22 verschiedenen Rangierkabeltypen. Die folgenden Diagramme zeigen als Ergebnis die Anzahl der Stecker mit Grenzwertüberschreitungen, die damit als „schlecht“ (Fail) qualifiziert wurden.

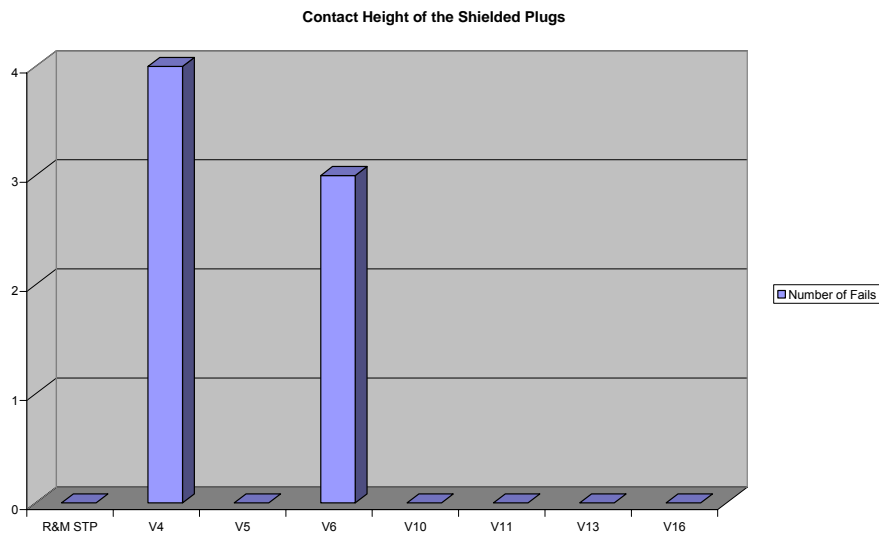


Bild 6: Kontakthöhe geschirmter Stecker

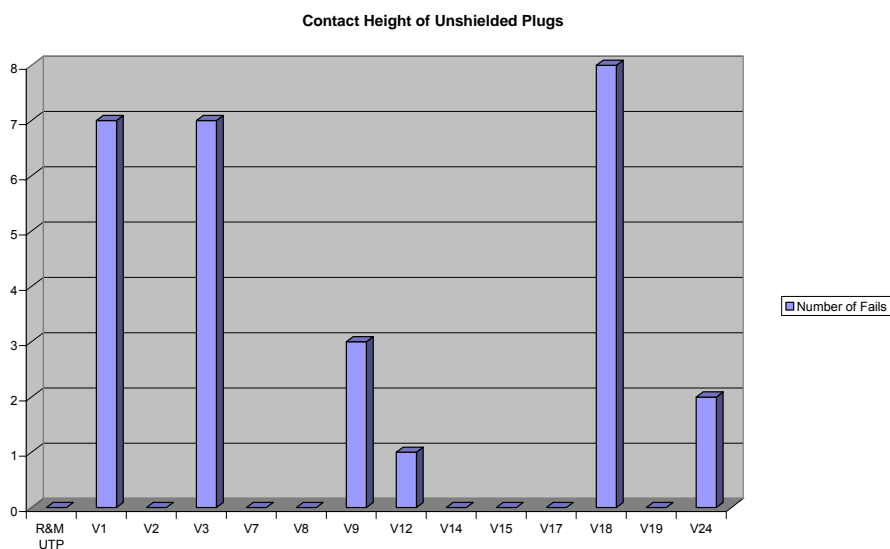


Bild 7: Kontakthöhe ungeschirmter Stecker

Bei acht von 22 Kabeltypen – rund 30 % – gab es Stecker ausserhalb der Grenzwerte; ihre Hersteller sind also nicht in der Lage, nach Norm zu fertigen. R&M benutzt ein IDC-Verfahren (Insulation Displacement Connection) zur Kontaktierung. Dadurch ist die Kontakthöhe konstant; die Kontaktzone wird durch das Aufschalten nicht beeinflusst. Dieses Verfahren stellt sicher, dass jeder ausgelieferte Stecker einen optimalen Kontakt mit dem Anschlussmodul herstellt – und damit für eine zuverlässige Verbindung sorgt.

2.3. Zugentlastung und Knickschutz (Anti-Kink)

Dieser Test wird oft vergessen, aber er bringt Eigenschaften zu Tage, die für die Zuverlässigkeit eines Verkabelungssystems grundlegend sind. Denn wie oft werden Rangierkabel um scharfe Kanten gespannt, ohne Lösen der Verriegelung aus dem Anschluss gezogen oder zwischen Möbeln und Wand eingeklemmt. Eine gut konstruierte Zugentlastung kann das Kabel schützen und seine Performance erhalten, auch wenn es nicht optimal behandelt wird.

Prüfaufbau



Der Test wurde von einer Norm für optische Kabel übernommen. Das zu prüfende Rangierkabel wird senkrecht hängend an der Halteplatte einer automatischen Testvorrichtung fixiert. Ein Gewicht am unteren Ende sorgt für eine definierte Zugkraft. Die Halteplatte wird nun um jeweils $\pm 90^\circ$ gegenüber der Senkrechten gedreht. Das simuliert die Belastung, der ein Rangierkabel bei mehreren Patch-Vorgängen im Rangierfeld Stand halten muss. Testbedingungen:

2 kg Gewicht für ungeschirmte Kabel (UTP)

1 kg Gewicht für geschirmte Kabel (STP)

250 Biegezyklen

Die Parameter NEXT und RL wurden vor und nach dem Test gemessen.

Ergebnisse

Das Diagramm zeigt, in wie weit die Performance durch den Test beeinträchtigt wurde. Negative Werte bedeuten eine Verbesserung der Performance.

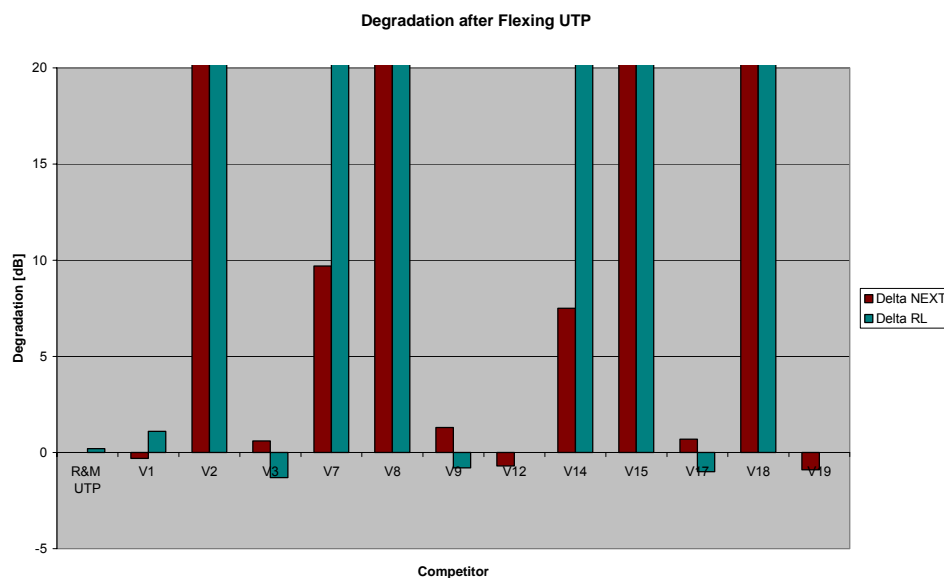


Bild 8: Ungeschirmte Rangierkabel (UTP), Verschlechterung nach 250 Biegezyklen

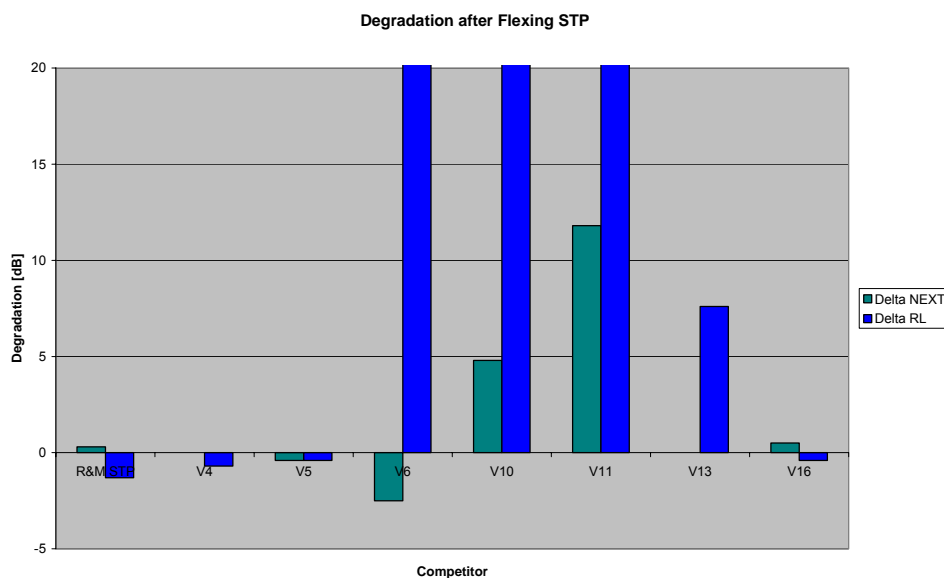


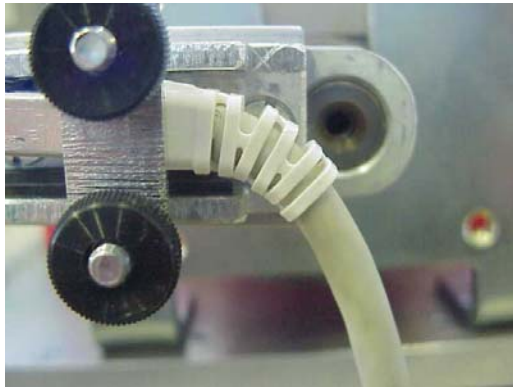
Bild 9: Geschirmte Rangierkabel (STP), Verschlechterung nach 250 Biegezyklen

Ein RL-Wert von mehr als +20 dB bedeutet, dass das Kabel während des Tests gebrochen ist. Das passierte bei neun von 21 Rangierkabeltypen, also bei mehr als 40 %! In einigen Fällen waren die Ergebnisse nach dem Biegetest geringfügig besser. Die ausgezeichneten Ergebnisse für R&M sind zurückzuführen auf die hervorragende Zugentlastung mit Knickschutz (Anti-Kink) und die daraus resultierende perfekte Kabelführung.

Die folgenden Fotos zeigen konkrete Fälle.

Beispiel R&M.

Die hervorragende Zugentlastung schützt das Kabel wirkungsvoll:



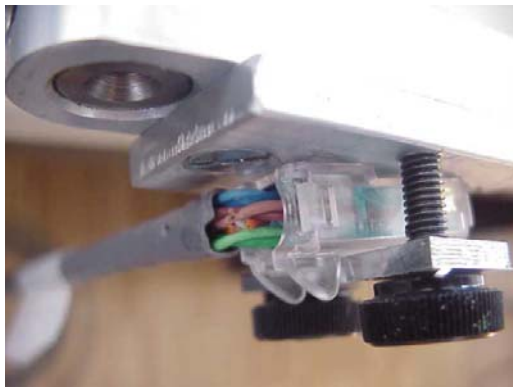
Beispiel fehlender Anti-Kink-Funktion.

Performance-Einbussen sind so unvermeidlich:



Beispiel fehlender Zugentlastung.

Dies kann nur zum Kabelbruch führen:



2.4. Zusammenfassung – Rangierkabeltest

Die drei hier vorgestellten Prüfungen geben ein gutes Mass für die Qualitätsbeurteilung von Rangierkabeln. Die folgenden Tabellen fassen die Ergebnisse zusammen.

Hersteller (Vendor)	Performance		Kontakthöhe Stecker	Zugentlastung
	NEXT min [dB] Grenzwert 0,0	RL min [dB] Grenzwert 0,0		
R&M UTP	0,7	4,0		
V1	1,6	-0,8	schlecht	
V2	-6,0	-4,9		schlecht
V3	-4	2,7	schlecht	
V7	-0,2	-0,3		schlecht
V8	1,2	-2,1		schlecht
V9	-4,4	0,6	schlecht	
V12	0,3	-0,5	schlecht	
V14	3	-0,1		schlecht
V15	-9,8	0,6		schlecht
V17	-1,8	-0,9		
V18	-3,1	-3,6	schlecht	schlecht
V19	-4	-2,7		
V24	-11,1	-5,9	schlecht	nicht geprüft

Tabelle 1: Ungeschirmte Rangierkabel (UTP), Zusammenfassung

Hersteller (Vendor)	Performance		Kontakthöhe Stecker	Zugentlastung
	NEXT [dB] Grenzwert 0,0	RL [dB] Grenzwert 0,0		
R&M STP	1,5	0,7		
V4	-6,8	-4,9	schlecht	
V5	-7,6	-2,2		
V6	-0,7	2,9	schlecht	schlecht
V10	-3,8	2,4		schlecht
V11	0,0	-2,4		schlecht
V13	-3,4	-0,6		
V16	-1,3	3,2		

Tabelle 2: Geschirmte Rangierkabel (STP), Zusammenfassung

Von insgesamt 22 ungeschirmten (UTP) und geschirmten Rangierkabeltypen (STP) waren diejenigen von R&M die einzigen, die sämtliche Tests bestanden. Diese überlegene Qualität schlägt sich in der hohen Performance des Gesamtsystems nieder.

3. Mechanische Belastbarkeit

Ein Verkabelungssystem ist eine langfristige Investition. Dauerfestigkeit ist deshalb eine wichtige Eigenschaft. Die Komponenten des Systems müssen so stabil und robust sein, dass sie auch nach Jahren des Gebrauchs noch einwandfrei funktionieren. Änderungen oder Erweiterungen dürfen keine Verschlechterung verursachen. Am besten prüft man die Dauerfestigkeit, indem man die Komponenten mechanischen Belastungen aussetzt – und das haben wir getan.

3.1. Der Steckvorgang

Alle Stecker und Buchsen wurden auf einer Vorrichtung montiert, die automatisch den Steckvorgang mit Ein- und Ausstecken reproduziert. Die Arretierung wurde für diesen Test ausser Funktion gesetzt; die Steckvorgänge fanden ohne elektrische Last statt. Die Prüflinge wurden so montiert, wie es der Situation unter realen Bedingungen entspricht.

Da die Kontakte anfällig für das Eindringen von Partikeln sind, wurde der Testablauf regelmässig unterbrochen und die Menge von Metall- und Kunststoffpartikeln festgestellt; ebenso wurden Beschädigungen der Oberflächen von Schirm und Kontakten festgehalten.

Es wurde eine Skala definiert, um den Grad der Abnutzung als Zahlenwert festzuhalten, und zwar getrennt für geschirmte (STP) und ungeschirmte (UTP) Stecker und Anschlussmodule.

Grad der Abnutzung

Skala	Metallische Oberflächen (Abnutzung nach x Steckzyklen)	Materialrückstände (nach x Steckzyklen)
0	keine Beschädigung	keine Materialrückstände
1	leichte Spuren	
2	kräftige Spuren	
3	Kontaktauflage partiell durchgescheuert	
4	Kontaktauflage weggescheuert	
5	Kontakt selbst weggescheuert	viele Materialrückstände

Tabelle 3: Skala zur Beurteilung der Abnutzungserscheinungen und der Rückstände des Abriebs auf den metallischen Oberflächen

Stecker und Buchse wurden jeweils getrennt bewertet. Für eine einwandfreie Verbindung müssen allerdings Stecker *und* Buchse in gutem Zustand sein. Deshalb sind in Tabelle 4 die Ergebnisse für Stecker- und Buchsenpaare jeweils so kombiniert, dass für die Abnutzung der schlechteste Wert (worst case), für die Rückstände der Mittelwert eingetragen wurde. Um die Produkte zu vergleichen, wurde die Anzahl von Beschädigungspunkten addiert und über die verschiedenen Belastungen gemittelt. Dieser Wert ist ein gutes Mass für die Dauerfestigkeit eines Produkts.

Ergebnisse

Stecker UTP	Metallische Oberflächen (Abnutzung nach x Steckzyklen)				Materialrückstände (nach x Steckzyklen)			Beschädigungspunkte gesamt	Mittelwert
Hersteller (Vendor)	neu	250	750	1500	250	750	1500		
R&M	0	1	2	3	0,5	0,5	1,5	8,5	1,2
V03	1	2	2	3	0	0	1,5	9,5	1,4
V07	1	1	2	2	0	0,5	2,5	9	1,3
V08	0	1	2	3	0	0,5	1	7,5	1,1
V12	0	1	4	4	0	2	3	14	2,0
V14	2	2	2	2	0,5	0,5	0,5	9,5	1,4
V15	0	3	4	4	1	2	3,5	17,5	2,5
V17	2	2	3	3	0,5	1	1,5	13	1,9
V18	0	1	2	2	0,5	1	2	8,5	1,2
V19	0	1	2	4	0	0	1	8	1,1
V21	1	1	2	2	0,5	1,5	1,5	9,5	1,4
V23	1	2	3	3	1	1	2,5	13,5	1,9

Tabelle 4: Kombination Stecker / ungeschirmte Buchsen

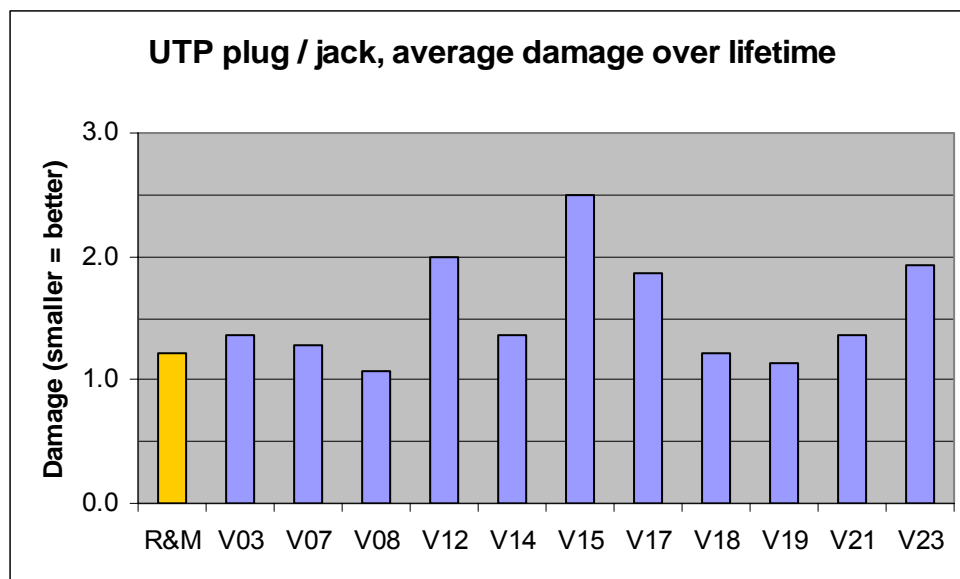


Bild 10: Die ungeschirmten Stecker-Buchsen-Paare von R&M zeigen sehr gute Ergebnisse

Stecker STP	Metallische Oberflächen (Abnutzung nach x Steckzyklen)				Materialrückstände (nach x Steckzyklen)			Beschädigungs- punkte gesamt	Mittel- wert
Hersteller (Vendor)	neu	250	750	1500	250	750	1500		
R&M	0	1	3	4	0	1,5	2	11,5	1,6
V04	1	1	2	3	0,5	1,5	2	11	1,6
V05	1	2	3	4	0,5	1	2	13,5	1,9
V06	1	4	4	4	0	0,5	1,5	15	2,1
V10	1	2	3	4	0,5	0,5	1	12	1,7
V11	1	2	3	3	1	1,5	2	13,5	1,9
V16	1	2	3	4	0,5	1	2,5	14	2,0
V20	1	3	4	5	1,5	2	3	19,5	2,8
V22	1	1	3	4	1,5	2	3,5	16	2,3

Tabelle 5: Kombination Stecker / geschirmte Buchsen

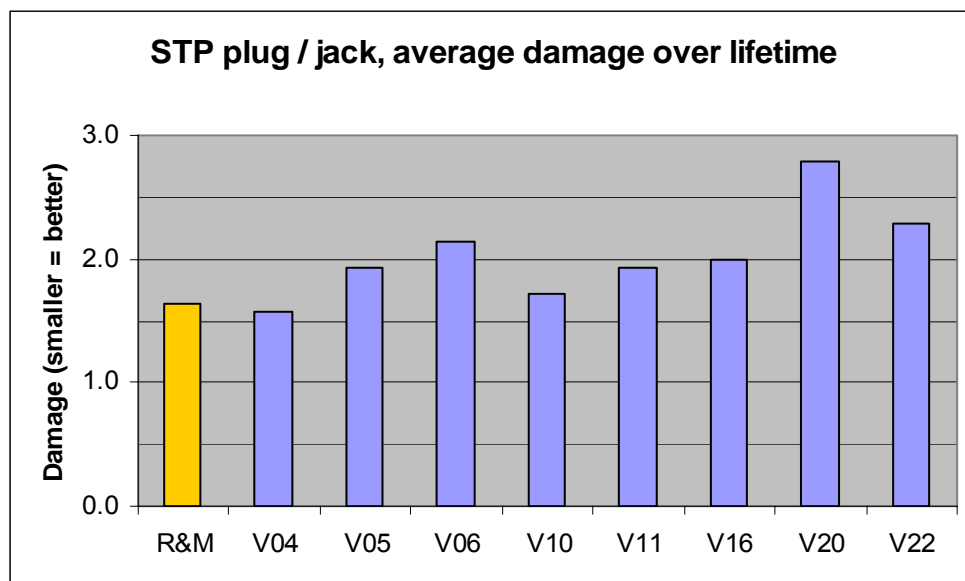


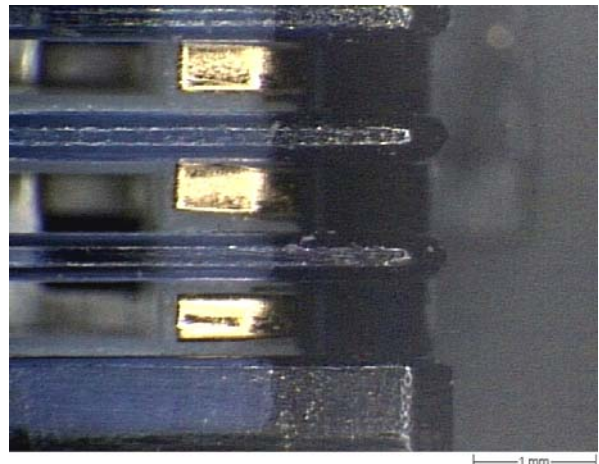
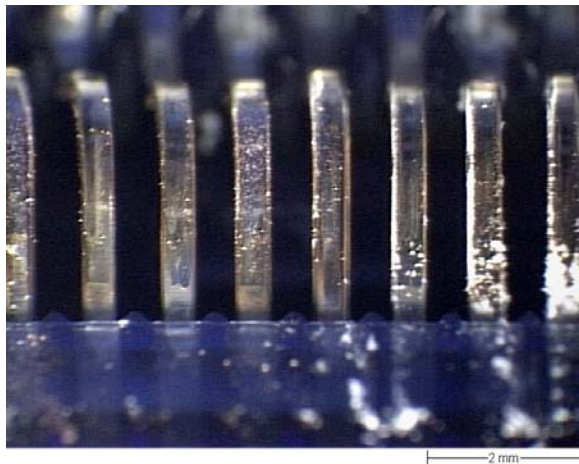
Bild 11: Die geschirmten Stecker-Buchsen-Paare von R&M zeigen ausgezeichnete Ergebnisse

Diese Ergebnisse bestätigen, dass die geschirmten und ungeschirmten Buchsen und Stecker von R&M eine hohe Dauerfestigkeit haben und zuverlässige Verbindungen herstellen – über ihre gesamte Lebensdauer.

Die folgenden Fotos zeigen wieder konkrete Fälle.

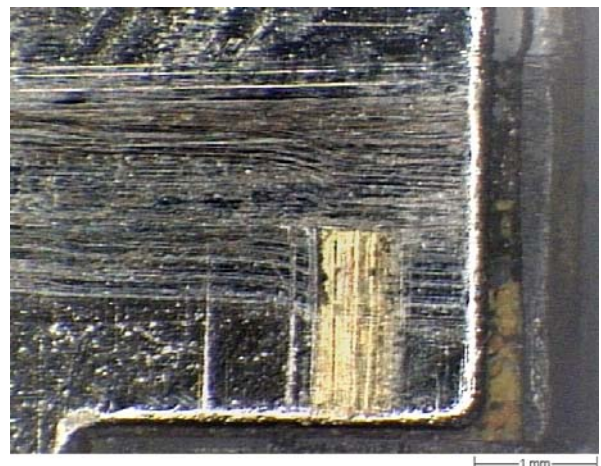
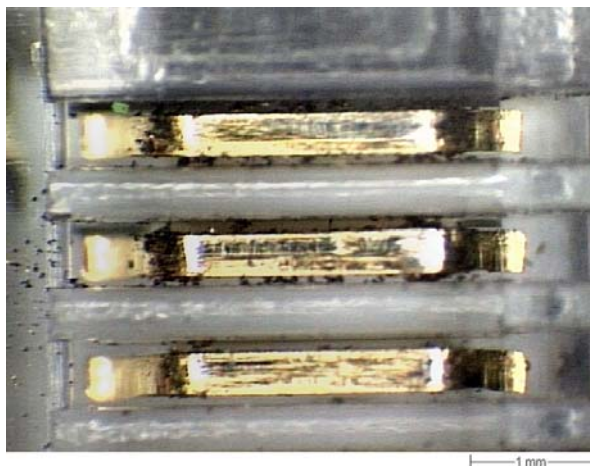
Beispiel R&M

Alle Stecker von R&M sind geschirmt. Sie sind gemeinsam mit den Buchsen so konzipiert, dass sie zusammen hervorragende Ergebnisse liefern. Die Goldauflage auf den Kontaktflächen ist auch nach vielen Steckvorgängen noch intakt und bietet damit nach wie vor Schutz in aggressiven Umgebungen. Hier das Ergebnis für die geschirmte Buchse (links) und den Stecker (rechts) nach 1500 Steckzyklen:



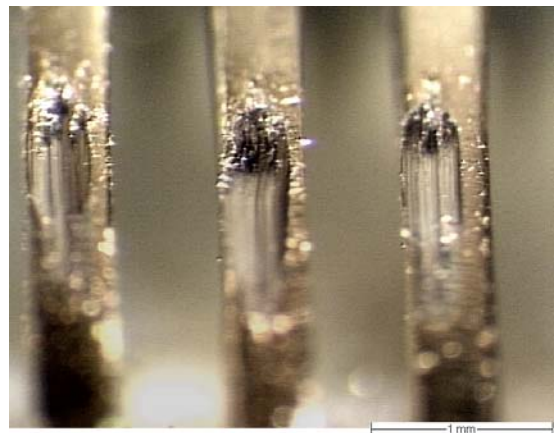
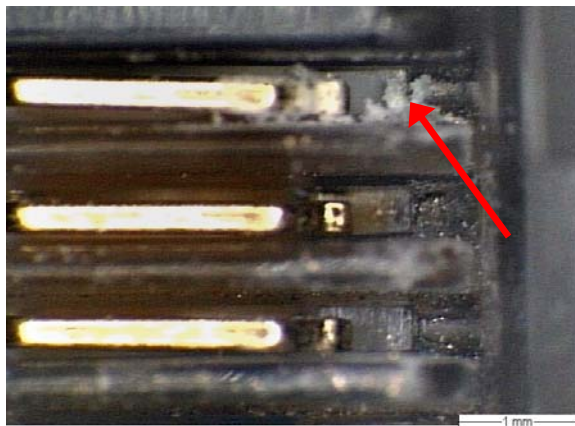
Einige Beispiele anderer Hersteller

Geschirmter Stecker von Hersteller V4 nach 1500 Steckzyklen (links). Die Goldauflage ist beschädigt, und rund um die Kontaktfläche hat sich Material abgelagert. Der Schirm des Steckers zeigt heftigen Abrieb (rechts).

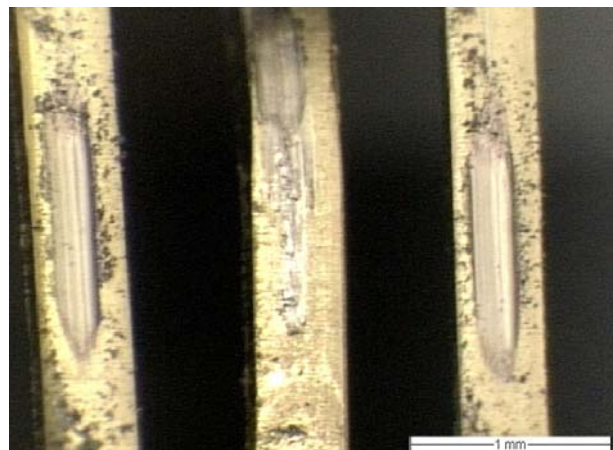
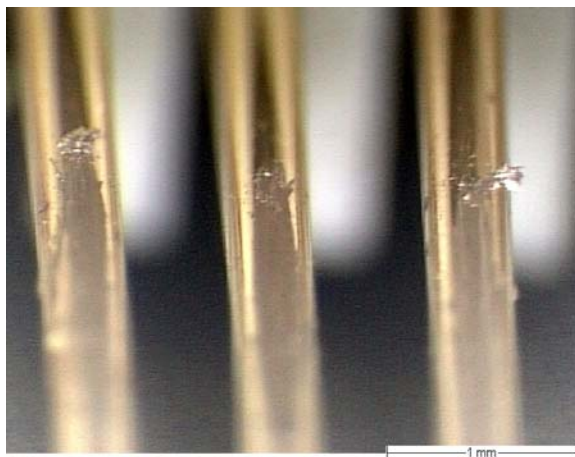


Einige Beispiele anderer Hersteller (Fortsetzung)

Links ein ungeschirmter Stecker von Hersteller V12 nach 1500 Steckzyklen mit Kunststoffrückständen in Kammer 1 (Pfeil). Rechts eine geschirmte Buchse von Hersteller V10 nach 1500 Steckzyklen.



Links eine ungeschirmte Buchse von Hersteller V15 nach 250 Steckzyklen. Rechts eine ungeschirmte Buchse von Hersteller V12 nach 750 Steckzyklen.



4. Elektrische Belastbarkeit: Verträgt das Anschlussmodul “hot plug and play”?

Die treibende Kraft für den Standard IEEE 802.3af, „Power over Ethernet“ (PoE), war der Wunsch, IP-Telefone direkt über die Kommunikationskabel mit Strom zu versorgen. Das reduziert die Netzteile auf dem Schreibtisch und das Kabelgewirr unter dem Schreibtisch. Power over Ethernet lässt sich auch anwenden für Kameras, Sicherheitssysteme oder andere Geräte mit niedrigem Stromverbrauch. Natürlich hat der Transport von 15 Watt Leistung auf Datenleitungen Auswirkungen auf die Verkabelungsinfrastruktur.

Haben Sie je überlegt, ob Ihr Steckverbinder eine Spannung von rund 50 V und einen Strom von einigen hundert Milliampere verkraftet? Und wenn 15 Watt schon nicht viel erscheinen – jüngst hat IEEE eine Arbeitsgruppe gebildet, die einen Standard „Power over Ethernet Plus“ auf den Weg bringen soll. Ziel ist, Laptops, Wireless LAN Hotspots usw. direkt mit 30 bis 40 Watt Leistung zu versorgen.

R&M hat mehrere Steckverbinder aus eigener Produktion und von anderen Herstellern daraufhin getestet, wie sie den realistischen PoE-Bedingungen standhalten. Der folgende Abschnitt geht näher auf den IEEE-Standard ein und, noch wichtiger, auf den Standard für den Steckverbinder selbst, die IEC 60603-7. Dabei wird sich herausstellen, dass es nicht so einfach ist wie es scheint, einen Steckverbinder zu konstruieren, der PoE-tauglich ist.

4.1. Power over Ethernet

Der PoE-Standard 802.3af wurde Ende 2003 verabschiedet. Er definierte drei Klassen mit einer maximalen Leistung von 15,4 Watt. Für Switches wird der Strom über die Adernpaare 12-36 übertragen, für den „Midspan“ über die übrigen Adernpaare 45-78. Wir reden also über rund 350 mA pro Paar und benutzen dabei ein Paar für Plus und ein Paar für Minus. Die minimale Betriebsspannung beträgt 44 V.

4.2. Hot plug and play

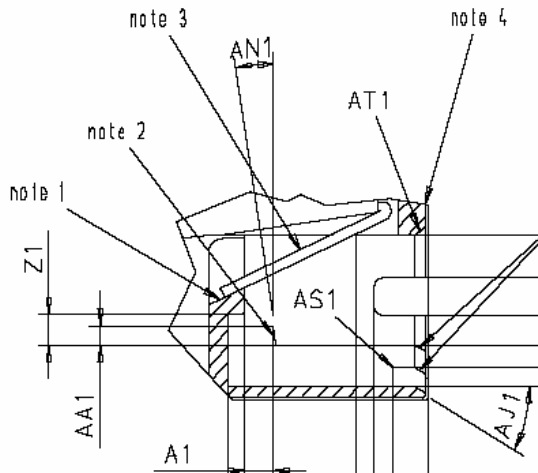
“Hot plug and play” ist ein Schlagwort aus der „Welt von Bill Gates“. Es bezieht sich auf den einfachen Austausch von Kabeln und aktiven Komponenten. Weil es meist funktioniert, denkt man nicht weiter nach, was wirklich passiert, wenn man ein Kabel einsteckt oder zieht. Hier sollten wir uns an die Zeiten erinnern, als schlechte Gerätestecker in der abgenutzten Steckdose noch zu zischeln anfangen oder als es kurz blitzte, wenn man sie herauszog. Denn überall dort, wo ein fließender Strom unterbrochen wird, kommt es zu einer – wenn auch kleinen – Funkenbildung.

4.3. Das Thema Steckverbinder

Die Normenreihe EN 50173 definiert für den Channel eine Spannung von maximal 72 V, einen Strom von maximal 175 mA pro Paar im gesamten Gebrauchstemperaturbereich und eine Leistung von maximal 10 W pro Paar. Wichtig ist in diesem Zusammenhang auch der Schleifenwiderstand von 25 Ohm, weil er für einen Leistungsverlust sorgt, der zugleich die Leiter erwärmt.

IEC 60603-7, der Standard für RJ45-Steckverbindungen, spezifiziert verschiedene Parameter, die im Vergleich zu NEXT weniger wichtig erscheinen. Im Zusammenhang mit PoE sind sie entscheidend.

Bild 12 zeigt Einzelheiten einer RJ45-Buchse. Anmerkung 3 ist dabei enorm wichtig:



Note 3: Contacts shown at rest.

Contacts shall always be contained inside guide slots and shall move freely within their individual slots.

Anmerkung 3: Kontakte dargestellt in Ruhelage.

Die Kontakte müssen sich stets in Führungsschlitzen befinden und müssen sich innerhalb ihres Schlitzes frei bewegen können.

Bild 12

Führungsschlitze sind nötig, um Kurzschlüsse zu vermeiden, falls ein schlechter Stecker eingeführt wird. Man kann sich leicht vorstellen, was bei einem Kurzschluss passiert, wenn 350 mA fließen. Allerdings kann man nicht grundsätzlich davon ausgehen, dass alle Buchsen der Norm entsprechen. Bei unseren Untersuchungen bestanden drei von 14 diesen Test nicht.

4.4. Spannungsfestigkeit und Strombelastbarkeit

Die Kontakte gegeneinander müssen spannungsfest sein bis 1000 V Gleichspannung bzw. 1000 V Spitzenwert bei Wechselspannung. Für die Spannung zwischen Kontakten und Schirm oder Montageplatte sind 1500 V die Bedingung, damit eine RJ45-Steckverbindung die IEC-Norm erfüllt. Dies ist u.a. eine Sicherheitsmassnahme, damit Überspannungen keine umgebenden Teile beschädigen können. Diese Bedingungen auf gedruckten Schaltungen (PCB) oder bei speziellen Kontaktformen einzuhalten, kann unter Umständen schwierig sein.

Die Strombelastbarkeitsgrenze ist der wichtigste Parameter für PoE. Das folgende Diagramm gilt für die Stromstärke, wenn alle acht Kontakte in Reihe geschaltet sind:

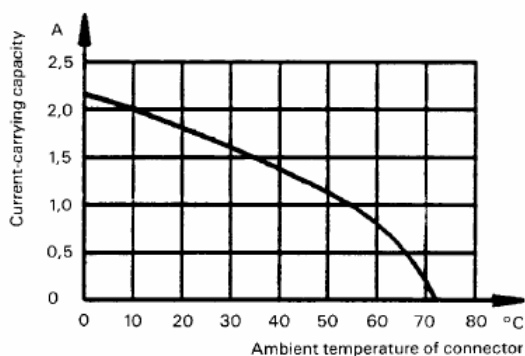


Figure 10 – Connector de-rating curve

Bild 13: Strombelastbarkeit für max. 30° C Temperaturerhöhung, aufgetragen über der Umgebungstemperatur. Bei 60° C Umgebungstemperatur dürfen noch 0,75 A fließen.

Bei 0° C Umgebungstemperatur können 2,2 A fließen, ohne die Steckverbindung zu beschädigen. Bei engem PCB-Layout oder bei minderwertigen Kontakten kann sich allerdings so viel Hitze entwickeln, dass Stecker und Buchse schmelzen. Bei 60° C sollte der Anstieg der Temperatur weniger als 30° C betragen – aber selbst 90° C sind für eine Steckverbindung sehr heiss.

Bei PoE handelt es sich um 350 mA im gesamten Temperaturbereich. Das ist rund die Hälfte des Maximalwerts. PoE Plus sieht 750 mA im gesamten Temperaturbereich vor und wird damit hart an die Grenzen des Standards gehen.

Haben Sie verschiedene Anschlussmodule mal unter diesem Aspekt betrachtet?

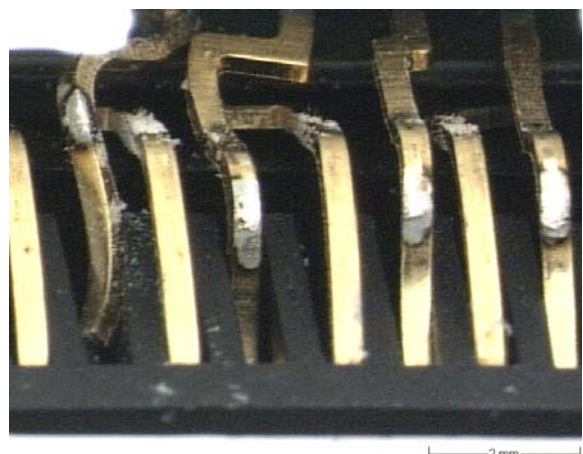
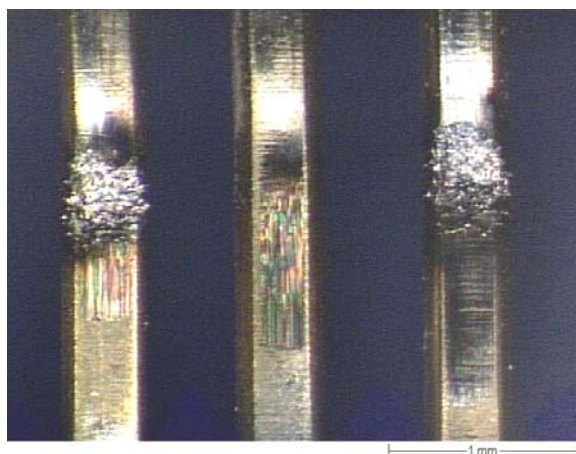
Sämtliche bisher genannten Tests beziehen sich auf die Sicherheit von Personen und Tieren sowie die Verhütung von Schäden an Gebäuden. Der folgende Test stellt sicher, dass die Stecker-Buchsen-Kombination auch nach mehreren "Hot plug and play"-Zyklen noch einwandfrei funktioniert.

4.5. Steckvorgang unter Last

Diesen Test beschreibt IEC 60512-9-3:2004 als "Test 9c: Mechanical operations with electrical load".

Mit einer einfachen Schaltung aus Widerstand und Kondensator wird ein kleiner Funke erzeugt, der den Kontakt beeinflussen kann: Je nach Steckverbinder-Konstruktion findet die Entladung innerhalb der Kontaktzone statt, was den Kontakt verschlechtert und die Zuverlässigkeit beeinträchtigt.

Bei einem guten Kontakt-Design bleibt die eigentliche Kontaktzone von der Entladung unberührt (links). Bei einem schlechten Design kann es z.B. zur Verwerfung der Kontakte und zu Zerstörungen in der Kontaktzone kommen (rechts).



4.6. Testergebnisse

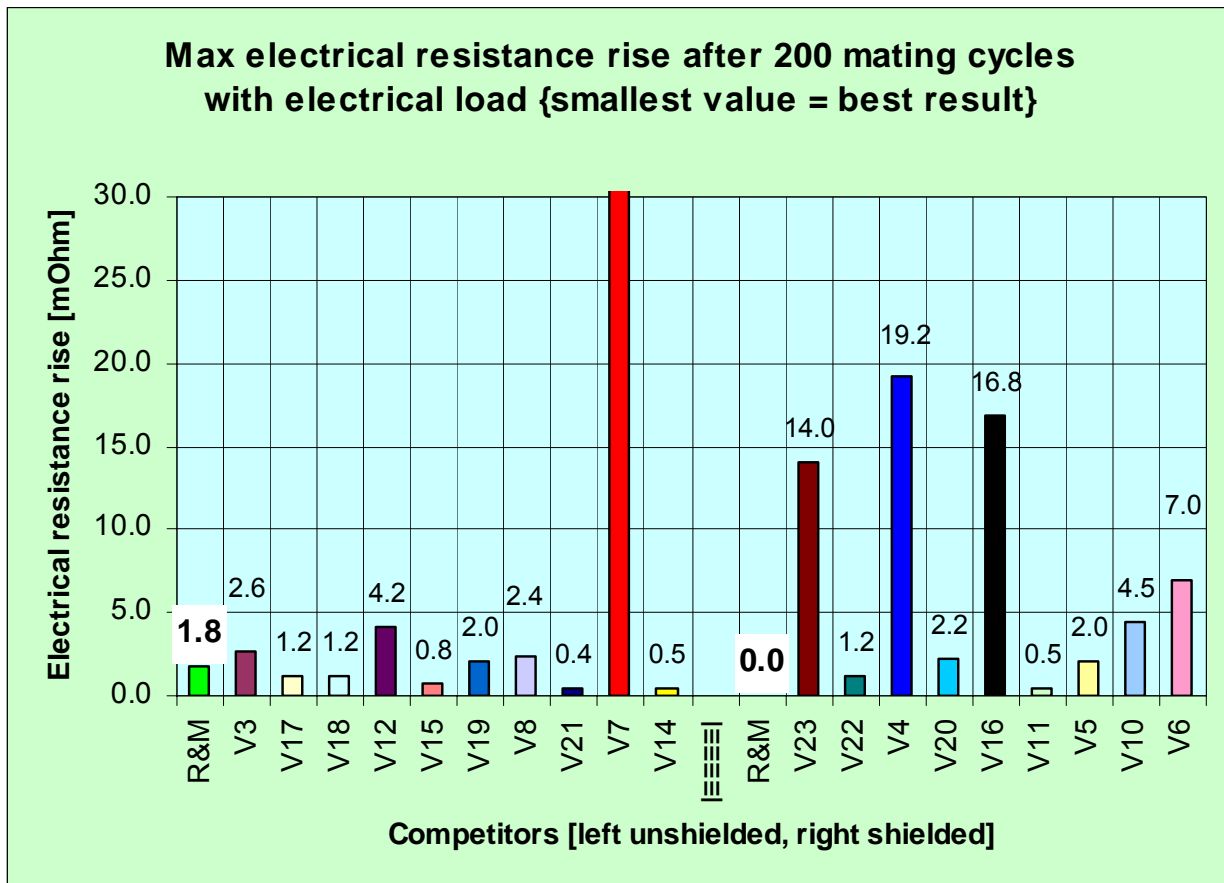


Bild 14: Anstieg des Übergangswiderstands in Milliohm nach 200 Steckzyklen unter elektrischer Last

21 verschiedene Produkte wurden getestet. Eines von ihnen zeigte einen Anstieg des Übergangswiderstands von mehr als 20 Milliohm und erfüllte damit die Anforderungen nicht. Drei weitere lagen hart an der Grenze. Es ist zu befürchten, dass diese Produkte nach kurzer Zeit ausfallen, weil die geschädigte Kontaktzone oxidiert.

Das heist, dass jedes vierte Anschlussmodul nicht für "Hot plug and play" geeignet ist!

Mit zukünftigen Entwicklungen wie PoE Plus wird sich dieses Verhältnis noch verschlechtern.

4.7. Drei Fragen

1. Ist Ihr System gerüstet für "Hot plug and play"?
2. Ist Ihr System kurzschlussicher?
3. Verträgt Ihr System 1,75 A ohne Beschädigung?

Wenn Sie in ein R&M-System investiert haben, können Sie alle drei Fragen mit Ja beantworten.

5. Handhabung: Ist das Anschlussmodul problemlos zu beschalten?

Die Performance der Anschlussmodule ist mitbestimmend für die Performance des gesamten Verkabelungssystems. Gute Messwerte allein reichen jedoch nicht. Wenn das Modul schwierig und umständlich zu beschalten ist, wird seine Installation unökonomisch. Deshalb ist es sinnvoll, auch den Installationsprozess unter die Lupe zu nehmen und ihn in der Gesamtbeurteilung von Anschlussmodulen zu berücksichtigen.

5.1. Wichtige Eigenschaften eines Anschlussmoduls / Bewertungsmethode

Um die Handhabung von Anschlussmodulen beurteilen zu können, muss man viele Aspekte in Erwägung ziehen. Um führende Fabrikate auf dem Markt vergleichen zu können, haben wir jedem Aspekt eine Punktbewertung zugeordnet.

Zeit für das Aufschalten (maximal 3 Punkte): Diese Zeit kann die Kosten eines Projekts wesentlich beeinflussen. Wenn der Prozess kompliziert und zeitaufwändig ist, kann er sogar den Terminplan zu Fall bringen. Natürlich lässt sich durch Übung die Anschlusszeit für jedes Modul verkürzen. Trotzdem lohnt es sich, die Unterschiede zu betrachten, denn der Einarbeitungseffekt stellt sich bei allen Anschlussmodulen ein. Er führt zu einer Zeitersparnis von 5 bis 10 %.

Die Rangliste enthält die Hersteller, aufsteigend nach der errechneten Zeit für das Aufschalten, d.h. derjenige mit der kürzesten Zeit steht auf Platz 1. Zwölf UTP-Module wurden getestet; die möglichen drei Punkte wurden entsprechend der Gesamtwertung folgendermassen vergeben:

Platz	Punkte
1	3,00
2	2,75
3	2,50
4	2,25
5	2,00
6	1,75
7	1,50
8	1,25
9	1,00
10	0,75
11	0,50
12	0,25

Im Weiteren wurden zehn STP-Module getestet – mit folgender Punktevergabe:

Platz	Punkte
1	3,00
2	2,70
3	2,40
4	2,10
5	1,80
6	1,50
7	1,20
8	0,90
9	0,60
10	0,30

Beschreibung (maximal 2 Punkte): Sie muss zur Hand sein, wenn sie gebraucht wird. Denn die Aufgabe, Module zu beschalten, geht oft an nicht speziell geschultes Personal. Manche benutzen auch die Beschreibung, um ihre Vorgehensweise zu überprüfen. Die volle Punktzahl erhielten deshalb alle Hersteller, die ihren Produkten eine Beschreibung beilegen oder sie auf die Verpackung drucken. Nur einen Punkt erhielten Hersteller, die ihre Beschreibung im Internet anbieten. Denn Internet-Zugang ist auf der Baustelle selten. Das Fehlen jeglicher Beschreibung wurde mit null Punkten „honoriert“.

Form	Punkte
Papier	2
Verpackung	2
Elektronisch	1
Keine	0

Beschalten ohne besonderes Werkzeug (2 Punkte): „Tool-less termination“ – das spart nicht nur Zeit, sondern auch die Kosten für das Spezialwerkzeug. Und es vermeidet den Ärger, wenn das Werkzeug nicht da ist, wo man es gerade braucht.

Tool-less	Punkte
Ja	2
Nein	0

Zugentlastung (2 Punkte): Mit stetig steigender Performance gewinnt der Schutz des Kabels gegen Biegung und Zug an Bedeutung. Die Zugentlastung der Leiter kann für die Performance des Channels entscheidend sein.

Zugentlastung	Punkte
Ja	2
Nein	0

Wiederholtes Beschalten: Die Möglichkeit, ein Modul erneut zu beschalten, ist eine wichtige Eigenschaft. Denn wenn man sich einmal verschaltet hat, muss man nicht gleich das ganze Modul wegwerfen. Man macht die Sache noch einmal, ohne zusätzliche Kosten, ohne Stress. Das kann dort zu einem Kostenfaktor werden, wo Auszubildende ihr Handwerk lernen. Beurteilt wurden nur STP-Module, da sämtliche UTP-Module wiederbeschaltbar waren.

Wiederbeschaltbar	Punkte
Ja	2
Nein	0

5.2. UTP aufschalten

Die UTP-Prozedur: Für jeden Hersteller wurden zwei Links von 15 Metern Länge mit vier Anschlussmodulen vorbereitet. In allen Fällen wurde der Kabeltyp R&M Freenet UTP 250 MHz 4x2x0.55 mm verwendet. Der Aufschaltvorgang wurde in folgende vier Schritte unterteilt:

1. Kabel vorbereiten
2. Drähte positionieren
3. Drähte beschneiden
4. Drähte anschliessen (kontaktieren)

Für Schritt 1 wurde in allen Fällen ein Durchschnittswert eingetragen, da die Prozedur für alle Anschlussmodule gleich ist. In manchen Fällen wurden auch Schritt 3 und 4 zusammengefasst. Für jeden Schritt wurden vier Messungen durchgeführt und die Ergebnisse gemittelt. Aus diesen Werten wurde wiederum die Gesamtzeit errechnet.

UTP	1. Kabel vorbereiten	2. Drähte positionieren	3. Drähte beschneiden	4. Drähte kontaktieren	Gesamtzeit, errechnet	Platz	Erreichte Punktzahl	
Hersteller								
R&M UTP	25,8	65,2	9,5	5,4	105,9	3	2,50	
V2	25,8	72,1	7,3	11,3	116,5	6	1,75	
V3	25,8	73,5	7,4	14,1	120,8	7	1,50	
V7	25,8	47,4	19,5	39,7	132,4	9	1,00	
V8	25,8	93,8	13,9	42,5	176,0	12	0,25	
V12	25,8	67,2	15,7	19,5	128,2	8	1,25	
V14	25,8	58,2	10,4	11,6	106,0	4	2,25	
V15	25,8	68,9	8,5	35,4	138,5	10	0,75	
V17	25,8	116,3		9,0	151,1	11	0,50	
V18	25,8	43,5		22,1	91,4	1	3,00	
V19	25,8	52,2	8,9	21,1	108,0	5	2,00	
V21	25,8	49,0		28,0	102,8	2	2,75	

Tabelle 6: Benötigte Zeiten (in Sekunden), um ein UTP-Anschlussmodul zu beschalten

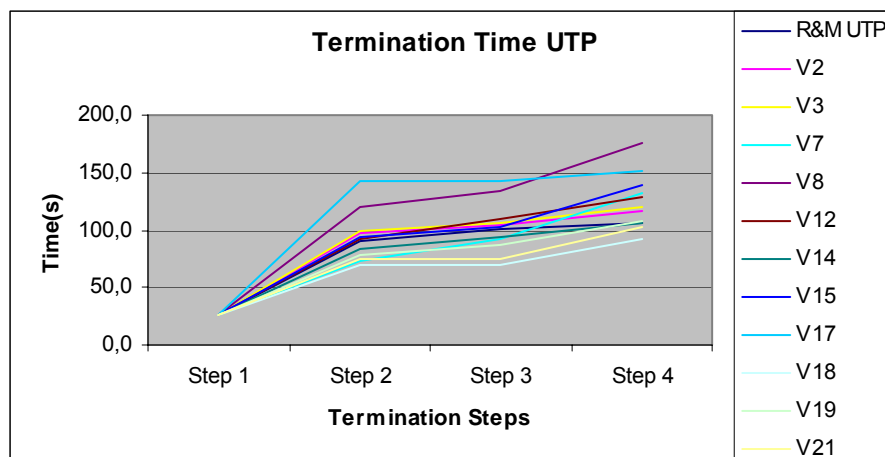


Bild 15: Benötigte Zeiten, um ein UTP-Anschlussmodul zu beschalten

5.3. STP aufschalten

Die STP-Prozedur: Für jeden Hersteller wurden zwei Links von 15 Metern Länge mit vier Anschlussmodulen vorbereitet. In allen Fällen wurde der Kabeltyp R&M Freenet S-STP 600 MHz 4x2x0.55mm verwendet. Der Aufschaltvorgang wurde in folgende fünf Schritte unterteilt:

1. Kabel vorbereiten
2. Drähte positionieren
3. Drähte beschneiden
4. Drähte anschliessen (kontaktieren)
5. Schirm montieren

Für Schritt 1 konnte kein Mittelwert eingetragen werden, weil die benötigte Zeit von der Art der Schirmkontaktierung abhängt. In einem Fall wurden Schritt 3 und 4 zusammengefasst. Für jeden Schritt wurden vier Messungen durchgeführt und die Ergebnisse gemittelt. Aus diesen Werten wurde wiederum die Gesamtzeit errechnet.

STP Hersteller	1. Kabel vorbereiten	2. Drähte positionieren	3. Drähte beschneiden	4. Drähte kontaktieren	5. Schirm montieren	Gesamtzeit, errechnet	Platz	Erreichte Punktzahl	
R&M STP	57,4	51,3	10,1	14,8	12,5	146,1	2	2,70	
V4	60,3	72,6	10,1	66,7	15,5	225,1	7	1,20	
V5	71,7	85,0	8,8	23,5	44,9	233,9	9	0,60	
V6	14,4	111,3	12,2	31,6	27,8	197,3	5	1,80	
V10	53,4	65,3	8,6	19,6	69,9	216,8	6	1,50	
V11	47,7	133,6	16,1	41,2	19,4	258,0	10	0,30	
V16	68,5	64,3	9,4	16,3	23,5	182,0	4	2,10	
V20	52,8	66,6	10,2	17,2	8,5	155,3	3	2,40	
V22	46,6	62,3	6,5	11,8	9,0	136,2	1	3,00	
V23	52,5	37,3		63,6	79,3	232,7	8	0,90	

Tabelle 7: Benötigte Zeiten (in Sekunden), um ein STP-Anschlussmodul zu beschalten

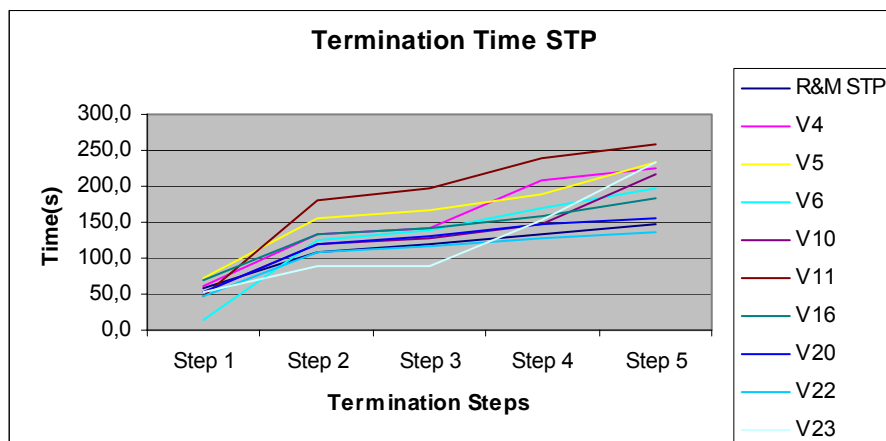


Bild 16: Benötigte Zeiten, um ein STP-Anschlussmodul zu beschalten

5.4. Ergebnisse für UTP

Die Ergebnisse für die Kriterien „Beschreibung“, „Beschalten ohne besonderes Werkzeug (Tool-less)“ und „Zugentlastung“ sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Die Spalte „Punkte“ enthält die Summe dieser drei Kriterien. In der Spalte „Gesamtpunkte“ sind zusätzlich die Punkte aus der Zeitbewertung zum Aufschalten enthalten.

UTP	Beschreibung	Tool-less	Zugentlastung	Punkte	Gesamtpunkte
R&M UTP	Papier	Ja	Ja	6	8,50
V2	Elektronisch	Nein	Nein	1	2,75
V3	Verpackung	Ja	Nein	4	5,50
V7	Elektronisch	Nein	Nein	1	2,00
V8	Verpackung	Ja	Nein	4	4,25
V12	Keine	Ja	Nein	2	3,25
V14	Elektronisch	Ja	Ja	5	7,25
V15	Papier	Ja	Nein	4	4,75
V17	Verpackung	Nein	Nein	2	2,50
V18	Verpackung	Nein	Nein	2	5,00
V19	Keine	Ja	Nein	2	4,00
V21	Keine	Nein	Nein	0	2,75

Tabelle 8: Zusammenfassung der Ergebnisse für die Handhabung von UTP-Anschlussmodulen

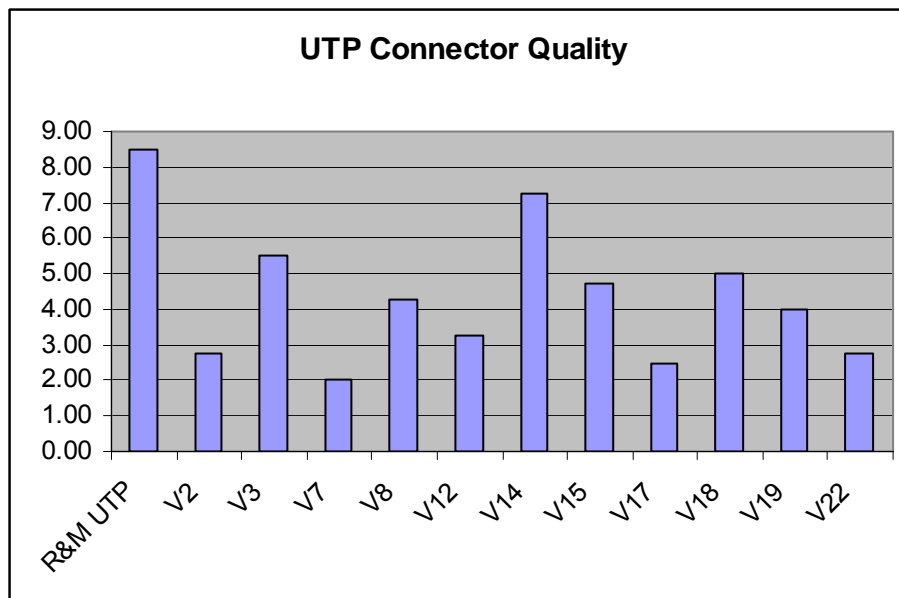


Bild 17: Das UTP-Anschlussmodul von R&M schneidet in der Gesamtbewertung der Handhabung am besten ab

5.5. Ergebnisse für STP

Die Ergebnisse für die Kriterien „Beschreibung“, „Beschalten ohne besonderes Werkzeug (Tool-less)“, „Zugentlastung“ und „Wiederbeschaltbarkeit“ sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Die Spalte „Punkte“ enthält die Summe dieser vier Kriterien. In der Spalte „Gesamtpunkte“ sind zusätzlich die Punkte aus der Zeitbewertung zum Aufschalten enthalten.

STP	Beschreibung	Tool-less	Zugentlastung	Wiederbeschaltbar	Punkte	Gesamtpunkte
R&M STP	Papier	Ja	Ja	Ja	8	10,70
V4	Elektronisch	Nein	Ja	Nein	3	4,20
V5	Elektronisch	Nein	Ja	Nein	3	3,60
V6	Keine	Ja	Ja	Nein	4	5,80
V10	Elektronisch	Ja	Ja	Ja	7	8,50
V11	Verpackung	Ja	Nein	Ja	6	6,30
V16	Papier	Ja	Ja	Ja	8	10,10
V20	Elektronisch	Ja	Ja	Ja	7	9,40
V22	Elektronisch	Ja	Ja	Nein	5	8,00
V23	Elektronisch	Nein	Nein	Nein	1	1,90

Tabelle 9: Zusammenfassung der Ergebnisse für die Handhabung von STP-Anschlussmodulen

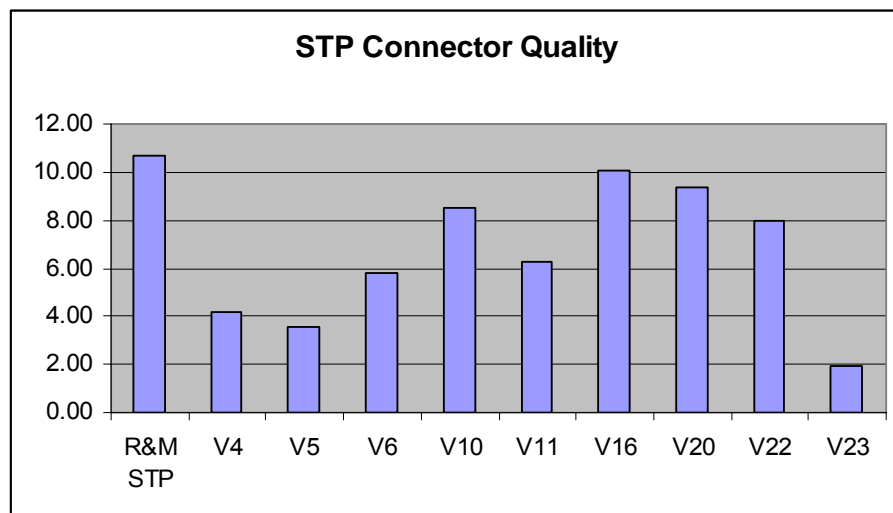


Bild 18: Das STP-Anschlussmodul von R&M schneidet in der Gesamtbewertung der Handhabung am besten ab

Wenn man alle wichtigen Aspekte bei der Handhabung gemeinsam betrachtet, zeigen sowohl die geschirmten als auch die ungeschirmten Anschlussmodule von R&M überlegene Eigenschaften, die sich direkt in Zeit- und Kostenersparnis für den Kunden niederschlagen.

6. Zusammenfassung

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass sich Rangierkabel und Anschlussmodule führender Hersteller hinsichtlich Zuverlässigkeit, Beständigkeit und Handhabung erheblich unterscheiden. Sorgfältige Auswahl eines Herstellers bei der Entscheidung für ein Verkabelungssystem zahlt sich deshalb aus.

Die Ergebnisse, vorgestellt in diesem White Paper, liefern den Beweis, dass R&M seine Komponenten von Grund auf nicht nur auf exzellente elektrische Performance, sondern auch auf hervorragende Robustheit auslegt. Das gibt den Kunden von R&M die Gewissheit, dass ihre Investition wertbeständig ist – durch lange Lebensdauer und problemlosen Betrieb.

7. Weitere Informationen

Mehr über R&M-Produkt und -Lösungen erfahren Sie auf unserer Website: www.rdm.com