Der Formkabelbaum

Historische Herstellung mit Abbindegarn

15.08.2023

History	History	History	History	History
V1.0				
15.08.2023				

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung....4
2 Allgemeine Informationen....5
3 Arbeitsvorgang bei der Kabelbaumherstellung....6
3.1 Die Formkabelbaumzeichnung....6
3.2 Unterbrechungen in Kabelbaumzeichnungen....6
3.3 Krümmungsradien....6
3.4 Bemaßung....6
3.5 Leitungskennzeichnung und verwendete Symbole....7
3.6 Gemeinsamer Anschlusspunkt....7
3.7 Verwendung von Isolier- oder Wärmeschrumpfschlauch....7
3.8 Verwendung von Klebeband....7
3.9 Abisolieren und Verzinnen....7
3.10 Anschlussbelegungstabelle....8
3.11 Das Abbinden des Formkabelbaumes....8
3.11.1 Der Anfangsknoten....9
3.11.2 Der Grundknoten....10
3.11.3 Der Zwischenknoten....11
3.11.4 Der Verlängerungsknoten....12
3.11.5 Der T-Bund....13
3.11.6 Der Kreuzbund....14
3.11.7 Der Knotenbund....15
3.11.8 Der Schlussknoten....16
4 Benötigte Materialien / Werkzeuge....17
5 Beispiel....18
5.1 Formkabelbaumzeichnung und Anschlusstabelle....18
5.2 Anschlussbelegung Betriebsmittel....19
6 Materialien & Lieferant....20
7 Quellenangaben....21
8 Interessante Links....22

1 Einführung

In der Elektrotechnik wurden/werden Formkabelbäume (nachfolgend als Kabelbaum bezeichnet) unterschiedlichster Art eingesetzt um innerhalb von Geräten einzelne Module oder Betriebsmittel miteinander zu verbinden. Dadurch können Geräte servicefreundlicher und rationeller gefertigt werden (Herstellung größerer Stückzahlen durch angelernte Arbeitskräfte). Diese Unterlage soll Ihnen beim Erstellen von Kabelbäumen helfen. Hierbei geht es nicht um moderne Kabelbäume wie sie z.B. heute in Automobilen vorkommen, sondern um Kabelbäume welche mit einer sogenannten Abbindeschnur/Abbindegarn manuell hergestellt wurden. Diese Form der Technik befindet/befand sich in alten Telefonanlagen, Röhrengeräten, historischen Computern und dergleichen. Wir reden hier über einen Zeitraum beginnen ca. 1920ziger Jahre bis rein in die 1970ziger Jahre. Sinn und Zweck dieser Kabelbäume und das gilt für die heutigen mit Kabelbindern oder Gewebeband gefertigten Kabelbäume auch, ist die saubere und einfache Implementierung in Geräte/Anlagen und ähnlichen Systemen, sowie die damit verbundene Servicefreundlichkeit.

Mit Abbindegarn oder Wachsschnur hergestellte Kabelbäume sind also ein Relikt der Vergangenheit gleichwohl man sie heute durchaus noch im Bereich Aerospace bzw. Flugzeugbau findet.

Dieses Dokument dient also mehr der Archivierung dieser alten Technik, soll aber gleichzeitig Enthusiasten dabei helfen alte Geräte im Rahmen einer Aufarbeitung/Restaurierung wieder zu neuem Glanz und Funktion zu verhelfen.

Ich wünsche viel Spaß dabei.

2 Allgemeine Informationen

Warum werden/wurden Kabelbäume hergestellt ?

In der Industrie wird/wurde es immer wichtiger Geräte und Produkte montagefreundlicher zu entwickeln und herzustellen. Auch spielen/spielten Rationalisierungsgründe dabei eine große Rolle. Um einzelne Module oder Betriebsmittel fachgerecht, übersichtlich und gleichmäßig, elektrisch miteinander zu verbinden werden/wurden Kabelbäume eingesetzt. Kabelbäume können aufgrund Ihrer Form und der genauen Länge kaum falsch in ein Gerät eingesetzt oder angeschlossen werden. Dadurch ist/war ein Einbau auch durch angelernte Arbeitskräfte möglich. Zur Herstellung von Kabelbäumen werden Vorlagen im Maßstab 1:1 gezeichnet (Kabelbaumzeichnung) und diese auf dafür vorgesehenen Montagebrettern (Formbrettern) angeheftet und mit Formnägeln ausgenagelt. Somit entfällt/entfiel ein Einpassen von einzelnen Leitungen innerhalb eines Gerätes. Dadurch wird/wurde natürlich auch die Übersichtlichkeit innerhalb eines Gerätes erhöht, da eine "Freiflugverdrahtung" und somit ein Kabelgewirr vermieden wird/wurde. Dies wiederum hat zur Folge, daß im Falle eines Fehlers in dem Gerät, ein Servicetechniker mit Hilfe von Schaltungsunterlagen und Anschlussbelegungstabellen, diesen Fehler leichter und damit kostengünstiger lokalisieren und entfernen kann/konnte.

Als Zusammenfassung können wir also folgendes sagen:

Kabelbäume werden hergestellt...

- aus Zeitgründen (bei der Verdrahtung).
- aus Rationalisierungsgründen.
  (Herstellung größerer Stückzahlen durch angelernte Arbeitskräfte).
- aus Gründen der Übersichtlichkeit und Gleichmäßigkeit.
  (Erhöhung der Service- und Montagefreundlichkeit).
- da die vorgegebene Form kaum falsch angeschlossen werden kann/konnte.

****

3 Arbeitsvorgang bei der Kabelbaumherstellung

Bei der Herstellung von Kabelbäumen werden einzelne isolierte Drähte oder Leitungen von Hand auf einem vorbereiteten Formbrett (ausgenagelte Kabelbaumzeichnung) eingelegt. Zur Verlegung der einzelnen Leitungen, damit verbunden der Anfangs- und Endpunkt, wird eine Anschlussbelegungstabelle benötigt. Nach erfolgreicher Verlegung wird die Form und Lage der einzelnen Drähte und Leitungen durch Abbinden mit Bindegarn oder Wachsbindegarn gesichert.

3.1 Die Formkabelbaumzeichnung

Damit überhaupt ersichtlich ist, wie der Kabelbaum auszusehen hat bzw. auszunageln ist, wird eine Formkabelbaumzeichnung benötigt. Dabei müssen die folgenden Punkte beachtet werden:

- Der verwendete Maßstab ist immer 1:1 (einzigste Ausnahme ist die Kabelstrangstärke)
- Kabelstämme werden ausgefüllt gezeichnet
- Leitungen und Adern werden durch eine einzelne Linie dargestellt
- Folgende Strichstärken sind dabei zu verwenden:

    - Maß- und Maßhilfslinien 0.35mm
    - Leitungen 0.7mm
    - Kabelstränge ausgefüllt zeichnen, mit einer maximalen Dicke von 5mm

3.2 Unterbrechungen in Kabelbaumzeichnungen

Für den Fall, daß Sie Kabelstränge aus Platzgründen zeichnerisch nicht plaziert bekommen, können Sie diese verkürzt oder wenn nötig verlängert darstellen. Wird ein Kabel unterbrochen, so muß diese Unterbrechung so dokumentiert sein, daß der dazu passende Anschluß
beschriftet wird. (z.B. A-A; B-B)

3.3 Krümmungsradien

Im Normalfall wird der Krümmungsradius durch den verwendeten Formnagel vorgegeben. Ist keine Radiusangabe innerhalb der Formkabelbaumzeichnung gemacht worden, so sind Abzweigungen und Biegungen im rechten Winkel auszuführen. Bei Koaxialkabeln muß darauf geachtet werden, daß der Biegeradius nicht zu klein gewählt wird, da sonst mit einer Beschädigung der Leitung zu rechnen ist. Daher sollte der Mindestbiegeradius (Faustformel) 25mm nicht unterschritten werden. Besser ist es das jeweilige Datenblatt der zu verwendenden Kabel und Litzen zu Rate zu ziehen und sich an die jeweiligen Vorgaben zu halten.

3.4 Bemaßung

Im Normalfall müssen sämtliche Längenmaße in der Formkabelbaumzeichnung angegeben werden.

Hinweis: Verbindlich sind in jedem Fall die auf der Zeichnung angegebenen Maße, auch in dem Fall in dem die zeichnerische Darstellung abweicht.

3.5 Leitungskennzeichnung und verwendete Symbole

Zur Kennzeichnung der einzelnen Leitungen, sind an die jeweiligen Anschlussenden die Bezeichnungen des dort anzuschliessenden Betriebsmittels eingezeichnet. (z.B. X1.1; H1.2 ...)

3.6 Gemeinsamer Anschlusspunkt

Für den Fall, daß zwei Leitungen an ein und denselben Stecker, Kabelschuh ... angeschlossen werden sollen, so ist dies durch Einklammern der Leitungsnummern kenntlich zu machen.

3.7 Verwendung von Isolier- oder Wärmeschrumpfschlauch

Sollen einzelne Leitungen oder Kabelzweige zum Schutz gegen Beschädigungen (scharfe Kanten...) mit einen "Isoplastikschlauch" überzogen werden, so ist dies in der Formkabelbaumzeichnung durch ein gezeichnetes Rechteck mit der Längenangabe des Schlauches darzustellen.

Hinweis: Die Leitungen innerhalb des Kunststoffschlauches werden nicht mit ausgebunden. Die verwendeten Längenangabeeinheit ist Millimeter (mm).

3.8 Verwendung von Klebeband

Sollen einzelne Leitungen oder Kabelzweige mit einem Klebeband umwickelt werden, so verwendet man dazu einen gezeichneten Kreis mit der zu umwickelnden Längenangabe. Steht dieser Kreis ohne eine zusätzliche Angabe da, so wird der Kabelstrang mit einem Textilklebeband umwickelt. Steht jeweils rechts und links neben dem Kreis ein "X", so wird der Strang mit einem PVC Klebeband umwickelt.

3.9 Abisolieren und Verzinnen

Sollen die einzelnen Leitungen eines Formkabelbaumes nach dem Abbinden weiterbehandelt werden, so ist dies zusätzlich zu vermerken. Zu dieser Weiterverarbeitung gehört zum Beispiel das Abisolieren und Verzinnen der einzelnen Leiter. Zur Kenntlichmachung wird neben den Leitern ein Kreis mit den folgenden Kurzzeichen gezeichnet.

- "S" = Strip, bedeutet abisolieren
- "T" = Tin, bedeutet verzinnen

Alternative kann z.B. innerhalb der Zeichnungslegende die Art und Weise der Bearbeitung als generelle Vorgehensweise definiert werden (siehe Beispiel).

Note: Beim Abbinden ist darauf zu achten, dass sowohl vor als auch nach einem Abzweig ein Zwischen-Konten zu setzen ist. Somit wird eine spätere bessere Zuordnung der Leiter erreicht.

Die einzelnen Anschlussleitungen sind nach dem Abbinden auf die Länge von 30mm zu schneiden sowie je nach verwendetem Steckertyp auf 3mm bzw. 4mm abzuisolieren, zu verdrillen und zu verzinnen. (siehe Zeichnung 42-14.1.00T BL2)

Abbildung #01 : Beispiel Hinweistext/Note
Bildquelle: eigene Aufnahme

3.10 Anschlussbelegungstabelle

Damit ein Kabelbaum hergestellt werden kann, ist es wichtig zu wissen, welche Leitung von "WO" nach "WO" eingelegt werden muß. Weiterhin muß erkenntlich sein, welche Drahtstärke oder welcher Querschnitt verwendet werden soll und welche Farbe diese Leitung aufweisen soll. Die Farbzuweisungen der einzelnen Leiter ist dabei an die jeweilige DIN/VDE Vorschrift anzulehnen (sofern zutreffend)

Auch ist es wichtig zu wissen, welche Art von Leiter verwendet werden soll. Ein Beispiel zeigt ein Ausschnitt aus einer Anschlussbelegungstabelle eines Projektes im Kapitel 5 Beispiel Formkabelbaumzeichnung und Anschlusstabelle. Dort findet sich ebenfalls ein Ausschnitt über die Anschlussbelegung von Betriebsmitteln die in diesem Projekt genutzt wurden.

3.11 Das Abbinden des Formkabelbaumes.

Beim Abbinden von Kabelbäumen wird je nach Art und Dicke des Aderbündels mit Bindegarn durch verknotete Umschlingungen in einem gleichmässigem Abstand der Kabelbaum hergestellt. An allen Stellen an denen aus diesem Bündel Leitungen oder Stränge herausgeführt werden, müssen diese Umschlingungen unmittelbar am Formnagel erfolgen. Dabei sollte sowohl direkt vor als auch hinter dem Abzweig ein Zwischenknoten gesetzt werden. Somit wird der entsprechende Abstand der Anschlussstellen, der auch zeichnerisch dargestellt ist, eingehalten.

Kommen an Abzweigen die Adern aus zwei verschiedenen Richtungen, so wird unter Beachtung des Fadenverlaufs, zuerst hinter und dann vor dem Abzweig jeweils ein Zwischenknoten gebunden (Kreuzbindung). Danach wird in der vorherigen Richtung weiter ausgebunden. Damit der jeweilige Abzweig auch ausgebunden werden kann, wird vor erreichen des Abzweiges ein zusätzlicher Faden eingelegt und mit eingebunden.

Nachfolgende Seiten zeigen nun die unterschiedlichen zu verwendenden Knotentypen auf.

Hinweis:

Alle nachfolgenden Knotenbilder wurden dem Internet entnommen und da wo notwendig überarbeitet um z.B. bessere Lesbarkeit zu erreichen. Die Originalbildquelle (sofern von Original überhaupt geredet werden kann) sind den Abbildungen beigefügt.

3.11.1 Der Anfangsknoten

Der Anfangsknoten wird wie der Name schon sagt, am Beginn des Formkabelbaumes verwendet. Es gibt verschiedene Arten des Anfangsknoten wobei der als Typ C gezeigte Knoten sich in der Praxis als mechanisch stabil und haltbar herausgestellt hat.

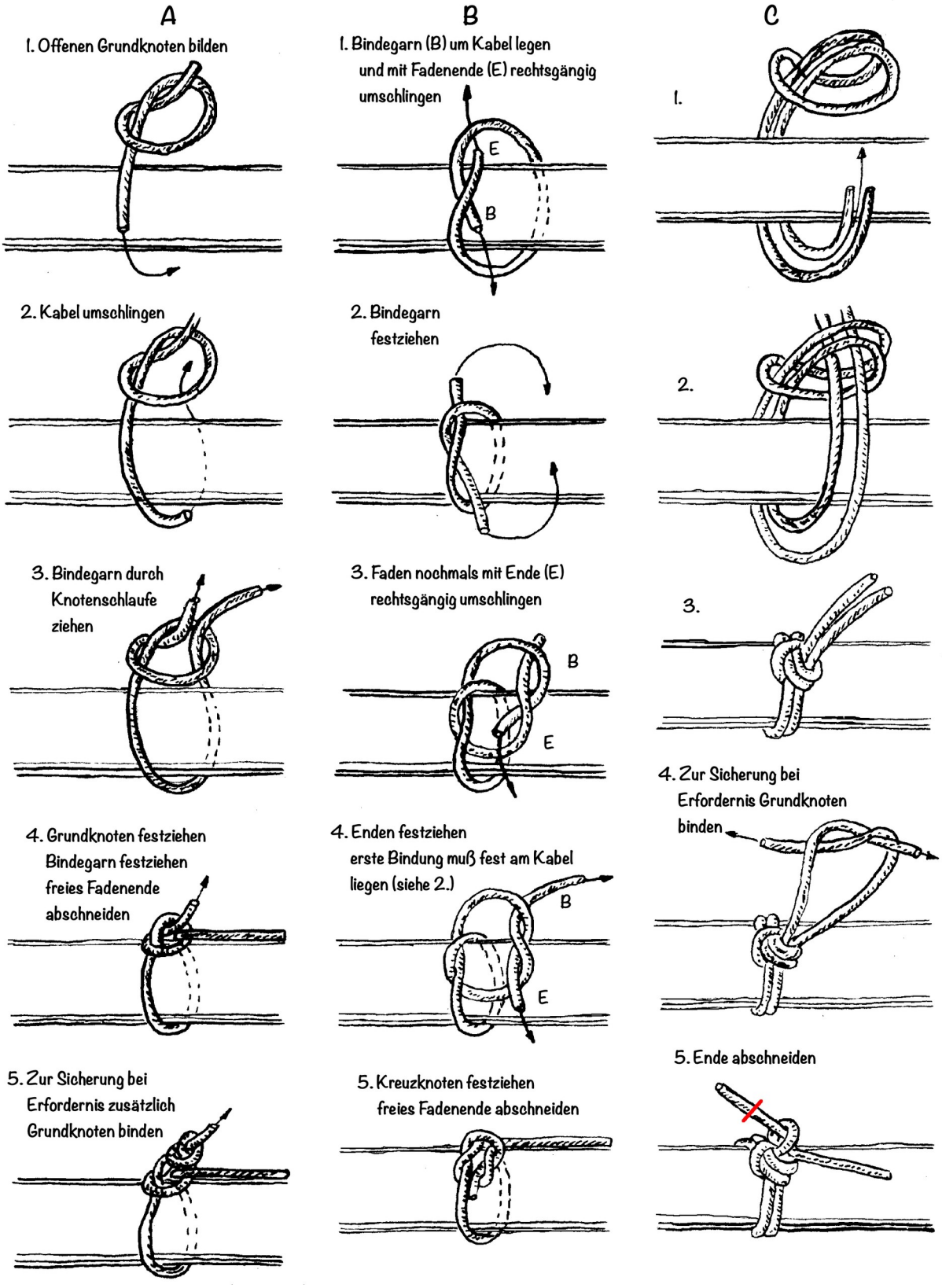

Abbildung #02 : Anfangsknoten

Bildquelle Originalbild: www.mikrocontroller.net/attachment/49983/Blatt414_Anfangsknoten.png

3.11.2 Der Grundknoten

Der Grundknoten bildet die Basis für z.B. den Anfangsknoten als auch den Zwischenknoten.

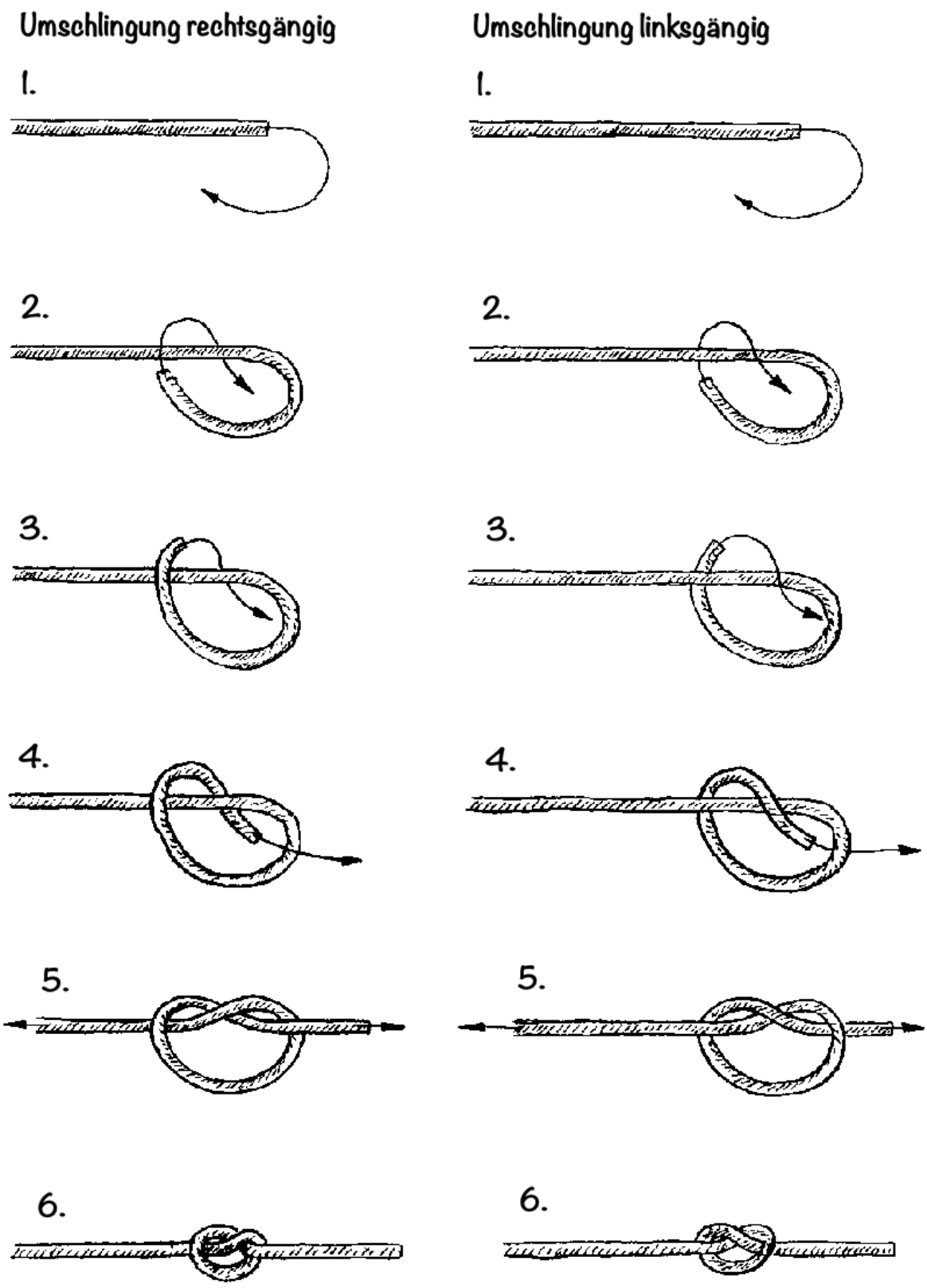

Abbildung #03 : Grundknoten

Bildquelle Originalbild: www.mikrocontroller.net/attachment/49984/Blatt415_Zwischenknoten.png

3.11.3 Der Zwischenknoten

Der Zwischenknoten wird in gleichmäßigen Abständen fortlaufend als eine feste Umschlingung um die abzubindenden Leitungsadern gelegt. Auch hier gibt es unterschiedliche Arten von Knoten, wobei wir einen Zwischenknoten verwenden sollten, der auch auf glatten lack- oder kunststoffisolierten Drähten nach dem Abbinden immer gut hält.

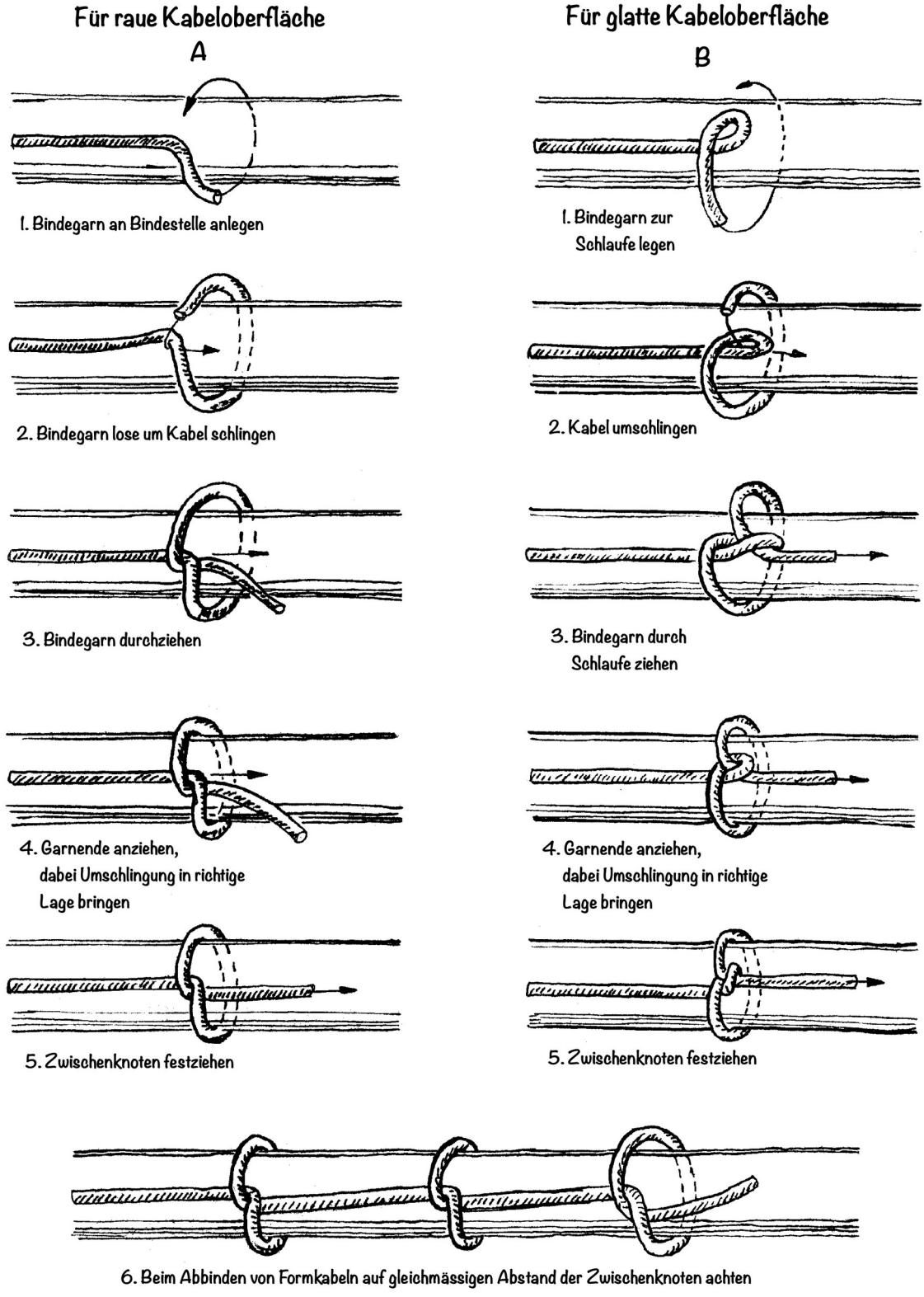

Abbildung #04 : Zwischenknoten

Bildquelle Originalbild: www.mikrocontroller.net/attachment/49984/Blatt415_Zwischenknoten.png

3.11.4 Der Verlängerungsknoten

Für den Fall, daß das verwendete Bindegarn von der Länge her nicht ausreichen dimensioniert war, kann man mit Hilfe des folgenden Knoten dieses verlängern.

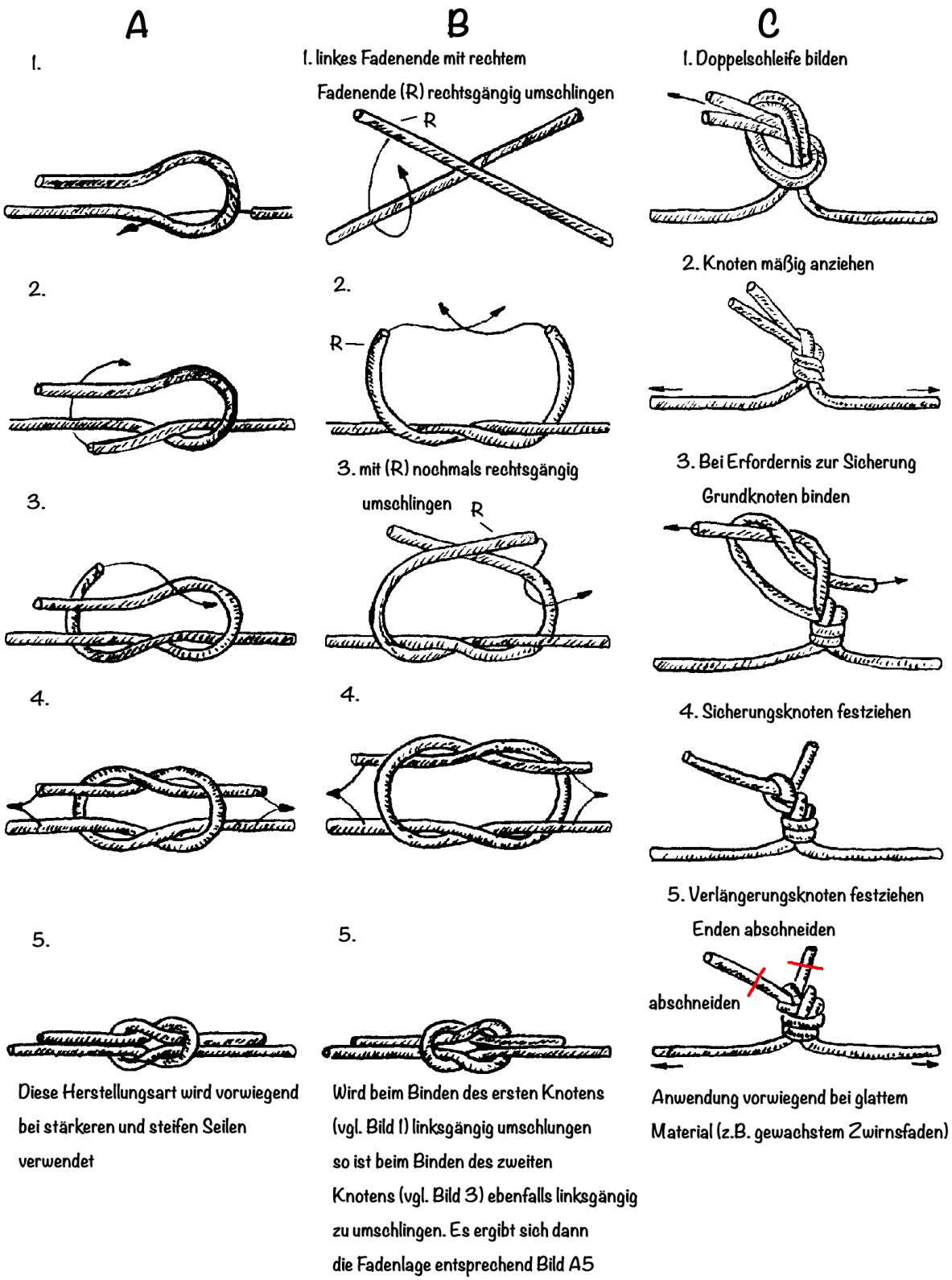

Abbildung #05 : Verlängerungsknoten

Bildquelle Originalbild: www.mikrocontroller.net/attachment/49982/Blatt413_Verlaengerungsknoten.png

3.11.5 Der T-Bund

Beim Abbinden von Abzweigen werden jeweils zusätzliche Fäden eingelegt und mit eingebunden. Kommen an einer Abzweigen die Adern nur aus einer Richtungen, wird (in Richtung des Fadenverlaufs gesehen) der sogenannte T-Bund angelegt. Es empfiehlt sich hier den Zwischenknotentyp B zu nutzen, da dieser eine bessere Haftung und Haltbarkeit aufweist.

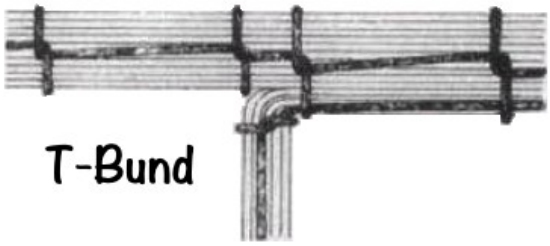

Abbildung #06 : T-Bund

Bildquelle Originalbild: http://afu.mauler.info/downloads/diverse/Kabelbaum%20binden%20mit%20Wachsschnur.pdf

3.11.6 Der Kreuzbund

Beim Abbinden von Abzweigen werden zusätzliche Fäden eingelegt und mit eingebunden. Kommen an Abzweigen die Adern aus beiden Richtungen, wird (in Richtung des Fadenverlaufs gesehen) zuerst hinter und dann vor dem Abzweig je ein Zwischenknoten gelegt (Kreuzbund)

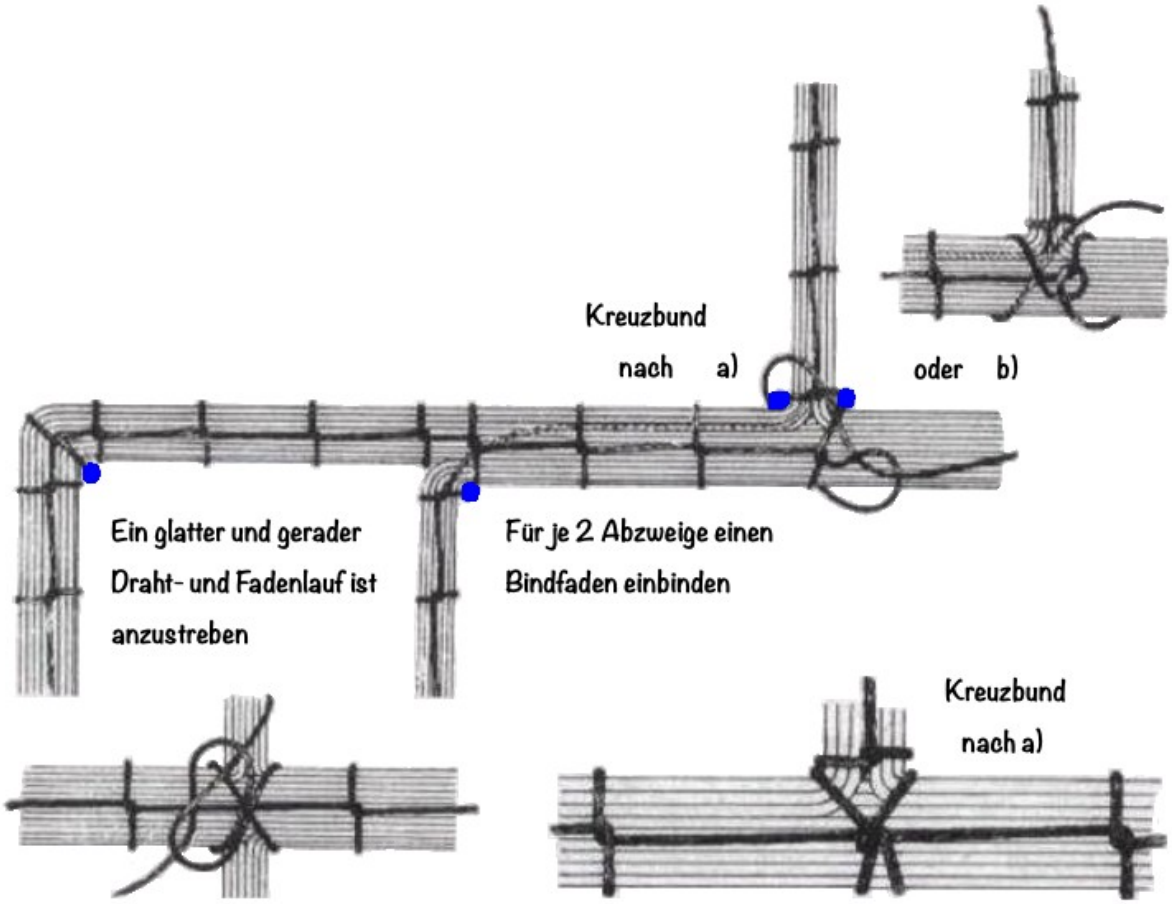

Abbildung #07 : Kreuzbund

Bildquelle Originalbild: http://afu.mauler.info/downloads/diverse/Kabelbaum%20binden%20mit%20Wachsschnur.pdf

3.11.7 Der Knotenbund

Der Knotenbund ist ähnlich zu betrachten wie die heutigen Kabelbinder und ist eine Untervarianten beim Kabelbinden, welche aber einzeln betrachtet werden sollte.

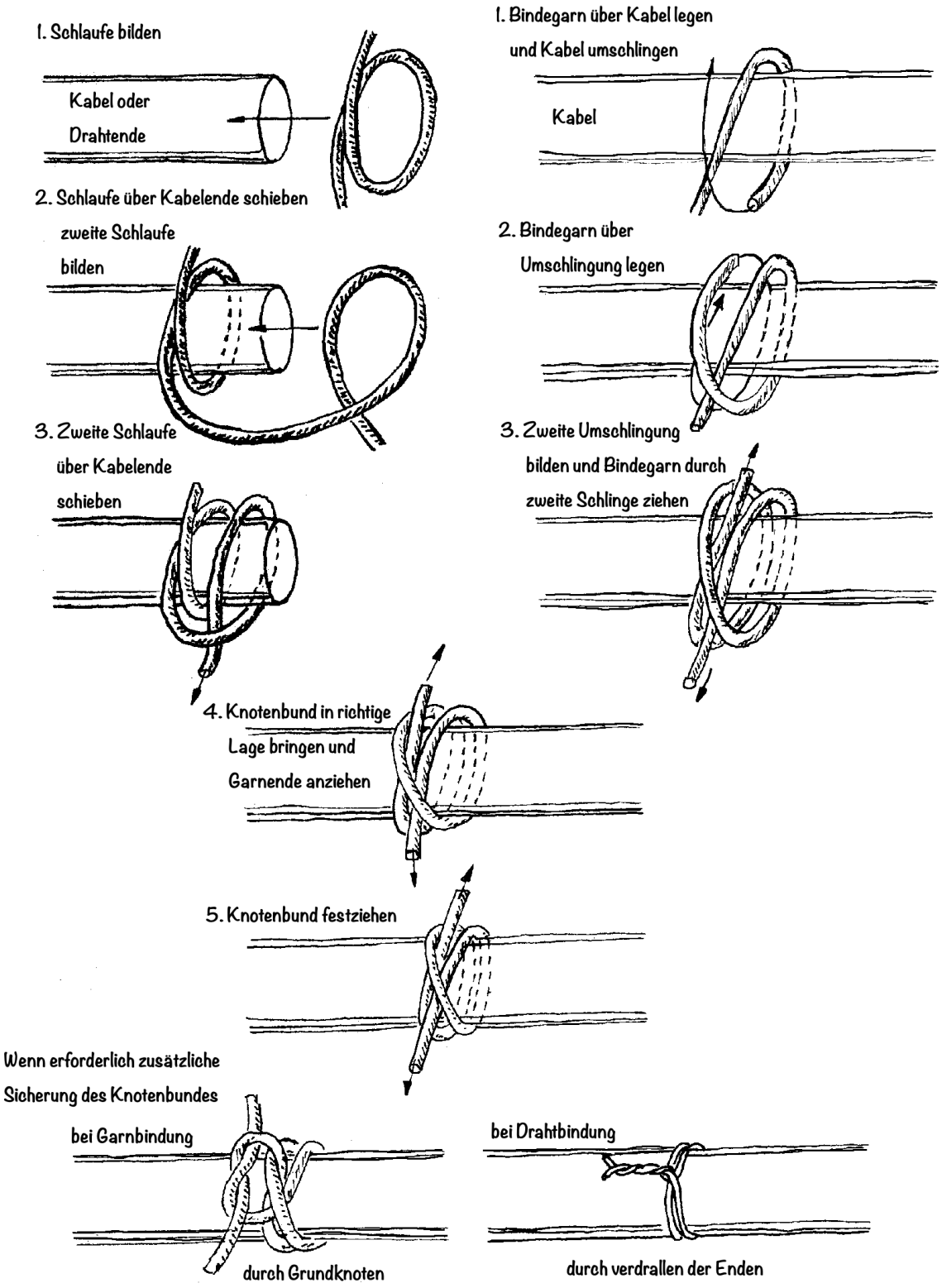

Abbildung #08 : Knotenbund

Bildquelle Originalbild: www.mikrocontroller.net/attachment/49986/Blatt418_Knotenbund.png

3.11.8 Der Schlussknoten

Der Schlussknoten wird an den Leitungsenden unmittelbar hinter dem letzten Formnagel geschlungen. Er bildet wie der Name es andeutet, den Abschluss beim Binden von Kabelbäumen. Es empfiehlt sich einen zweifachen Schlussknoten anzubringen.

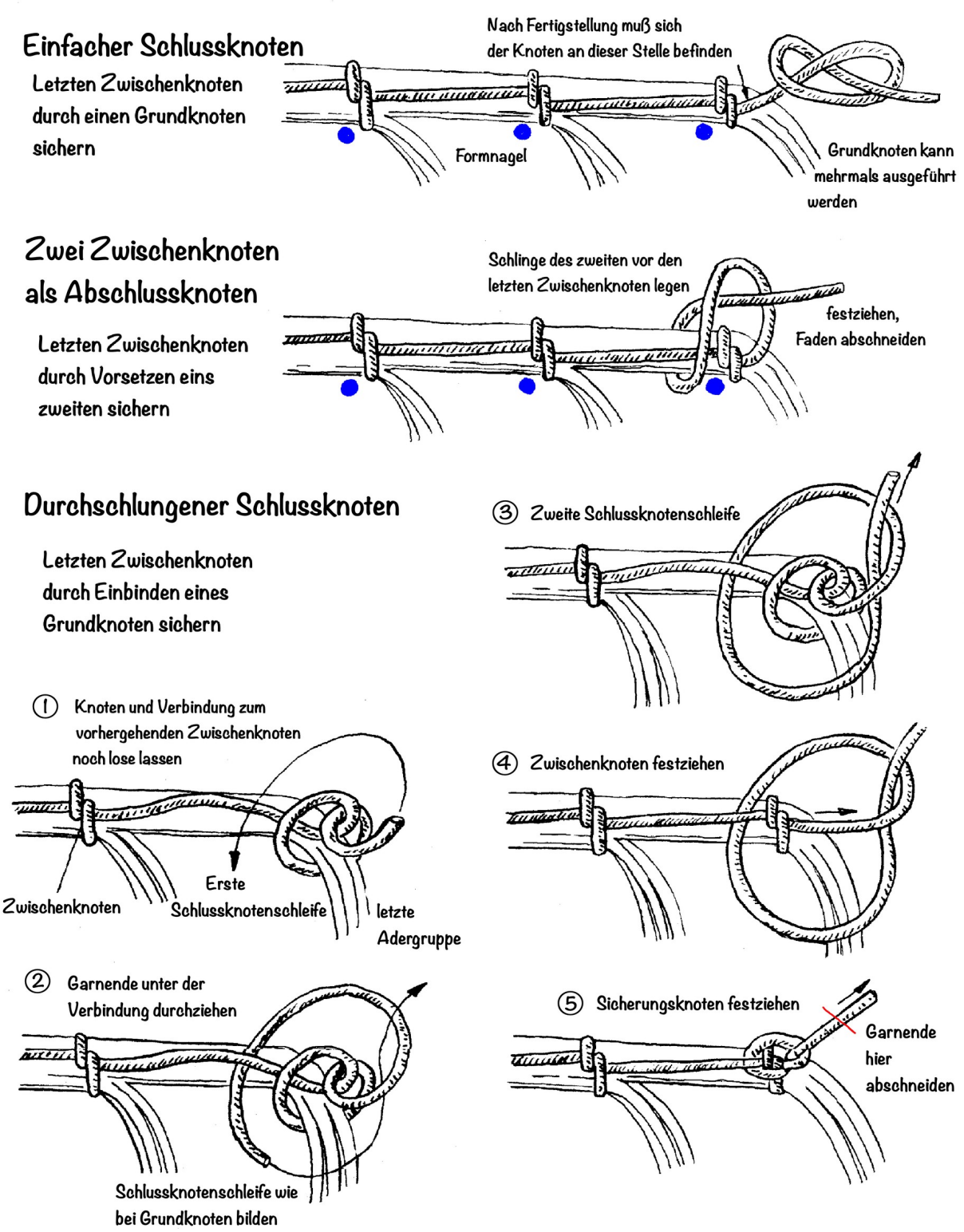

Abbildung #09 : Schlussknoten

Bildquelle Originalbild: www.mikrocontroller.net/attachment/49985/Blatt416_Schlussknoten.png

4 Benötigte Materialien / Werkzeuge

- Kabelbaum Zeichnung
- Kabelbaum Anschlusstabelle

- Multiplexplatte als Nagelbrett in passender Grösse und Dicke
- Kabelbaum-Stahlstifte z.B. Typ: 250
- Kleiner Hammer (250g)

- Tesafilm (Fixierung der Zeichnung auf dem Nagelbrett)
- Schere (zum Zuschneiden des Abbindegarns)
- Saitenschneider (zum Ablängen des Kabelmaterials)
- Abisolierzange oder Messer
- Flachzange (zum späteren entfernen der Stahlstifte)
- Angegebenes Kabelmaterial (Typ/Farbe)

5 Beispiel

5.1 Formkabelbaumzeichnung und Anschlusstabelle

Draht ø	Farbe	Anschluß von	Anschluß nach	Buchsen-stecker Typ AMP
1.7	r	X8a.1	T2a.E	Modu IV
1.1	r	X8a.2	S3.A4	
1.7	sw	X7a.1	X9a.2	Modu I
1.7	sw	X7a.1	X14a.2	
1.7	sw	X7a.2	X16a.3	
1.7	sw	X7a.2	X17a.3	
1.1	r	X7a.3	S3.A1	
1.1	r	X7a.3	S2.A1	
1.7	bl	X7a.4	S3.A2	
1.7	bl	X7a.4	S2.A2	
1.1	r	X9a.1	S2.C1	Modu I
1.7	bl	X9a.3	S2.C2	
1.1	r	X9a.4	S2.C3	
1.7	bl	X10a.1	X22.1	Modu I
1.1	bl	X10a.1	D3.K	

Kabelmaterial:
LIYV ø 1.1mm / 0.14mm²
LIY ø1.73mm / 0.75mm²

Farben:
r : rot
ge : gelb
bl : blau
sw : schwarz

Adern abisolieren und verzinnen !
- für Modu IV : 3mm abisolieren
- für Modu I : 4mm abisolieren

Beim Binden vor und hinter eines Kabelabzweiges ausbinden ! !

Abbildung # 10: Beispiel - Kabelbaum Anschlusstabelle - IBM Technische Berufsausbildung 1993
Bildquelle: eigene Aufnahme

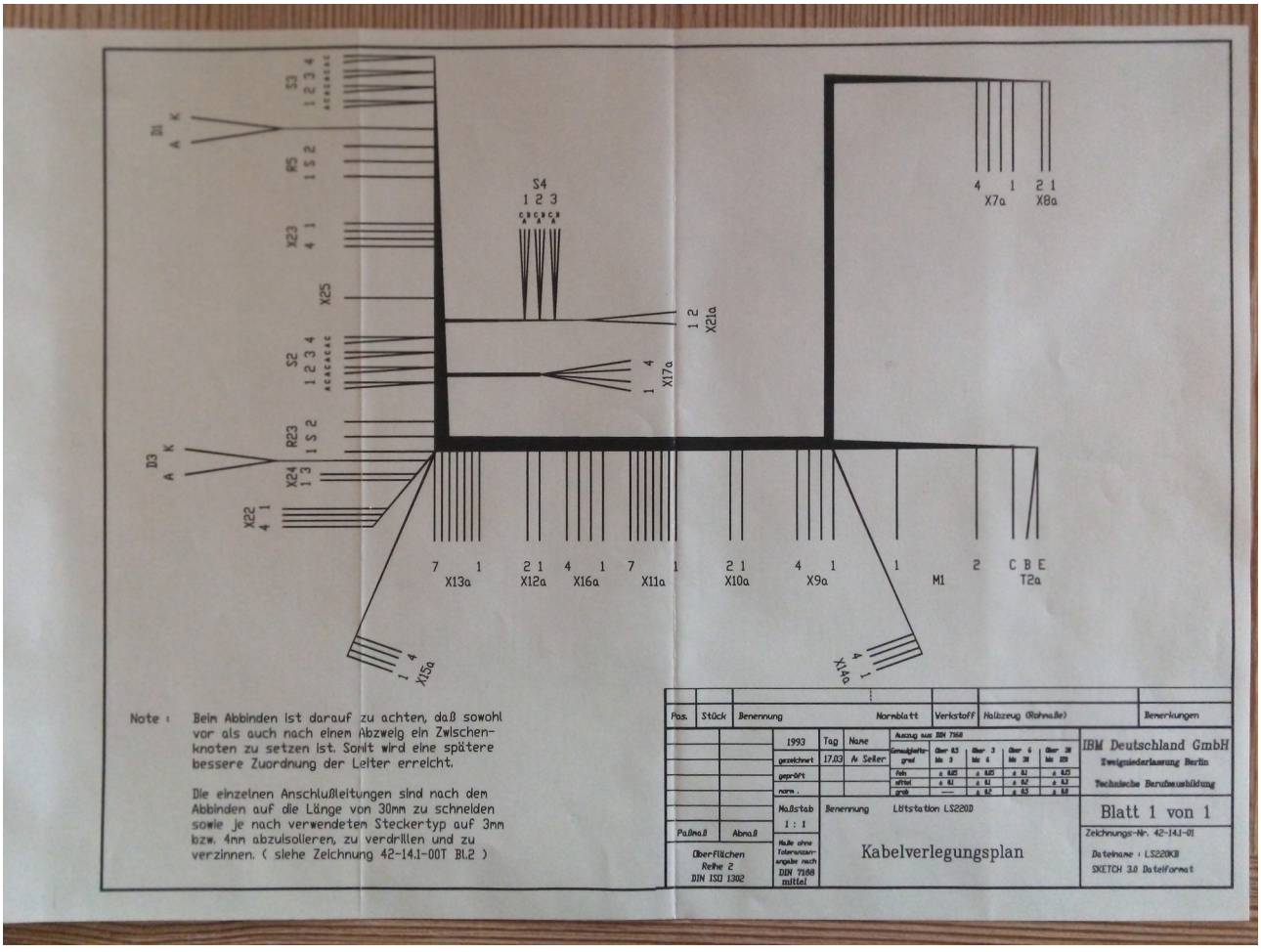

Abbildung # 11: Beispiel – Formkabelbaumzeichnung – IBM Technische Berufsausbildung 1993
Bildquelle: eigene Aufnahme

5.2 Anschlussbelegung Betriebsmittel

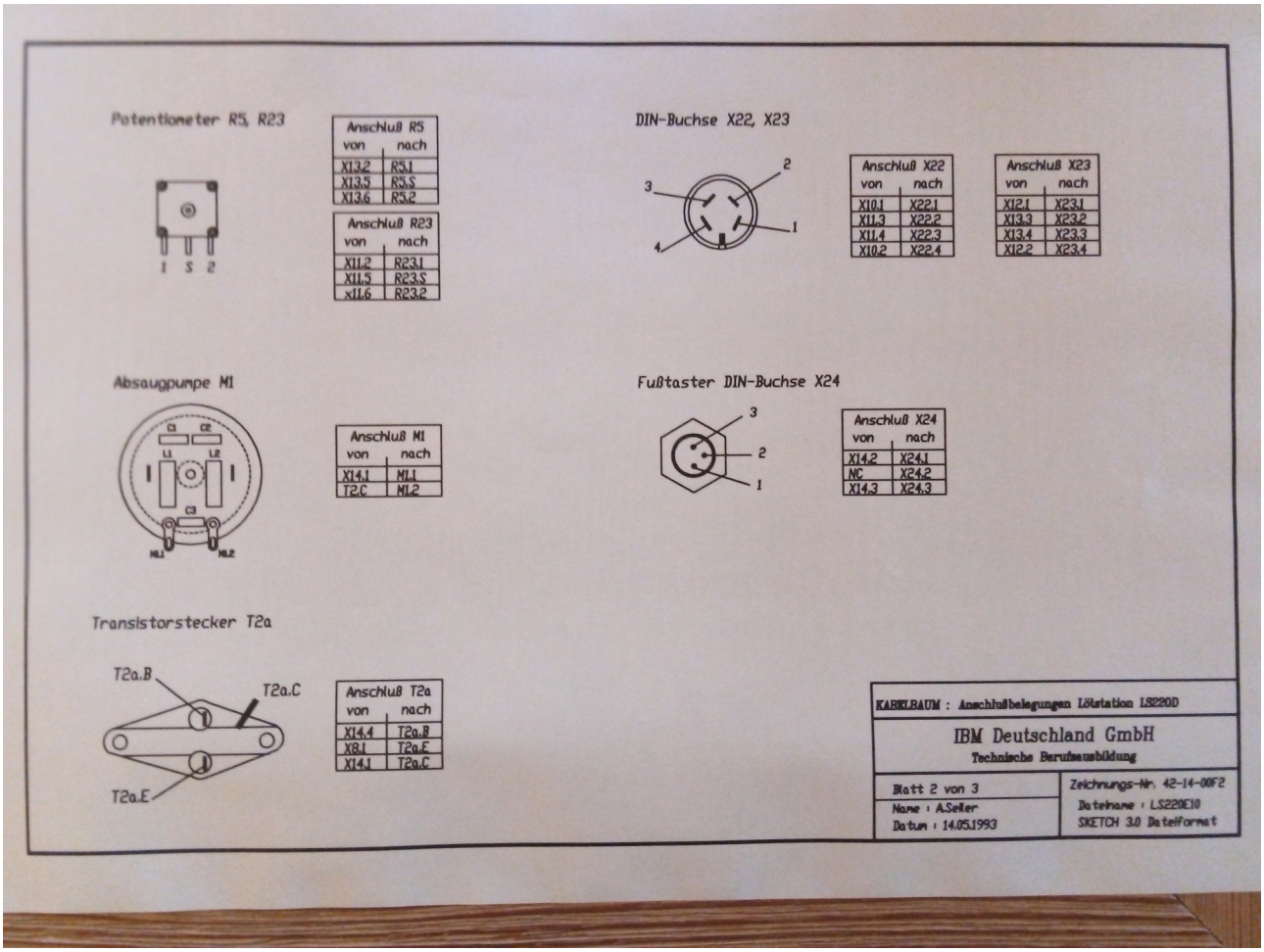

Abbildung # 12: Beispiel – Anschlussbelegung Betriebsmittel - IBM Technische Berufsausbildung 1993

Bildquelle: eigene Aufnahme

6 Materialien & Lieferant

Die Firma **RELEK** (www.relek.de) bietet auch heute noch Kabelbaum-Stahlstifte als Standardtype in 100ter Losgröße:

Typ: 410 = 4,0 Ø x 100 mm
Typ: 380 = 3,0 Ø x 80 mm
Typ: 256 = 2,5 Ø x 60 mm
Typ: 250 = 2,0 Ø x 50 mm
Typ: 240 = 2,0 Ø x 40 mm
Typ: 153 = 1,5 Ø x 35 mm

Abbildung # 13: Beispiel – Kabelbaum-Stahlstifte Typ: 250
Bildquelle: eigene Aufnahme

sowie verschiedene Bindegarne (z.B.) wie folgt an.

Polyamide (NYLON - Bänder) nach CID - A-A-52080 oder MIL-T-43435B-Type 1

Aufbau:	Nylon-Garn, Band flach geflochten	Nylon war das erste Material aus dem flach geflochtene Abbindebänder hergestellt wurden.
Temperatur:	zulässig von -55° bis +120°C	
Reihe N	mikrokristallines Wachs	Abbindebänder aus dem Grundmaterial Nylon, können für viele Anwendungszwecke im unteren Temperaturbereich bis +120°C eingesetzt werden.
Reihe H	pilzresistenter, synthetischer Gummi	
Reihe B	reiner Nylon-Überzug	
Reihe UP	keine Imprägnierung	

Bürklin (www.buerklin.com/de/) bietet auch noch Abbindeschnur unter den Artikelnummern:

12H4600	Abbindeschnur, Polyamid, (L x B) 200 m x 1.1 mm, natur
12H4602	Abbindeschnur, Polyamid, (L x B) 200 m x 1.2 mm, natur
12H4604	Abbindeschnur, Polyamid, (L x B) 200 m x 1.3 mm, natur
12H4606	Abbindeschnur, Polyamid, (L x B) 200 m x 1.4 mm, natur

Abbildung # 14 : Abbindeschnur
Bildquelle: https://www.buerklin.com/de/p/ses-sterling/kabelbinder/0643-0001-001/12H4600/

SEGOR Berlin (www.segor.de) bietet ebenfalls noch Bindegarn unter der Bezeichnung ABSA:

ABSA 1,3x0,5 (200m)	Abbindeschnur Nylon, 200m, 1,3x0,5mm, gewachst
ABSA 1,4x0,6 (200m)	Abbindeschnur Nylon, 200m, 1,4x0,6mm, gewachst

7 Quellenangaben

Nachfolgend sind die von mir genutzten Quellen aufgelistet.

Kabelbinden mit Wachsband - Thread innerhalb von www.microcontroller.net
https://www.mikrocontroller.net/topic/64283

Kabelbaum binden mit Wachsschnur
https://afu.mauler.info/downloads/diverse/Kabelbaum%20binden%20mit%20Wachsschnur.pdf

Electronic Installation Practices Manual - Chapter 9 - Cabling - NAVSHIPS 900171 - PART 5
http://www.hnsa.org/doc/cabling/part5.htm

Wiring and Cabling: How To Lace Cable Harnesses
https://www.dairiki.org/hammond/cable-lacing-howto/

AC_43.13-1B_w-chg1.pdf
https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_43.13-1B_w-chg1.pdf

Federal Aviation Administration (FAA) Advisory Circular AC 43.13-1B
Acceptable Methods, Techniques, and Practices - Aircraft Inspection and Repair
CHAPTER 11. AIRCRAFT ELECTRICAL SYSTEMS
Section 12, 11-158 Lacing and Ties
Page 11-63

Bürklin – Beispiel Abbindeschnur in flacher Ausführung Typ ABSA - Bestellnr. 12H4600
https://www.buerklin.com/de/p/ses-sterling/kabelbinder/0643-0001-001/12H4600/

8 Interessante Links

Hier noch schöne (englisch sprachige) Videos:
(Tutorial) Cable Lacing) : https://www.youtube.com/watch?v=GTC_r9AIgdo
(NASA Way - Lost art of cable lacing) : https://www.youtube.com/watch?v=jtO9XysoZ6o
... https://www.youtube.com/watch?v=Y7ve8I45SQM