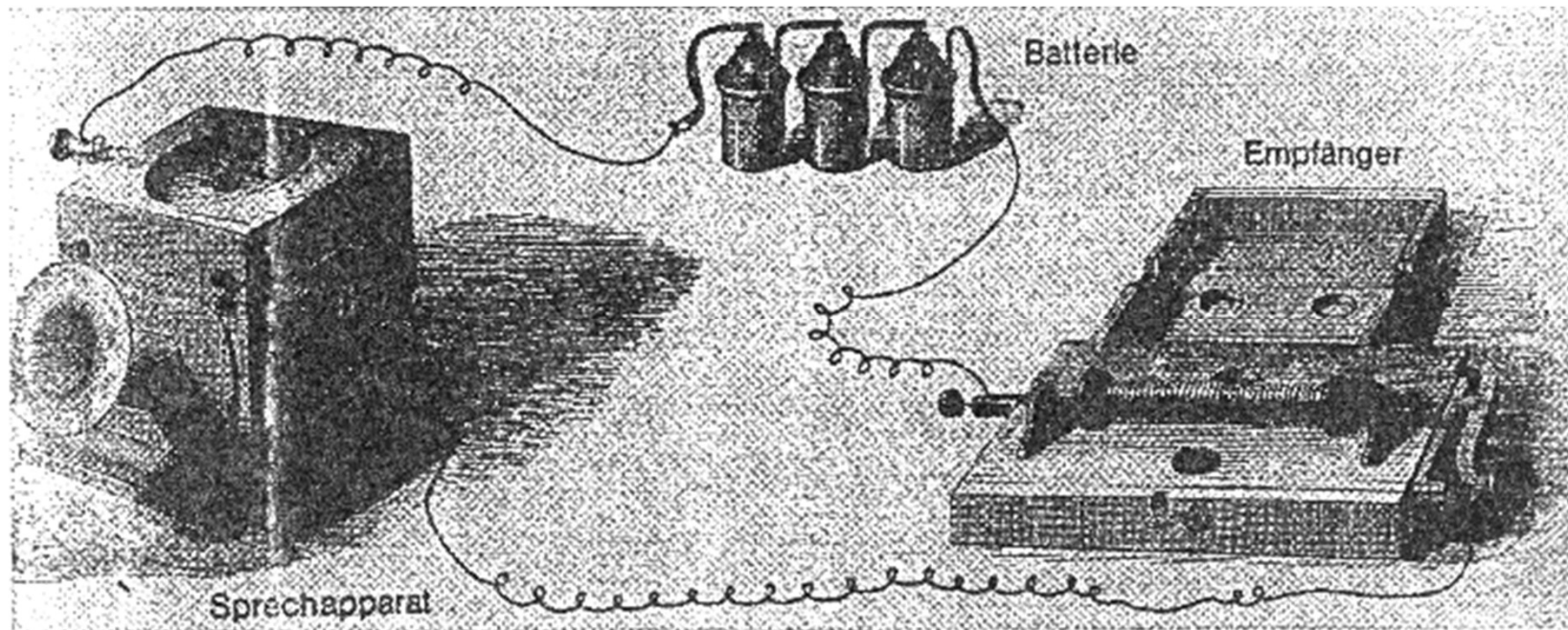


Kabel und Leitungen

Geschichtliches (Das Drahtproblem)



So konnte die Drahtverbindung NICHT bleiben....

Kabel und Leitungen

Geschichtliches

Vor über 100 Jahren begann mit der Entwicklung der Fernmeldekabel, die eng verbunden war mit der Entwicklung in der Nachrichtentechnik, die

***Übertragung von elektrischen Signalen
zur Nachrichtenübermittlung auf***

KABELN ...

Kabel und Leitungen Geschichtliches (Kupfer)

Von Anfang an stand

Kupfer (Cu)

als Leitermaterial im Mittelpunkt

WARUM?

Kabel und Leitungen

Periodensystem der Elemente

Periodensystem der Elemente

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H Wasserstoff 1.01	2 He Helium 4.00																
3 Li Lithium 6.94	4 Be Beryllium 9.01											5 B Bor 10.81	6 C Kohlenstoff 12.01	7 N Stickstoff 14.01	8 O Sauerstoff 15.999	9 F Fluor 18.998	10 Ne Neon 20.18
11 Na Natrium 22.99	12 Mg Magnesium 24.31											13 Al Aluminium 26.98	14 Si Silicium 28.09	15 P Phosphor 30.97	16 S Schwefel 32.07	17 Cl Chlor 35.45	18 Ar Argon 39.95
19 K Kalium 39.10	20 Ca Calcium 40.08	21 Sc Scandium 44.96	22 Ti Titan 47.88	23 V Vanadium 50.94	24 Cr Chrom 52.00	25 Mn Mangan 54.94	26 Fe Eisen 55.85	27 Co Cobalt 58.93	28 Ni Nickel 58.70	29 Cu Kupfer 63.55	30 Zn Zink 65.41	31 Ga Gallium 69.72	32 Ge Germanium 72.64	33 As Arsen 74.92	34 Se Selen 78.96	35 Br Brom 79.90	36 Kr Krypton 83.80
37 Rb Rubidium 85.47	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.91	40 Zr Zirkon 91.22	41 Nb Niobium 92.91	42 Mo Molybdän 95.94	43 Tc Technetium (98)	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.91	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silber 107.87	48 Cd Cadmium 112.41	49 In Indium 114.82	50 Sn Zinn 118.71	51 Sb Antimon 121.76	52 Te Tellur 127.60	53 I Iod 126.90	54 Xe Xenon 131.29
55 Cs Cäsium 132.91	56 Ba Barium 137.33	La-Lu	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantal 180.95	74 W Wolfram 183.84	75 Re Rhenium 186.21	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.22	78 Pt Platin 195.08	79 Au Gold 196.97	80 Hg Quecksilber 200.59	81 Tl Thallium 204.38	82 Pb Blei 207.2	83 Bi Bismut 208.98	84 Po Polonium (209)	85 At Astat (210)	86 Rn Radon (222)
87 Fr Francium (223)	88 Ra Radium (226)	Ac-Lr	104 Rf Rutherfordium (261)	105 Db Dubnium (262)	106 Sg Seaborgium (263)	107 Bh Bohrium (264)	108 Hs Hassium (265)	109 Mt Meitnerium (266)	110 Ds Darmstadtium (281)	111 Rg Roentgenium (272)							

© Peter Wich - Experimentalchemie.de - Chemie erleben!

57 La Lanthan 138.91	58 Ce Cer 140.12	59 Pr Praseodym 140.91	60 Nd Neodym 144.24	61 Pm Promethium (147)	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.97	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.93	66 Dy Dysprosium 162.50	67 Ho Holmium 164.93	68 Er Erbium 167.26	69 Tm Thulium 168.93	70 Yb Ytterbium 173.04	71 Lu Lutetium 174.97
89 Ac Actinium 227.03	90 Th Thorium 232.04	91 Pa Protactinium 231.04	92 U Uran 238.03	93 Np Neptunium (237)	94 Pu Plutonium (244)	95 Am Americium (243)	96 Cm Curium (247)	97 Bk Berkelium (247)	98 Cf Californium (251)	99 Es Einsteinium (252)	100 Fm Fermium (257)	101 Md Mendelevium (258)	102 No Nobelium (259)	103 Lr Lawrencium (262)

Kabel und Leitungen

Kupfer

Wodurch wird ein Stoff zum Leiter oder Nichtleiter

- *Atommodell von Nils Bohr*
- *Elektronen als Ladungsträger*
- *Schalen, max. Elektronen pro Schale*
- *Valenzelektronen, frei beweglich*
- *Bindungen der Atome*
- *Halbleiter... Silizium*

Kabel und Leitungen

Leitfähigkeiten

Die elektrische Leitfähigkeit eines Leiters hängt davon ab, wie sich die Elektronen im Inneren des Leiters bewegen können und Wechselspiel zwischen Elektronen, Atomrümpfen (Ionen) und äußeren elektrischen Feld...

PLATZ 1: Silber elektrische Leitfähigkeit $62 \cdot 10^6 \text{ S/m}$

PLATZ 2: Kupfer elektrische Leitfähigkeit $58 \cdot 10^6 \text{ S/m}$

PLATZ 3: Gold elektrische Leitfähigkeit $45 \cdot 10^6 \text{ S/m}$

Von der Leitfähigkeit her ist Silber der beste elektrische Leiter

Gold ist die beste Wahl, wenn es um Kontakt geht da Gold nicht oxidiert Silber "läuft an", bildet eine isolierende Oxidschicht.

Kabel und Leitungen

Leitfähigkeit

- 1. Platz an Silber mit 6% Vorsprung*
- 2. Platz hält Kupfer – außer Supraleitern-*
- 3. Platz an Gold*
- 4. Platz Aluminium folgt mit 40% Abstand*

Wegen ihrer hohen Preise fallen Gold und Silber trotz hervorragender technologischer Eigenschaften für den praktischen Einsatz aus

Kupfer auf Platz 1 und Aluminium auf Platz 2

der technisch-wirtschaftlich verwertbaren Leiterwerkstoffe

Alle anderen Metalle kommen als Stromleiter nicht in Betracht, und Gemische (Legierungen) haben ganz generell eine erheblich niedrigere Leitfähigkeit als reine Metalle

Kabel und Leitungen

Leitermaterial

als Leitermaterial verwendet man

ELEKTROLYTKUPFER

Kupfer ist:

sehr korrosionsfest

gut lötlbar

schweißbar

gut formbar

temperaturbeständig

Kabel und Leitungen

Geschichtliches -die Freileitungen-

Die ersten Verbindungen wurden mit Hilfe von so genannten Freileitungen

(Fachbegriff: oberirdische Fernmeldelinien)
realisiert.

- **Holzmasten wurden mit Stahlquerträgern versehen**
- **an Isolatoren aus Porzellan wurden die Kupfer-Blankdrähte befestigt**

Kabel und Leitungen

Geschichtliches (die Freileitungen)

Freileitungen hatten lange Jahre Bestand weil:

- *Kupfer mit $d = 1,5 \text{ mm}$ war ein guter Leiter*
- Luft als hervorragendes Dielektrikum (Isolatoreigenschaft)
- Die Problematik der Kapazität
- (max. 40 Teilnehmer pro Fernmeldelinie)

erforderten aber neue Lösungen
= Kabel und Leitungen

Oberirdische Fernmeldelinien

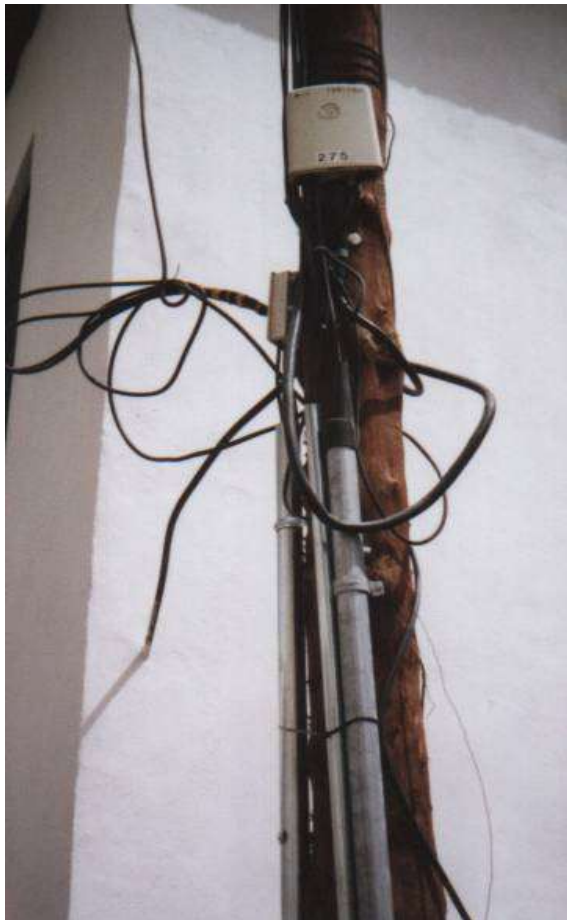
1970

und

2012



„moderne“ Fernmeldelinien in... Griechenland 2011



Oberirdische Fernmeldelinien

in Schildow... ☺



Oberirdische Fernmeldelinie

Schutzhütte Hochobir in Österreich...



oberirdische Fernmeldelinie in Deutschland

B 87 Elbe/Elster Kreis



oberirdische Fernmeldelinie in Deutschland

B 87 Elbe/Elster Kreis



Kabel und Leitungen

Geschichtliches

die Herausforderung

folgende Probleme mussten bei der Herstellung von Kabeln bewältigt werden:

*Schutz vor äußeren Einflüssen
(Feuchtigkeit, Erdfeuchte, UV)*

*Schutz vor äußeren elektrostatischen und
elektromagnetischen Beeinflussungen*

*NEU: Verringerung elektrostatischer und
elektromagnetischer Einflüsse zwischen den
Adern und Paaren (Isolation; Schirmung)*

Kabel und Leitungen

Geschichtliches (Isolierstoffe)

Als Isoliermaterial verwendete man vorwiegend Faserstoffe z.B:

Wolle, Jute, Papier, Naturseide

Um die Adern vor Feuchtigkeit zu schützen, wurden sie mit *wachs und asphaltartigen Massen* getränkt.

Kabel und Leitungen

Geschichtliches (Guttapercha)

Da diese Isoliermaterialien sich bei einer Verlegung im Erdreich doch nicht als feuchtigkeitsbeständig erwiesen, wurde durch den Einsatz von

Guttapercha (kautschukartiger Stoff)
bessere Erfolge erreicht.

Durch die Entwicklung der ***Guttaperchapresse*** in der Fertigungstechnik konnte man größere Längen Kabel fortlaufend in einem Stück herstellen.

Kabel und Leitungen

Geschichtliches (der Bleimantel 1)

Ein weiterer Fortschritt bei der Entwicklung von Kabeln war im Jahre 1880 der Einsatz der

Bleipresse

Wurden vorher die isolierten Drähte in Eisen- und Bleirohre eingezogen, um sie somit vor dem Eindringen von Feuchtigkeit und gegen mechanische Beschädigung zu schützen, wurde mit der Einführung der Bleipresse eine fortlaufende fabrikmäßige Herstellung des ***Bleimantels*** möglich.

Kabel und Leitungen

Geschichtliches (der Bleimantel 2)

Wesentliche Vorteile des Bleimantels:

1. **Biegbar**
2. **Geschmeidig**
3. **Lötbar**
4. **Hoher Schutz vor Feuchtigkeit**

Bleimantelkabel sind z.T. heute noch im Einsatz

Problematisch ist der jedoch gesundheitliche Aspekt

Kabel und Leitungen

Geschichtliches (Dämpfung 1)

Je länger die Verbindungen wurden, um so stärker und öfter konnte man feststellen, dass die am Leitungsanfang eingegebenen Signale am Leitungsende **völlig verzerrt und nicht mehr erkennbar ankamen.**

Die zu großen Kapazitäten der Kabeladern im Verhältnis zu den Induktivitäten hatten eine Vergrößerung der Dämpfung zur Folge.

Kabel und Leitungen

Geschichtliches (Dämpfung 2)

Mit der Einführung der

Papier-Hohlraumisolierung

wurde diese Schwierigkeit beseitigt.

Luft besitzt eine sehr niedrige

Dielektrizitätskonstante

Diesen Vorteil machte man sich zunutze, indem man den Kupferleiter schraubenförmig mit einer Papierkordel umspann und darüber ein sich überlappendes Papierband aufbrachte.

Kabel und Leitungen

Geschichtliches (Kunststoff 1)

Erst mit den zunehmenden Entwicklungs- und Forschungstätigkeiten beschäftigte man sich auch mit dem Mantelwerkstoff

Kunststoff

Nach anfänglichen Schwierigkeiten (Wasserdampfdurchlässigkeit) gelangte man über einen Doppelmantel, der zwischen den beiden Kunststoffmänteln einen Schirm aus Kupferband besaß, zum heute bekannten

Schichtenmantel

Kabel und Leitungen

Geschichtliches (Schichtenmantel)

Der Schichtenmantel ist mit einem Aluminiumband als Wasserdampfsperre ausgestattet

Weiterer Vorteil ist die Schutzwirkung gegen Starkstrombeeinflussung

Außerdem ist eine elektrisch leitende Verbindung über den Kabelmantel zwischen der Vermittlungsstelle und dem Endverzweiger - wie beim Blei und Stahlwellmantel - weiterhin gegeben.

Kabel und Leitungen

Geschichtliches (Leiterisolierung 1)

Heute werden praktisch nur noch

zwei grundsätzliche Kunststoffarten

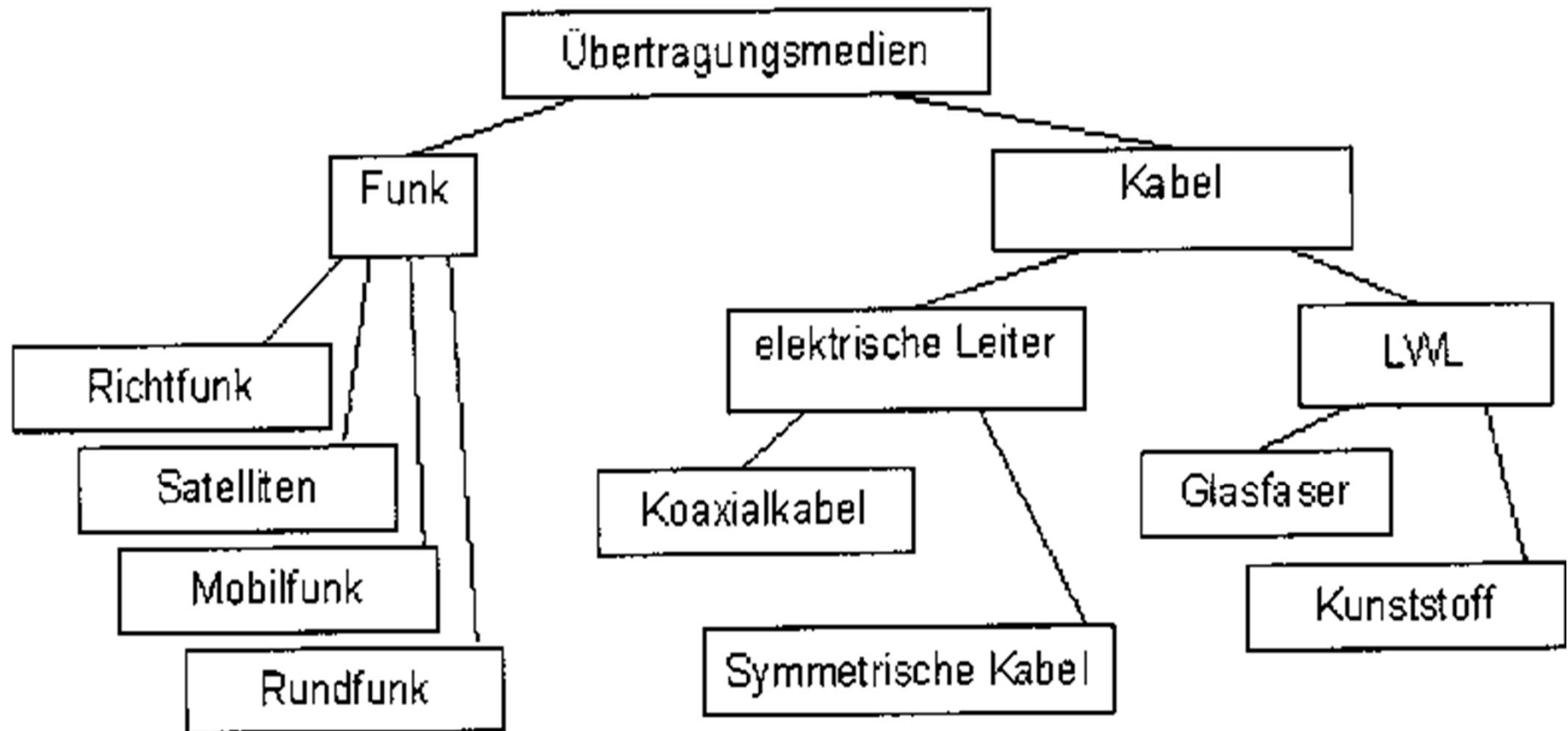
zur Isolierung der Adern bzw. als Kabelmantel eingesetzt:

1. PE (Polyethylen) (Außen und TP)

2. PVC (Polyvinylchlorid) (Innen)

Kabel und Leitungen

ÜBERTRAGUNGSMEDIEN



Kabel und Leitungen

Einteilung der Kabel

Kabel und Leitungen können nach verschiedenen Gesichtspunkten aufgeteilt werden:

- *Anzahl der Adern*
- *Außen oder Innenkabel*
- *Einsatzgebiete*
- *Preis*
- *Materialien*

Kabel und Leitungen

Einteilung der Kabel

Folgende Einteilung hat sich als praktisch bewiesen:

- 1. FERNMELDEKABEL (Cat.3)*
- 2. DATENKABEL (TP, Cu)*
- 3. BREITBANDKOMMUNIKATIONSKABEL (Koax)*
- 4. LICHTWELLENLEITERKABEL (GfK, POF)*
- 5. STROM/-Energie KABEL*

In den einzelnen Bereichen erfolgen dann noch weitere Einteilungen

Kabel und Leitungen

Vorschriften (VDE 0100)

bei der Entwicklung von Kabeln und Leitungen sind bestimmte Vorschriften vom

VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker)

zu beachten

VDE 0100

Planung elektrischer Anlagen

Verlegen von Kabeln und Leitungen

Schutzmaßnahmen

Kabel und Leitungen –Isolierung–

- Isolierhülle (elektrische) Isolierung, die auf einen Leiter aufgebracht ist um die geforderten elektrischen und mechanischen Eigenschaften zu erreichen.

- Die Isolierung wirkt als Dielektrikum

Als Isoliermaterialien findet man:

1. **Voll Papier, Papierkordel mit einer Lage Papier**
2. **PVC**
3. **Voll PE, Zell-PE, Foam Skin**

Kabel und Leitungen

Vorschriften (VDE 0800)

Die VDE 0800 befasst sich unter anderem mit:

- *Fernmeldetechnik: Sicherheit, Prüfung, Fernspeisung*
- *Installationskabel für Fernmelde- und Informationsanlagen*
- *Außenkabel, Etagenkabel, Verteilerkabel*
- *Gefahrmeldekabel*

Kabel und Leitungen

Anforderungen an elektrische Nachrichtenkabel

Übertragung elektrischer Signale für :

- *Sprachkommunikation (Telephonie)*
- *Textkommunikation (Telex)*
- *Festbildübertragung (Faksimile)*
- *Datenkommunikation (PC-Netzwerke)*
- *Rundfunkübertragung (Radio)*
- *Fernsehübertragung (Bewegtbilder)*
- *Fernspeisung (Steuer bzw. Speisungsspannung)*

Kabel und Leitungen elektrische Parameter für Nachrichtenkabel mit Kupferleitern

- ***SCHLEIFENWIDERSTAND***
- ***ISOLATIONSWIDERSTAND***
- ***BETRIEBSKAPAZITÄT***
- ***DÄMPFUNG***
- ***WELLENWIDERSTAND***
- ***NEBENSPEICHERDÄMPFUNG***

(Frequenzabhängige Größen)

Kabel und Leitungen

–Isolierung 1–

<i>Isolier- werkstoff</i>	<i>Zeichen</i>	<i>ϵ_r</i>	<i>Vorteile</i>	<i>Nachteile</i>
Papier	P	4	preisgünstig quellfähig	nur bis 300 kHz einsetzbar
PVC	Y	3,5-5,5	flammwidrig gut verarbeitbar	-frequenzabhängig -kälteempfindlich -bei Verbrennung entstehen Salzsäure- dämpfe

Kabel und Leitungen

–Isolierung 2–

<i>Isolier- werkstoff</i>	<i>Zeichen</i>	<i>ϵ_r</i>	<i>Vorteile</i>	<i>Nachteile</i>
Voll-PE	2Y	2,3	nahezu frequenzunabhängig gut verarbeitbar	brennbar
Zell-PE	02Y	1,6	frequenzunabhängig gut verarbeitbar	-brennbar -bei gefüllten Kabeln Eindiffundieren von Petrolat
foam skin	02YS	1,9	frequenzunabhängig gut verarbeitbar	-brennbar -bei gefüllten Kabeln kaum Eindiffundieren von Petrolat

Kabel und Leitungen –Einsatz der Isolierstoffe–

<i>Material</i>	<i>Dicke in mm</i>	<i>Anwendung</i>
<i>Papier</i>	<i>nicht festgelegt</i>	<i>Sternverseilte Kabel 0,4mm älterer Bauart</i>
<i>Voll-PE für Petrolatkabel</i>	<i>0,25</i>	<i>Sternverseilte Kabel 0,35-0,5 mm</i>
<i>Voll-PE für ungefüllte Kabel</i>	<i>0,2</i>	<i>Sternverseilte Kabel 0,35-0,5 mm</i>

Kabel und Leitungen –Einsatz der Isolierstoffe–

<i>Material</i>	<i>Dicke in mm</i>	<i>Anwendung</i>
<i>Zell-PE für ungefüllte Kabel</i>	<i>0,25-0,4</i>	<i>Sternverseilte Kabel 0,4-0,9 mm</i>
<i>foam skin</i>	<i>0,25</i>	<i>Sternverseilte Kabel 0,6-0,9 mm</i>
<i>PVC</i>	<i>0,2</i>	<i>Sternverseilte Kabel 0,4-0,9 mm DA-verseilte Kabel 0,6-0,6 mm</i>

Kabel und Leitungen –Begriffe–

foam skin

„aufgeschäumte Haut“ Zell PE mit einer Schicht aus unverzellten Polyolefinen

Kabel und Leitungen –Begriffe–

Dielektrizitätskonstante (Permittivität),
Stoffwert eines **Dielektrikums**, der angibt, in welchem Maße ein
äußeres elektr. Feld durch Polarisierung im Inneren des
Dielektrikums abgeschwächt wird.
Lässt sich als Produkt $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$ darstellen, wobei ϵ_r die auch als
relative D. (relative Permittivität) bezeichnete *Dielektrizitäts-*
oder Permittivitätszahl und ϵ_0 die elektr. Feldkonstante
(absolute D. des Vakuums) mit dem Wert
 $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ ist. Dielektrizitätszahlen einiger Stoffe:
Luft 1,000 592, Glas 2–16, Hartgummi 2,5–3,5, Holz 2,5–6,8,
Wasser 80,8, keramische Werkstoffe 100–10 000.

Kabel und Leitungen –Begriffe2–

Dielektrikum :

elektrisch nicht leitender Stoff (Isolator),
der ein elektr. Feld im Ggs. zu einer geerdeten Metallplatte
nicht abschirmt, sondern hindurchlässt. Ein D. zw. den Platten
eines Kondensators vergrößert dessen Kapazität um einen
vom Material des D. abhängigen Faktor
(relative Dielektrizitätskonstante).

Fernmeldekabel –Verseilung 1-

Unter Verseilung versteht man die Anordnung der einzelnen Verseilelemente in der Kabelseele

*durch Verseilung wird (so weit wie möglich)
die Gleichheit der Kopplung zwischen den Paaren
und Symmetrie der Paare gegen Erde hergestellt*

Bei Fernmeldekabeln werden zwei Verseilarten eingesetzt:

1. Stern- Vierer – Verseilung

2. DA- Verseilung

Die Beeinflussung des Adernpaares durch magnetische und kapazitive Effekte aus der Umwelt werden durch die Verdrillung verringert



Fernmeldekabel

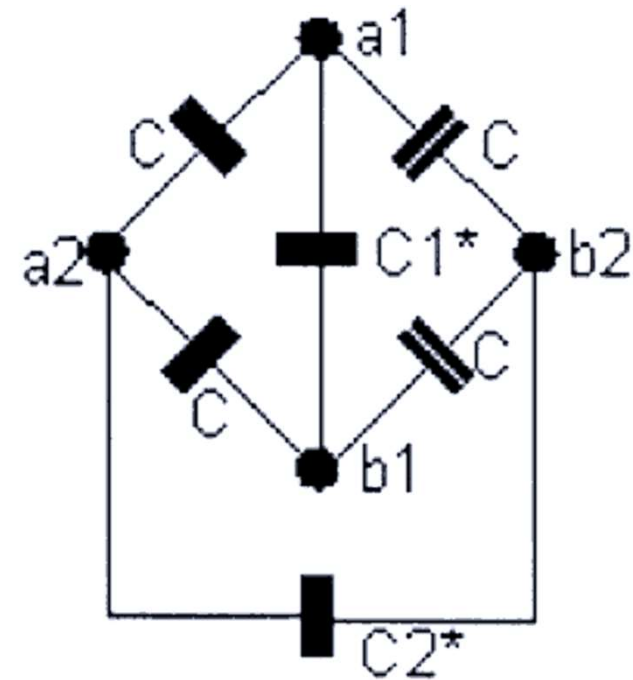
–Gegenüberstellung der Verseilungen–

Merkmal	DA	Stern
verdrallte Adern	2	4
Platzbedarf	100%	70%
Seelenverseilung	in Lagen	in Lagen in BÜNDELN
Farbfolge	5 DA	10 DA

Fernmeldekabel –der Stern-Vierer–

Bei richtiger Beschaltung ergibt sich durch die Symmetrie eine abgegliche Brücke

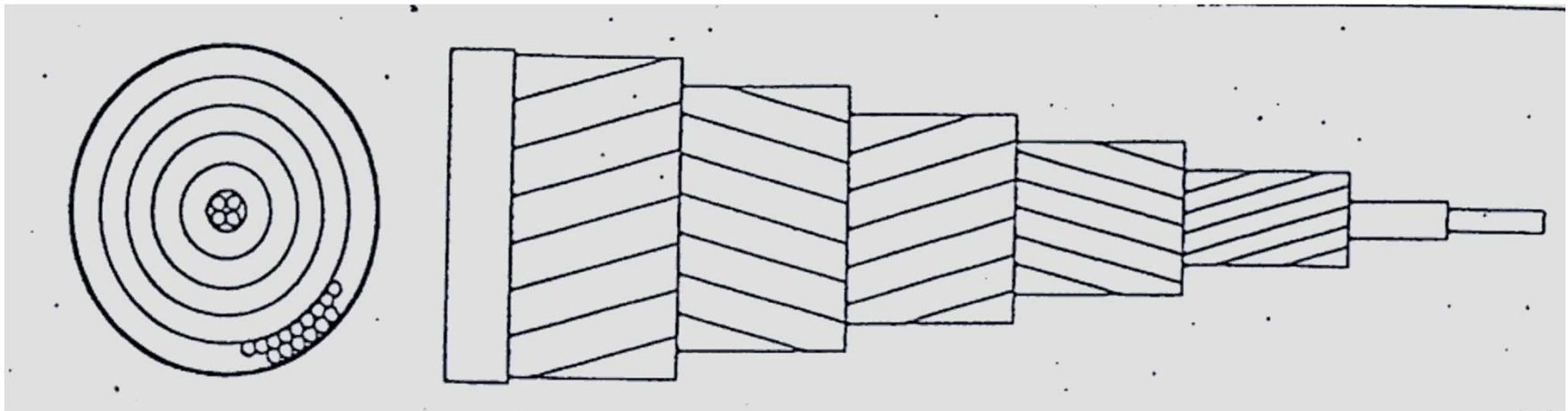
- *minimale induktive Kopplung der DA*
- *minimale kapazitive Kopplung zwischen den DA*
- *bis 500 kHz einsetzbar*



Kabel und Leitungen –Lagenverseilung–

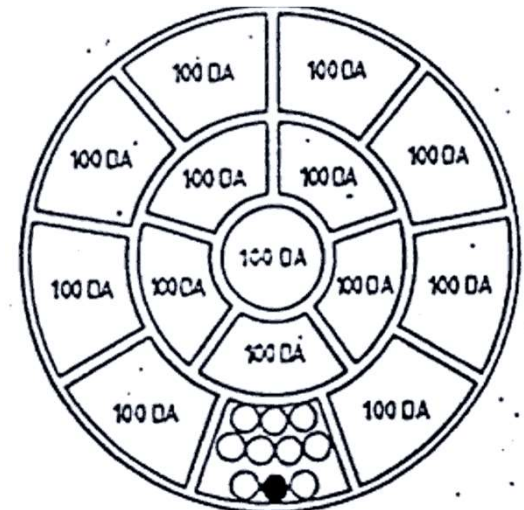
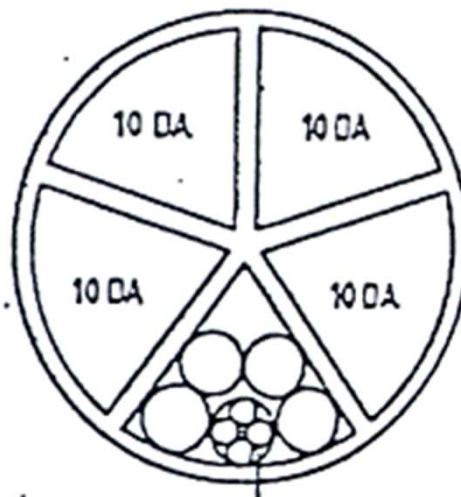
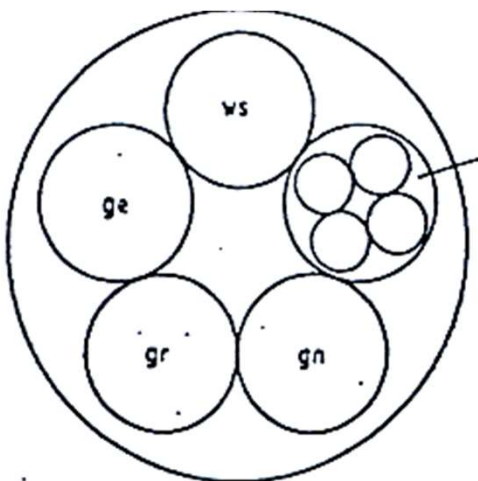
Die Verseilelemente werden in aufeinanderfolgenden konzentrischen Lagen verseilt

*Zur Entkopplung der Sprechkreise benachbarter Lagen wird die **SCHLAGRICHTUNG** oder **SCHLAGLÄNGE** verändert*



Kabel und Leitungen –Bündelverseilung–

- Jeweils 5 Stern-Vierer werden zu einem Grundbündel verseilt
- Jeder Vierer hat eine andere Schlaglänge
- 5 oder 10 Grundbündel bilden dann ein **HAUPTBÜNDEL** zu 50 DA bzw. 100 DA



Kabel und Leitungen

–Farbcodierung 1–

VDE 0815

Farbcode für Fernsprech-Innenkabel J-YY

Die Kennzeichnung der Adern erfolgt durch Ringe


Stamm 1

a-Ader ohne Ring 

b-Ader 

Stamm 2

a-Ader 

b-Ader 

Grundfarben der Aderisolation der 5 Sternvierer eines Bündels

Vierer 1 rot

Vierer 2 grün

Vierer 3 grau

Vierer 4 gelb

Vierer 5 weiß

Die Zählbündel sind mit roten

Wendeln gekennzeichnet.

Kabel und Leitungen –Farbcodierung 2–

VDE 0815 Farbcode für Fernsprech-Innenkabel J-Y(St)Y

2-paarige

Installationskabel

4- und mehrpaarige Installationskabel

		<i>a-Ader</i>	<i>b-Ader</i>	
1.Paar	1 DA	weiß	blau	bei Beginn der Lagen
a-Ader rot	2 DA	weiß	gelb	wird die a-Ader
b-Ader schwarz	3 DA	weiß	grün	ROT
	4 DA	weiß	braun	
	5 DA	weiß	schwarz	

Kabel und Leitungen –Farbcodierung 3–


VDE 0816

Farbcode für Fernsprech-Außenkabel

Die Kennzeichnung der Adern erfolgt durch Ringe


Stamm 1

a-Ader ohne Ring 

b-Ader 

Stamm 2

a-Ader 

b-Ader 

Grundfarben der Aderisolation der 5 Sternvierer eines Bündels

Vierer 1 rot

Vierer 2 grün

Vierer 3 grau

Vierer 4 gelb

Vierer 5 weiß

Die Zählbündel sind mit roten
Wendeln gekennzeichnet.

Kabel und Leitungen –Seelenbewicklung und Abschirmung–

- *Die Kabelseele wird zum Schutz gegen Überspannungen mit einer Plastikfolie versehen*
 - *Spannungsfestigkeit ca. 2KV*
-

- **Zur elektrostatischen Abschirmung wird ein metallener Werkstoff um die Kabelseele gebracht (Aluminium-, Kupfer-, Eisenband, Stahldrahtgeflecht)**

➤ Besonderheit SCHICHTENMANTEL:

- *PE Mantel, innen mit einer beidseitig mit Kunststoff beschichteten Aluminiumfolie*
- *Kunststoffbeschichtung ist dauerhaft mit PE Mantel verschweißt*

Kabel und Leitungen –Feuchtigkeitsschutz–

Arten von SCHUTZMAßNAHMEN

❖ *KEIN Schutz bei Innenkabeln*

❖ *Petrolat-Füllung*
das Kabel wird mit Petrolat (Fett) gefüllt

❖ *Luftfüllung*

- *das Kabel wird **dauerhaft** mit einem Überdruck von 0,3 –0,5 bar versehen*
- *durch Druckluftanlage (Luftverlust pro h ca. 25l)*
- *teilweise mit perforierten Röhrchen*