

[Inhalt Telegrafenspiel](#)

[Kleine Geschichte der DFÜ](#)

[Wir lassen Daten reisen](#)

[Das Telegrafenspiel](#)

[Das Telegrafenspiel](#)

[Das Spielmaterial](#)

[Spielverlauf](#)

[Übertragungsprotokoll](#)

[Das Modell des Königsberger Telegrafen“](#)

Kleine Geschichte der DFÜ

Schon in der Antike entstand bei den Menschen das Bedürfnis, Nachrichten über größere Entfernungen auszutauschen. Allerdings waren den technischen Möglichkeiten enge Grenzen gesetzt, da man nur auf eine akustische oder optische Signalübermittlung zurück greifen konnte. Selbst ein lauter Schrei kann kaum weiter als in 1,5 km Entfernung noch gehört werden. Optische Signale wie der Schein großer Scheiterhaufen können bei optimalen Bedingungen maximal 120 km weit gesehen werden.

Erste Berichte einer akustischen Nachrichtenübermittlung finden sich aus der Zeit Alexanders des Großen. In Persien wurden Personen mit besonders lauter Stimme auf Anhöhen postiert. Durch Zuruf konnten auf diese Art Nachrichten innerhalb von 24 Stunden bis zu einer Entfernung von 300 km übertragen werden. Auch von der Zeit Cäsars wird berichtet, dass akustische Nachrichtenübermittlung bis zu 240 km pro Tag stattgefunden haben soll.

[Inhalt Telegrafenspiel](#)

Auf der Trajanssäule in Rom, wie auch auf anderen antiken Säulen, lassen sich noch heute in den Reliefs Wachtürme finden, aus denen im Obergeschoss brennende Fackeln heraus ragen. Die Fackeln waren Zeichen bei einer optischen Datenübertragung der damaligen Zeit. Geschichtsschreiber berichten von häufigen Missverständnissen bei dieser Art der Kommunikation mit teilweise fatalen Folgen.

Es ist nicht verwunderlich, dass sich deshalb Personen Gedanken über Verbesserungen in der Nachrichtenübermittlung machten. So berichtet Aeneias in seinen militärtechnischen Schriften von einem Verfahren, bei dem sowohl auf der Sender- als auch auf der Empfängerseite jeweils ein gleich großes Fass mit Ablaufrohr aufgestellt wurde. In die mit Wasser gefüllten Fässer wurde senkrecht ein Stab gestellt, auf dem die gleichen Nachrichten standen. Auf ein Signal des Senders hin wurde auf beiden Seiten der Hahn des Abflussrohres geöffnet. Das Wasser floss nun so lange aus den Fässern, bis beim Sender auf dem Stab die zu übertragende Nachricht sichtbar wurde. Auf ein erneutes Signal des Senders hin wurden nun der Ablauf beider Fässer verschlossen und der Empfänger konnte auf seinem Stab nun ebenfalls die Mitteilung ablesen.

[Inhalt Telegrafenspiel](#)

Diese Art der Nachrichtenübermittlung stellt die frühe Form einer **synchronen Datenübertragung** dar, da auf ein Start- und ein Stoppsignal hin die Meldungen ausgetauscht werden. Ein anderes Verfahren beschreibt der griechische Schreiber Polybios (200 - 120 v. Chr.). Auf fünf senkrechten Tafeln wurden jeweils 5 der damals benutzten Buchstaben, wie in der folgenden Abbildung angegeben, codiert.

	1	2	3	4	5
I	A	B	C	D	E
II	F	G	H	I	K
III	L	M	N	O	P
IV	Q	R	S	T	U
V	V	X	Y	Z	

Auf der Senderseite standen hinter zwei großen Sichtblenden Fackelträger, die von der Empfängerseite durch spezielle Visierrohre beobachtet wurden. Wurden nun auf der Seite des Senders hinter der linken Sichtblende 4 Fackeln sichtbar und hinter der rechten Sichtblende 2 Fackeln, dann bedeutete dies, dass von der vierten Tafel der 2. Buchstabe, also I, übertragen worden war. Die zu übertragende Nachricht wurde also in einzelne Buchstaben zerlegt und nacheinander übertragen.

Moderne Untersuchungen dieses Verfahrens an der Technischen Hochschule in Aachen haben ergeben, dass **mit diesem System** bis zu **8 Buchstaben pro Minute** übertragen werden konnten.

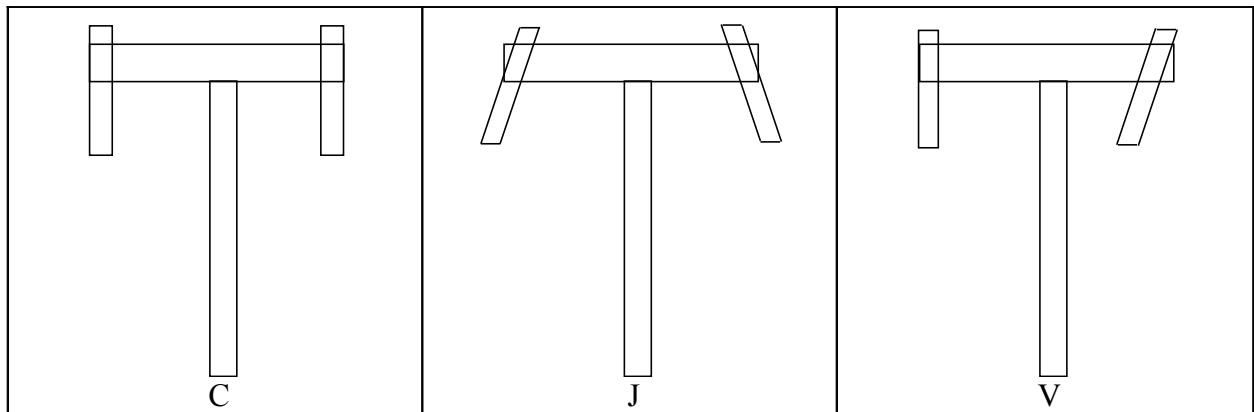
[Inhalt Telegrafenspiel](#)

Heute lässt sich nicht mehr genau feststellen, welche der Vorschläge zu einer Fernübertragung letztlich tatsächlich in die Praxis umgesetzt worden sind. Die Fehleranfälligkeit der einzelnen Verfahren und die Verbreitung von Falschmeldungen lassen sich allerdings an vielen Zeugnissen belegen.

Bis in die frühe Neuzeit hinein lässt sich keine besondere Weiterentwicklung zu einer schnelleren Nachrichtenübermittlung finden. Erst mit der Erfindung der Fernrohre zu Beginn des 17. Jahrhunderts finden sich neue Ideen zu einer optischen Datenübermittlung. Neben Tonnen, in denen brennbares Material durch einen Schieber sichtbar gemacht werden konnte, wollte man an geeigneten Stellen Balkengerüste aufstellen, an denen verschiedene Figuren hoch gezogen werden konnten. Auch gab es Vorschläge, an Windmühlenflügel Signalzeichen zu befestigen.

[Inhalt Telegrafenspiel](#)

Im Zuge der Französischen Revolution wuchs das Bedürfnis nach schneller Nachrichtenübermittlung. So entwickelte der Geistliche Claude **Chappe** (1763 - 1805) gemeinsam mit seinen Brüdern den Chappe-Telegrafen, einen 5 m langen Mast, auf dessen Spitze sich ein drehbarer Balken von ca. 4,5 m Länge befand. An seinen Enden befand sich jeweils ein ca. 2,5 m langer Balken. Über Kurbeln und Rollen konnte der lange Querbalken in 4 verschiedene Stellungen gebracht werden, die beiden kürzeren Endbalken in jeweils 7 verschiedene Stellungen. Von den 192 möglichen Stellungen wurden allerdings nur 92 gut erkennbare Zeichen für die Datenübertragung verwendet.



Beispiele für Flügelstellungen des Chappe-Telegraphen

Inhalt Telegrafenspiel

Mit Fernrohren wurden die benachbarten Telegraphen beobachtet und ggf. gesendete Zeichen übernommen und an die nächste Station weiter gegeben. Im Juli 1794 war die **erste Telegrafelinie** mit einer Länge von **225 km zwischen Paris und Lille** fertig gestellt. Sie bestand aus insgesamt 23 Stationen, die zwischen 4 und 15 km voneinander entfernt lagen. Ein einzelnes **Zeichen brauchte für diese Strecke knapp 2 Minuten**. Bis 1810 reichten die Verbindungen über Brüssel, Antwerpen bis nach Amsterdam.

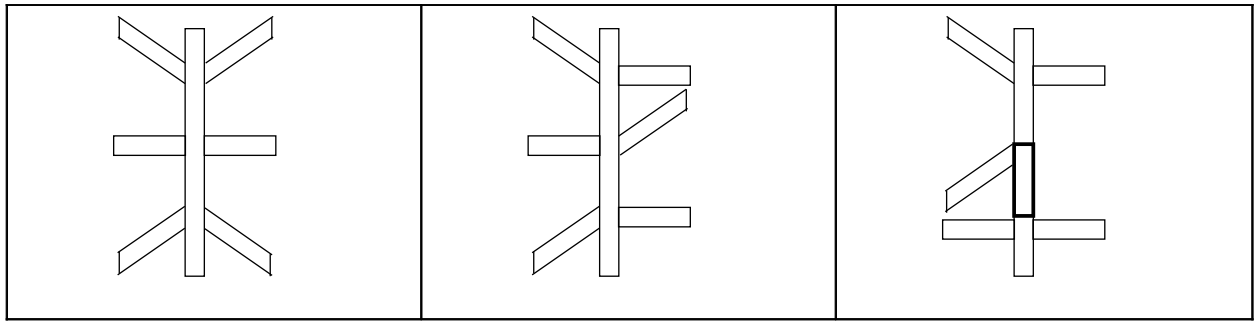


Entwurfszeichnung einer Telegrafestation, angefertigt von O'Etzel um 1830

In Deutschland gab der preussische König Friedrich Wilhelm III 1832 Order, eine Telegraferverbindung zwischen Berlin über Köln nach Koblenz zu bauen. Der Bau wurde von dem Major Franz August O'Etzel überwacht. Der Signalmast, der aus drei Flügelpaaren bestand, wurde auf das Dach von hoch gelegenen Gebäuden oder auf neu zu errichtenden, zweigeschossigen Türmen gebaut. Im ersten Stock der Türme befand sich das Beobachtungszimmer, in dem zwei Posten ihren Dienst versahen. Während der eine alle sechs Minuten Ausschau nach den beiden benachbarten Stationen halten musste, ob ein neues Zeichen gestellt war, musste der andere Beamte über einen Hebelmechanismus das Zeichen nachstellen.

Fehler oder falsche Weiterleitung von Zeichen wurden hart bestraft. Die Entzifferung der Nachricht war nur den Posten in Berlin, Köln und Koblenz gestattet. Insgesamt bestand die Verbindung aus 62 Stationen.

Wie die bisherigen Beispiele zeigen, wurden Weiterentwicklungen in der Informationstechnik häufig von militärischen Wünschen angestoßen.



Beispiele für Flügelstellungen des preußischen Telegrafen

[Inhalt Telegrafenspiel](#)

Mit den drei Flügelpaaren des preußischen Telegrafen ließen sich theoretisch auf Grund der 4 verschiedenen Positionen jedes der sechs Flügel 4096 verschiedene Stellungen vornehmen. Diese wurden aber in der Praxis nicht ausgenutzt sondern besaßen sogar den Nachteil, dass das Einstellen eines Zeichens länger dauerte als beim chappeschen Telegrafen, so dass die **Übertragungsgeschwindigkeit** von Zeichen bei guter Sicht höchstens **zwei Zeichen pro Minute** betrug. Im Normalfall lag sie sogar nur bei 1,5 Zeichen.

Nachteil bei den Telegrafen der damaligen Zeit war, dass sie nur am Tag und bei gutem Wetter eingesetzt werden konnten. Auch ließ die Übertragungsgeschwindigkeit zumindest nach heutigen Gesichtspunkten sehr zu wünschen übrig. So dauerte es **7,5 Minuten**, bevor ein Zeichen von **Berlin** nach **Koblenz** übertragen worden war.

[Inhalt Telegrafenspiel](#)

Wir lassen Daten reisen

Anknüpfend an die kleine Geschichte der Datenübertragung sollst du nun die Grundprinzipien moderner Datenkommunikation erarbeiten. Grundprinzipien komplexer informationstheoretischer Sachverhalte hast du bis jetzt immer wieder in geeigneten Spielen erfahren. Mit Hilfe von Modelltelegrafen aus Pappe wirst du im Folgenden die Funktionsweise des preußischen Telegrafen realitätsnah erleben. Dabei wirst du auch einen Einblick in die Prinzipien moderner Datenübertragungs-Techniken entdecken.

[Inhalt Telegrafenspiel](#)

Das Telegrafenspiel

Das Telegrafenspiel

Das Spiel könnt ihr bankreihenweise spielen. Bildet pro Reihe einige Zweiergruppen, die jeweils einen Telegrafen bedienen und als Überträgerinnen und Überträger der Nachrichten dienen. Eine Schülerin oder ein Schüler jeder Bankreihe übernimmt die Rolle des Senders, eine andere bzw. ein anderer die Rolle des Empfängers. Sender bzw. Empfänger müssen am Anfang und am Ende der Übertragungstrecke sitzen.

Das Spielmaterial

Jede Gruppe stellt als Erstes einen Modelltelegrafen nach unserer Bauanleitung aus Pappe her. Die Bauanleitung bekommt ihr als Kopie von eurer Lehrerin oder von eurem Lehrer. Erstellt euch danach Tabellenformulare. Sender und Empfänger benötigen die entsprechenden Formulare, um bei der Spieldurchführung die zu sendenden und zu empfangenen Zeichen codiert und decodiert notieren zu können. Sie könnten etwa folgendes Aussehen besitzen:

Inhalt Telegrafenspiel

Formular für den Sender			
Decodiert	Codiert		
	unterer Arm	mittlerer Arm	oberer Arm
...

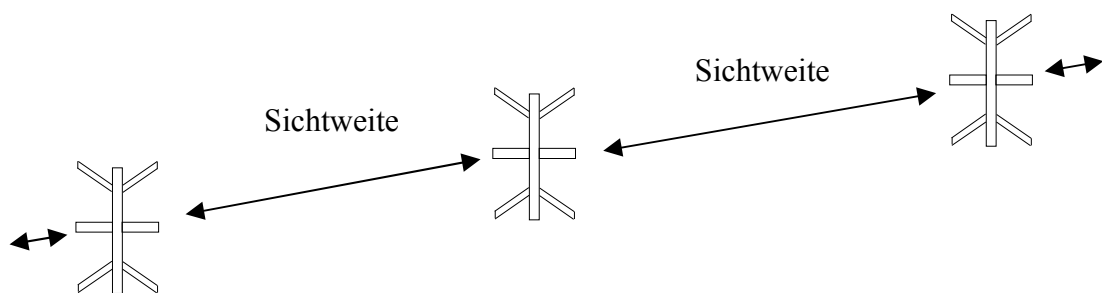
Formular für den Empfänger			
Codiert			Decodiert
unterer Arm	mittlerer Arm	oberer Arm	
...

Formular für die Überträger		
unterer Arm	mittlerer Arm	oberer Arm
...

Die Übertragungsstationen reichen die Daten nur weiter. Schon aus Datenschutz-Gründen dürfen sie sie nicht decodieren. Deshalb kommen sie mit einfacheren Formularen aus.

Spielverlauf

Die Datenübertragung zwischen zwei Orten erfolgt über eine Kette von Telegrafentürmen, die so aufgestellt sind, dass jeder seinen Vorgänger und Nachfolger in Sichtweite hat. Wenn die Türme in eurer Klasse in einer Reihe stehen, könnt ihr die Nachrichten zum Beispiel vom linken Rand bis zum rechten Rand der Türme übertragen.



Inhalt Telegrafenspiel

Die Übertragung der Daten erfolgt in zwei „Spuren“ wie im Straßenverkehr. Gefahren wird jeweils rechts. Vom Sender zum Empfänger werden die einzelnen Zeichen von den drei rechts am Telegrafenturm angebrachten Armen durch die entsprechenden Stellungen U(nten), M(itte) oder O(ben) an jedem Arm von Mast zu Mast weiter gegeben. Es können also gleichzeitig Nachrichten in beiden Richtungen übertragen werden. Ein solches **Übertragungsverfahren** nennt man heute **bidirektional**. Unser Telegraf arbeitet also bidirektional. Können Nachrichten nur in einer Richtung übertragen werden, spricht man von einem unidirektionalen Übertragungsverfahren. Jeweils zwei Schülerinnen oder Schüler sind für eine „Station“ zuständig. Eine oder einer beobachtet die Telegrafentürme der benachbarten Stationen und notiert die dort ankommenden Signale, während der oder die andere das gerade notierte Zeichen weiter leitet.

1. Phase: Codierung der Zeichen

Überlegt euch anhand der möglichen Stellungen der Arme des Telegrafenturms eine sinnvolle Codiertabelle für die Buchstaben A bis Z sowie für das Leerzeichen

und verteilt diese Codiertabelle an den Sender und den Empfänger eurer Tischreihe. Sie könnte zum Beispiel folgendes Aussehen besitzen:

Zeichen	Code		
	unterer Arm	mittlerer Arm	oberer Arm
A	U	U	U
B	U	M	O
...

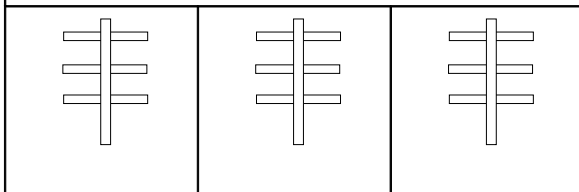
Hierbei geben die Abkürzungen die Stellung eines Armes bei unserem Telegrafen an und beschreiben imEeinzeln: U, M, O.

Inhalt Telegrafenspiel

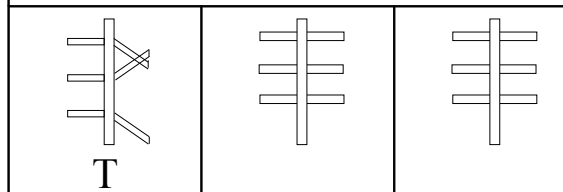
2. Phase: Das Übertragungsprotokoll wird erarbeitet

Wir wollen die Übertragung der ersten Zeichen unserer zu sendenden Nachricht TESTSENDUNG über drei Stationen in allen Einzelheiten verfolgen und beschreiben. Daraus ergeben sich Verhaltensregeln, die ihr als Bedienerinnen und Bediener der einzelnen Telegrafen beachten müsst.

1. Startstellung

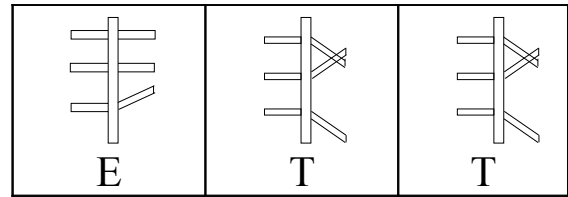
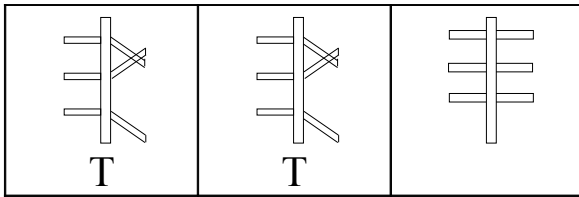


2. Die erste Station beginnt mit der Einstellung des Buchstaben T

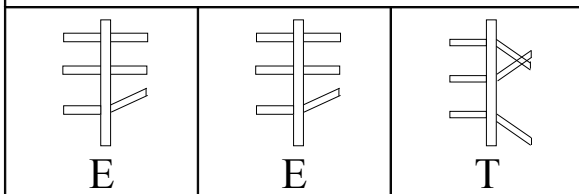


3. Die zweite Station erkennt das Zeichen T und kopiert es auf ihren eigenen Mast zur Weitergabe an die nächste Station.

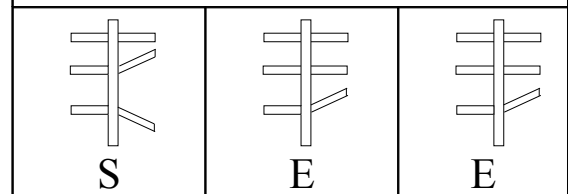
4. Die erste Station erkennt, dass die zweite Station das T richtig kopiert hat. Sie stellt als nächstes Zeichen ein E ein.
Die zweite Station hat Pause.
Die dritte Station kopiert das T von der zweiten Station.



5. Die erste Station hat Pause.
 Die zweite Station erkennt, dass die dritte Station das T richtig kopiert hat. Sie kopiert das Zeichen E von der ersten Station.
 Die dritte Station als Empfänger notiert die Signalstellung der Arme.

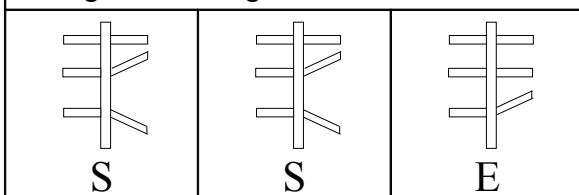


6. Die erste Station erkennt, dass die zweite Station das E richtig kopiert hat. Sie stellt als nächstes Zeichen ein S ein.
 Die zweite Station hat Pause.
 Die dritte Station kopiert das E von der zweiten Station.

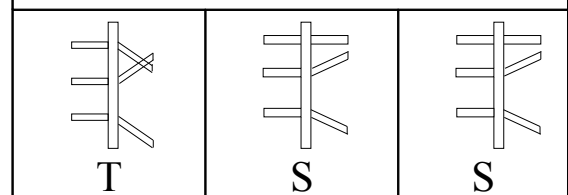


Inhalt Telegrafenspiel

7. Die erste Station hat Pause.
 Die zweite Station erkennt, dass die dritte Station das E richtig kopiert hat. Sie kopiert das Zeichen S von der ersten Station.
 Die dritte Station als Empfänger notiert die Signalstellung der Arme.



8. Die erste Station erkennt, dass die zweite Station das S richtig kopiert hat. Sie stellt das nächste Zeichen ein.
 Die zweite Station hat Pause.
 Die dritte Station kopiert das S von der zweiten Station.



Nach diesem Verfahren werden nun nacheinander alle Buchstaben übertragen. Dazu benutzen Sende- und Empfangsstation jeweils ein vorbereitetes Tabellenformular, das folgendes Aussehen besitzen kann:

Formular für den Sender			
Decodiert	Codiert		
T	U	O	U
E	M	M	O
S	M	O	U
T	U	O	U
S	M	O	U
...

Formular für den Empfänger			
Codiert			Decodiert
U	O	U	T
M	M	O	E
M	O	U	S
U	O	U	T
M	O	U	S
...

Übertragungsprotokoll

Aus der Betrachtung der Bildfolge lässt sich eine erste Verhaltensvorschrift für die Bedienerin oder den Bediener eines Telegrafemastes ableiten. Diese Bedienungsanleitung ist das Übertragungsprotokoll. Sie lautet:

Inhalt Telegrafenspiel

Wenn deine Nachfolgerin oder dein Nachfolger das an deiner Station eingestellte Zeichen richtig kopiert hat, dann übernimm das Zeichen der Vorgängerstation, wenn sich dieses verändert hat.

Inhalt Telegrafenspiel

Sicher habt ihr schnell erkannt, dass euer Übertragungsverfahren nur problemlos funktioniert, wenn keine Zeichen doppelt hintereinander vorkommen. Dieser Mangel lässt sich beheben, indem man Doppellaute durch ein trennendes Sonderzeichen unterscheidet.

Folgende informationstheoretisch wichtige Forderungen an eine Daten-Fernübertragung werden in diesem Modell erfüllt:

Die **Datensicherheit** ist sehr hoch, da das nächste Zeichen erst dann gesendet wird, wenn der Sender sich von der korrekten Übertragung des vorangegangenen Zeichens überzeugt hat.

Die Übertragung von Daten ist in beiden Richtungen gewährleistet.

Die Übertragungsleistung passt sich automatisch

der Leistung der einzelnen Übertragungsstationen an.

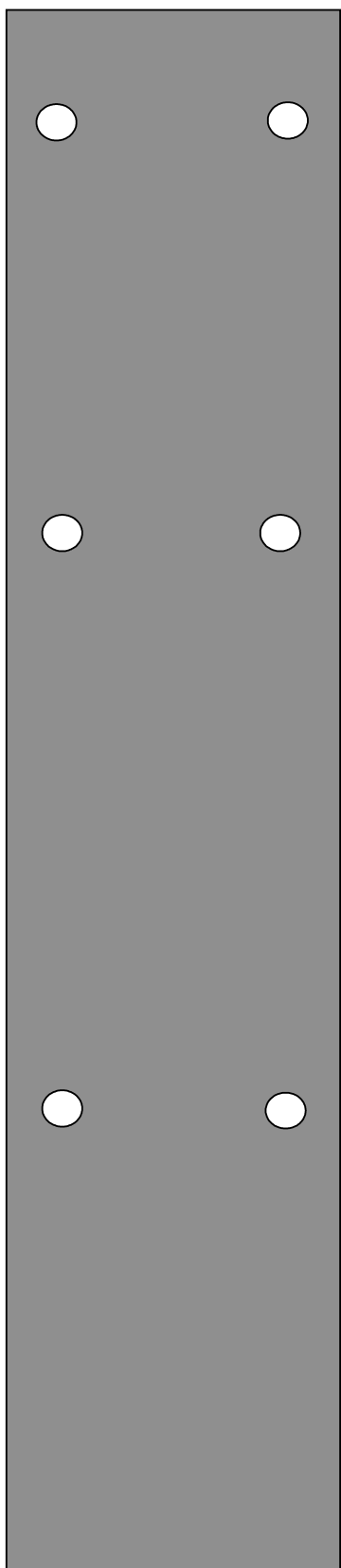
Die Einführung von Sonderzeichen, die die Übertragung steuern, wird plausibel.

Heutzutage besitzt du die Möglichkeit, Nachrichten mit Hilfe des Computers auszutauschen. Als Übertragungsleitung wird die Telefonleitung verwendet. Allerdings kann ein Computer seine Daten weder über die bisherigen analogen Telefonleitungen noch über das neue ab 1995 eingeführte digitale Telefonnetz direkt verschicken. Was sind die Gründe hierfür?

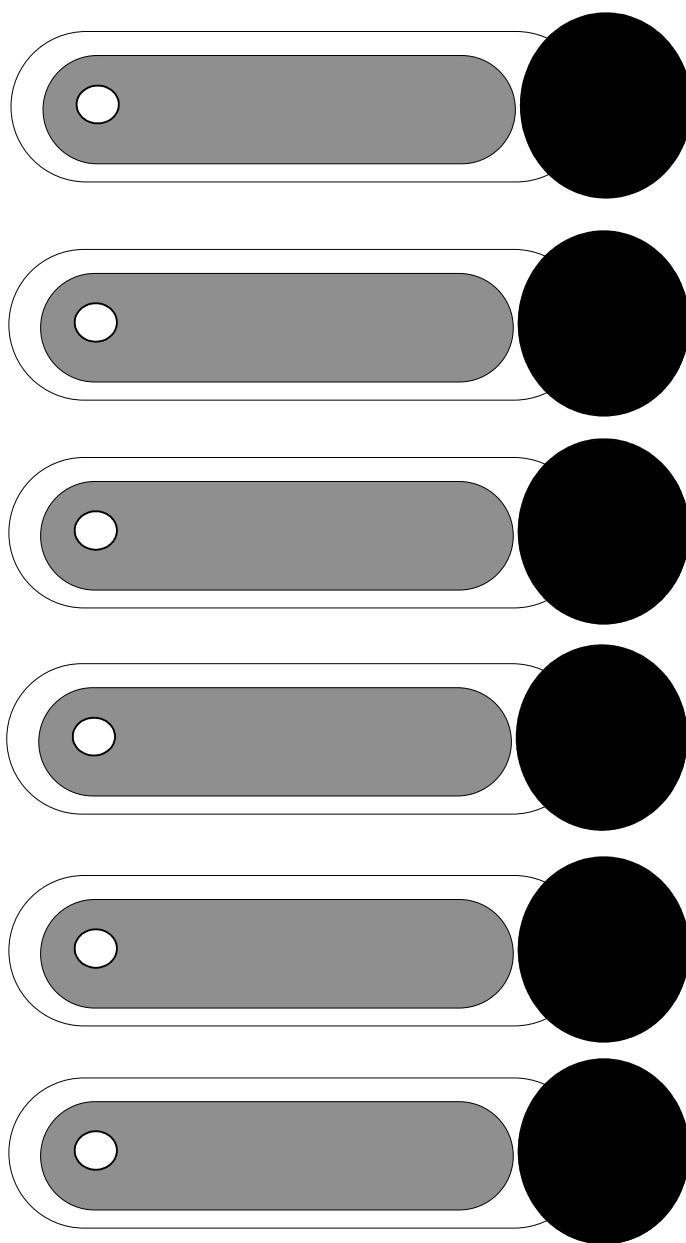
Wie du in den vergangenen Kapiteln immer wieder gehört und gelesen hast, ist ein Computer ein digitales Gerät, d.h. er kann Nachrichten nur in Form von digitalen Signalen, also nur in der Form von 0 oder 1 bearbeiten und damit senden oder empfangen. Da bei einer Verbindung zu einem Zeitpunkt nur ein Datenelement (Bit) transportiert werden kann, müssen alle Ziffern oder Zeichen, aus denen die Nachricht besteht, vom Sender zunächst aus den entsprechenden Bytefolgen in nacheinander zu übertragende Grundelemente (Bits) umgewandelt werden.

[Inhalt Telegrafenspiel](#)

Das Modell des Königsberger Telegrafens



Modell des „Königsberger Telegrafens“
(Vorderansicht)



Rückseite

