



TU Berlin Fakultät IV
Institut für Telekommunikationssysteme
Fachgebiet Nachrichtenübertragung
Praktikum Nachrichtenübertragung

Praktikum 05

Pulsamplitudenmodulation und nichtideale Abtastung

Dirk Babendererde (321 836)
Thomas Kapa (325 219)

14. November 2012

Gruppe:

Betreuer: Lieven Lange

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbereitungsaufgaben	1
1.1	Herleitung der Spektren	1
1.1.1	Shape-Top-Abtastung	1
1.1.2	Flat-Top-Abtastung	1
1.2	Skizzieren	1
1.3	MatLab-Simulation	2
2	Durchführung	5
2.1	Labordurchführung	5
3	Auswertung & Theorie	6
3.1	Flat-Top Sampling	6
3.2	Änderung der Abtastfrequenz	6
3.3	Änderung des Tastgrades	9
3.4	Shape-Top Sampling	10
3.4.1	Änderung der Abtastfrequenz	10
3.4.2	Änderung des Tastgrades	13
3.5	Vergleich Shape-Top und Flat-Top Sampling	14
3.6	Audiosignal	17

1 Vorbereitungsaufgaben

1.1 Herleitung der Spektren

1.1.1 Shape-Top-Abtastung

$$\begin{aligned}f_m(t) &= f(t) \cdot \Pi_{\alpha T}(t) * \delta_T(t) \\F_m(j\omega) &= \frac{1}{2\pi} F(j\omega) * \left[\alpha T \cdot \text{si}\left(\frac{\omega \alpha T}{2}\right) \cdot \omega_T \cdot \delta_{\omega T}(\omega) \right] \\&= \alpha \cdot F(j\omega) * \left(\text{si}\left(\frac{\omega \alpha T}{2}\right) \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(\omega - k\omega_T) \right) \\&= \alpha \cdot F(j\omega) * \sum_{k=-\infty}^{\infty} (\text{si}(k\pi\alpha) \cdot \delta(\omega - k\omega_T)) \\&= \alpha \cdot \sum_{k=-\infty}^{\infty} [\text{si}(k\pi\alpha) \cdot F(j(\omega - k\omega_T))]\end{aligned}$$

1.1.2 Flat-Top-Abtastung

$$\begin{aligned}f_m(t) &= [f(t) \cdot \delta_T(t)] * \Pi_{\alpha T}(t) \\F_m(j\omega) &= \left(\frac{1}{2\pi} F(j\omega) * \omega_T \cdot \delta_T(\omega) \right) \cdot \alpha T \cdot \text{si}\left(\frac{\omega \alpha T}{2}\right) \\&= \alpha \cdot \text{si}\left(\frac{\omega \alpha T}{2}\right) \cdot \sum_{k=-\infty}^{\infty} F(j(\omega - k\omega_T))\end{aligned}$$

1.2 Skizzieren

Zur Übung das Spektrum folgenden Signals

$$f(t) = A \cdot \cos\left(\frac{\omega_T}{5}t\right)$$

mit $\alpha = 0,5$ und $\omega_T = 20\pi$ kHz Skizzieren.

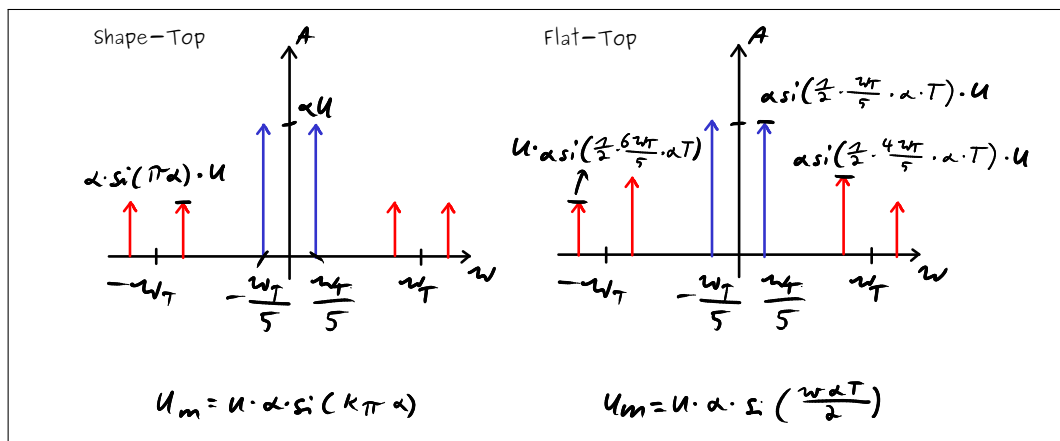


Abb. 1: sampling Skizze

1.3 MatLab-Simulation

Um unsere Durchführungsergebnisse mit idealen Werten vergleichen zu können haben wir die Praktikumsaufgaben in Matlab simuliert.

Flat-Top Abtastung

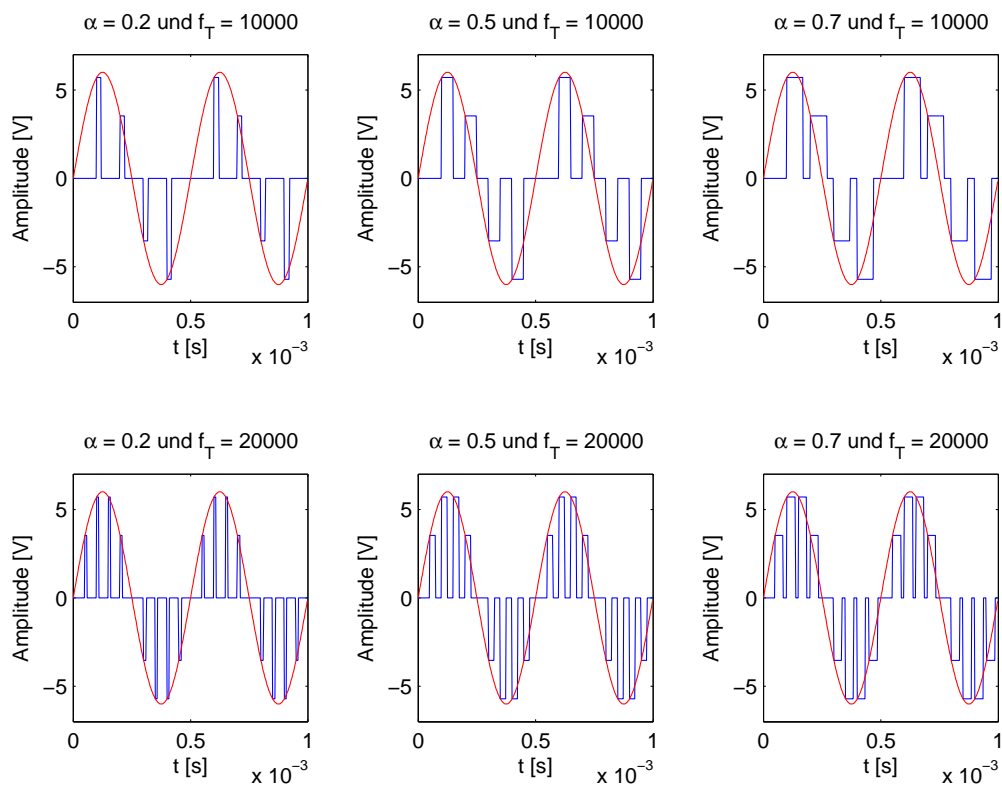


Abb. 2: FlatTop Zeitbereich

Flat-Top Abtastung

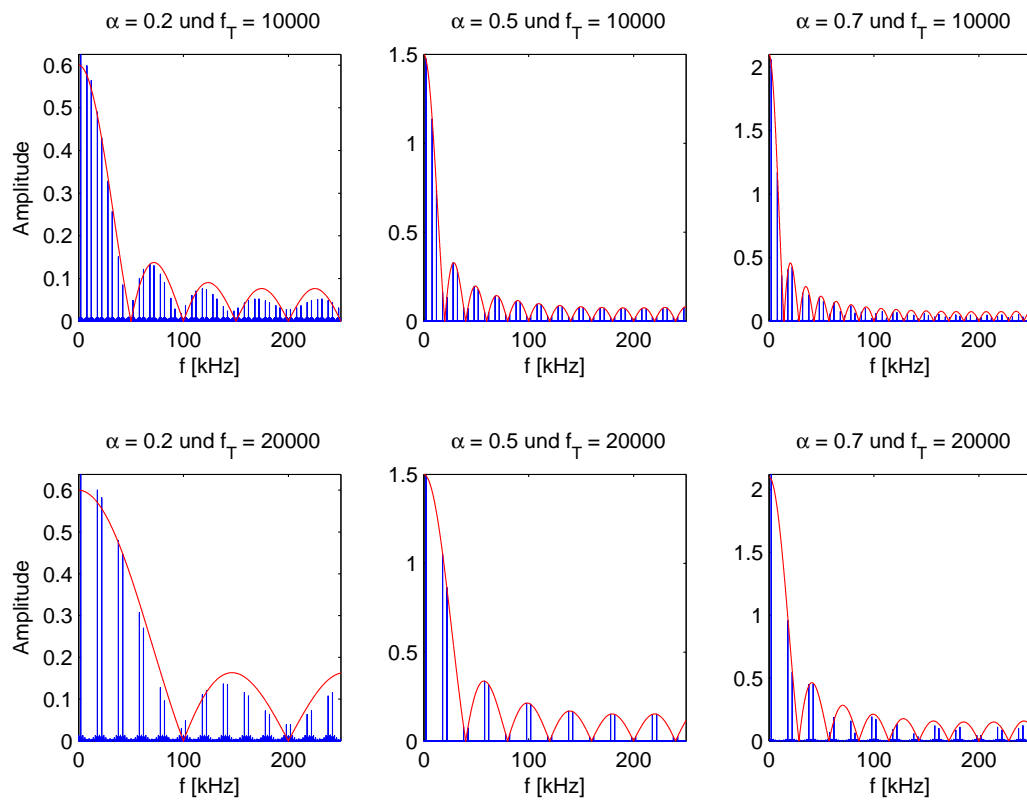


Abb. 3: FlatTop Frequenzbereich

Shape-Top Abtastung

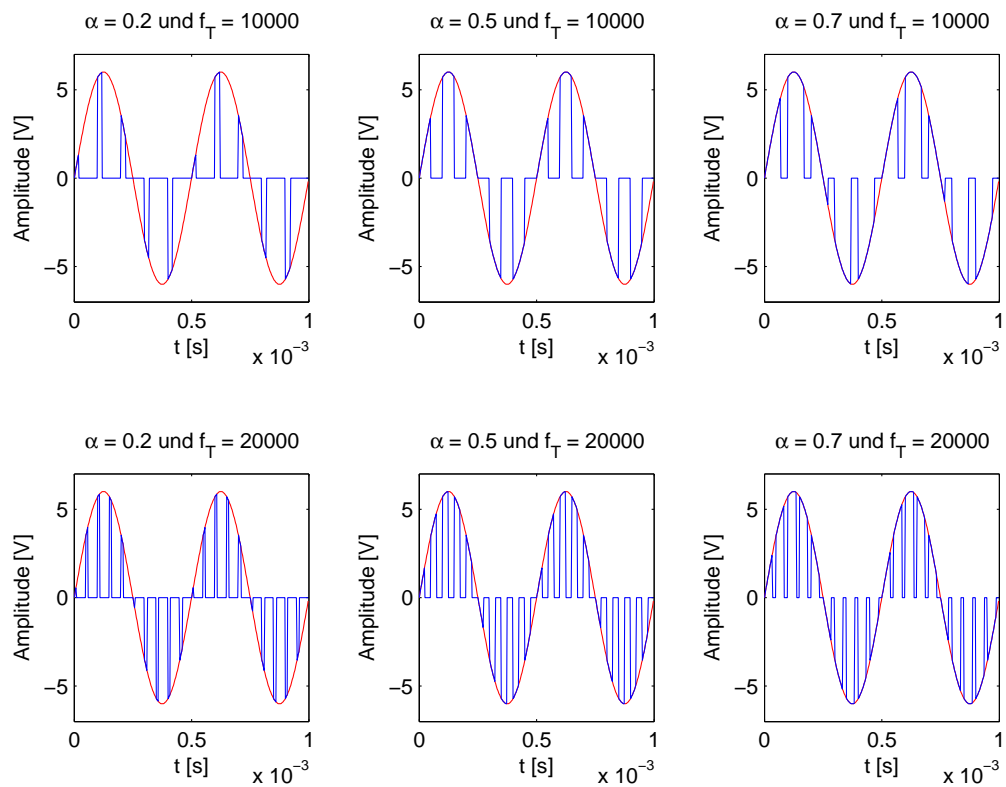


Abb. 4: ShapeTop Zeitbereich

Shape-Top Abtastung

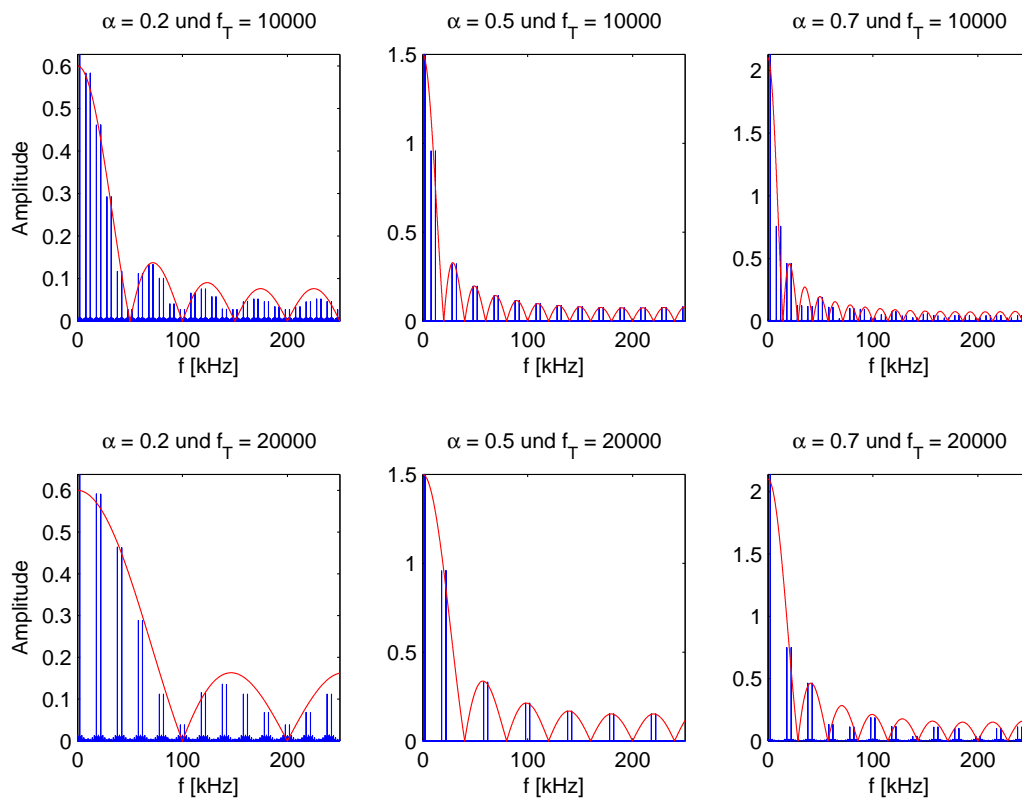


Abb. 5: ShapeTop Frequenzbereich

2 Durchführung

2.1 Labordurchführung

Für die Signalausblendung (Shape-Top-Sampling) und die Signalverbreiterung (Flat-Top-Sampling) wird das Dual Analog Switch- Modul verwendet. Bei beiden Samplingvarianten wird auf den Eingang „Control 1“ ein unipolares Rechtecksignal mit einer Spannung von 0 bis 5 Volt, variabler Frequenz (10 und 20 Hz) und variablem Tastverhältnis (0,2 , 0,5 und 0,7) gelegt. Dieses wird vom Signalgenerator geliefert. Es sollen drei abzutastende Signale untersucht werden. Zum einen ein bipolares, mittelwertfreies Rechtecksignal mit einer Spitze-Spitze-Spannung von 4 Volt und einer Frequenz von 2 kHz, welches vom Master Signals Modul geliefert wird. Dafür wird der Ausgang 2 kHz DIGITAL verwendet. Dieser liefert allerdings ein Rechtecksignal mit der Spannung von 0 bis 5 Volt. Damit man das bipolare Signal erhält, wird das ADDER Modul verwendet. Das Rechtecksignal wird auf den Eingang B gegeben, wo das Signal mittels der Verstärkung von 4/5 auf 0 bis 4 Volt eingestellt wird. Da das Signal noch unipolar ist muss zuletzt ein Offset von -2 Volt mit Hilfe des Variable DC Moduls addiert werden.

Als zweites Signal soll das eben erstellte bipolare Rechtecksignal vor der Abtastung tiefpassgefiltert werden. Dazu wird das RC LPF Modul, also ein Tiefpass bestehend aus einem Kondensator und einer Spule, verwendet. Zum anderen soll ein 2 kHz Sinussignal abgetastet werden, welches ebenfalls dem Master Signals

Modul entnommen werden kann.

Bei der Signalausblendung wird das abzutastende Signal auf den Eingang IN1 gegeben und der Ausgang am Out abgegriffen. Damit wird ein Schalter geöffnet und geschlossen, was dazu führt, dass die Kontur des Signals im Abtastpuls mit übertragen wird (daher Shape-Top).

Bei der Signalverbreiterung wird das Quellensignal noch zusätzlich vorher durch ein S&H-Glied, also ein Abtast- und Halteglied (S&H IN, S&H OUT) und von da aus in IN1 geführt. Dieses sorgt dafür, dass bei einem Abtastimpuls nur ein Wert durchgängig übertragen wird (daher Flat-Top).

Zuletzt wird das Signal zur Rekonstruktion noch durch einen Tiefpassfilter mit variabler Grenzfrequenz geführt (TUNEABLE LPF IN/OUT).

Für die Messungen wird das Abtastsignal sowohl in der Frequenz, als auch im Tastgrad, wie oben gegeben für Signalverbreiterung und Signalausblendung variiert. Dabei kann man einige der Kombinationen auslassen. Da sich z.B. die Veränderungen von α bei 10 und 20 kHz ähnlich auswirken, wird im Versuch nur der Tastgrad für 20 kHz variiert.

Im zweiten Teil soll ein Sprachsignal mit Signalausblendung oder Signalverbreiterung abgetastet werden. Dazu wird ein Mikrofon des SPEECH Modul genutzt und beim BUFFER Modul ein Kopfhörer angeschlossen.

3 Auswertung & Theorie

Im Labor haben wir dann folgende Messungen durchgeführt.

3.1 Flat-Top Sampling

3.2 Änderung der Abtastfrequenz

Der Theorie nach sollte das Signal, das mit einer höheren Frequenz abgetastet wird, auf Grund der Mehrzahl an Stützstellen auch besser rekonstruiert werden. Das reine Rechtecksignal sollte ein starkes Überschwingen zeigen, da es unendlich viele Frequenzanteile enthält und das Abtasttheorem für große Frequenzen nicht eingehalten werden kann. Das tiefpassgefilterte Rechtecksignal sollte aufgrund der entnommenen hohen Frequenzen weniger Überschwingen nach der Rekonstruktion enthalten. Der nahezu reine Sinus sollte ziemlich gut rekonstruiert werden können, da er theoretisch nur einen Frequenzanteil enthält. Alle Wiederholungen des Spektrums können somit sehr einfach weggefiltert werden.

3 AUSWERTUNG & THEORIE

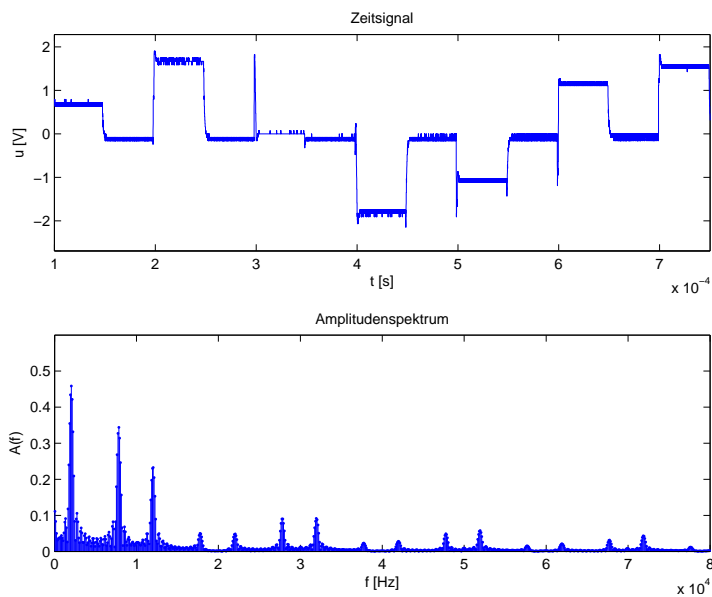


Abb. 6: Sinus 10 kHz alpha 0,5 moduliertes Signal

TODO:

Thommy: hier drüber und drunter, das sind exakt die selben bilder. da müsste doch nen unterschied in der abtastfrequenz zu sehen sein oder?

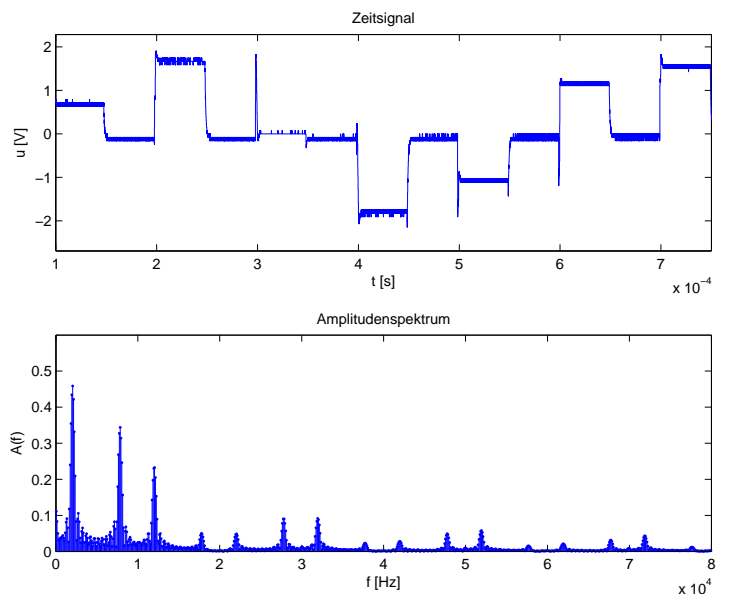


Abb. 7: Sinus 20 kHz alpha 0,5 moduliertes Signal

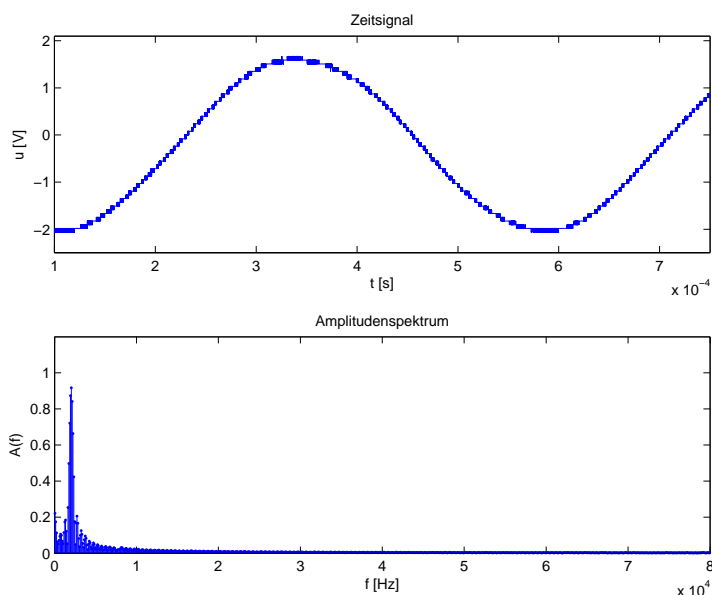


Abb. 8: Sinus 10 kHz alpha 0,5 Rekonstruktion

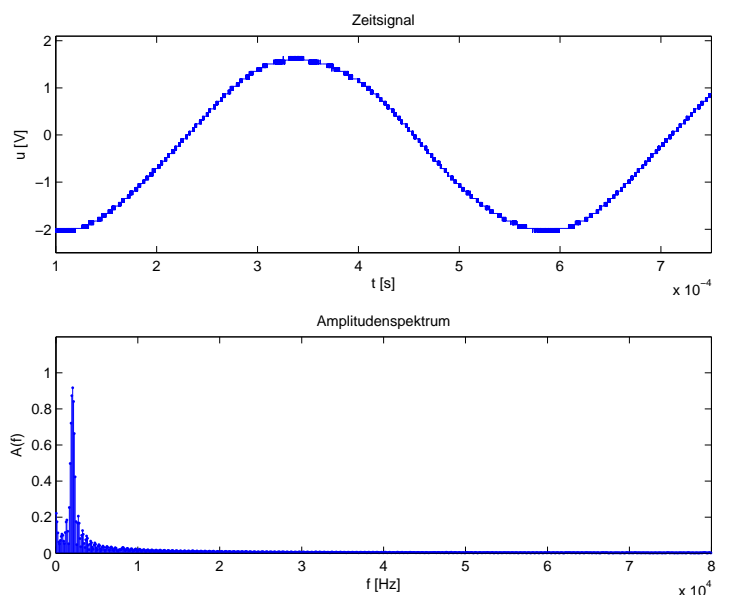


Abb. 9: Sinus 20 kHz alpha 0,5 Rekonstruktion

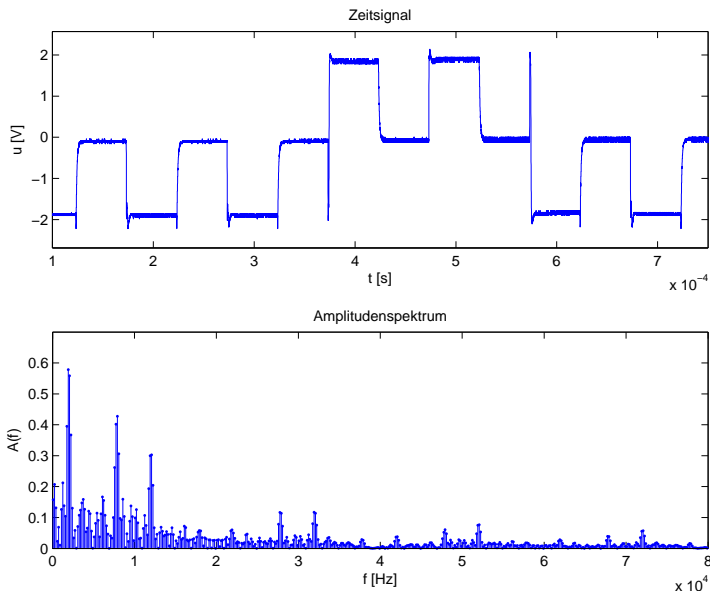


Abb. 10: Rechteck 10 kHz alpha 0,5 moduliertes Signal

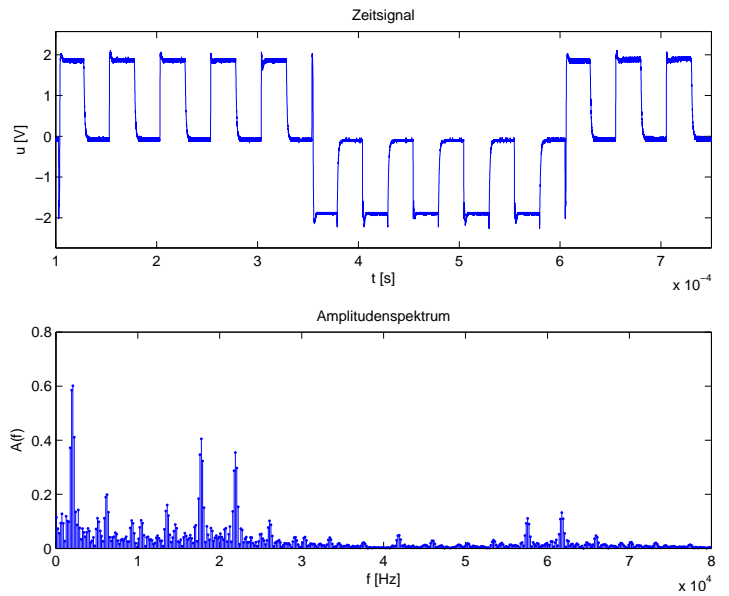


Abb. 11: Rechteck 20 kHz alpha 0,5 moduliertes Signal

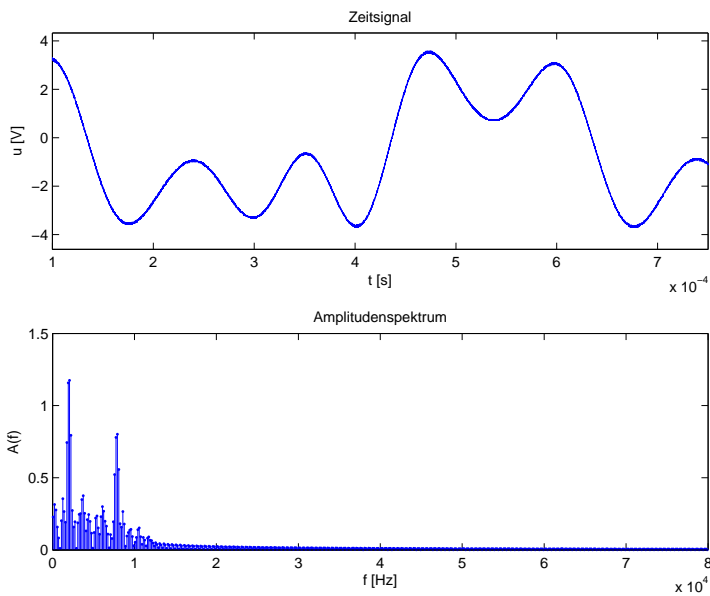


Abb. 12: Rechteck 10 kHz alpha 0,5 Rekonstruktion

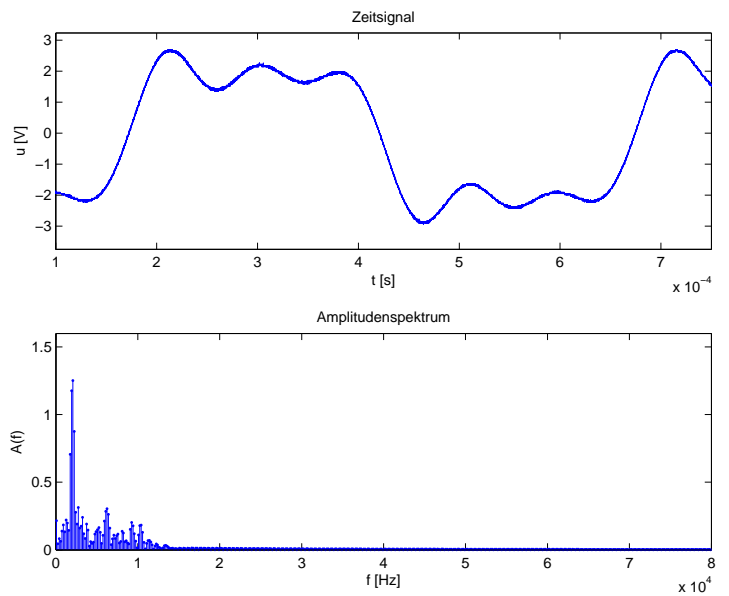


Abb. 13: Rechteck 20 kHz alpha 0,5 Rekonstruktion

An den Bildern 13 und 12 kann man weiterhin erkennen, dass das Signal, das mit 20 kHz Flat-Top abgetastet wurde wie erwartet mit weniger Überschwängen rekonstruiert werden kann. Eine erhöhte Abtastfrequenz zählt sich also bei der Genauigkeit der Übertragung aus.

3.3 Änderung des Tastgrades

Der Theorie nach sollte bei Signalverbreiterung das Signal, welches mit einem größeren Tastgrad abgetastet wird auch eine höhere Amplitude im Spektrum und im rekonstruierten Signal haben, da wie in den Formeln 1.1.1 und 1.1.2 der Tastgrad als Vorfaktor auftaucht. Zusätzlich werden alle Bänder mit dem Faktor $\text{sinc}(\omega\alpha T/2)$ verzerrt. Da damit das Basisband-signal ebenfalls verzerrt ist, kann das Signal auch mit einem idealen Tiefpass nicht wiedergewonnen werden. Für ein kleineres α sollte sich aber eine Rekonstruktion des Ausgangssignals mit weniger Überschwängen ergeben, da das Abtastsignal immer mehr einem, für die Abtastung idealen Deltaimpuls ähnelt.

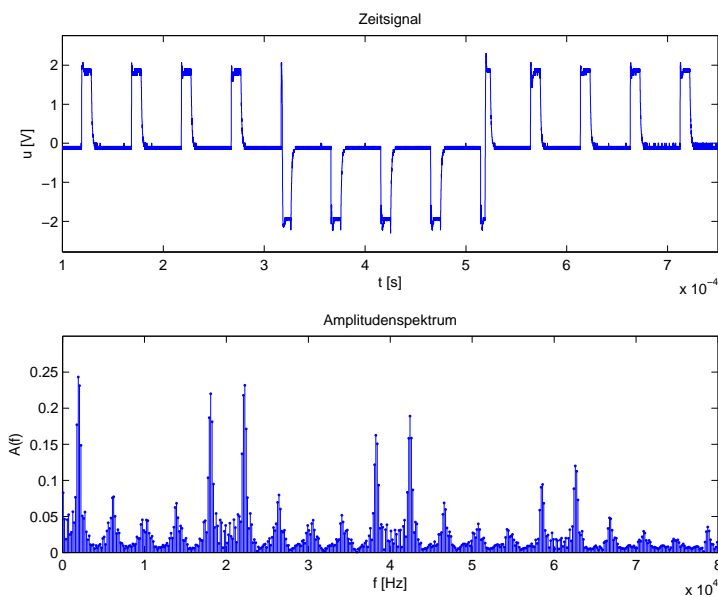


Abb. 14: Rechteck 20 kHz alpha 0,2 modulierte Signal

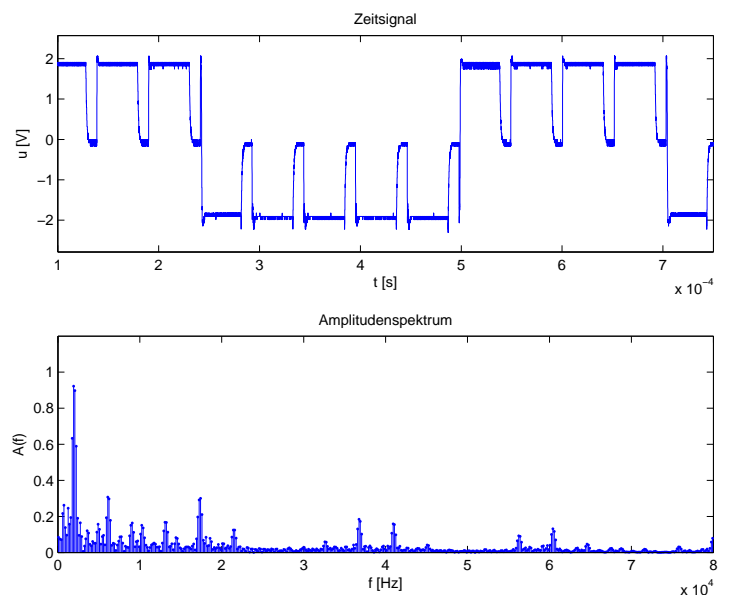


Abb. 15: Rechteck 20 kHz alpha 0,7 modulierte Signal

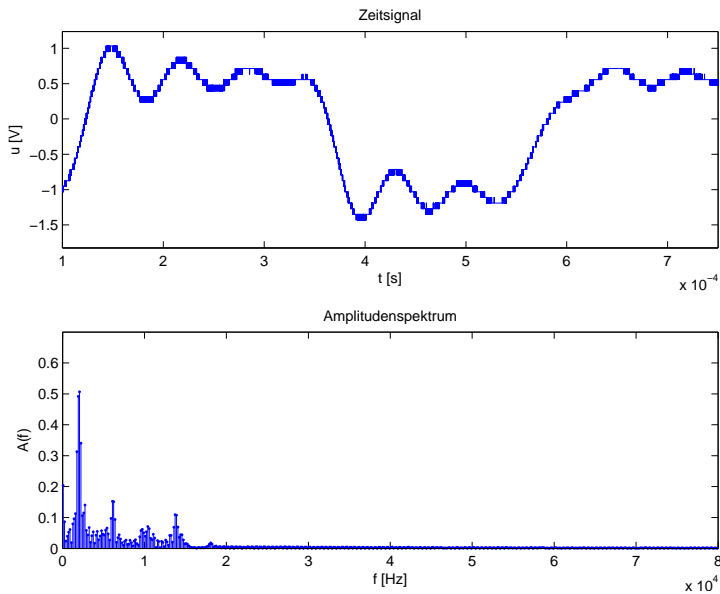


Abb. 16: Rechteck 20 kHz alpha 0,2 Rekonstruktion

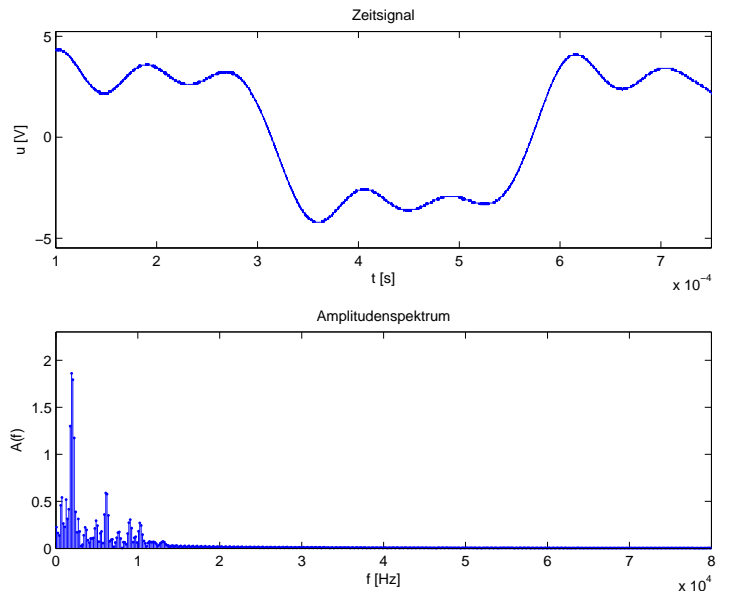


Abb. 17: Rechteck 20 kHz alpha 0,7 Rekonstruktion

Wie schon bei $\alpha = 0,5$ haben die Spektren des modulierten Signals in Abb. 13 und 12 und des rekonstruierten Signals (was dem Ausgangssignal entsprechen soll) Abb. 10 und 11 in der Amplitude annähernd den Faktor 0,5 Unterschied, was dem α aus der Formel 1.1.2 als Faktor zwischen dem Spektrum des modulierten Signals und des Ausgangssignals entspricht.

3.4 Shape-Top Sampling

3.4.1 Änderung der Abtastfrequenz

Auch bei der Shape-Top Abtastung sollte aus der Vergrößerung der Abtastfrequenz eine bessere Rekonstruktion resultieren.

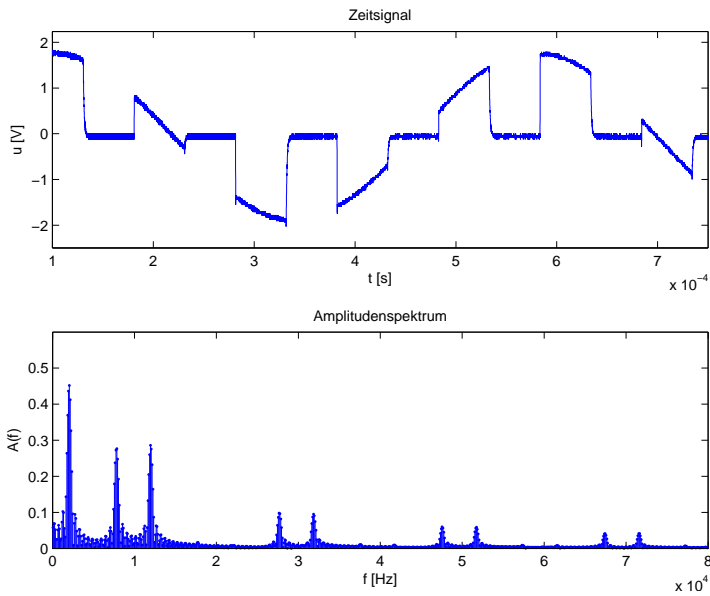


Abb. 18: Sinus 10 kHz alpha 0,5 moduliertes Signal

TODO:

Thommy: auch hier sind die Bilder exakt gleich. Ich hab die vier Bilder in der Matlab-Datei schon mal rausgesucht, kannst du sie noch abspeichern?

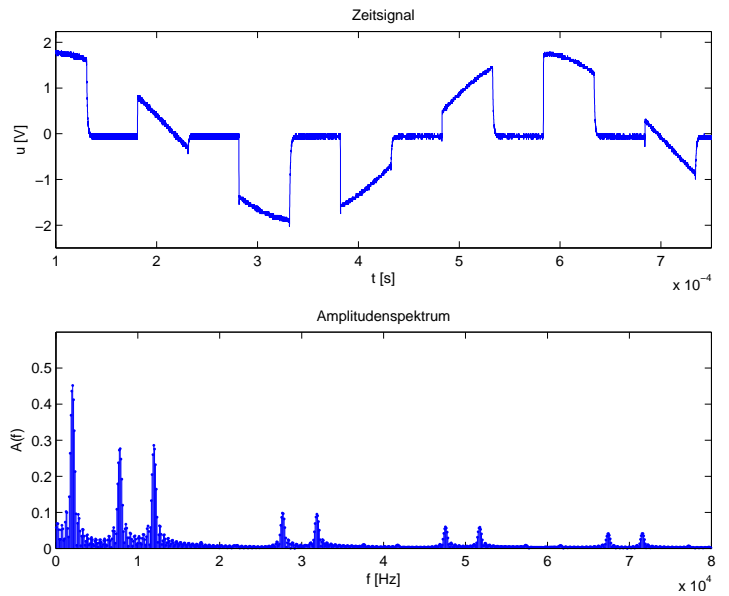


Abb. 19: Sinus 20 kHz alpha 0,5 moduliertes Signal

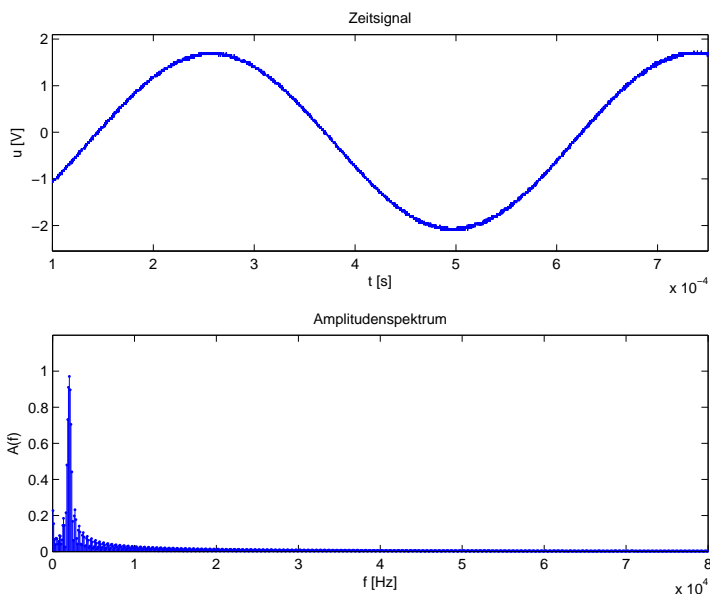


Abb. 20: Sinus 10 kHz alpha 0,5 Rekonstruktion

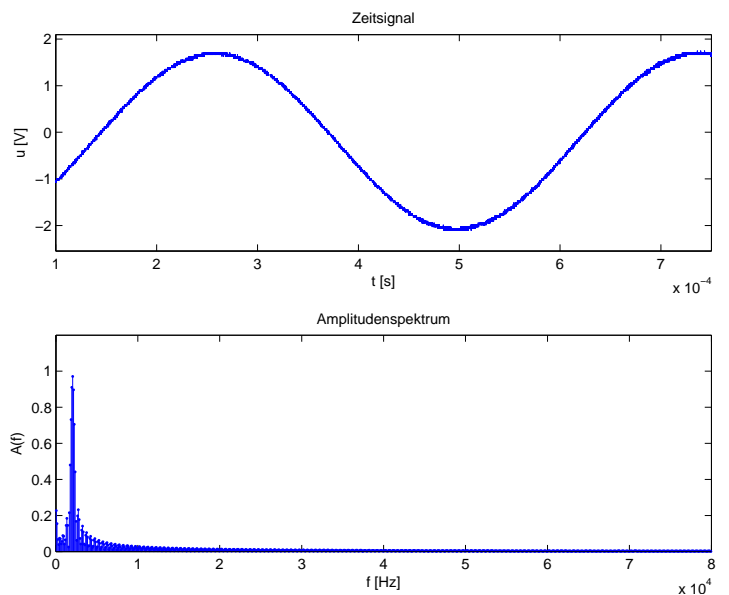


Abb. 21: Sinus 20 kHz alpha 0,5 Rekonstruktion

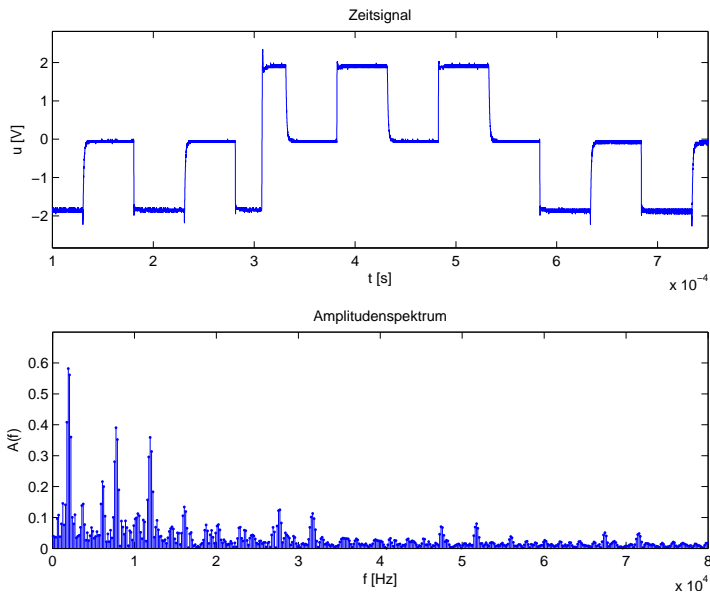


Abb. 22: Rechteck 10 kHz alpha 0,5 moduliertes Signal

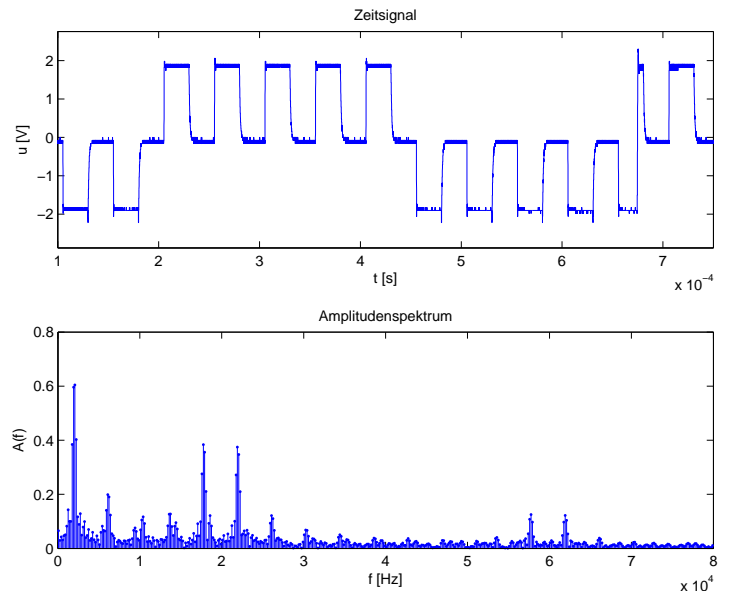


Abb. 23: Rechteck 20 kHz alpha 0,5 moduliertes Signal

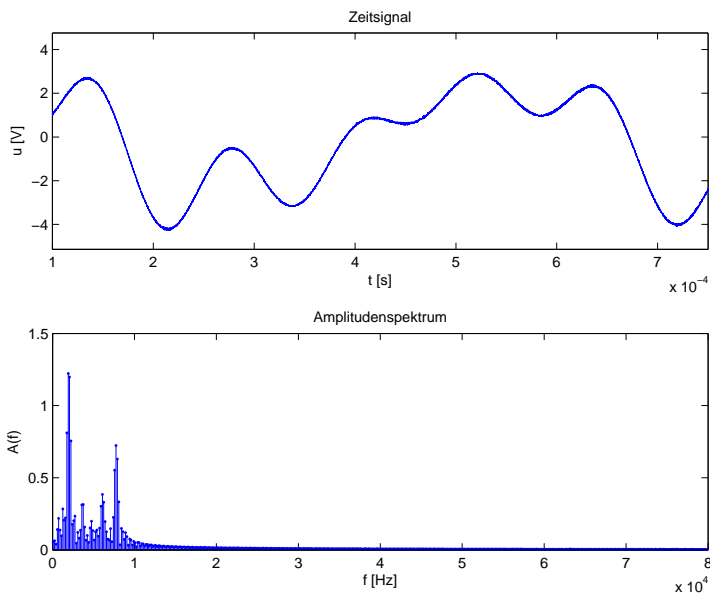


Abb. 24: Rechteck 10 kHz alpha 0,5 Rekonstruktion

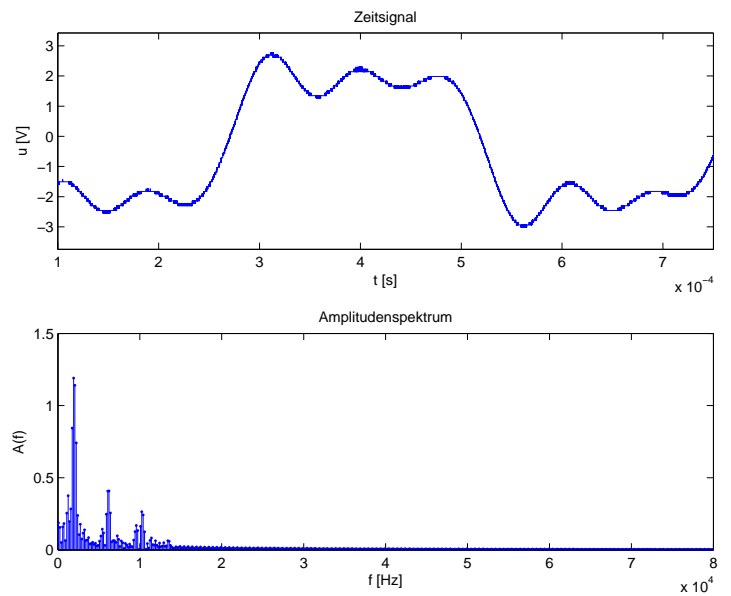
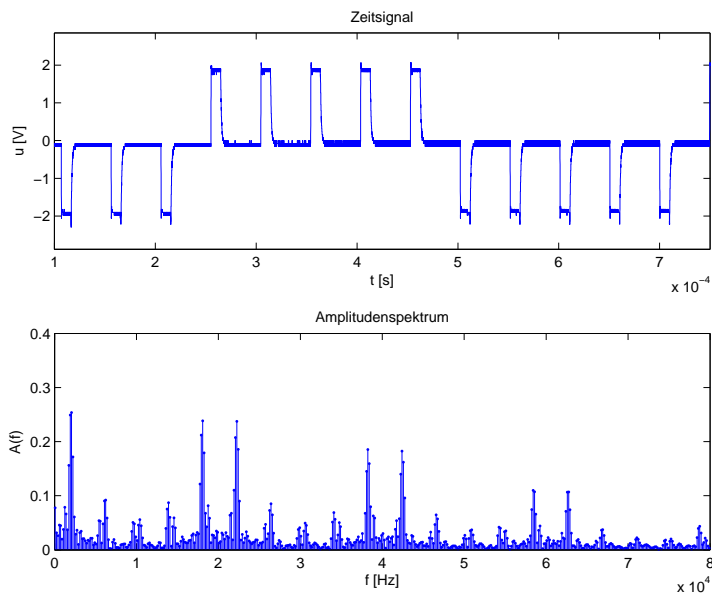
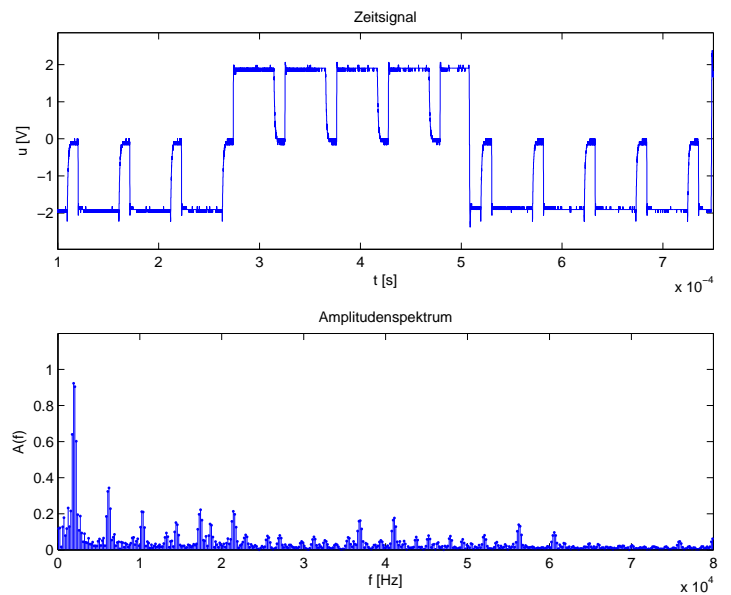
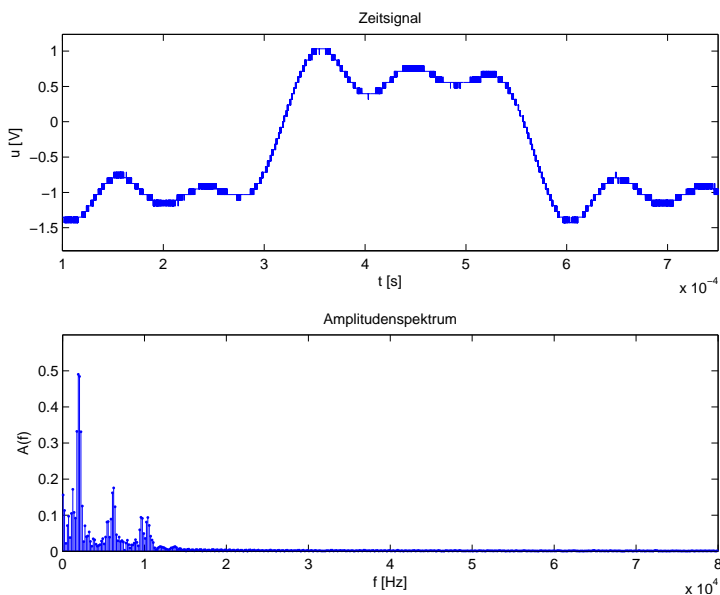
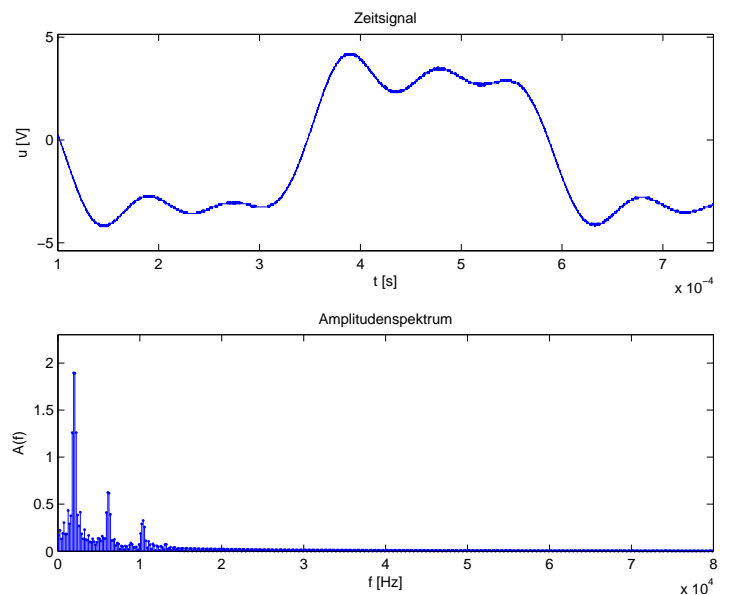


Abb. 25: Rechteck 20 kHz alpha 0,5 Rekonstruktion

In den Abb. 24 und 25 ist der Unterschied der Rekonstruktion zwischen 10 und 20 kHz Signalausblendung noch deutlicher zu erkennen als bei der Signalverbreiterung. Außerdem ist gut zu sehen, dass Basisband bei 10 bzw. 20 kHz wiederholt wird, weswegen der Rekonstruktionsfilter bei höherer Tastrate größer gewählt werden kann bzw. der Nebenzipfel im Frequenzbereich komplett verschwindet.

3.4.2 Änderung des Tastgrades


Abb. 26: Rechteck 20 kHz α 0,2 moduliertes Signal

Abb. 27: Rechteck 20 kHz α 0,7 moduliertes Signal

Abb. 28: Rechteck 20 kHz α 0,2 Rekonstruktion

Abb. 29: Rechteck 20 kHz α 0,7 Rekonstruktion

Die Spektren weisen auch bei der Signalausblendung für verschiedene α unterschiedliche Amplituden auf, wie es durch den Faktor α genau wie schon bei der Signalverbreiterung der Fall war.

TODO:

Wie man erkennen kann, ähnelt die Rekonstruktion der Signalausblendung eher dem Ursprungssignal, was wie nach der Theorie erwartet an dem verzerrten Basisband bei der Signalverbreiterung liegt.

ersetzt durch:

Dass die beiden Rekonstruierten signale sich so sehr ähneln liegt daran, dass wir bei der hohen Abtastfrequenz die Nebenpeaks im Frequenzspektrum sehr gut herausfiltern konnten. Trotzdem fällt deutlich auf, dass das mit höherem α abgetastete Signal weniger verrauscht ist. Der am Frequenzspektrum der rekonstruierten Signale abgelesene Signal/Rausch-Abstand ist etwa um den Faktor 2 größer.

3.5 Vergleich Shape-Top und Flat-Top Sampling

TODO:

Wär hier nicht nen Sinus aussagekräftiger?
is nicht so wichtig wenns zu viel wird

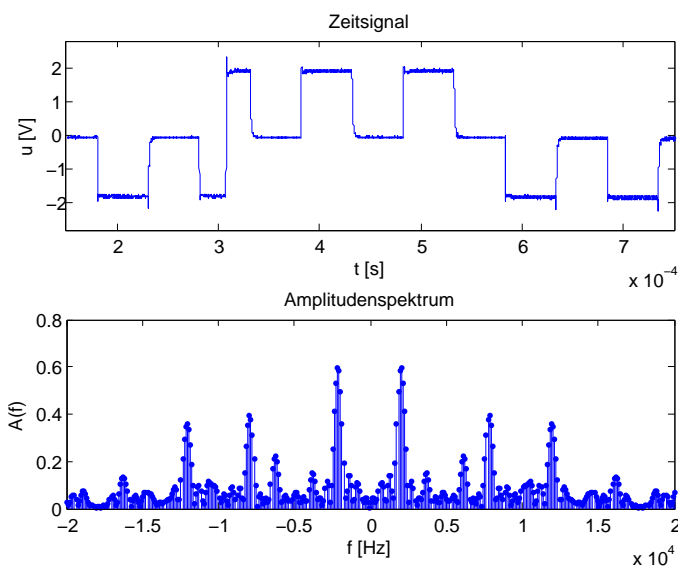


Abb. 30: Shape-Top-Sampling Rechteck

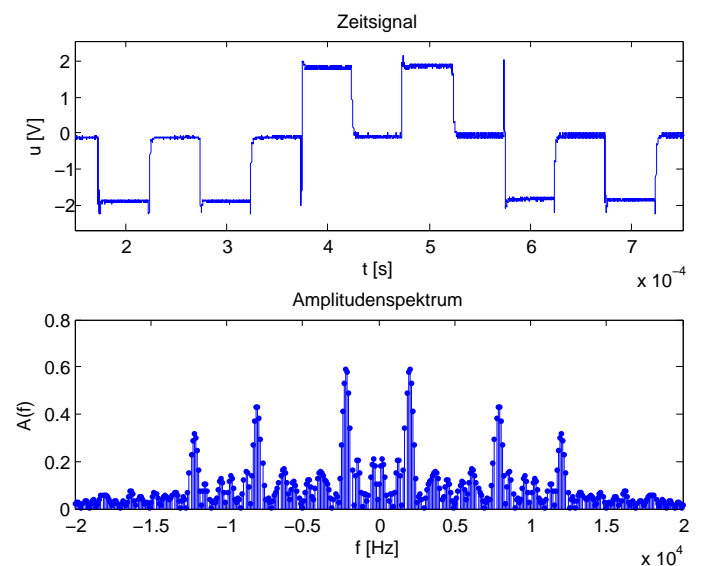


Abb. 31: Flat-Top-Sampling Rechteck

Da bei der Signalverbreiterung die Amplituden im Spektrum von der Frequenz abhängen (Vorfaktor: $\text{sinc}(\omega\alpha T/2)$), haben die beiden Nebenpeaks jeweils eine andere Amplitude. Hingegen ist der Vorfaktor bei der Signalausblendung unabhängig von der Frequenz und damit haben die jeweils zueinander gehörenden Peaks die gleiche Amplitude.

Im Gegensatz zur Signalverbreiterung sollte sich bei der Signalausblendung das Basisband ($k=0$) nur um den Faktor α verringern. Alle anderen Bänder sollten sich noch zusätzlich um den Faktor $si(k\alpha\pi)$ verringern. **TODO:**

hast du ne idee? sonst raus:

, was zu einer Verzerrung führt. (gibt keine Verzerrung) ja stimmt, kann ich auch nicht wirklich erkennen, sollte aber eigentlich so sein, kp skript seite 263 im pdf reader

Dieses Verhalten zeigt sich in der Praxis (Abb. 30 und 31) wie auch schon in Skizze 1

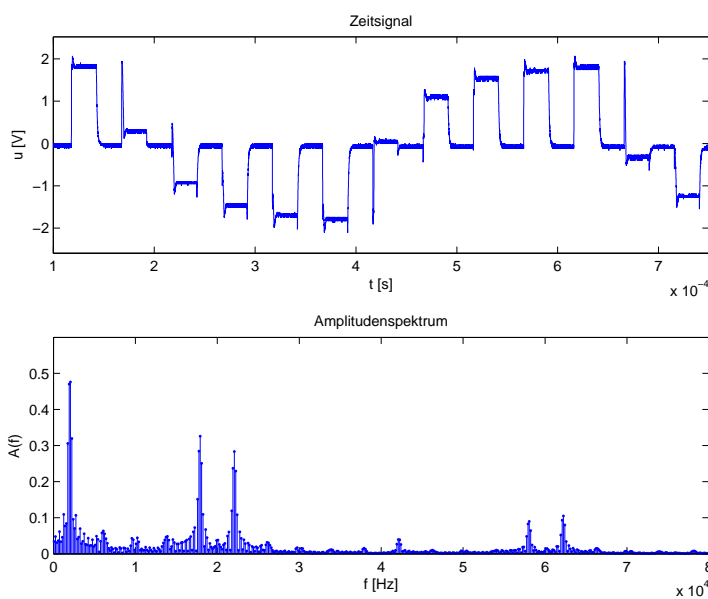


Abb. 32: Flat-Top gefiltertes Rechteck moduliertes Signal

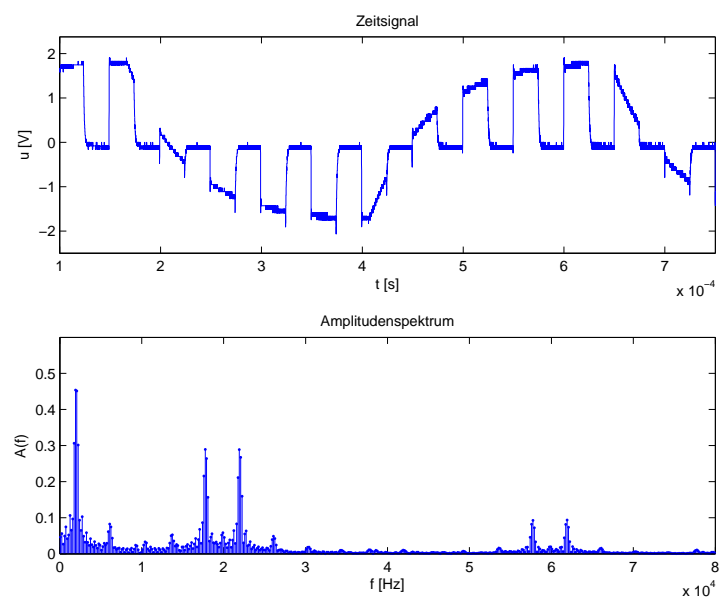


Abb. 33: Shape-Top gefiltertes Rechteck moduliertes Signal

Da bei der Signalverbreiterung die Amplituden im Spektrum von der Frequenz abhängen (Vorfaktor: $si(\omega\alpha T/2)$), haben die beiden Nebenpeaks jeweils eine andere Amplitude. Hingegen ist der Vorfaktor bei der Signalausblendung unabhängig von der Frequenz und damit haben die jeweils zueinander gehörenden Peaks die gleiche Amplitude.

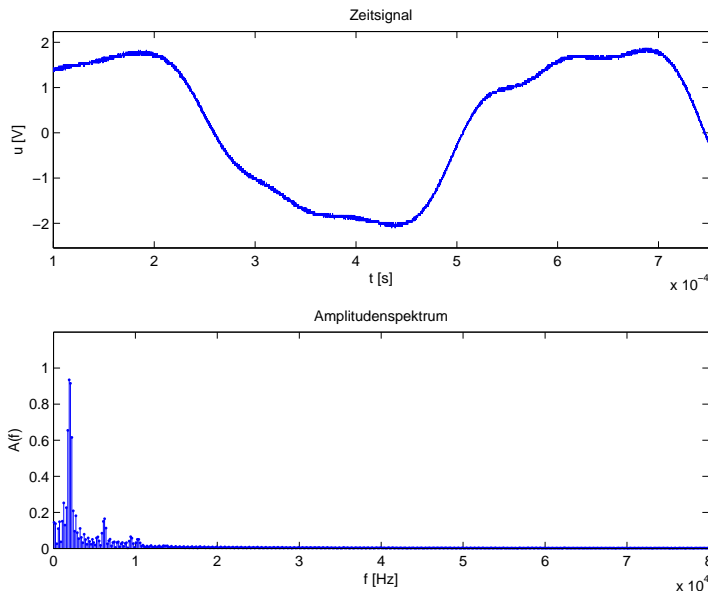


Abb. 34: Flat-Top gefiltertes Rechteck Rekonstruktion

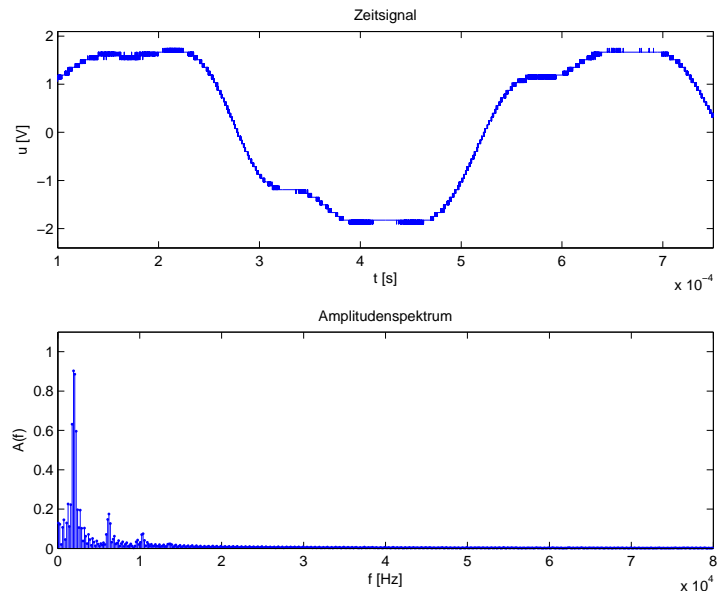


Abb. 35: Shape-Top gefiltertes Rechteck Rekonstruktion

TODO:

Die rekonstruierten Bilder sind wenig aussagekräftig oder? und wir gehen auch garnicht darauf ein. raus?

In den Abb. 33 und 32 ist gut zu erkennen, dass beim Flat-Top Sampling, wie in der Durchführung beschrieben, ein Abtastrechteck durch das S&H-Glied eine flache Oberkante hat und beim Shape-Top Sampling die Oberkante des tiefpassgefilterten Rechtecks der Kontur des Ausgangssignals folgt. Die Rekonstruktion des Ausgangssignals ist nahezu identisch.

Des weiteren kann man gut erkennen, dass die Filterung des Rechtecksignals vor der Abtastung eine Glättung des rekonstruierten Signals hervorruft und das Signal mit weniger Überschwängen rekonstruiert werden kann. Dies kann man ausnutzen, wenn die hohen Frequenzen im Ausgangssignal nicht wichtig sind. Die hohen Frequenzen werden einfach schon vor dem Abtasten herausgefiltert und beeinflussen so die Rekonstruktion nicht mehr.

Beim Flat-Top Sampling ist der Modulieraufwand auf Grund des S&H-Gliedes höher. Aufgrund der flachen Oberkante kann das Signal so aber digitalisiert und digital übertragen werden.

Shape-Top Sampling ist nur für analoge Übertragungen verwendbar, da die Oberkante für digitale Übertragungen nochmals abgetastet werden müsste. Ein Einsatzbereich ist z.B. das Time-Division Multiplexing.

3.6 Audiosignal

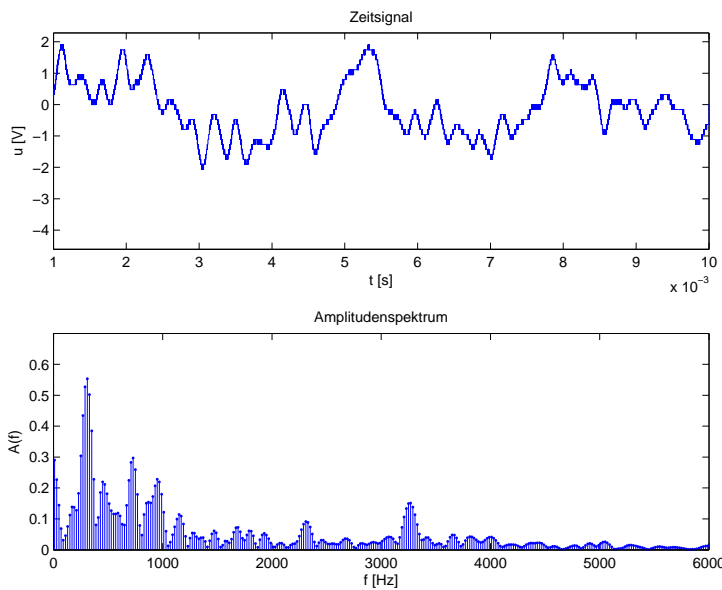


Abb. 36: Flat-Top Audiosignal moduliertes Signal

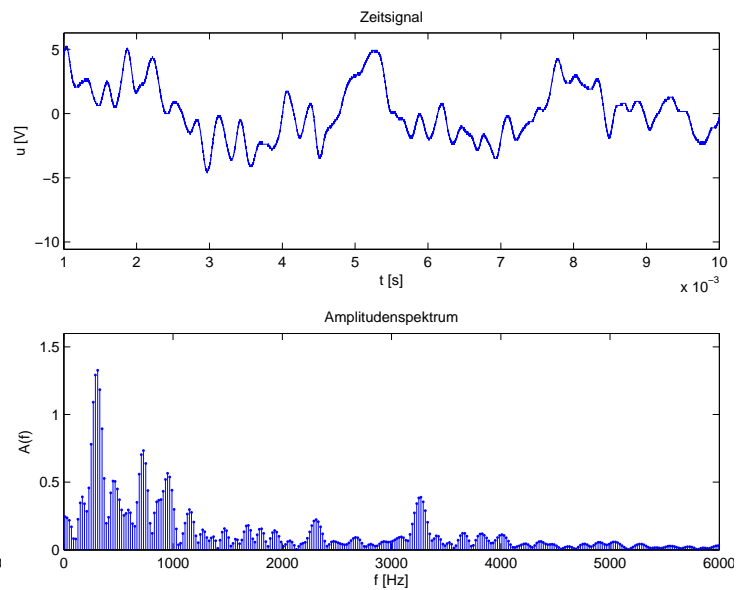


Abb. 37: Flat-Top Audiosignal Rekonstruiert

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Flat-Top Abtastung für ein Audiosignal sehr gut funktioniert. Es sind auch kaum Unterschiede hörbar.