

Installationsarbeiten an Mobilfunk-Basisstationen (1)

M. Achilles, Berlin

Bei der Errichtung der Mobilfunk-Infrastruktur für GSM- und UMTS-Netze [1] eröffnen sich neben den klassischen Aufgaben des Elektrogewerkes und des Blitzschutzes für das Elektrohandwerk zusätzliche Aufgabenfelder in Zusammenarbeit mit den Errichterfirmen. Die Aufgaben betreffen vor allem die Installation der Antennenzuleitungen und der Antennen. Zum Einsatz kommen spezielle Kabeltypen und Verbindertechniken sowie besondere Methoden zur Vor-Ort-Montage.

1 Kabel und Verbinder

Im Mobilfunk-Bereich erfolgt die Installation der Antennenzuleitungen und der Antennen mit dem speziell dafür geeigneten koaxialen Wellmantelkabel (Bild 1) und einer speziell darauf zugeschnittenen koaxialen Verbindertechnik, z. B. in 7/16-Ausführung (Bild 2).

Zur Konfektionierung der Kabel mit den Verbindern haben die Herstellerfirmen eigene Technologien entwickelt, die besonders für die Vor-Ort-Montage geeignet sind.

1.1 Kabelaufbau

Die Anforderungen an das zu verwendende Kabel für die Außenanwendung sind insbesondere bei den elektrischen Eigenschaften (niedrige Dämpfung, hohe Schirmdämpfung) und den extremen Umweltbedingungen sehr hoch. Aus diesem Grund werden vorzugsweise Wellmantelkabel eingesetzt. Der Aufbau der Kabel weist im Vergleich zu den herkömmlichen Koaxialkabeln einige Besonderheiten auf:

- Innenleiter: Kupfer-Aluminium-Draht (CuAl) bzw. Kupfer-Rohr (Cu)
- Dielektrikum: Geschäumtes Polyethylen (SPE)
- Außenleiter: Gewelltes Kupfer-Rohr (Cu)
- Mantel: Polyethylen (LDPE), schwarz bzw. flammenhemmendes PE (LSOH), schwarz.

Ein geschweißtes Kupferrohr bildet bei diesen Kabeln den Außenleiter. Das Kupferrohr garantiert eine sehr hohe HF-Dichtigkeit mit Schirmdämpfungswerten größer 120 dB.

Das Kupferrohr wird je nach Anwendungsfall mit einer spiral- oder ringförmigen Wellung versehen. Nur durch diese Wellung

sind vertretbare Biegeradien möglich. Für die hochflexiblen Kabelvarianten wird die Wellung spiralförmig ausgeführt. Die hohe Welltiefe und die geringen Wellabstände ermöglichen kleinste Biegeradien (Tafel 1).

1.2 Koaxialverbindertechnik für Wellmantelkabel

Die allgemeinen Anforderungen an HF-Koaxialverbinder treffen in der Mobilfunkanwendung genauso zwingend zu, wie in allen anderen Bereichen der HF-Technik:

Elektrische Anforderungen

- hohe Genauigkeit der Impedanz
- geringe Dämpfungswerte (reduziert durch gute Oberflächenveredelung, z. B. Silber, Gold, Sucoplate)
- geringe Reflexion (Entstehen von rücklaufenden Wellen durch mechanische Konstruktion minimieren)
- hohe Spannungsfestigkeit
- hoher Isolationswiderstand
- gute HF-Dichtigkeit

Klimatische Anforderungen

- gute Korrosionsbeständigkeit
- großer Temperaturbereich
- Dichtigkeit bei Feuchtigkeit (Längs-/Querwasser)

Tafel 1 Technische Daten von Wellmantelkabeln verschiedener Durchmesser (Sucofeed, Huber + Suhner)

| | 1/2" High-flex | 1/2" | 7/8" | 1-1/4" | 1-5/8" |
|--|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Kabelabmessungen | | | | | |
| Ø Innenleiter in mm | 3,60 | 4,80 | 9,00 | 13,30 | 17,30 |
| Ø Dielektrikum in mm | 8,60 | 11,90 | 22,00 | 32,00 | 43,00 |
| Ø Außenleiter in mm | 12,10 | 13,70 | 24,70 | 35,70 | 46,50 |
| Ø Mantel in mm | 13,40 | 16,00 | 27,75 | 39,50 | 50,00 |
| Elektrische Daten | | | | | |
| Betriebsfrequenz in GHz | ≤ 5 | ≤ 5 | ≤ 5 | ≤ 3,0 | ≤ 2,5 |
| Impedanz in Ω | 50 ± 1,5 | 50 ± 1 | 50 ± 1 | 50 ± 1 | 50 ± 1 |
| Max. Betriebsspannung in kV (Effektivwert) | 1,20 | 1,20 | 2,3 | 2,25 | 4,0 |
| Typ. Dämpfung bei 1 GHz in dB/100m | 11,92 | 7,60 | 4,52 | 3,22 | 2,71 |
| Typ. Dämpfung bei 2 GHz in dB/100m | 17,81 | 11,22 | 6,99 | 4,88 | 4,27 |
| Max. Leistung bei 1 GHz (40 °C) in kW | < 0,77 | < 0,85 | < 1,82 | < 2,70 | < 3,90 |
| Max. Leistung bei 2 GHz (40 °C) in kW | < 0,53 | < 0,62 | < 1,24 | < 1,80 | < 2,45 |
| Allgemeine Daten | | | | | |
| Betriebstemperatur in °C | - 40 ... + 85 | - 40 ... + 85 | - 40 ... + 85 | - 40 ... + 85 | - 40 ... + 85 |
| Installationstemperatur in °C | - 25 ... + 60 | - 25 ... + 60 | - 25 ... + 60 | - 25 ... + 60 | - 25 ... + 60 |
| Gewicht in kg/100 m | 26 | 26 | 58 | 94 | 150 |
| Min. Biegeradius in mm | 35 | 70 | 120 | 200 | 300 |



1 Wellmantelkabel für Mobilfunkeinsatz



2 7/16-Verbinder für Wellmantelkabel

Autor

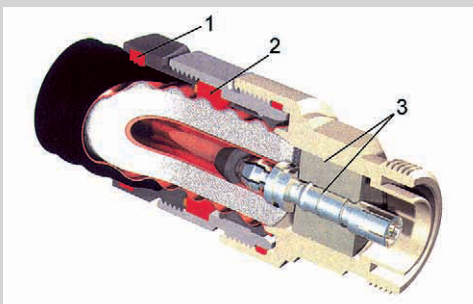
Dipl.-Ing. Michael Achilles ist Mitarbeiter der Firma Huber + Suhner, Berlin.



③ Die beiden wichtigsten Verbindertypen N und 7/16 für den Einsatzbereich Mobilfunk – links jeweils Buchse, rechts Stecker



④ Wellmantelkabel wird mit einem Absetzwerkzeug (links oben) für die Montage des HF-Verbinders vorbereitet. Nach dem Absetzen in einem Arbeitsschritt ist das Kabel maßhaltig bearbeitet und der Innenleiter angefasst (oben). Links die Abisolierreste nach Einsatz des Absetzwerkzeuges: Außenmantel, Schirmmantel, Dielektrikum, Innenleiter



⑤ Dreistufiges Dichtungskonzept für Koaxialverbinder
 1 Formdichtung am Kabelmantel
 2 komprimierbare Dichtung auf dem Außenleiter
 3 Zacken am Innen- und Außenleiter

Mechanische Anforderungen

- hohe Lebensdauer (Steckzahl)
- hohe Abriebfestigkeit
- hohe Kabelhaltekraft
- stabile Festhaltung der Innenleiter
- Vibrationsfestigkeit

Kommerzielle Anforderungen

- einfach und schnell montierbar
- preisgünstig
- kompatibel zu gängigen Kabeltypen
- unverwechselbar und fehlerlos montierbar.

Der Einsatz der HF-Koaxialverbinder für Mobilfunk-Basisstationen erfolgt meistens im Außenbereich. Daraus ergeben sich höchste Anforderungen an die Verbindertechnik: Einfache und prozesssichere Montage, stabile elektrische Eigenschaften, robuste mechanische Konstruktion, Einsatzfähigkeit bei extremen Umweltbedingungen, Korrosionsbeständigkeit und Wasserdichtheit.

Mit Ausnahme der vorkonfektionierten Jumperkabel werden alle Wellmantelkabel

zwischen Basisstation und Antenne auf der Baustelle montiert. Für diese Aufgabenstellung wurden für den Einsatz an Wellmantelkabeln besonders geeignete Technologien mit entsprechenden Verbindern entwickelt. Sie bilden eine neue Produktgruppe von N- und 7/16-Verbindern für das Wellmantelkabel. Diese Technologie ermöglicht die einfache und effektive Bestückung von Wellmantelkabeln. Die Koaxialverbinder erfüllen die speziellen Anforderungen an Jumper- und Feederkabel von Mobilfunk-Basisstationen (Bild ③).

1.3 Anforderungen an HF-Verbinder

Oft müssen Verbinder mit vielen Einzelteilen montiert werden. Eine Montageanweisung ist meistens nicht vorhanden bzw. kann auf dem Antennenmast nicht zusätzlich gelesen werden.

Besonders bei Abisolierarbeiten werden die vorgeschriebenen Abmessungen nicht immer eingehalten. Die Montage kleiner Einzelteile erfordert hohe Konzentration und Feinarbeit, die unter den erschwerten

Bedingungen (schlechte Witterungsbedingungen, Montageplatz Antennenmast) auf der Baustelle geleistet werden muss. Einzelteile können in dieser Situation verloren gehen bzw. sie werden vergessen und nicht eingebaut.

Auch das Abdichten der Verbinder mit einer plastischen Dichtmasse kann unter Zeitdruck vergessen bzw. ganz einfach unterlassen werden.

Ein hohes Einsparpotential ergibt sich durch das Vermeiden dieser Fehlerquellen. Das ist zu erreichen durch

- qualifiziertes Fachpersonal und
- ein in sich abgestimmtes Materialsystem eines Qualitätsherstellers mit entsprechender Montagetechnologie.

Bei der Umsetzung der Anforderungen aus dem Mobilfunkbereich gehen die Verbindhersteller unterschiedliche Wege. In den weiteren Ausführungen wird beispielhaft das Quick-Fit-Konzept (Huber + Suhner) als ein möglicher Lösungsweg vorgestellt. Diese Technologie verhindert Fehlmontagen und sichert damit eine langfristige Betriebssicherheit der Mobilfunkanlagen. Gleichzeitig wird dadurch die Wirtschaftlichkeit gesteigert.

1.4 Abisolierwerkzeuge

Die in der HF-Technik üblichen Abisolierwerkzeuge, wie Säge, Messer und Feile, können bei der Verbindermontage für Wellmantelkabel weiterhin genutzt werden. Doch hohes handwerkliches Können, körperlich anstrengende Arbeit und hoher Zeitaufwand sprechen gegen diese Technologie, besonders wenn täglich viele Kabelverbindungen hergestellt werden müssen. Im Rahmen des vorgestellten Konzeptes werden auf jedes Kabel zugeschnittene

Abisolierwerkzeuge eingesetzt. In einem Arbeitsgang werden Mantel und Außenleiter aus Kupfer auf das richtige Maß zurückgeschnitten, das Dielektrikum abgeschält, und der Innenleiter angefast. Damit ist die Reproduzierbarkeit in Qualität und Maßhaltigkeit immer gegeben (Bild 4).

Die Abisolierwerkzeuge werden von Hand wie ein Schraubendreher verwendet oder in den Akku-Schrauber eingespannt.

Die Standzeit der Absetzwerkzeuge liegt bei über 500 Konfektionen. Danach sind die Schneidesätze zu überprüfen und im Bedarfsfall die Klingen zu wechseln. Nutzt der Monteur die Werkzeuge in Kombination mit einem Akkuschauber, sind unbedingt die in den Montageanleitungen angegebenen Drehzahlen einzuhalten, sonst können sich die Standzeiten der Schneidesätze reduzieren.

1.5 Verbinder

Dichtungskonzept. Die neue Generation der Quick-Fit-Verbinder ist mit einer überarbeiteten Dichtfunktion ausgestattet, die die höchste Dichtigkeitsklasse IP68 nach IEC 529 einhält (Bild 5). Diese optimale Dichtigkeit wird in einem dreistufigen Dichtungskonzept erreicht:

- Wassersperre 1

Eine spezielle Formdichtung verhindert den Wassereintritt an der Außenseite des Kabelmantels. Bei beschädigtem Mantel werden noch Fehler korrigiert.

- Wassersperre 2

Eine komprimierbare Dichtung liegt direkt auf dem Außenleiter des Kabels auf. Damit können Unebenheiten durch Mantelbeschädigungen sowie herstellerspezifische Abweichungen in den Außenleiterabmes-

sungen ausgeglichen werden. Ein Eindringen von Feuchtigkeit über die Kabeleinführung wird verhindert.

- Wassersperre 3

Zacken am Innen- und Außenleiter, die gegen den Isolator abdichten, verhindern sowohl das Eindringen als auch das Austreten von Feuchtigkeit über das Interface.

Mit diesen Wassersperren ist das Ausbreiten von Wasser innerhalb des Antennenkabelsystems durch die Sicherungselemente nicht möglich.

Der Wassereintritt in ein beschädigtes Wellmantelkabel ist lokal auf die Strecke zwischen zwei Verbindern begrenzt und reduziert die notwendigen Reparaturleistungen auf ein Minimum.

Die Verbinder sind mehrmals demontierbar und jederzeit wieder voll einsetzbar, ohne Verlust der Schutzklasse IP 68.

Montage. Bei der Außenanwendung in Mobilfunk-Basisstationen werden fast ausschließlich Wellmantelkabel der verschiedensten Abmessungen als Feeder-Kabel (zwischen BTS und Antennenmast) und Jumper-Kabel (zwischen Antennenmast und den einzelnen Antennen sowie an den Basisstationen) verwendet.

Mit der Entwicklung neuer Verbindergenerationen wurde die Montage weiter vereinfacht. Die Verbindermontage reduziert sich auf vier Hauptschritte:

- Montageschritt 1

Das Kabel ist in einem Wellental senkrecht abzusägen. Nur so kann die Kabeleinführung später exakt in die erste Wellung einrasten. Die Kabelvorbereitung sollte durch den Einsatz der speziellen Abisolierwerkzeuge fachmännisch durchgeführt werden (Bild 6a). In einem Arbeitsgang werden



6 Montage eines Verbinders für Wellmantelkabel
Montageschritt 1: a) Abisolieren
Montageschritt 2: b) Verbinder auf Kabel aufbringen;
 c) Kabeleinführung nach vorn schieben; d) Kabeleinführung
 von Hand verschrauben; e) Innenleiter reinigen
Montageschritt 3: f) Verbinderkopf verschrauben
Montageschritt 4: g) Dichtung anziehen

(Fotos: Huber + Suhner)

der Kabelmantel abisoliert, der Kupferschirm abgeschnitten, das Dielektrikum abgefräst und der Innenleiter angefasst.

• **Montageschritt 2**

Der Verbinder wird auf das vorbereitete Kabelende aufgebracht (Bild 6b) und die Kabeleinführung bis zum Anschlag nach vorn geschoben (Bild 6c). Die Mutter der Kabeleinführung wird von Hand festgezogen (Bild 6d) und der Innenleiter gereinigt (Bild 6e).

• **Montageschritt 3**

Mit zwei Maulschlüsseln wird der Mittelteil des Verbinders mit dem Verbinderkopf fest verschraubt (Bild 6f). Dabei wird ein Gewingegang des Kabelaußenleiters mit dem Verbinderkopf verpresst. Es entsteht eine stabile und kontrollierte Außenleiterkontaktierung. Gleichzeitig wird der Innenleiter korrekt in die Innenleiter-Buchse geschoben.

Eine Scheibe aus Polyphenol führt und zentriert den Innenleiter des Kabels noch zusätzlich.

• **Montageschritt 4**

Die hintere Verschraubung des Verbinders wird angezogen (Bild 6g). Dadurch wird die Verpressung der Dichtung auf dem Außenleiter erreicht. Durch diesen Arbeitsvorgang erfolgt die optimale Abdichtung bei unterschiedlichen herstellerbedingten Außenleiterdurchmessern.

1.6 Konfektionierte Wellmantelkabel

Die Antennen werden mit den flexiblen Jumperkabeln angeschlossen. Diese Kabel sind bereits beim Produzenten unter günstigsten Produktionsverhältnissen hergestellte konfektionierte Kabel. Ausgereifte Löt- und Steckverbindungstechnologien für das Bestücken der Kabel, zusammen mit Prüfverfahren nach den vom Auftraggeber geforderten Spezifikationen, ver-

einfachen die Bestellung, den Einbau und die Inbetriebnahme.

Der Vorteil dieser, auch als Assemblies bezeichneten konfektionierten Wellmantelkabel liegt auf der Hand. Vor Ort müssen keine Kabel abisoliert und abgesetzt werden, die Bestückung der Kabel mit Verbindern entfällt. Damit spart der Handwerker viel Zeit und die Kabelverbindungen sind qualitativ hochwertig. Dafür garantiert der Lieferant. Durch die Bestellung einsatzbereiter Jumperkabeln erhöht der Errichter seine Effizienz und Produktivität.

Die standardisierten oder kundenspezifisierten Jumperkabel bieten dem Errichter folgende Vorteile:

- Präzise aufeinander abgestimmte Kabel und Verbinder vom selben Hersteller.
- Nur die genau benötigte Anzahl von Jumperkabeln wird bestellt.
- Die separate Bestellung von Kabeln und Verbindern entfällt.
- Reduzierung der Lagerkosten.
- Schulung des Personal für die Konfektionierung von Kabeln mit Verbindern ist nicht erforderlich.
- Keine technischen Ausfälle, der Errichter setzt ein fachmännisch erstelltes Qualitätserzeugnis mit den geforderten Prüfzertifikaten ein.
- Die Lieferung kann nach Erhalt der Bestellung über den Express-Shop schnellstens erfolgen.
- HF-Messungen und -Protokolle von Dämpfung, Rückflussdämpfung oder Intermodulationsprodukten liegen vor.
- Beschriftungstüllen werden vom Hersteller geliefert.

Die standardisierten oder kundenspezifisierten Jumperkabel haben natürlich einen Nachteil: Wenn die Kabellängen nicht bekannt sind bzw. auf der Baustelle die Längen angepasst werden müssen, ist vor Ort die Konfektion durchzuführen.

1.7 Handhabung von Wellmantelkabel

Wellmantelkabel und Wellmantelkabel-Assemblies sind präzise Systemkomponenten in der anspruchsvollen Mobilfunktechnik. Sachgemäße Handhabung und Kontrollen sind von größter Wichtigkeit. Sie tragen zum Erhalt der Systemeigenschaften mit genauen und reproduzierbaren Resultaten bei. Die sachgemäße Behandlung garantiert eine lange Lebensdauer mit den bestmöglichen elektrischen und mechanischen Eigenschaften im Funktionsbetrieb.

Montagehinweise. Um die optimalen Eigenschaften und Lebenserwartungen der Kabel zu erreichen, sind folgende Richtlinien zu beachten:

- Das bestellte Kabel wird in Abhängigkeit von Kabeltyp, Menge und Länge entweder in Kartonschachteln verpackt oder auf Holzspulen aufgespult.
- Kabeltrommeln sind stehend zu transportieren.
- Kabel und Assemblies sind an einem sauberen Ort in ihrer Originalverpackung zu lagern. Kabeltrommeln sind für die Lagerung im Freien geeignet. Für Assemblies sollte der Ort geschützt sein.
- Die Temperaturen sollten zwischen -20 °C und +60 °C betragen. Eine relative Luftfeuchtigkeit von 85% sollte nicht überschritten werden.
- Die Holzverschalung der Kabeltrommel sollte erst kurz vor dem Installieren oder Assemblieren des Kabels entfernt werden. Das Kabel ist vorsichtig abzuwickeln.
- Knicke vor und beim Installieren oder Assemblieren sind unbedingt zu vermeiden. Meistens sind geknickte Koaxialkabel unbrauchbar und sollten nicht mehr eingesetzt werden.
- Die Kabelenden werden durch eine heißschrumpfenden Endkappe geschützt. Die Endkappen sollten erst kurz vor der Verbindermontage entfernt werden. Die Kabelenden sind bei verbleibender Meterware wieder mit Endkappen zu verschließen.
- Bei der Montage ist darauf zu achten, dass die Umgebung frei von Staub und Schmutz ist.
- Das Treten auf Kabel und Assemblies sowie das Lagern schwerer Gegenstände darauf ist unbedingt zu vermeiden.
- Die maximale Zugfestigkeit darf beim Abwickeln und Installieren nicht überschritten werden.
- Die Kabel sollten mit dem größtmöglichen Biegeradius montiert werden. Der minimale Biegeradius darf nie unterschritten werden.

Literatur

[1] Achilles, M.: Marktchancen für das Elektrowerkzeug im Mobilfunksektor. Elektropraktiker, Berlin 55(2001)5, S. 387-390. ■