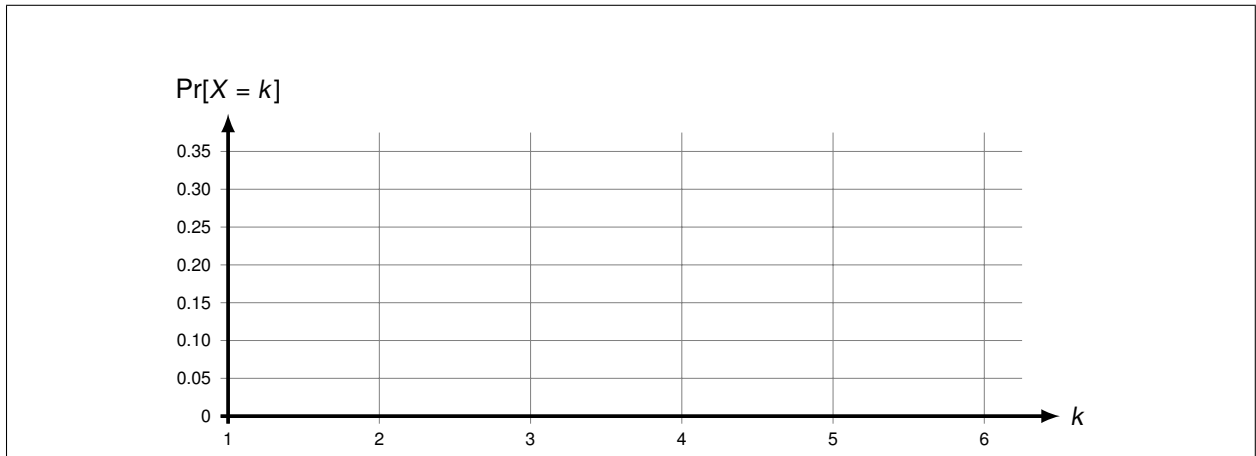
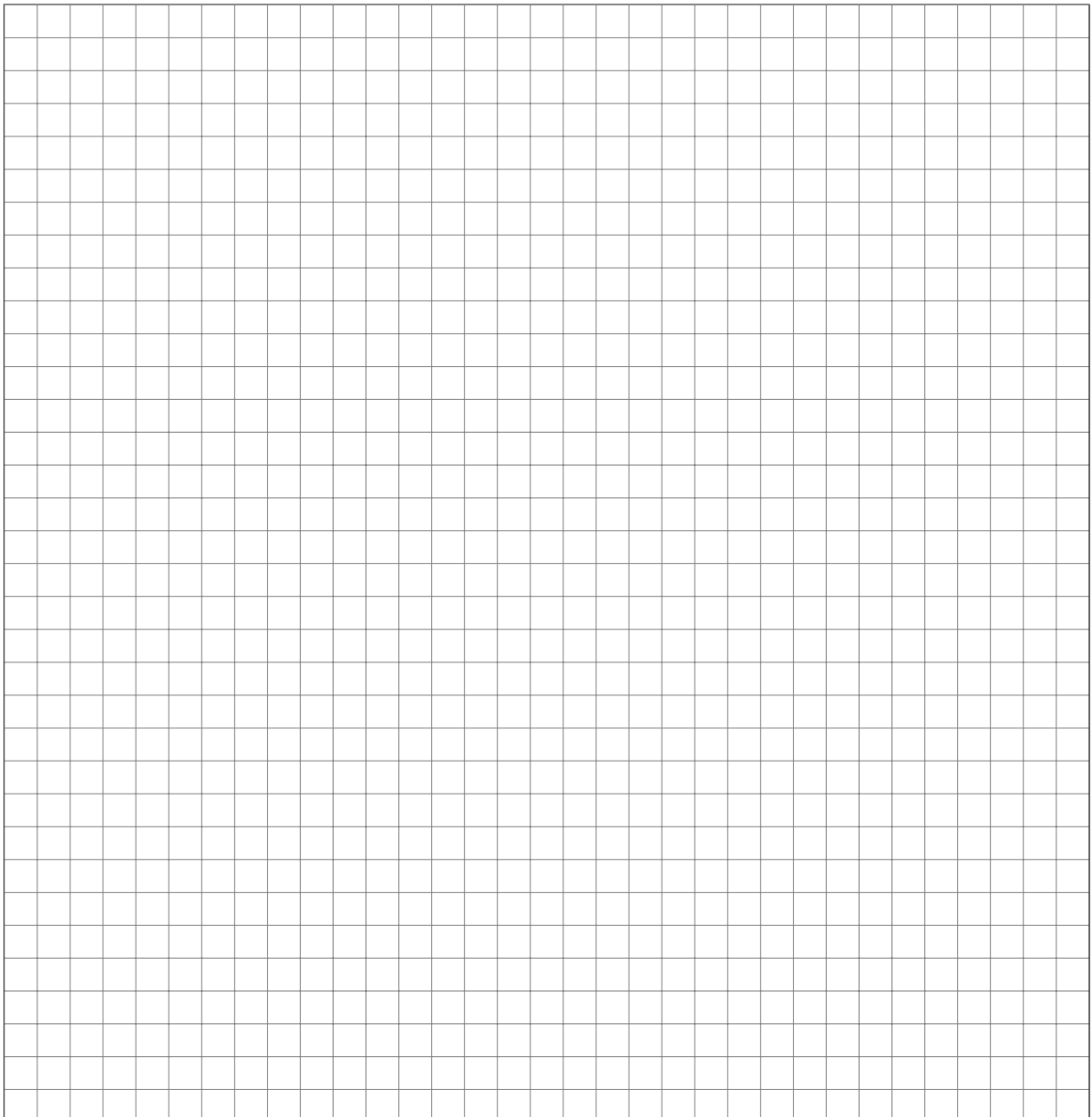


d)* Skizzieren Sie die Wahrscheinlichkeit aus Teilaufgabe c) für $k \in \{1, \dots, 6\}$.



e) Angenommen das zuständige Protokoll auf der Sicherungsschicht bricht die Wiederholung ab, falls der dritte Sendeversuch erfolglos war. Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Rahmen nicht übertragen werden kann?



Aufgabe 3 Digitale Modulationsverfahren

Hinweis: Hierbei handelt es sich um eine Klausuraufgabe aus der Midterm 2012.

In dieser Aufgabe sollen die Vorgänge der Impulsformung im Basisband und der anschließenden Modulation erarbeitet werden. Dazu ist in Abbildung 3.1 der Signalraum eines digitalen Modulationsverfahrens gegeben. Außerdem sei die zu übertragende Bitfolge 01111001 gegeben. Als Grundimpuls für das Basisbandsignal soll der Rechtecksimpuls

$$\text{rect}(t) = \begin{cases} 1 & -T/2 \leq t < T/2 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

verwendet werden.

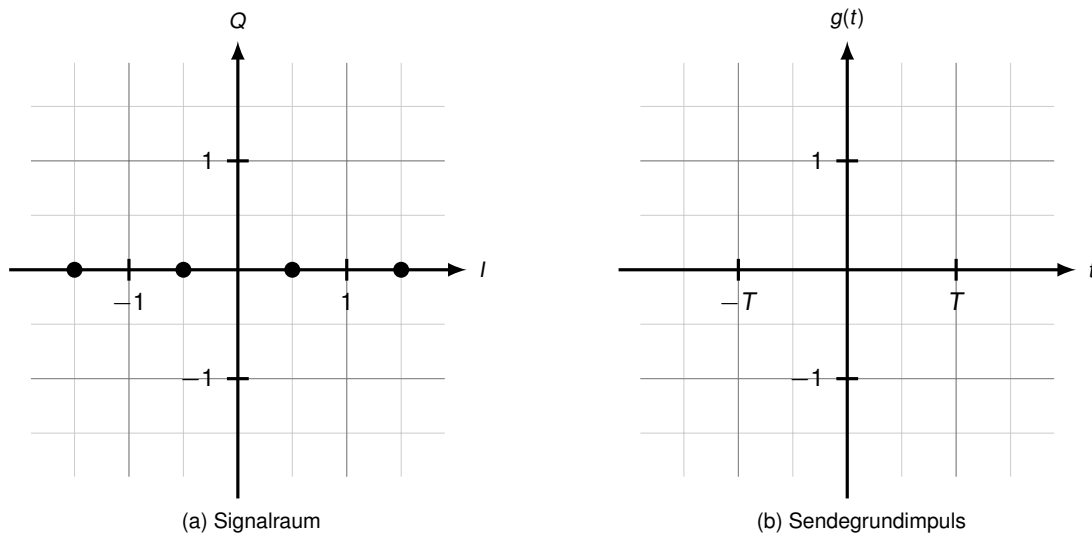


Abbildung 3.1: Signalraum und Sendegrundimpuls

a)* Um welches Modulationsverfahren handelt es sich?

b)* Tragen Sie in Abbildung 3.1a eine gültige Zuordnung von Codewörtern zu Symbolen ein.

c)* Zeichnen Sie in Abbildung 3.1b den Sendegrundimpuls $g(t)$ ein.

d)* Zeichnen Sie nun in Abbildung 3.2 das zu der gegebenen Bitfolge passende Basisbandsignal ein.

Das Basisbandsignal aus der vorherigen Teilaufgabe werde nun verwendet, um den Kosinusträger $s(t) = \cos(2\pi t/T)$ zu modulieren.

e) Zeichnen Sie das modulierte Signal ebenfalls in Abbildung 3.2 ein.

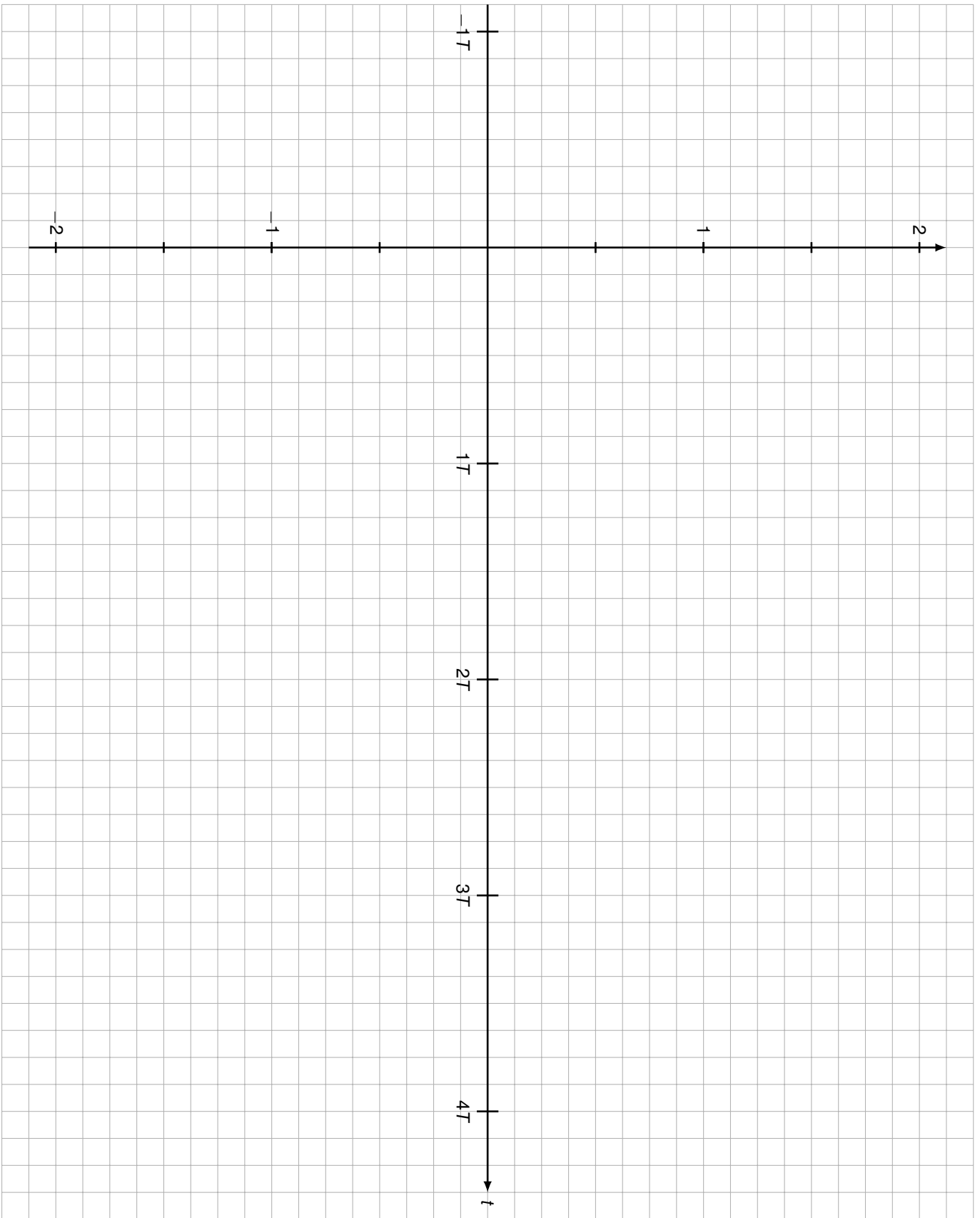


Abbildung 3.2: Lösungsblatt für Teilaufgaben d) und e)

Aufgabe 4 Erzielbare Datenraten mit IEEE 802.11a Wireless LAN (Zusatzaufgabe)

In dieser Aufgabe betrachten wir die physikalische Schicht von IEEE 802.11a (einem der WLAN-Standards). Diese verwendet Trägerfrequenzen zwischen 5127 MHz und 5910 MHz. Da die Regulierung der Funkfrequenzen landesabhängig ist, unterscheiden sich die verfügbaren Frequenzbereiche im internationalen Vergleich. In Deutschland beispielsweise steht lediglich der Bereich 5170 MHz bis 5330 MHz ohne Einschränkungen zur Verfügung. Dies entspricht einer Bandbreite von 160 MHz, welche in insgesamt 8 Kanäle zu jeweils 20 MHz unterteilt ist. Jeder Kanal ist wiederum in 64 Subcarrier zu je 312,5 kHz unterteilt (siehe Abbildung 4.1). Von diesen Subcarriern werden lediglich 48 zur Datenübertragung genutzt¹.

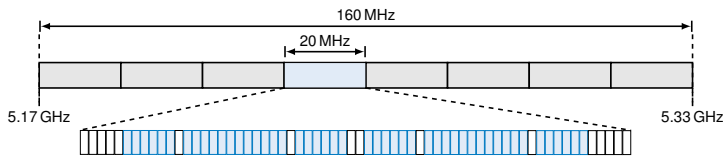


Abbildung 4.1: IEEE 802.11a Kanalaufteilung. Von den insgesamt 64 Subcarriern werden lediglich 48 (blau) zur Datenübertragung genutzt.

Datenrate [Mbit/s]	Modulation	Coderate
6	BPSK	1/2
9	BPSK	3/4
12	QPSK	1/2
18	QPSK	3/4
24	16-QAM	1/2
36	16-QAM	3/4
48	64-QAM	2/3
54	64-QAM	3/4

Abbildung 4.2: Datenraten, Modulationsverfahren und Coderaten für IEEE 802.11a.

Die Symboldauer (zeitliche Ausdehnung eines Sendeimpulses) beträgt daher $1/312,5 \text{ kHz} = 3,2 \mu\text{s}$. Um Störungen durch Reflexionen zu vermeiden, wird zwischen Symbolen ein zeitlicher Schutzabstand (engl. „Guard Interval“) eingefügt. Die effektive Symboldauer beträgt daher $T_s = 4 \mu\text{s}$.

Die effektiv erzielbare Datenrate hängt nun vom verwendeten Modulationsverfahren sowie der Coderate des Kanalcodes ab. Diese sind in Tabelle 4.2 aufgelistet.

Wir betrachten zunächst nur die maximale Übertragungsrate $r_{\text{max}} = 54 \text{ Mbit/s}$.

a)* Wieviele Bit werden pro Sendesymbol übertragen?

b) Wie viele Bit werden bei Verwendung von 48 Subcarriern insgesamt pro Symboldauer übertragen?

c) Der in Teilaufgabe b) berechnete Wert bezieht sich auf Kanalwörter, d. h. es ist Redundanz enthalten. Bestimmen Sie Menge an übertragenen Nutzdaten pro Symboldauer.

d) Bestätigen Sie unter Verwendung des Ergebnisses aus Teilaufgabe c) die maximale Datenrate $r_{\text{max}} = 54 \text{ Mbit/s}$.

¹Die übrigen sind entweder nicht belegt oder werden zur Übertragung sog. Pilotsymbole verwendet, welche der Kanalschätzung dienen. Dies vernachlässigen wir in dieser Aufgabe.

