

# Digitalelektronisches Praktikum

## Versuch 4

Moritz Breipohl  
*mbreipohl@techfak.uni-bielefeld.de*

Markus Rothgänger  
*mrothgaenger@techfak.uni-bielefeld.de*

Gruppe 5

Tutor: Lukas Schmidt, Robin Ewers

12. Juni 2018

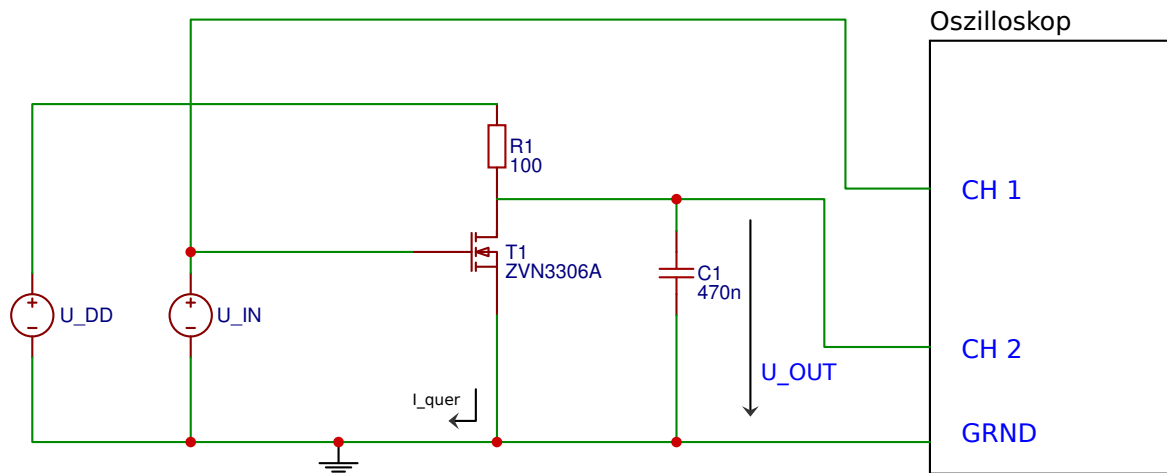


Abbildung 1: Aufbau des Inverters mit Lastwiderstand

## Versuchsaufbau

### Aufgabe

In diesem Versuch war es Ziel, die Vor- und Nachteile von drei Verschiedenen Inverterschaltungen zu untersuchen. Dazu wurden die Schaltungen zum einen am Computer simuliert und zum anderen auf dem Steckbrett aufgebaut und gemessen. Hier sollten die Unterschiede aus Simulation und Messung herausgestellt werden.

### Erwartung

Erwartet wurde, dass alle Inverterschaltungen ein ähnliches Verhalten zeigen, wobei der ideale Einsatz vom Szenario abhängt.

### Aufbau

Als Schaltungen wurde zuerst der Inverter mit Lastwiderstand aufgebaut (Abbildung 1). Als zweites der Anreicherungsinverter (Abbildung 2) und zuletzt der CMOS-Inverter (Abbildung 3). In allen Schaltungen waren zwei Spannungsquellen nötig. Die Versorgungsspannung wurde konstant gehalten wobei die Schaltspannung dem Eingang des Inverters entsprach. Als Ausgang ist die Masche am Kondensator zu betrachten. Der Querstrom  $I_{quer}$  wurde wie in den Schaltplänen eingezeichnet gemessen um Verlustströme aufzunehmen. Um die Schaltzeit zu bestimmen, war des weiteren der Funktionsgenerator und das Oszilloskop nötig. Hier wurde der Funktionsgenerator anstelle der Eingangs-Stromversorgung eingebaut und der Ausgang am Kondensator über das Oszilloskop aufgenommen (exemplarisch im Schaltbild Abbildung 1 dargestellt).

### Verwendete Bauteile

Transistoren vom Typ ZVN3306A und ZVP3306A (nur CMOS-Inverter), Spannungsquellen mit begrenztem Strom, Multimeter, Kondensator mit einer Kapazität von 470nF, ein Widerstand mit 100 $\Omega$  (nur Inverter mit Lastwiderstand), Funktionsgenerator und Oszilloskop (Schaltzeitmessung).

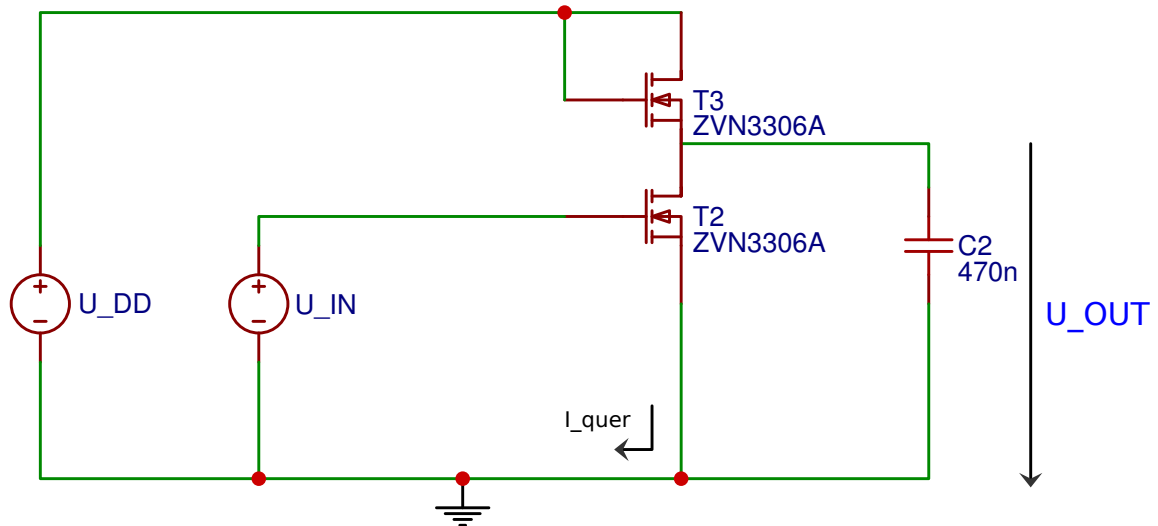


Abbildung 2: Aufbau des Anreicherungsinverters

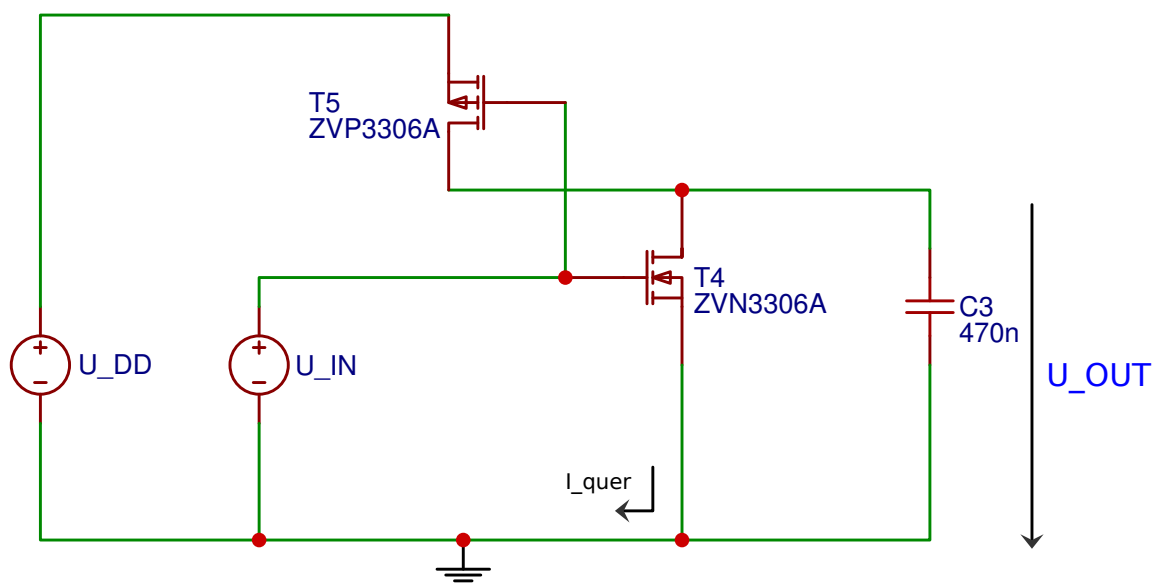
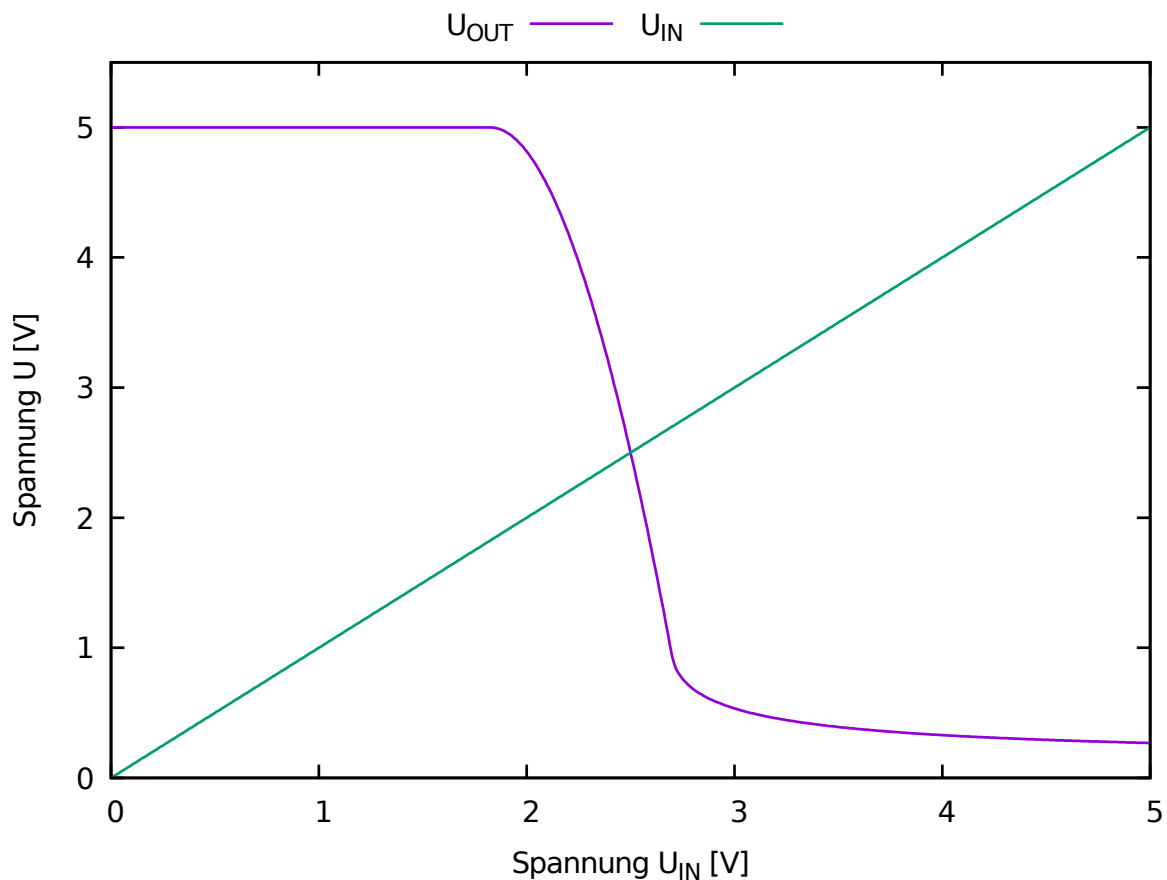


Abbildung 3: Aufbau des CMOS-Inverters



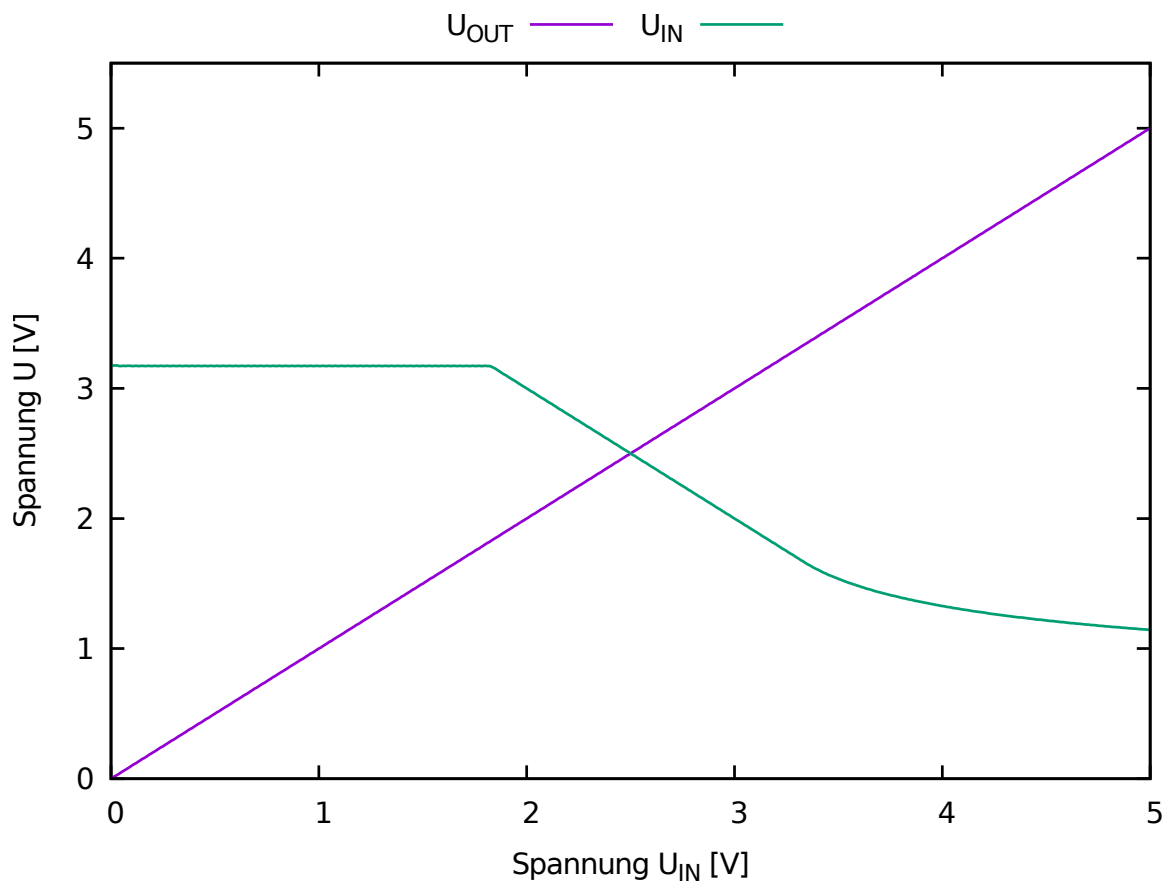
**Abbildung 4:** Schrittweise Erhöhung der Eingangsspannung  
Inverter mit Lastwiderstand

## Durchführung Simulation

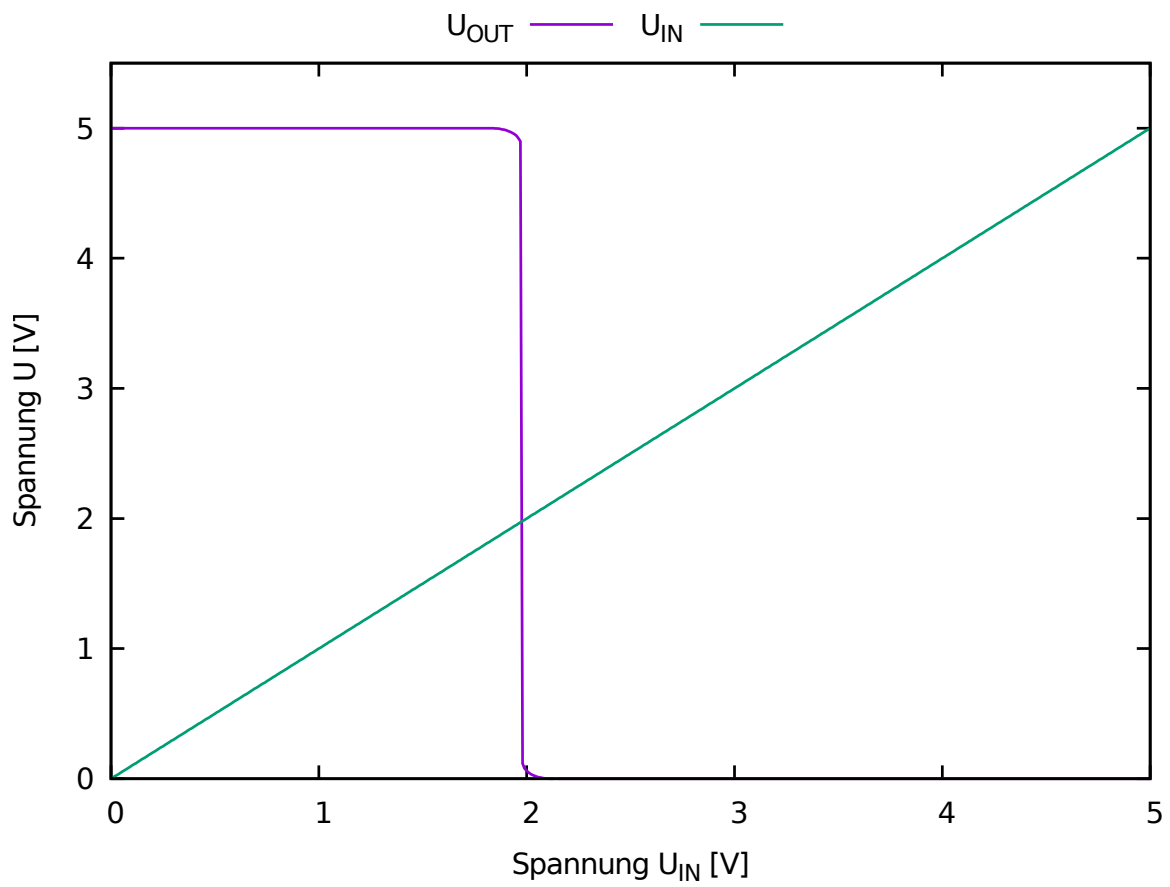
Zuerst wurden die Schaltungen im Programm "LTSpice" aufgebaut und das Verhalten bzw. die Spannung am Ausgang bei einer Schrittweisen Erhöhung der Eingangsspannung aufgenommen. Im zweiten Schritt wurde für jede Schaltung die Reaktions- bzw. Schaltzeit gemessen, indem die Eingangsspannung als Rechteckskurve simuliert wurde. Die Ergebnisse wurden in Form von Datentabellen gesichert und anschließend geplottet.

## Messergebnisse Simulation

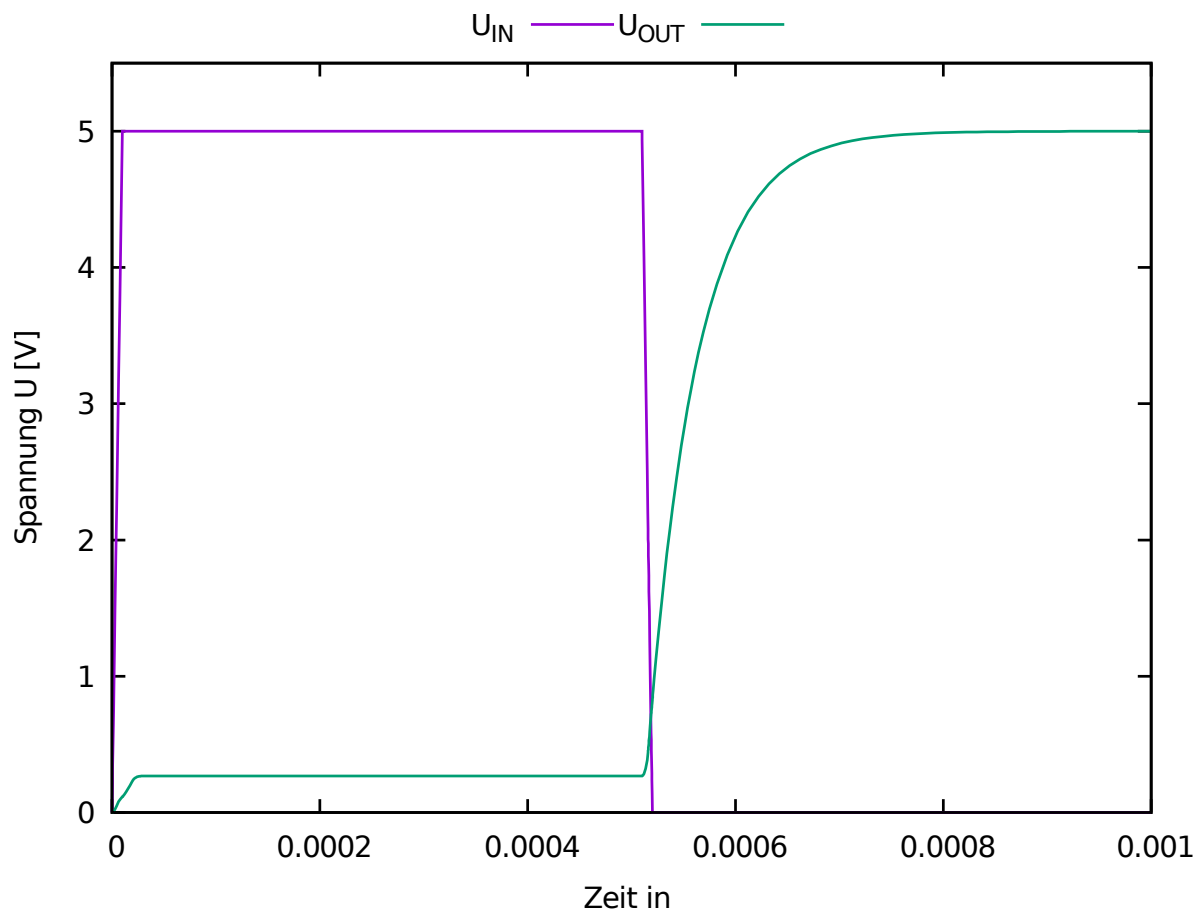
Die Messergebnisse zum Verhalten beim Erhöhen der Eingangsspannung sind in Abbildung 4 bis Abbildung 6 dargestellt. Die Ergebnisse aus der Simulation zur Feststellung der Schaltzeit sind ebenfalls grafisch aufbereitet (Abbildung 7 bis Abbildung 9). Des Weiteren wurden die Zeiten aus den Messdaten extrahiert, zu welchen die Ein- bzw. Ausgangsspannung auf die Hälfte der Amplitude gesunken bzw. gestiegen war. Aus diesen Daten wurde die Differenz gebildet (Schaltzeit). Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefasst.



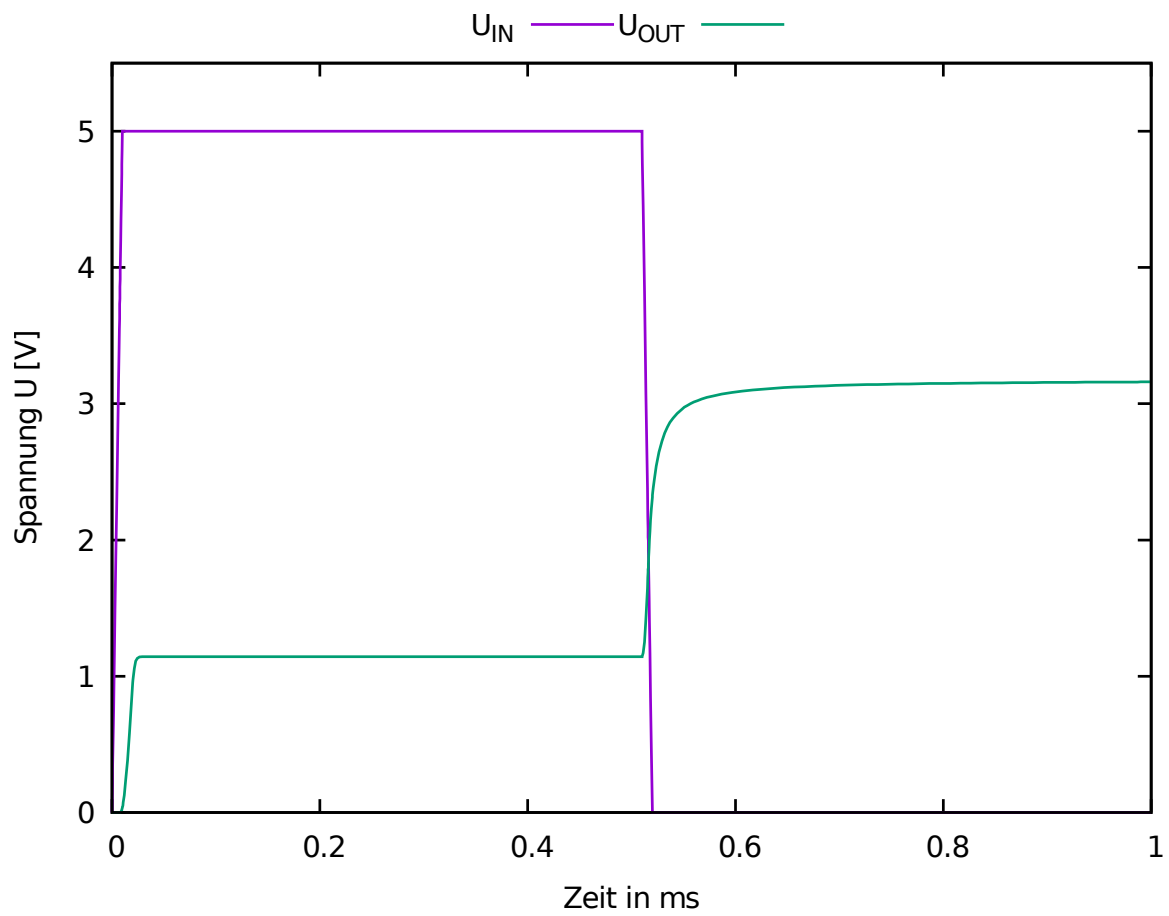
**Abbildung 5:** Schrittweise Erhöhung der Eingangsspannung  
Anreicherungsinverter



**Abbildung 6:** Schrittweise Erhöhung der Eingangsspannung  
CMOS-Inverter

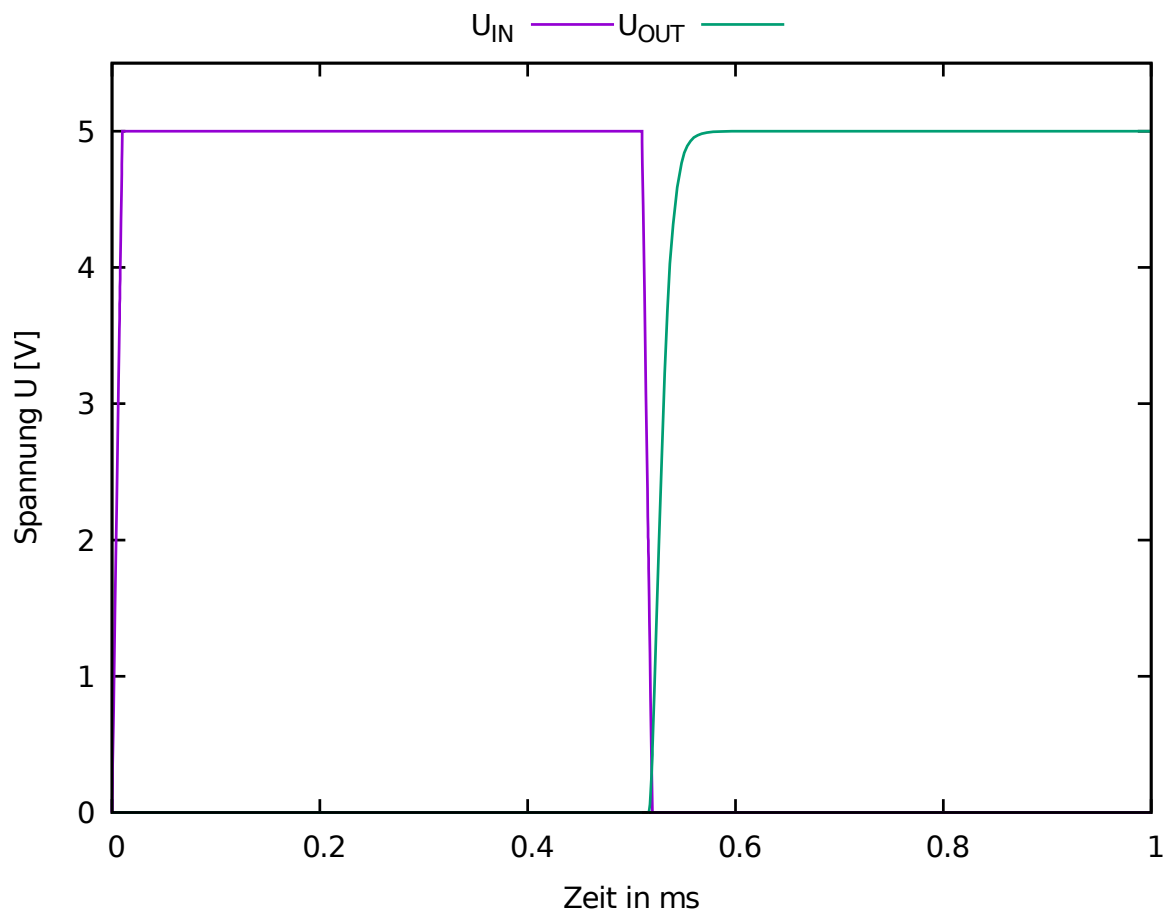


**Abbildung 7:** Schaltzeitmessung in der Simulation  
Inverter mit Lastwiderstand



**Abbildung 8:** Schaltzeitmessung in der Simulation  
Anreicherungsverter





**Abbildung 9:** Schaltzeitmessung in der Simulation  
CMOS-Inverter

Inverter-Typ	Schaltzeit in ms
Lastwiderstand	0.0284
Anreicherungstyp	0.0024
CMOS	0.0139

**Tabelle 1:** Schaltzeiten nach Simulation der Invertertypen

## Durchführung Messung

## Messergebnisse Messung

### Beobachtungen

Bei der Bestimmung der Schaltzeiten in der Simulation ist auffällig, dass die Schaltzeit für den Anreicherungsinverter im Vergleich sehr niedrig ist. Hier ist jedoch ebenfalls in betracht zu ziehen, dass die Spannungsdifferenz der beiden Zustände gerade einmal  $2V$  beträgt. Bei den restlichen Schaltungen beträgt die Differenz volle  $5V$ .

## Auswertung

## Literaturverzeichnis