

# Inhaltsverzeichnis

1.	Versuche mit einem Highspeed-CAN („CAN 1“)	6
1.1.	Physikalische Parameter, Datenframe	6
1.1.1.	Aufgabenstellung	6
1.1.2.	Beschreibung des Versuchsaufbaus	6
1.1.3.	Beschreibung der Versuchsdurchführung	6
1.1.4.	Auswertung des Versuches	6
1.2.	Abschlusswiderstand, physikalische Busfehler	10
1.2.1.	Aufgabenstellung	10
1.2.2.	Beschreibung des Versuchsaufbaus	10
1.2.3.	Beschreibung der Versuchsdurchführung	10
1.2.4.	Auswertung des Versuches	10
1.3.	Verwenden eines einfachen Tools zur Busanalyse	12
1.3.1.	Aufgabenstellung	12
1.3.2.	Beschreibung des Versuchsaufbaus	12
1.3.3.	Beschreibung der Versuchsdurchführung	12
1.3.4.	Auswertung des Versuches	12
1.4.	Fehlerverhalten eines Teilnehmers, Fall 1	14
1.4.1.	Aufgabenstellung	14
1.4.2.	Beschreibung des Versuchsaufbaus	14
1.4.3.	Beschreibung der Versuchsdurchführung	14
1.4.4.	Auswertung des Versuches	14
1.5.	Fehlerverhalten eines Teilnehmers, Fall 2	15
1.5.1.	Aufgabenstellung	15
1.5.2.	Beschreibung des Versuchsaufbaus	15
1.5.3.	Beschreibung der Versuchsdurchführung	15
1.5.4.	Auswertung des Versuches	15
2.	Versuche mit einem Lowspeed-CAN („CAN 2“)	16
2.1.	Physikalische Parameter	16
2.1.1.	Aufgabenstellung	16
2.1.2.	Beschreibung des Versuchsaufbaus	16
2.1.3.	Beschreibung der Versuchsdurchführung	16
2.1.4.	Auswertung des Versuches	16
2.2.	Physikalische Busfehler	18
2.2.1.	Aufgabenstellung	18

2.2.2.	Beschreibung des Versuchsaufbaus .....	18
2.2.3.	Beschreibung der Versuchsdurchführung .....	18
2.2.4.	Auswertung des Versuches .....	18
2.3.	Erstellen einer Kommunikationsmatrix .....	20
2.3.1.	Aufgabenstellung .....	20
2.3.2.	Beschreibung des Versuchsaufbaus .....	20
2.3.3.	Beschreibung der Versuchsdurchführung .....	20
2.3.4.	Auswertung des Versuches .....	20
2.4.	Erstellen einer Datenbasis für den CANalyzer .....	22
2.4.1.	Aufgabenstellung .....	22
2.4.2.	Beschreibung des Versuchsaufbaus .....	22
2.4.3.	Beschreibung der Versuchsdurchführung .....	22
2.4.4.	Auswertung des Versuches .....	22
3.	CAN-Gesamtnetzwerk, Gateway, Buslast .....	23
3.1.	Aufgabenstellung .....	23
3.2.	Beschreibung des Versuchsaufbaus .....	23
3.3.	Beschreibung der Versuchsdurchführung .....	23
3.4.	Auswertung des Versuches .....	25
4.	Versuche mit einem LIN-Datenbus .....	27
4.1.	Physikalische Parameter, LIN-Frame .....	27
4.1.1.	Aufgabenstellung .....	27
4.1.2.	Beschreibung des Versuchsaufbaus .....	27
4.1.3.	Beschreibung der Versuchsdurchführung .....	27
4.1.4.	Auswertung des Versuches .....	27
4.2.	Anwendung eines einfachen Tools zur Busanalyse .....	31
4.2.1.	Aufgabenstellung .....	31
4.2.2.	Beschreibung des Versuchsaufbaus .....	31
4.2.3.	Beschreibung der Versuchsdurchführung .....	31
4.2.4.	Auswertung des Versuches .....	31
4.3.	Erstellung einer LDF-Datei und Simulation des Masters .....	33
4.3.1.	Aufgabenstellung .....	33
4.3.2.	Beschreibung des Versuchsaufbaus .....	33
4.3.3.	Beschreibung der Versuchsdurchführung .....	33
4.3.4.	Auswertung des Versuches .....	34
	Literaturverzeichnis .....	36

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Aufbau des Highspeed-CAN ("CAN 1") [1] .....	6
Abbildung 1-2: Aufbau eines CAN-Teilnehmers [1].....	6
Abbildung 1-3: ermittelte Signal- und Differenzpegel [2] .....	7
Abbildung 1-4: Signalpegel CAN_HIGH .....	7
Abbildung 1-5: Signalpegel CAN_LOW .....	7
Abbildung 1-6: Differenzsignal .....	7
Abbildung 1-7: aufgezeichnete CAN-Botschaft .....	8
Abbildung 1-8: Zykluszeit .....	8
Abbildung 1-9: geänderte, aufgezeichnete CAN-Botschaft.....	9
Abbildung 1-10: Differenzsignal ohne Abschlusswiderstände .....	10
Abbildung 1-11: Differenzsignal mit einem Abschlusswiderstand.....	10
Abbildung 1-12: Differenzsignal mit Leitungskurzschluss .....	11
Abbildung 1-13: CAN-Botschaft ohne Tastendruck.....	12
Abbildung 1-14: geänderte CAN-Botschaft mit Tastendruck an Teilnehmer 1.....	12
Abbildung 1-15: Buslast.....	13
Abbildung 1-16: Fehlersituation nach einigen Sekunden .....	14
Abbildung 1-17: Fehlersituation über einige Millisekunden .....	15
Abbildung 2-1: Aufbau des Lowspeed-CAN („CAN 2“) [1].....	16
Abbildung 2-2: ermittelte Signal- und Differenzpegel [2] .....	17
Abbildung 2-3: Signalpegel von CAN_HIGH und CAN_LOW .....	17
Abbildung 2-4: Signalpegel im Fehlerfall a).....	18
Abbildung 2-5: Signalpegel im Fehlerfall b).....	18
Abbildung 2-6: Signalpegel im Fehlerfall c) .....	19
Abbildung 2-7: Signalpegel im Fehlerfall d).....	19
Abbildung 2-8: CANalyzer-Messung.....	20
Abbildung 2-9: Anzeige mit Datenbasis.....	22

Abbildung 3-1: einfaches Vernetzungsbild.....	23
Abbildung 3-2: CANalyzer-Messung.....	24
Abbildung 4-1: Aufbau des LIN-Busses [1] .....	27
Abbildung 4-2: ermittelte Signalpegel [2] .....	28
Abbildung 4-3: Signal auf dem LIN-Bus (gegen Masse).....	28
Abbildung 4-4: aufgezeichnete LIN-Botschaft.....	28
Abbildung 4-5: binäre Werte der LIN-Botschaft.....	29
Abbildung 4-6: Sync Break.....	29
Abbildung 4-7: Sync Field.....	29
Abbildung 4-8: Ident Field.....	29
Abbildung 4-9: Data Field 1.....	29
Abbildung 4-10: Data Field 2.....	30
Abbildung 4-11: Checksum.....	30
Abbildung 4-12: Zykluszeit.....	30
Abbildung 4-13: LIN-Botschaft im Busanalyse-Tool.....	31
Abbildung 4-14: Sendevorgang.....	32
Abbildung 4-15: Daten der Nachricht 2 mit dazugehöriger Datenbyte-Nummer.....	32
Abbildung 4-16: Nachricht 2 im Busanalyse-Tool.....	32
Abbildung 4-17: LDF-Schedule.....	33
Abbildung 4-18: Simulation des Masters.....	35

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1: Werte der CAN-Botschaft .....	8
Tabelle 1-2: Werte der geänderten CAN-Botschaft .....	9
Tabelle 2-1: Übersicht der Fehlersituationen [2] .....	19
Tabelle 2-2: Kommunikationsmatrix des Low-speed-CAN.....	21
Tabelle 3-1: Gateway-Botschaften .....	25
Tabelle 3-2: Ressourcenersparnis .....	26
Tabelle 4-1: Werte der LIN-Botschaft.....	29

# 1. Versuche mit einem Highspeed-CAN („CAN 1“)

## 1.1. Physikalische Parameter, Datenframe

### 1.1.1. Aufgabenstellung

Es sollen die Signalpegel von CAN\_HIGH und CAN\_LOW, das Differenzsignal, die Bitzeit, die Baudrate und die CAN-Botschaft auf dem Highspeed-CAN untersucht werden.

### 1.1.2. Beschreibung des Versuchsaufbaus

Der Highspeed-CAN besteht aus drei Teilnehmern und einem Gateway (siehe Abbildung 1-1: Aufbau des Highspeed-CAN ("CAN 1") [1]). Der Aufbau eines Teilnehmers ist in der Abbildung 1-2: Aufbau eines CAN-Teilnehmers [1] zu sehen. Jeder Teilnehmer kann ein- bzw. ausgeschaltet werden (roter Taster) und von den Busleitungen getrennt werden. Die CAN\_LOW-Signale lassen sich über die blauen und die CAN\_HIGH-Signale über die grünen Bananenbuchsen abgreifen.

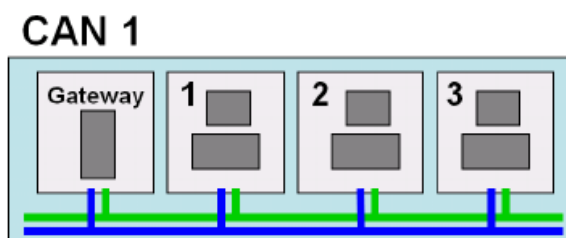


Abbildung 1-1: Aufbau des Highspeed-CAN ("CAN 1") [1]

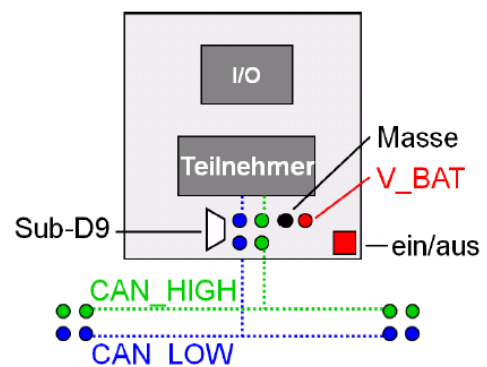


Abbildung 1-2: Aufbau eines CAN-Teilnehmers [1]

### 1.1.3. Beschreibung der Versuchsdurchführung

Um die physikalischen Parameter und den Datenframe zu untersuchen, werden die Teilnehmer 1 und 2 des Highspeed-CAN aktiviert und mit den Busleitungen verbunden.

Zunächst wird das Oszilloskop mit jeweils einem Signalpegel (CAN\_HIGH bzw. CAN\_LOW) und mit Masse verbunden, um die Signalpegel, die Bitzeit (mit Hilfe der Cursor-Funktion) und die Baudrate zu bestimmen. Für die Ermittlung des Differenzpegels und des Datenframes wird das Oszilloskop an CAN\_HIGH und CAN\_LOW angeschlossen.

### 1.1.4. Auswertung des Versuches

Zunächst wurde festgestellt, dass Teilnehmer 1 zyklisch eine Nachricht an Teilnehmer 2 sendet. Die ermittelten Signal- und Differenzpegel nach ISO 11898-2 (Highspeed) sind in der Abbildung 1-3: ermittelte Signal- und Differenzpegel [2] zu sehen. Die Bitzeit beträgt 2  $\mu$ s und die Baudrate 500 kBd (Kehrwert der Bitzeit).

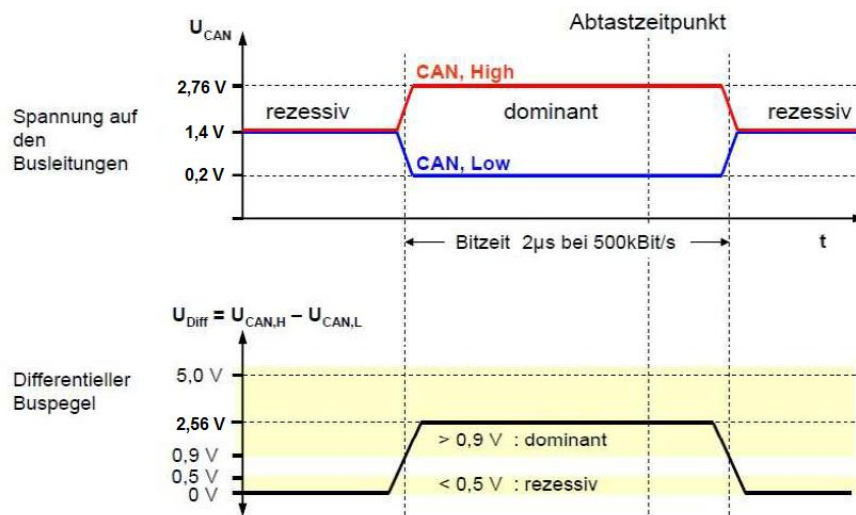


Abbildung 1-3: ermittelte Signal- und Differenzpegel [2]

In der Abbildung 1-4: Signalpegel CAN\_HIGH ist der Signalpegel des CAN\_HIGH-Signals, in der Abbildung 1-5: Signalpegel CAN\_LOW ist der Signalpegel des CAN\_LOW-Signals und in der Abbildung 1-6: Differenzsignal ist das Differenzsignal zwischen CAN\_HIGH und CAN\_LOW zu sehen. Das Differenzsignal ist weniger stör anfällig als die Einzelsignale CAN\_HIGH und CAN\_LOW. Es werden lokale Potentialanhebungen und Störungen, die sich auf CAN\_HIGH und CAN\_LOW in gleichem Maße auswirken, kompensiert.

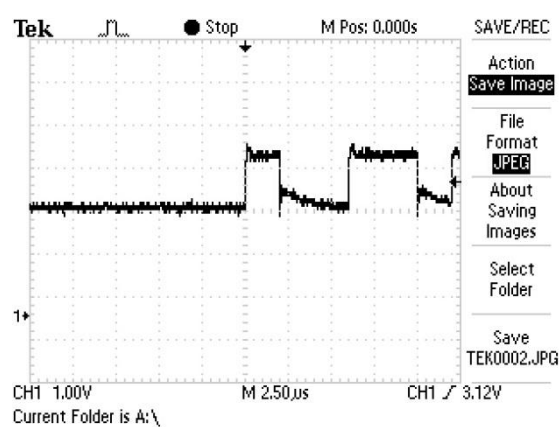


Abbildung 1-4: Signalpegel CAN\_HIGH

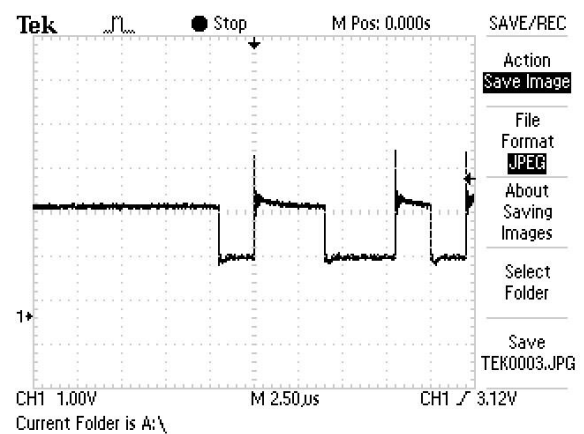


Abbildung 1-5: Signalpegel CAN\_LOW

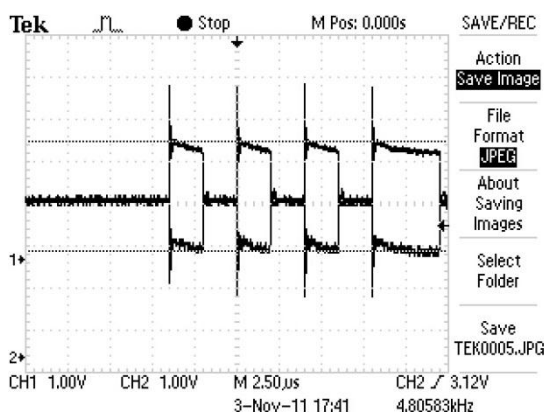


Abbildung 1-6: Differenzsignal

In der Abbildung 1-7: aufgezeichnete CAN-Botschaft sind die binären Werte der Botschaft, die auf dem Highspeed-CAN zwischen Teilnehmer 1 und 2 ausgetauscht wird, zu erkennen. Es handelt sich hier um das Standard Frame Format Version 2.0B.

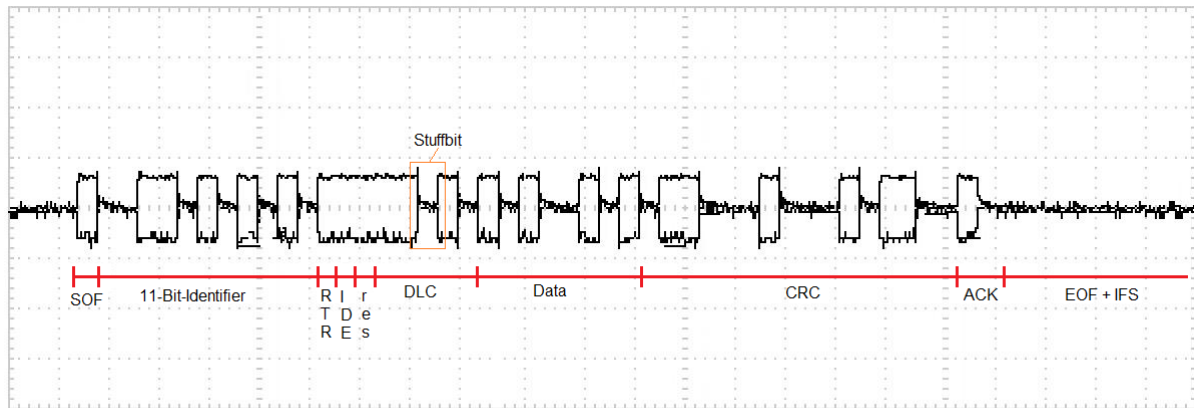


Abbildung 1-7: aufgezeichnete CAN-Botschaft

In der Tabelle 1-1: Werte der CAN-Botschaft sind die Teile der Botschaft und die dazugehörigen Werte zu sehen.

Tabelle 1-1: Werte der CAN-Botschaft

Teil der Botschaft	binär	hexadezimal	dezimal
SOF	0		
11-Bit-Identifizier	11001010101	0x655h	1621
RTR	0		
IDE	0		
res	0		
DLC	0001	0x1h	1
Data	01011010	0x5Ah	90
CRC	1001110111010011		
ACK	01		
EOF + IFS	1111111111		

Die Zykluszeit beträgt 10 ms. Dies ist in der Abbildung 1-8: Zykluszeit zu sehen. Um die Zykluszeit ablesen zu können, wurde die Zeitbasis vergrößert.

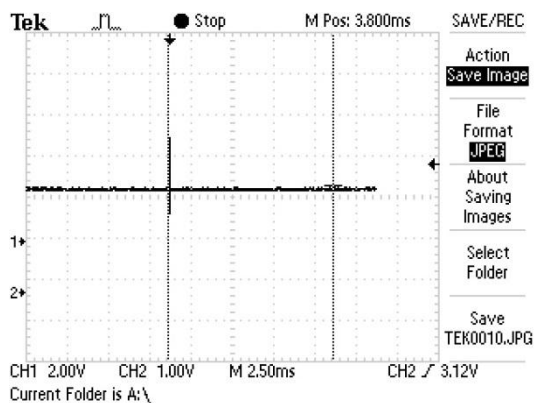


Abbildung 1-8: Zykluszeit



Nun wird eine veränderte Nachricht vom Teilnehmer 1 auf dem Highspeed-CAN gesendet. Die binären Werte dieser Nachricht sind in der Abbildung 1-9: geänderte, aufgezeichnete CAN-Botschaft abzulesen.

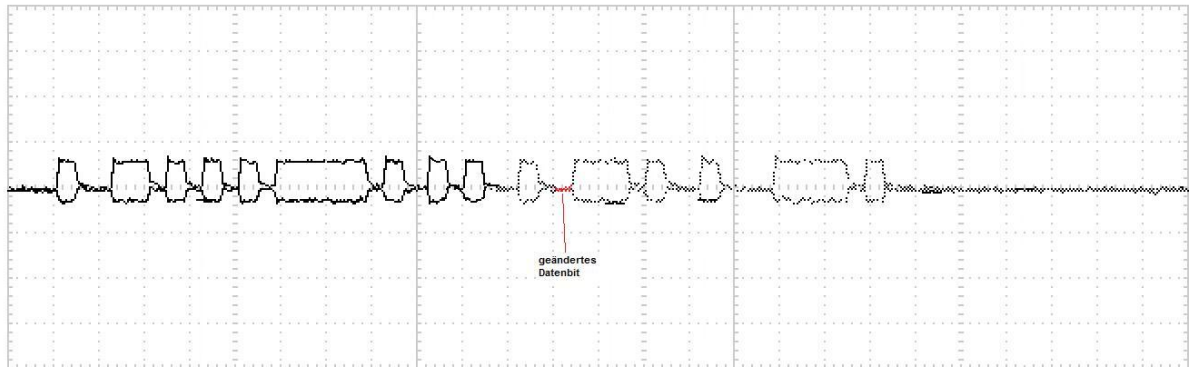


Abbildung 1-9: geänderte, aufgezeichnete CAN-Botschaft

In der Tabelle 1-2: Werte der geänderten CAN-Botschaft sind die Teile der geänderten Botschaft und die dazugehörigen Werte zu sehen. Es ändern sich nur die übertragenen Daten von 90 auf 91 dezimal (in Abbildung 1-9: geänderte, aufgezeichnete CAN-Botschaft rot gekennzeichnet) und somit die CRC-Bits der Botschaft. Der Identifier und die Datenlänge bleiben gleich.

Tabelle 1-2: Werte der geänderten CAN-Botschaft

Teil der Botschaft	binär	hexadezimal	dezimal
<b>SOF</b>	0		
<b>11-Bit-Identifier</b>	11001010101	0x655h	1621
<b>RTR</b>	0		
<b>IDE</b>	0		
<b>res</b>	0		
<b>DLC</b>	0001	0x1h	1
<b>Data</b>	01011011	0x5Bh	91
<b>CRC</b>	00010110110001		
<b>ACK</b>	01		
<b>EOF + IFS</b>	1111111111		

## 1.2. Abschlusswiderstand, physikalische Busfehler

### 1.2.1. Aufgabenstellung

Es sollen physikalische Busfehler untersucht werden, indem beide Busabschlusswiderstände bzw. nur ein Busabschlusswiderstand entfernt werden oder die Busleitungen kurzgeschlossen werden.

### 1.2.2. Beschreibung des Versuchsaufbaus

Der Highspeed-CAN ist im Abschnitt 1.1.2. Beschreibung des Versuchsaufbaus erläutert.

### 1.2.3. Beschreibung der Versuchsdurchführung

Um die physikalischen Busfehler zu untersuchen, werden die Teilnehmer 1 und 2 des Highspeed-CAN aktiviert und mit den Busleitungen verbunden. Das Oszilloskop wird an CAN\_HIGH und CAN\_LOW angeschlossen, um ein Differenzsignal zu messen. Es werden beide bzw. nur ein Abschlusswiderstand entfernt oder die Busleitungen kurzgeschlossen.

### 1.2.4. Auswertung des Versuches

Wenn beide Abschlusswiderstände entfernt sind, kann der Empfänger die CAN-Signale nicht erkennen, da eine vollständige Reflexion der Signale erfolgt. Die Energie der ankommenden Welle wird nicht durch einen Abschlusswiderstand „vernichtet“, baut sich also langsam ab, wie in Abbildung 1-10: Differenzsignal ohne Abschlusswiderstände zu erkennen ist.

Wenn ein Abschlusswiderstand entfernt ist, kann der Empfänger die CAN-Signale noch erkennen, da das dominante Differenzsignal ca. 1,88 V beträgt. Nach ISO 11898-2 wird ein Zustand als dominant erkannt, wenn der Differenzpegel größer als 0,9 V ist und ein Zustand als rezessiv erkannt, wenn der Differenzpegel kleiner als 0,5 V ist. Diese Bedingungen sind hier gegeben (siehe Abbildung 1-11: Differenzsignal mit einem Abschlusswiderstand).

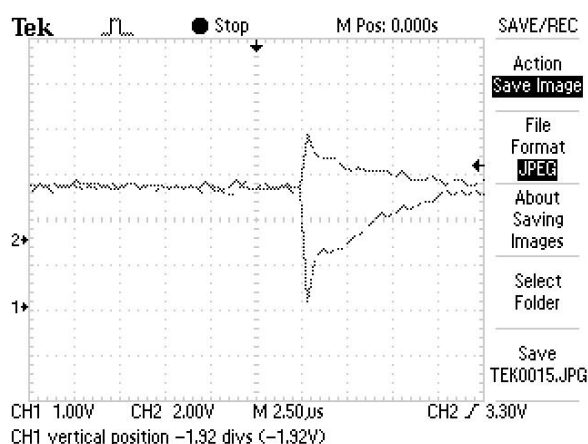


Abbildung 1-10: Differenzsignal ohne Abschlusswiderstände

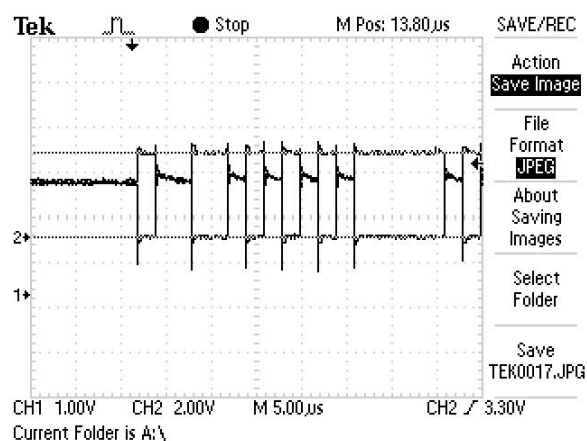


Abbildung 1-11: Differenzsignal mit einem Abschlusswiderstand

Wenn die Busleitungen gegeneinander kurzgeschlossen sind, erkennt der Empfänger die CAN-Signale nicht, da eine vollständige, negative Reflexion der Signale erfolgt und somit das Gesamtsignal ausgelöscht wird, also null beträgt (siehe Abbildung 1-12: Differenzsignal mit Leitungskurzschluss).

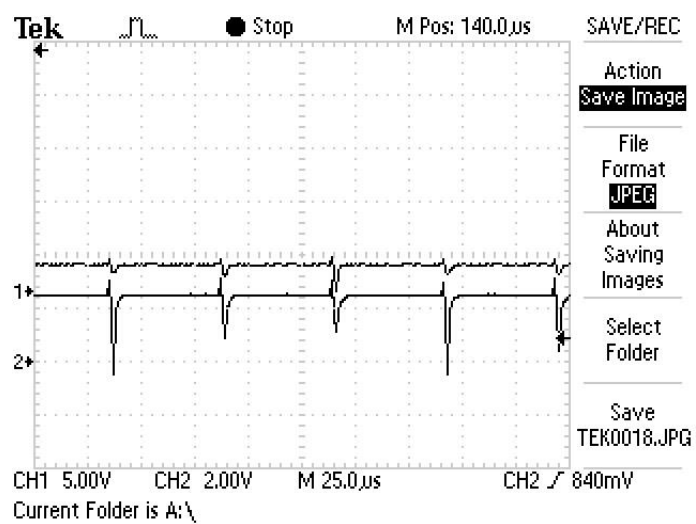


Abbildung 1-12: Differenzsignal mit Leitungskurzschluss

## 1.3. Verwenden eines einfachen Tools zur Busanalyse

### 1.3.1. Aufgabenstellung

Es sollen die beiden gesendeten CAN-Botschaften aus Aufgabe 1.1. Physikalische Parameter, Datenframe mit dem Busanalyse-Tool PCAN-VIEW untersucht und die durch die Botschaft des 1. Teilnehmers erzeugte Buslast mit PCAN-VIEW gemessen werden. Der theoretische Wert der Buslast soll ebenfalls ermittelt werden.

### 1.3.2. Beschreibung des Versuchsaufbaus

Der Highspeed-CAN ist im Abschnitt 1.1.2. Beschreibung des Versuchsaufbaus erläutert.

### 1.3.3. Beschreibung der Versuchsdurchführung

Um die CAN-Botschaften aus Aufgabe 1.1. Physikalische Parameter, Datenframe zu untersuchen, werden die Teilnehmer 1 und 2 des Highspeed-CAN aktiviert und mit den Busleitungen verbunden. Das Busanalyse-Tool PCAN-VIEW wird am Laptop aufgerufen und über ein Sub-D9-Kabel wird die Hardware PCAN-USB Pro mit dem Highspeed-CAN verbunden.

### 1.3.4. Auswertung des Versuches

Die in Abschnitt 1.1.4. Auswertung des Versuches ermittelten Ergebnisse wurde durch das Busanalyse-Tool PCAN-VIEW bestätigt, wie in Abbildung 1-13: CAN-Botschaft ohne Tastendruck und Abbildung 1-14: geänderte CAN-Botschaft mit Tastendruck an Teilnehmer 1 zu sehen ist.

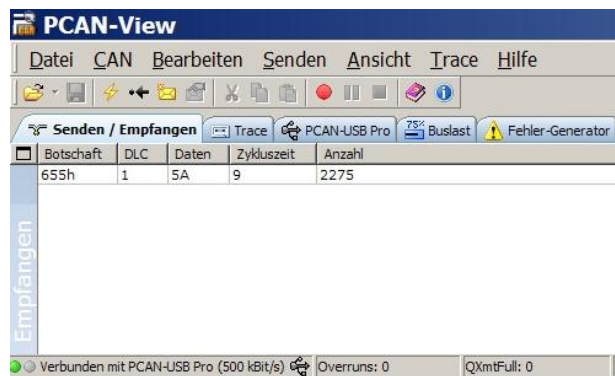


Abbildung 1-13: CAN-Botschaft ohne Tastendruck

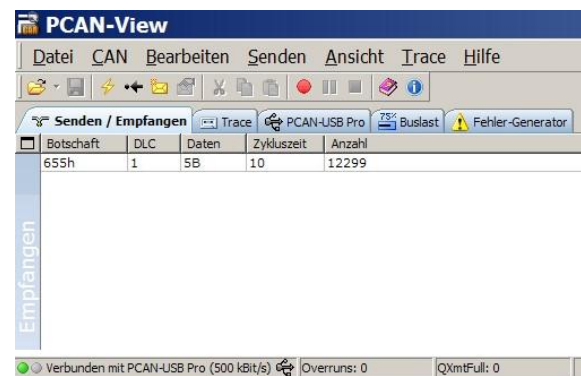


Abbildung 1-14: geänderte CAN-Botschaft mit Tastendruck an Teilnehmer 1

Die durch die Botschaft des 1. Teilnehmers erzeugte Buslast beträgt minimal 0,6% und maximal 1% (siehe Abbildung 1-15: Buslast).

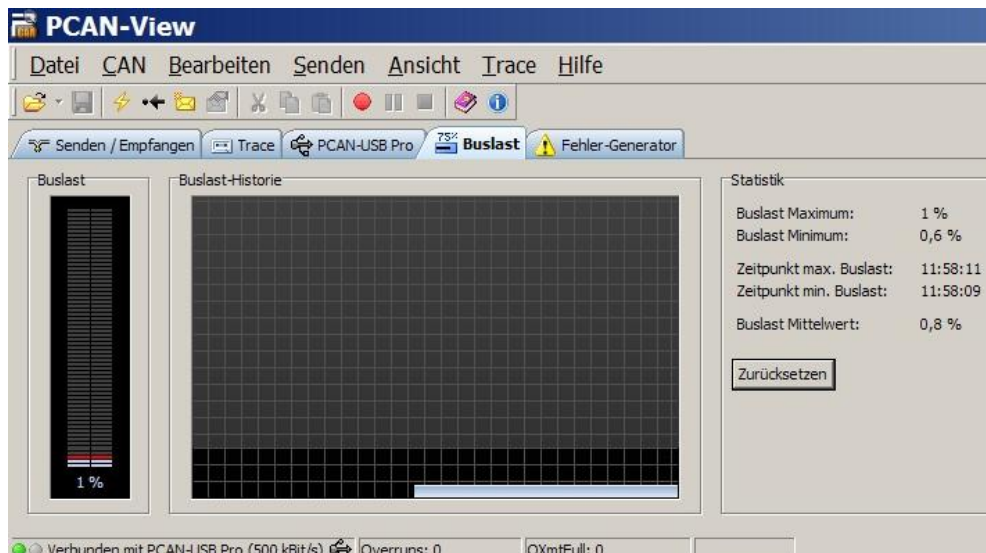


Abbildung 1-15: Buslast

Die theoretische Buslast wird wie folgt berechnet:

- (1) Länge einer Botschaft:  $A_x = 47 + 8 \cdot x + (35 + 8 \cdot x) \text{DIV} 5 = 47 + 8 + 8 = 63$   
 $x$  entspricht dem Wert des DLC, also hier  $x = 1$ .

- (2) Buslast:  $L = \frac{T_{\text{Bit}} \cdot A_x}{T_{\text{zyk}}} \cdot 100\% = \frac{2 \mu\text{s} \cdot 63}{10 \text{ ms}} \cdot 100\% = 1,26\%$

Der theoretische Wert für die Buslast beträgt 1,26%. Der theoretische Wert weicht von dem maximalen Wert, der durch das Busanalyse-Tool ermittelt wurde, um 0,26% ab. Diese Abweichung ist möglich, da der theoretisch berechnete Wert acht Stuffbits einbezieht (Annahme DIV5). In diesem Fall enthält die Nachricht jedoch nur ein Stuffbit. Dies bedeutet, dass die Nachrichtenlänge, die in der Bestimmung der theoretischen Buslast einbezogen ist, um sieben Bits zu lang ist.

## 1.4. Fehlerverhalten eines Teilnehmers, Fall 1

### 1.4.1. Aufgabenstellung

Es soll das Verhalten eines Teilnehmers beim Senden einer Nachricht untersucht werden, wenn nur das Busanalyse-Tool am CAN-Bus betrieben wird und wenn sich kein weiterer Teilnehmer am CAN-Bus befindet.

### 1.4.2. Beschreibung des Versuchsaufbaus

Der Highspeed-CAN ist im Abschnitt 1.1.2. Beschreibung des Versuchsaufbaus erläutert.

### 1.4.3. Beschreibung der Versuchsdurchführung

Der Teilnehmer 2 des Highspeed-CAN ist aktiviert und mit den Busleitungen verbunden.

Im ersten Teil der Aufgabe wird das Busanalyse-Tool PCAN-VIEW am Laptop aufgerufen und über die Hardware PCAN-USB Pro mit dem Highspeed-CAN verbunden.

Im zweiten Aufgabenteil wird das Busanalyse-Tool vom CAN-Bus getrennt und nur ein Oszilloskop an die Busleitungen angeschlossen.

### 1.4.4. Auswertung des Versuches

Wenn am Highspeed-CAN der Teilnehmer 2 und das Busanalyse-Tool betrieben werden, kann der Teilnehmer 2 seine Botschaft erfolgreich absetzen, da vom Busanalyse-Tool (Empfänger) ein Acknowledge, eine Bestätigung für den Nachrichtenerhalt, gesendet wird.

Wenn alleine der Teilnehmer 2 am Highspeed-CAN betrieben wird, dann tritt ein Sendefehler auf, da der Teilnehmer 2 kein Acknowledge von einem Empfänger erhält. Der Sendefehlerzähler wird erhöht. Der Teilnehmer 2 sendet die Nachricht zyklisch weiter. Wenn der Sendefehlerzähler bei 127 angekommen ist, wechselt der Zustand des Teilnehmers von fehleraktiv zu fehlerpassiv. Nun werden die Zeitabstände zwischen den Botschaften, die vom Teilnehmer 2 gesendet werden, aufgrund der größeren Error-Frames (acht statt drei Bit) größer. Bei fehlendem Acknowledge wird der Sendefehlerzähler nicht über den Wert 128 erhöht. Der Wert des Sendefehlerzählers bleibt also knapp über der Error-Passive-Grenze.

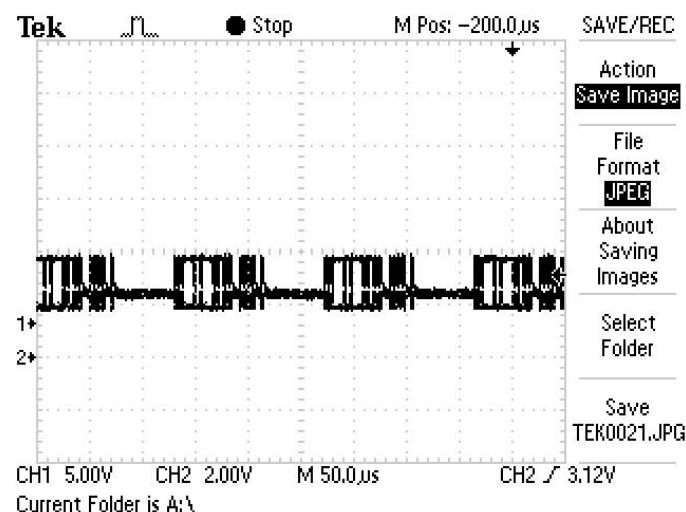


Abbildung 1-16: Fehlersituation nach einigen Sekunden

## 1.5. Fehlerverhalten eines Teilnehmers, Fall 2

### 1.5.1. Aufgabenstellung

Es soll das Verhalten eines Teilnehmers beim Senden einer Nachricht untersucht werden, wenn die Dauerstörungsoption des Fehlergenerators im Busanalyse-Tool aktiviert ist.

### 1.5.2. Beschreibung des Versuchsaufbaus

Der Highspeed-CAN ist im Abschnitt 1.1.2. Beschreibung des Versuchsaufbaus erläutert.

### 1.5.3. Beschreibung der Versuchsdurchführung

Der Teilnehmer 2 des Highspeed-CAN ist aktiviert und mit den Busleitungen verbunden. Das Busanalyse-Tool PCAN-VIEW wird am Laptop aufgerufen und über die Hardware PCAN-USB Pro mit dem Highspeed-CAN verbunden. Der Fehlergenerator des Busanalyse-Tools ist aktiviert. Das 4. Bit der Nachricht wird manipuliert.

### 1.5.4. Auswertung des Versuches

Der Fehlergenerator des Busanalyse-Tools manipuliert ein Bit der Nachricht des Teilnehmers 2. Der Teilnehmer 2 misst einen anderen Buspegel, als er selbst gesendet hat. Dadurch erkennt er einen Sendefehler und schickt ein Error-Frame  $000000_{\text{bin}}$  an die anderen Busteilnehmer. Diese senden wiederum auch ein Error-Frame, so dass durch die Überlagerung beider Error-Frames zwölf Nullen hintereinander auf dem Bus liegen. Der Teilnehmer 2 wiederholt zyklisch die zu sendende Nachricht. Bei einem Wert des Sendefehlerzählers von 128 gelangt Teilnehmer 2 in den fehlerpassiven Zustand und bei einem Wert von 256 wird der Busbetrieb des Teilnehmers 2 beendet (Bus-Off). Nun ist ein Reset der Software-Applikation notwendig.

In der Abbildung 1-17: Fehlersituation über einige Millisekunden ist die Fehlersituation zu sehen.

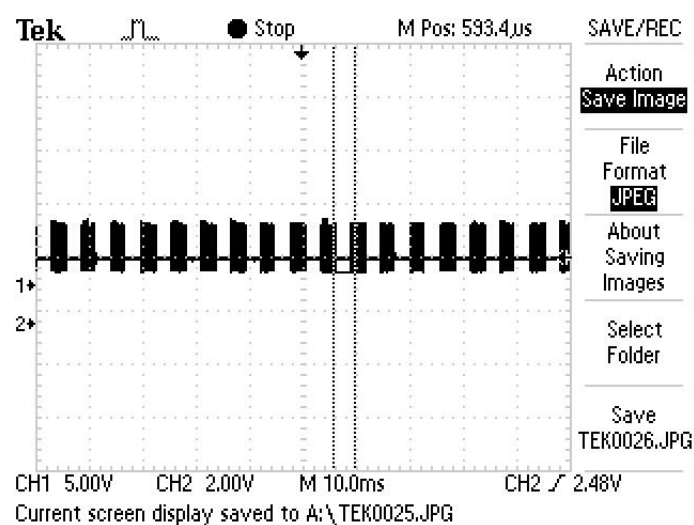


Abbildung 1-17: Fehlersituation über einige Millisekunden

## 2. Versuche mit einem Lowspeed-CAN („CAN 2“)

### 2.1. Physikalische Parameter

#### 2.1.1. Aufgabenstellung

Es sollen die Signalpegel von CAN\_HIGH und CAN\_LOW, das Differenzsignal, die Bitzeit und die Baudrate auf dem Lowspeed-CAN untersucht werden.

#### 2.1.2. Beschreibung des Versuchsaufbaus

Der Lowspeed-CAN besteht aus drei Teilnehmern (siehe Abbildung 2-1: Aufbau des Lowspeed-CAN („CAN 2“) [1]). Ein Lowspeed-CAN-Teilnehmer hat die gleichen Funktionen und den gleichen Aufbau wie die Highspeed-CAN-Teilnehmer (siehe Abschnitt 1.1.4. Beschreibung des Versuchsaufbaus).

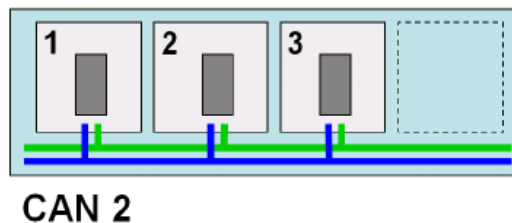


Abbildung 2-1: Aufbau des Lowspeed-CAN („CAN 2“) [1]

#### 2.1.3. Beschreibung der Versuchsdurchführung

Um die physikalischen Parameter zu untersuchen, werden die Teilnehmer 1, 2 und 3 des Lowspeed-CAN aktiviert und mit den Busleitungen verbunden.

Zunächst wird das Oszilloskop mit jeweils einem Signalpegel (CAN\_HIGH bzw. CAN\_LOW) und mit Masse verbunden, um die Signalpegel, die Bitzeit (mit Hilfe der Cursor-Funktion) und die Baudrate zu bestimmen. Für die Ermittlung des Differenzpegels wird das Oszilloskop an CAN\_HIGH und CAN\_LOW angeschlossen.

#### 2.1.4. Auswertung des Versuches

Die ermittelten Signal- und Differenzpegel nach ISO 11898-3 (Lowspeed, Fault Tolerant) sind in der Abbildung 2-2: ermittelte Signal- und Differenzpegel [2] zu sehen. Die Bitzeit beträgt 10  $\mu$ s und die Baudrate 100 kBd (Kehrwert der Bitzeit).



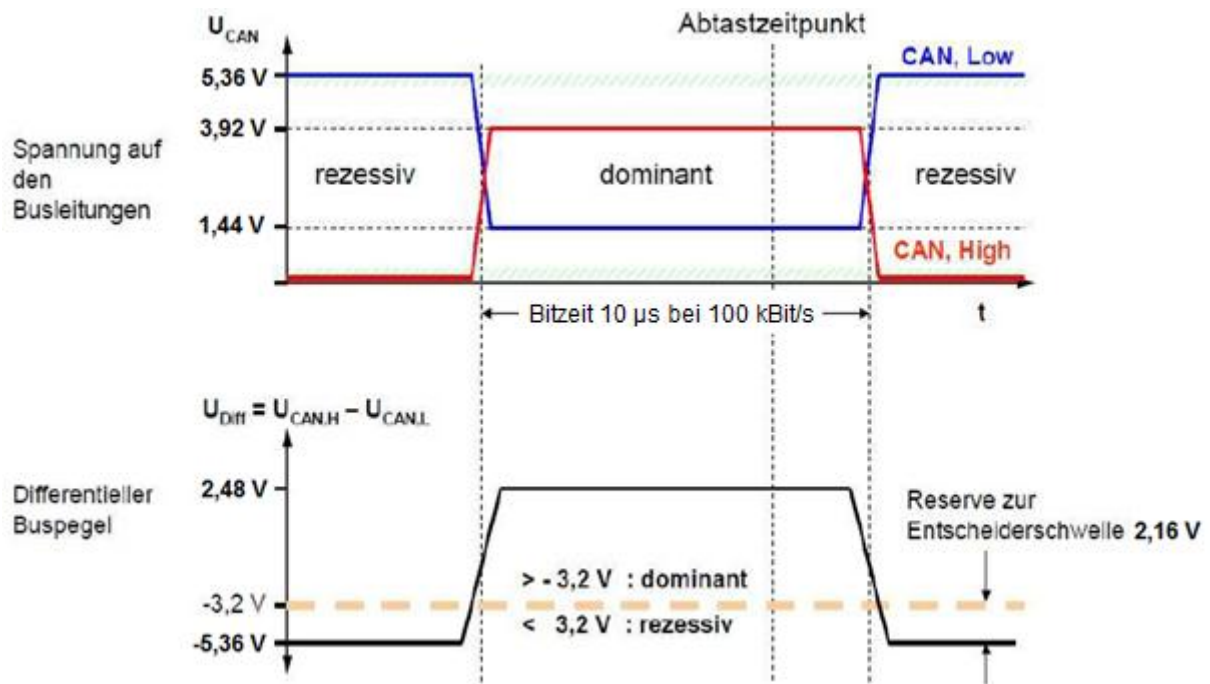


Abbildung 2-2: ermittelte Signal- und Differenzpegel [2]

In der Abbildung 2-3: Signalpegel von CAN\_HIGH und CAN\_LOW sind das CAN\_HIGH-Signal (Channel 1) und das CAN\_LOW-Signal (Channel 2) zu erkennen.

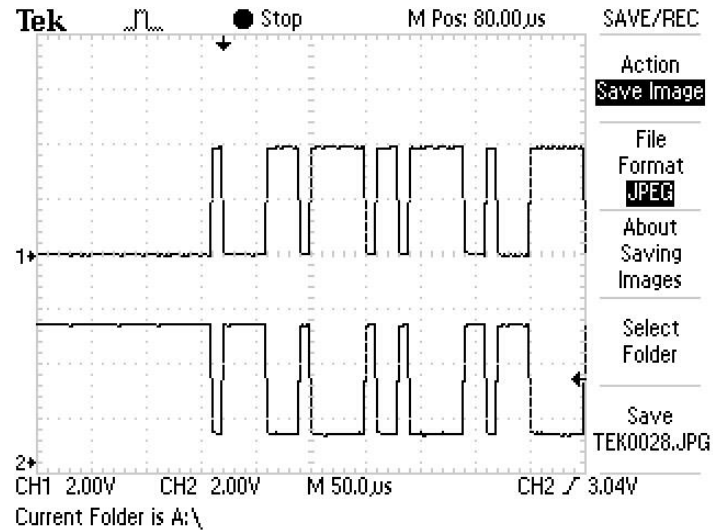


Abbildung 2-3: Signalpegel von CAN\_HIGH und CAN\_LOW

## 2.2. Physikalische Busfehler

### 2.2.1. Aufgabenstellung

Es sollen die folgenden, physikalischen Busfehler untersucht werden:

- Kurzschluss CAN\_HIGH gegen CAN\_LOW
- Kurzschluss CAN\_HIGH gegen Masse
- Kurzschluss CAN\_LOW gegen Masse
- Unterbrechung einer der beiden CAN-Leitungen zwischen den Teilnehmern 1 und 2

### 2.2.2. Beschreibung des Versuchsaufbaus

Der Low-speed-CAN ist im Abschnitt 2.1.2. Beschreibung des Versuchsaufbaus erläutert.

### 2.2.3. Beschreibung der Versuchsdurchführung

Um die physikalischen Busfehler zu untersuchen, werden die Teilnehmer 1, 2 und 3 des Low-speed-CAN aktiviert und mit den Busleitungen verbunden. Das Oszilloskop wird mit jeweils einem Signalpegel (CAN\_HIGH bzw. CAN\_LOW) und mit Masse verbunden.

Der jeweilige Kurzschluss wird herbeigeführt.

### 2.2.4. Auswertung des Versuches

a) Die Buskommunikation funktioniert bei dieser Fehlersituation noch, da CAN\_LOW auf CAN\_HIGH gezogen wird (siehe Abbildung 2-4: Signalpegel im Fehlerfall a)). Der Busbetrieb wird im „Eindraht-Modus“ fortgesetzt.

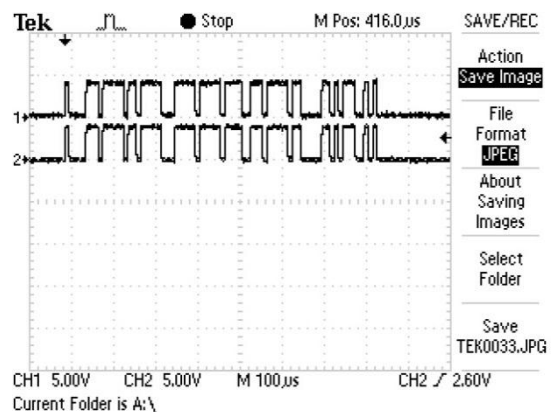


Abbildung 2-4: Signalpegel im Fehlerfall a)

b) Die Buskommunikation funktioniert noch, da das CAN\_LOW-Signal noch auf dem Bus liegt (siehe Abbildung 2-5: Signalpegel im Fehlerfall b)). Der Busbetrieb wird im „Eindraht-Modus“ fortgesetzt. Die Steuergeräte, die am Bus betrieben werden, erkennen ob CAN\_HIGH oder CAN\_LOW oder die Differenz der beiden Signale auf dem Bus liegt, an dem Start of Frame (SOF).

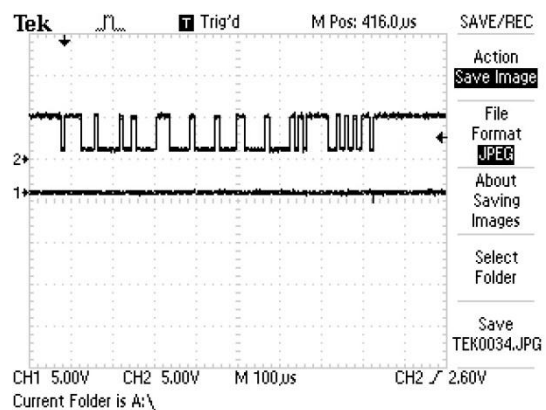


Abbildung 2-5: Signalpegel im Fehlerfall b)

c) Die Funktion der Buskommunikation ist noch gegeben, da das CAN\_HIGH-Signal noch auf dem Bus liegt (siehe Abbildung 2-6: Signalpegel im Fehlerfall c)). Der Busbetrieb wird im „Eindraht-Modus“ fortgesetzt.

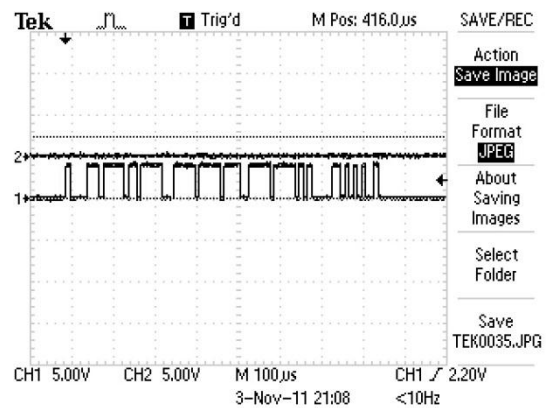


Abbildung 2-6: Signalpegel im Fehlerfall c)

d) Im Fehlerfall d) wird CAN\_LOW zwischen den Teilnehmern 1 und 2 unterbrochen. Die Buskommunikation kann aufrechterhalten werden, da das CAN\_HIGH-Signal noch auf dem Bus liegt (siehe Abbildung 2-7: Signalpegel im Fehlerfall d)). Der Busbetrieb wird im „Eindraht-Modus“ fortgesetzt.

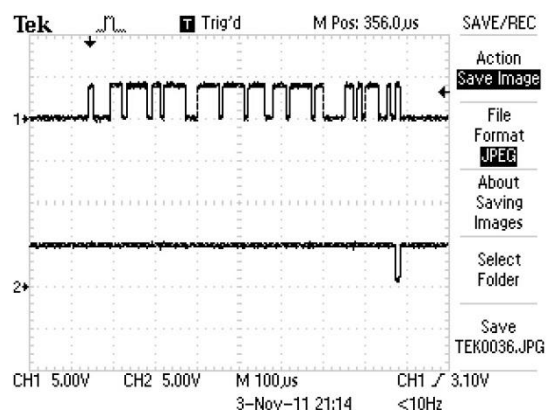


Abbildung 2-7: Signalpegel im Fehlerfall d)

Die Fehler werden also von den Leitungsbausteinen durch Vergleich der beiden Busleitungen miteinander und mit den Betriebsspannungen erkannt und durch Abschalten der fehlerhaften Leitungen behoben. Die Fehlersituationen sind in der Tabelle 2-1: Übersicht der Fehlersituationen [2] zusammengefasst.

Tabelle 2-1: Übersicht der Fehlersituationen [2]

FAILURE	DESCRIPTION	TERMINATION CANH (RTH)	TERMINATION CANL (RTL)	CANH DRIVER	CANL DRIVER	RECEIVER MODE
1	CANH wire interrupted	on	on	on	on	differential
2	CANL wire interrupted	on	on	on	on	differential
3	CANH short-circuited to battery	weak; note 1	on	off	on	CANL
3a	CANH short-circuited to V <sub>CC</sub>	weak; note 1	on	off	on	CANL
4	CANL short-circuited to ground	on	weak; note 2	on	off	CANH
5	CANH short-circuited to ground	on	on	on	on	differential
6	CANL short-circuited to battery	on	weak; note 2	on	off	CANH
6a	CANL short-circuited to V <sub>CC</sub>	on	on	on	on	differential
7	CANL and CANH mutually short-circuited	on	weak; note 2	on	off	CANH

## 2.3. Erstellen einer Kommunikationsmatrix

### 2.3.1. Aufgabenstellung

Es sollen die funktionellen Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Teilnehmern des Lowspeed-CAN untersucht werden. Dabei sollen die ausgetauschten Botschaften, die dazugehörigen Sendemodi und Dateninhalte mit Hilfe des CANalyzers ermittelt werden. Als Ergebnis der Untersuchungen soll eine Kommunikationsmatrix des gesamten Lowspeed-CAN erstellt werden.

### 2.3.2. Beschreibung des Versuchsaufbaus

Der Lowspeed-CAN ist im Abschnitt 2.1.2. Beschreibung des Versuchsaufbaus erläutert.

### 2.3.3. Beschreibung der Versuchsdurchführung

Um die Kommunikationsmatrix erstellen zu können, werden die Teilnehmer 1, 2 und 3 des Lowspeed-CAN aktiviert und mit den Busleitungen verbunden. Die CANcab-Schnittstelle (Lowspeed-Transceiver 1054) wird mit dem CAN-Datenbus verbunden, die CANalyzer-Software wird am Laptop aufgerufen und eine Messung wird gestartet.

### 2.3.4. Auswertung des Versuches

In der Abbildung 2-8: CANalyzer-Messung ist eine Messung der CANalyzer-Software zu sehen.

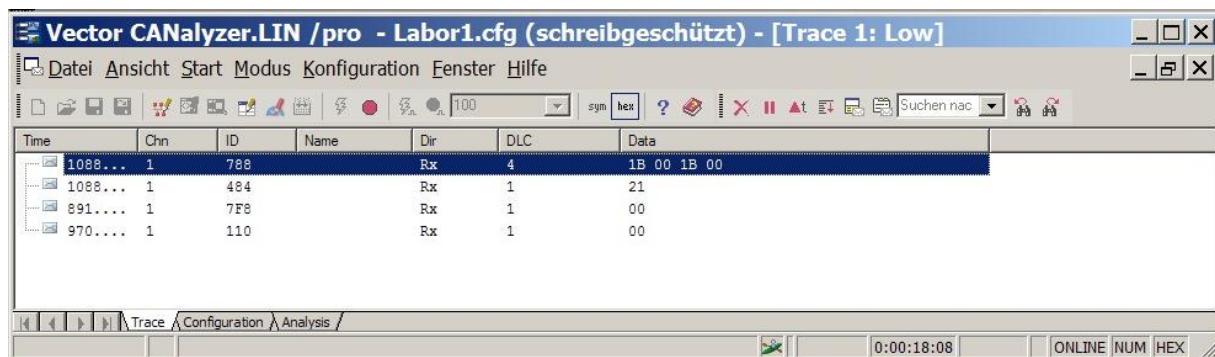


Abbildung 2-8: CANalyzer-Messung

Die Tabelle 2-2: Kommunikationsmatrix des Lowspeed-CAN zeigt die erstellte Kommunikationsmatrix des Lowspeed-CAN.

Tabelle 2-2: Kommunikationsmatrix des Lowspeed-CAN

Identifizier	Empfänger	Sender	Art des Sendens	Daten	Codierung
<b>0x788h</b>	Teilnehmer 3	Teilnehmer 1	zyklisch	Temperatur 1 und Temperatur 2	hexadezimal: z.B. 1A80 1800 Temperatur 1: 26,5°C Temperatur 2: 24°C
<b>0x484h</b>	Teilnehmer 1	Teilnehmer 2	ereignisgesteuert (Ereignis: Bewegung des Drehknopfs an Teilnehmer 1)	absolute Position des Zahnrades in °	hexadezimal: z.B. 20 Position: 32° z.B. 60 Position: 90°
<b>0x7F8h</b>	Teilnehmer 1	Teilnehmer 2	ereignisgesteuert (Ereignis: Drücken des roten Knopfs an Teilnehmer 2)	Zustand der Lampe am Teilnehmer 1	hexadezimal: 00 → Licht aus FF → Licht an
<b>0x110h</b>	Teilnehmer 3	Teilnehmer 1	ereignisgesteuert (Ereignis: Temperatur über 30°C)	Zustand der Lampe am Teilnehmer 3	hexadezimal: 00 → Licht aus 10 → Licht an

## 2.4. Erstellen einer Datenbasis für den CANalyzer

### 2.4.1. Aufgabenstellung

Es soll eine Datenbasis mit Hilfe des Datenbasis-Editors für den CANalyzer mit einer Botschaft und dem zugehörigen Signal erstellt werden.

### 2.4.2. Beschreibung des Versuchsaufbaus

Der Lowspeed-CAN ist im Abschnitt 2.1.2. Beschreibung des Versuchsaufbaus erläutert.

### 2.4.3. Beschreibung der Versuchsdurchführung

Es werden die Teilnehmer 1, 2 und 3 des Lowspeed-CAN aktiviert und mit den Busleitungen verbunden. Die CANcab-Schnittstelle (Lowspeed-Transceiver 1054) wird mit dem CAN-Datenbus verbunden, die CANalyzer-Software wird am Laptop aufgerufen. Mit Hilfe des Datenbasis-Editors wird eine Datenbasis mit der Botschaft mit dem Identifier von 0x7F8h erstellt. Eine Messung wird gestartet.

### 2.4.4. Auswertung des Versuches

In der Abbildung 2-9: Anzeige mit Datenbasis wird die Anzeige der hexadezimalen Werte der Nachricht mit Namen und Bedeutung unterstützt.

Der große Vorteil einer Datenbasis ist, dass die Zuordnung von Namen und Bedeutungen der Botschaften nur einmal erfolgen muss. Weiterhin wird der Überblick über ein CAN-Netzwerk mit Hilfe einer Datenbasis enorm verbessert, da nicht nur binäre oder hexadezimale Werte angezeigt werden, sondern ebenfalls die Namen und Bedeutungen der Botschaften und Signale.

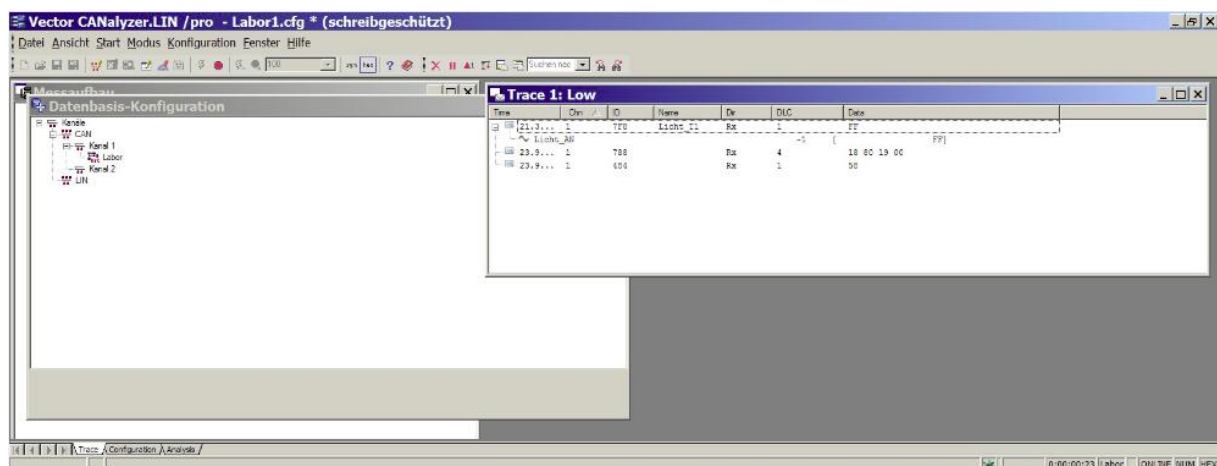


Abbildung 2-9: Anzeige mit Datenbasis

### 3. CAN-Gesamtnetzwerk, Gateway, Buslast

#### 3.1. Aufgabenstellung

Es soll ein CAN-Gesamtnetzwerk untersucht werden. Folgende Fragestellungen sind dabei zu beantworten:

- Wie hoch ist die Buslast auf dem Highspeed-CAN und auf dem Lowspeed-CAN?
- Welche Botschaften werden vom Gateway gesendet?
- Welche Botschaften werden wie vom Gateway umgesetzt?
- Sind die hier gewählten Umsetzungsmodi günstig?
- Auf welchem Bus wirkt sich die Ressourcenersparnis mehr aus?

#### 3.2. Beschreibung des Versuchsaufbaus

Das CAN-Gesamtnetzwerk besteht aus einem Highspeed-CAN („CAN 1“) mit Gateway und aus einem Lowspeed-CAN („CAN 2“). An beiden CAN-Datenbussen werden drei Teilnehmer betrieben (siehe Abbildung 3-1: einfaches Vernetzungsbild). Eine genauere Beschreibung des Aufbaus des Highspeed-CAN bzw. des Lowspeed-CAN befindet sich im Abschnitt 1.1.4. Beschreibung des Versuchsaufbaus bzw. 2.1.4. Beschreibung des Versuchsaufbaus. Das Gateway ermöglicht den Datenaustausch zwischen den Bussen.

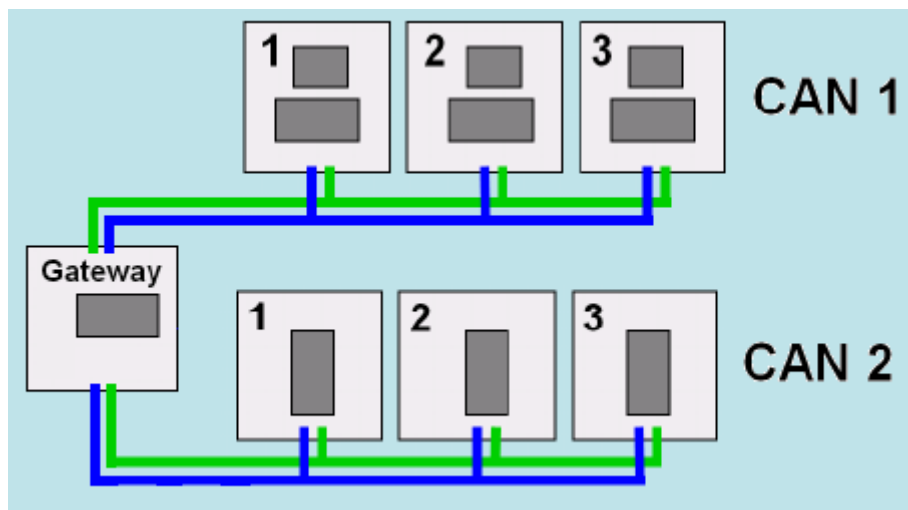


Abbildung 3-1: einfaches Vernetzungsbild

#### 3.3. Beschreibung der Versuchsdurchführung

Um das CAN-Gesamtnetzwerk zu untersuchen, werden alle Teilnehmer beider Datenbusse aktiviert und mit den Busleitungen verbunden. Über Sub-D9-Kabel werden die Datenbusse an das Gateway geschlossen. Die CANcab-Schnittstelle wird ebenfalls mit beiden Datenbussen verbunden (Highspeed-Transceiver 1041A und Lowspeed-Transceiver 1054) und die CANalyzer-Software wird am Laptop aufgerufen. Eine Messung wird gestartet (siehe Abbildung 3-2: CANalyzer-Messung).



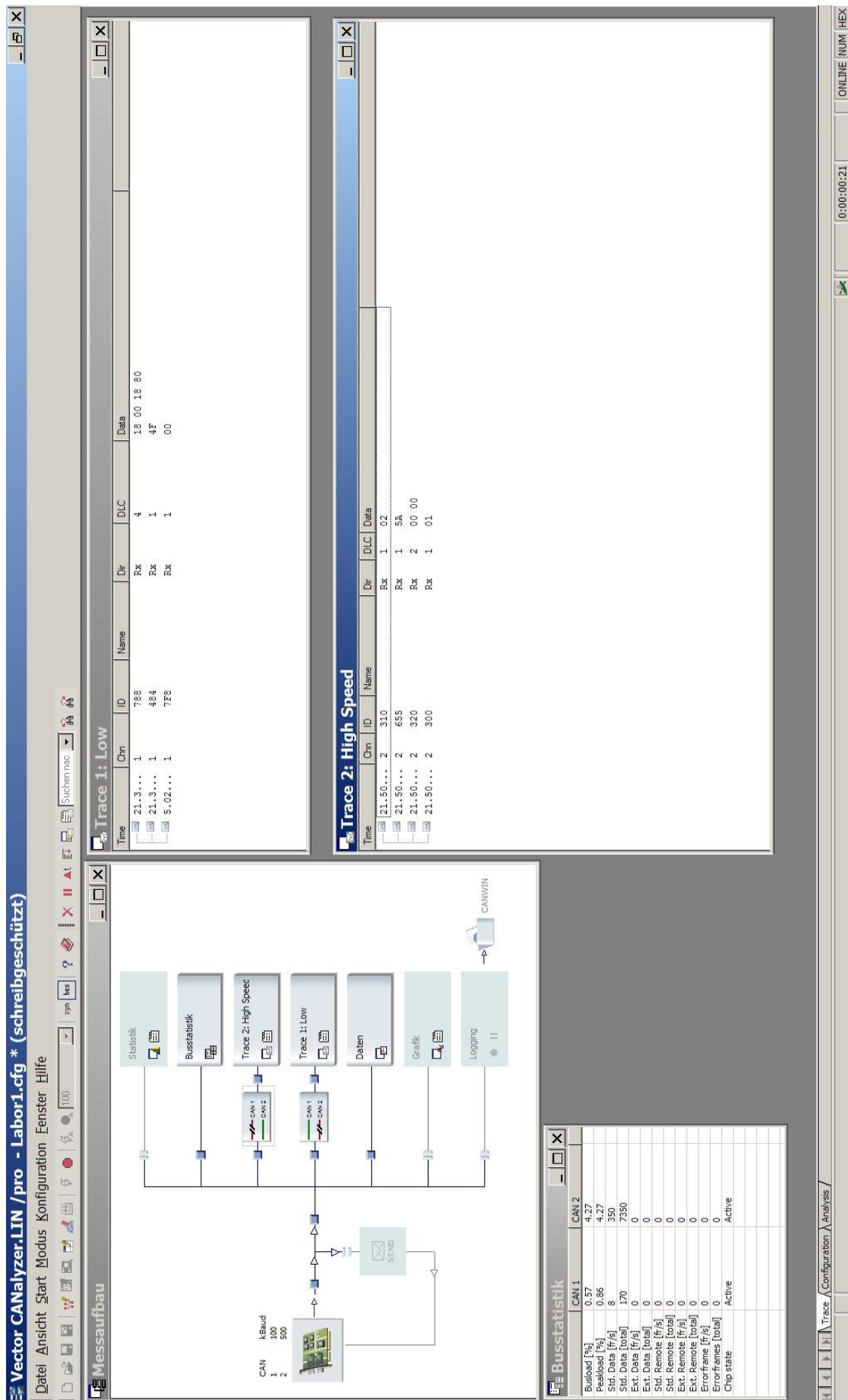


Abbildung 3-2: CANalyzer-Messung



### 3.4. Auswertung des Versuches

Die Buslasten der Datenbusse mit Gateway betragen:

- Lowspeed-CAN: 16,65%
- Highspeed-CAN: 4,39%

Die Botschaften, die vom Gateway gesendet bzw. übersetzt werden, sind in der Tabelle 3-1: Gateway-Botschaften zusammengefasst. Die Identifier und Daten der Botschaften, die vom Highspeed-CAN zum Lowspeed-CAN transferiert werden, sowie die Zykluszeit bleiben gleich. Hier handelt es sich also um eine 1:1-Übersetzung. Die Daten der Nachrichten, die vom Lowspeed-CAN zum Highspeed-CAN geleitet werden, bleiben ebenfalls gleich. Hier wird jedoch der Identifier der Botschaften und die Zykluszeit angepasst. Die Umsetzung erfolgt also mit Modifikation.

Tabelle 3-1: Gateway-Botschaften

Identifier – Lowspeed-CAN	Identifier – Highspeed-CAN	Daten
0x7F8h	→ 0x720h	Zustand der Lampe am Teilnehmer 1 des Lowspeed-CAN
0x484h	→ 0x710h	absolute Position des Zahnrades am Teilnehmer 2 des Lowspeed-CAN
	0x320h	Buslast
	0x300h	Zustand des Tasters am Teilnehmer 1 des Highspeed-CAN
	0x310h	Zustand des Tasters am Teilnehmer 2 des Highspeed-CAN

Die Buslasten, die durch das Gateway verursacht werden, betragen:

- Lowspeed-CAN: 15,35%
- Highspeed-CAN: 0,03%

Beide Umsetzungsmodi sind ungünstig gewählt, da sich mit Zusammenfassen der Nachrichten zu einer Nachricht deutlich Ressourcen sparen lassen, wie anhand der Tabelle 3-2: Ressourcenersparnis zu sehen ist:

(1) Länge einer Botschaft:  $A_x = 47 + 8 \cdot x + (35 + 8 \cdot x)DIV5$   
 x entspricht dem Wert des DLC.

(2) Buslast einer Botschaft:  $L = \frac{T_{Bit} \cdot A_x}{T_{zyk}} \cdot 100\%$

Tabelle 3-2: Ressourcenersparnis

		Highspeed-CAN mit $T_{\text{BIT}} = 2\mu\text{s}$ und $T_{\text{ZYK}} = 10\text{ms}$	Lowspeed-CAN mit $T_{\text{BIT}} = 10\mu\text{s}$ und $T_{\text{ZYK}} = 10\text{ms}$
alte Umsetzung	Länge einer Botschaft $A_x$	$A_1 = 63$	$A_1 = 63, A_2 = 73$
	Buslast einer Botschaft $L_x$	$L_1 = 1,26\%$	$L_1 = 6,3\%, L_2 = 7,3\%$
	gesamte Buslast $L$	$L = 2 * L_1 = 2,52\%$	$L = 2 * L_1 + L_2 = 19,9\%$
neue Umsetzung: Erzeugung einer neuen Nachricht	Länge einer Botschaft $A_x$	$A_2 = 73$	$A_4 = 92$
	Buslast einer Botschaft $L_x$	$L_2 = 1,46\%$	$L_4 = 9,2\%$
	gesamte Buslast $L$	$L = 1,46\%$	$L = 9,2\%$
Ressourcenersparnis	Differenz der Buslasten $\Delta L$	<b><math>\Delta L = 1,06\%</math></b>	<b><math>\Delta L = 10,7\%</math></b>

Die Ressourcenersparnis wirkt sich auf dem Lowspeed-CAN mehr aus, da die Bitzeit des Lowspeed-CAN größer als die Bitzeit des Highspeed-CAN ist. Weiterhin werden im Netzwerk des Lowspeed-CAN mehrere, kleinere Nachrichten zu einer großen Botschaft zusammengefasst. Somit entfallen Kontrollbits und die Buslast wird geringer.

Im Automotiv-Bereich sind diese Berechnungen von großer Bedeutung, da der Kostenfaktor sehr stark die Entwicklung der Datenbusse beeinflusst. Daher sollte die Nutzung von möglichst wenig Datenbussen, geringen Leitungslängen und wenigen Busknoten gegeben sein. Alle Datenbusse im Fahrzeug müssen hinsichtlich der Datenübertragungsraten und Buslasten aus Kostengründen optimiert werden.

## 4. Versuche mit einem LIN-Datenbus

### 4.1. Physikalische Parameter, LIN-Frame

#### 4.1.1. Aufgabenstellung

Es sollen die Signalpegel gegen Masse, die Bitzeit, die Baudrate und die LIN-Botschaft auf der LIN-Busleitung untersucht werden.

#### 4.1.2. Beschreibung des Versuchsaufbaus

Der LIN-Datenbus besteht aus zwei Teilnehmern (siehe Abbildung 1-1: Aufbau des Highspeed-CAN ("CAN 1") [1]). Jeder Teilnehmer kann ein- bzw. ausgeschaltet werden (roter Taster) und von den Busleitungen getrennt werden. Die Bussignale lassen sich über die blauen Bananenbuchsen abgreifen.

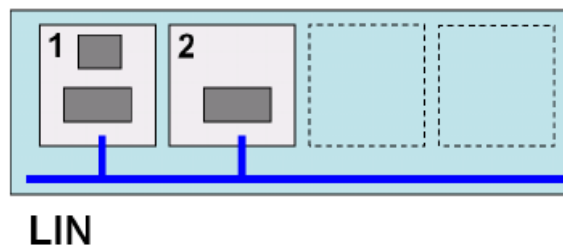


Abbildung 4-1: Aufbau des LIN-Busses [1]

#### 4.1.3. Beschreibung der Versuchsdurchführung

Um die physikalischen Parameter und den Datenframe zu untersuchen, werden die Teilnehmer 1 und 2 des LIN-Busses aktiviert und mit den Busleitungen verbunden.

Das Oszilloskop wird mit dem Signalpegel und mit Masse verbunden, um den Signalpegel, die Bitzeit (mit Hilfe der Cursor-Funktion), die Baudrate und den Inhalt des Datenframes zu bestimmen.

#### 4.1.4. Auswertung des Versuches

Zunächst wurde festgestellt, dass Teilnehmer 1 der Master und Teilnehmer 2 der Slave in dem LIN-Netzwerk ist. Wenn der Master ausgeschaltet ist, sendet er keinen Header an den Slave und der Slave antwortet auch nicht mit der Response. Es liegt also kein Signal auf dem Bus.

Die ermittelten Signalpegel sind in der Abbildung 1-3: ermittelte Signal- und Differenzpegel [2] zu sehen. Rezessiv entspricht einer logischen „1“ und dominant einer logischen „0“. Die Bitzeit beträgt 52 µs und die Baudrate 19,2 kBd (Kehrwert der Bitzeit).

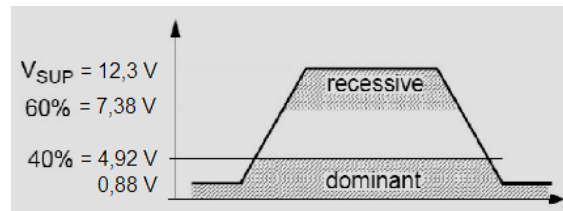


Abbildung 4-2: ermittelte Signalpegel [2]

In der Abbildung 1-4: Signalpegel CAN\_HIGHist der Pegel des Bussignals zu sehen.

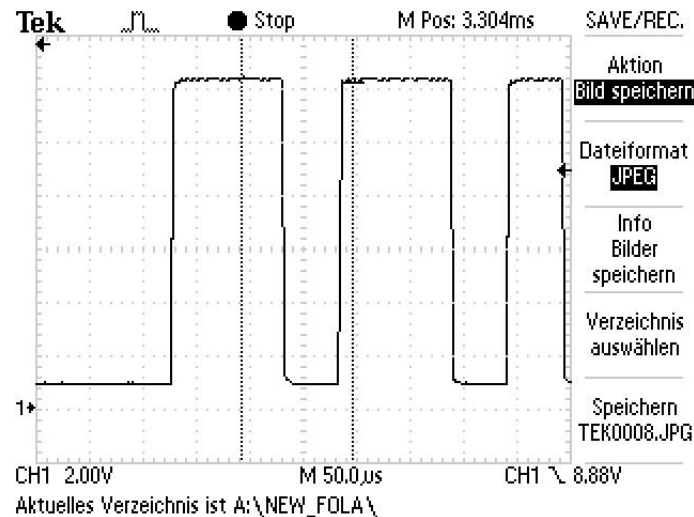


Abbildung 4-3: Signal auf dem LIN-Bus (gegen Masse)

In der Abbildung 1-7: aufgezeichnete CAN-Botschaft sind die binären Werte der Botschaft, die auf dem LIN-Datenbus zwischen Teilnehmer 1 und 2 ausgetauscht wird, zu erkennen. Es handelt sich hier um die LIN-Spezifikation Version 2.0. Die Checksumme ist die „Enhanced Checksum“.

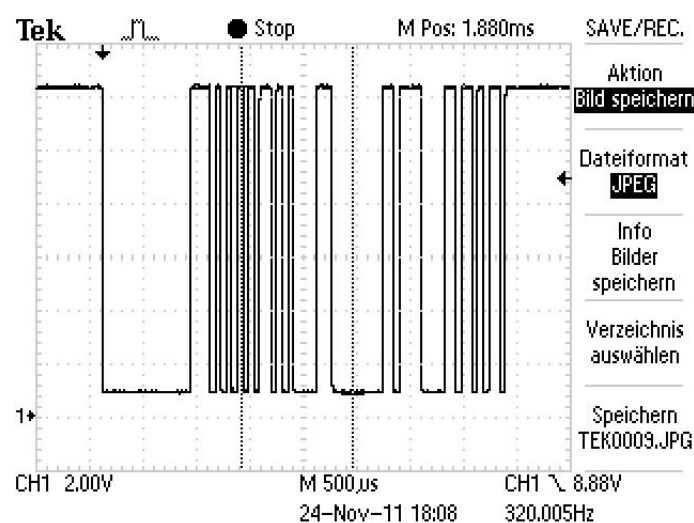


Abbildung 4-4: aufgezeichnete LIN-Botschaft

Der gesamte LIN-Frame ist in der Abbildung 4-5: binäre Werte der LIN-Botschaft zu sehen.

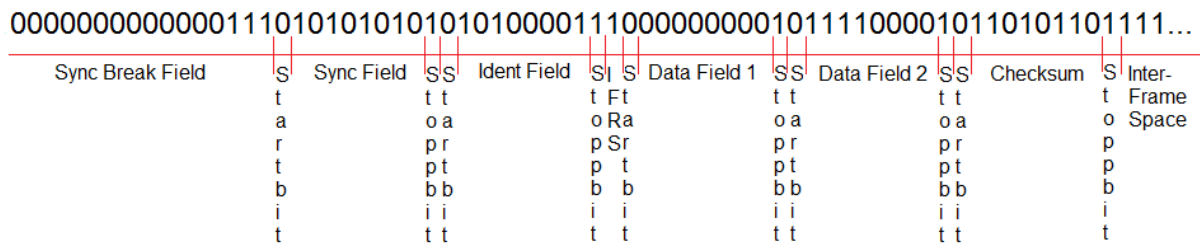


Abbildung 4-5: binäre Werte der LIN-Botschaft

In der Tabelle 1-1: Werte der CAN-Botschaft sind die wichtigsten Teile der Botschaft und die dazugehörigen Werte aufgelistet.

Tabelle 4-1: Werte der LIN-Botschaft

Teil der Botschaft	binär (MSB zuerst)	hexadezimal	dezimal
Identifizier	000101	0x05h	5
Parity Bits	10		
Data Length Code	00 im Ident Field → ungültig		
Data Field 1	00000000	0x00h	0
Data Field 2	00001111	0x0Fh	15

Die einzelnen Botschaftsteile sind in den folgenden Abbildungen zu sehen.

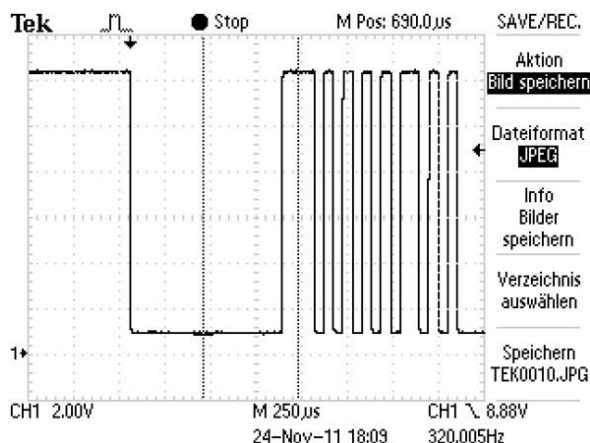


Abbildung 4-6: Sync Break

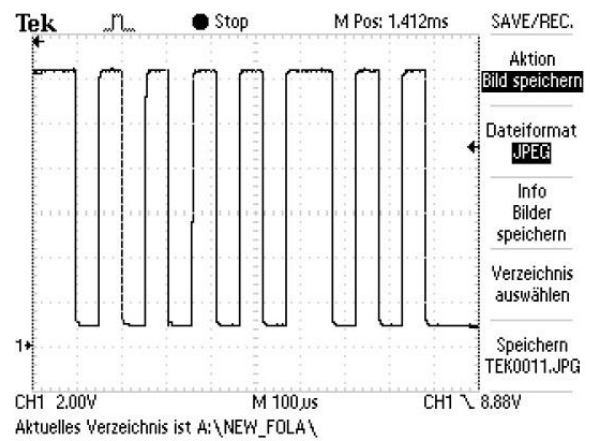


Abbildung 4-7: Sync Field

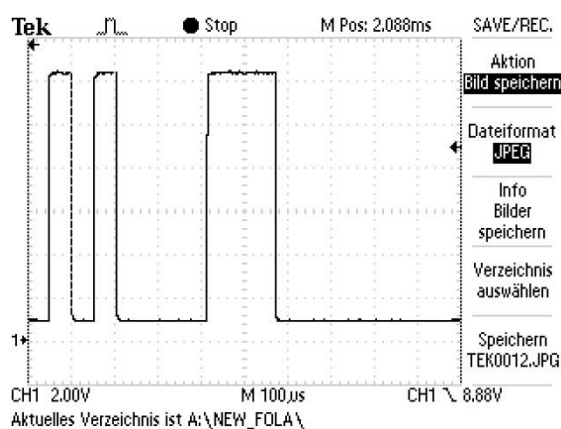


Abbildung 4-8: Ident Field

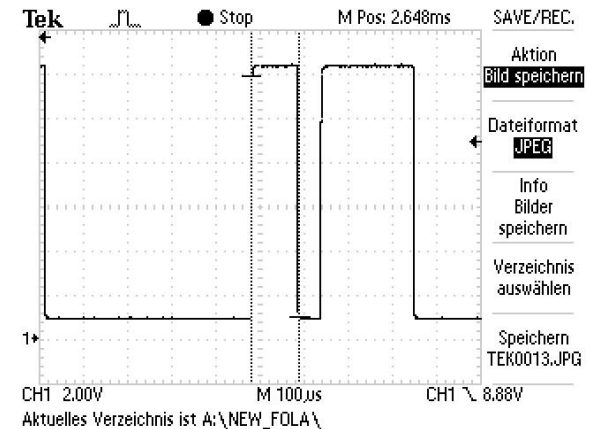


Abbildung 4-9: Data Field 1

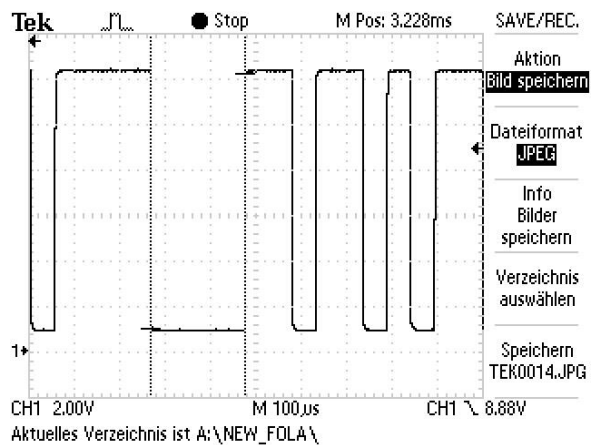


Abbildung 4-10: Data Field 2

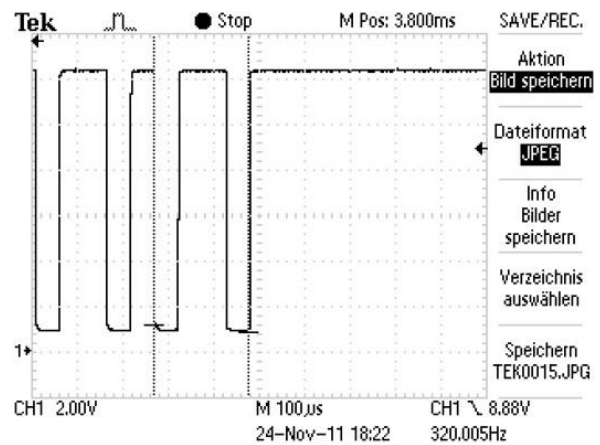


Abbildung 4-11: Checksum

Die Zykluszeit beträgt 50 ms. Dies ist in der Abbildung 1-8: Zykluszeit zu sehen. Um die Zykluszeit ablesen zu können, wurde die Zeitbasis vergrößert.

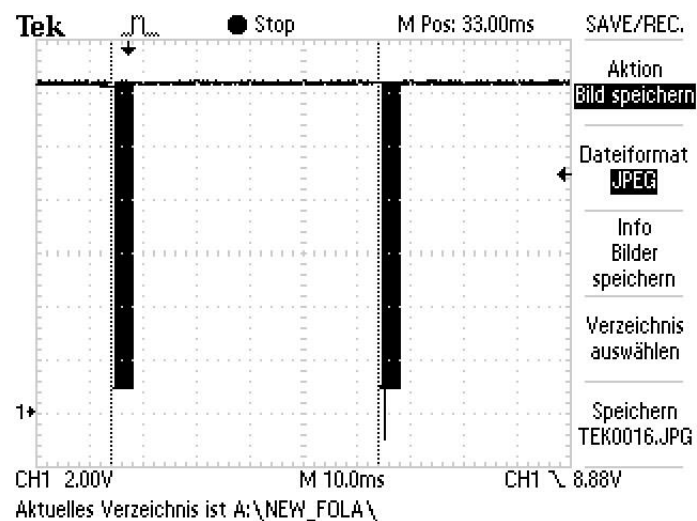


Abbildung 4-12: Zykluszeit

## 4.2. Anwendung eines einfachen Tools zur Busanalyse

### 4.2.1. Aufgabenstellung

Es soll die gesendete LIN-Botschaft aus Aufgabe 4.1. Physikalische Parameter, LIN-Frame mit dem Busanalyse-Tool PLIN-VIEW Pro untersucht werden. Weiterhin sollen die Dateninhalte bei Betätigung der Kippschalter, Drehschalter und Taster an den Teilnehmern analysiert werden.

### 4.2.2. Beschreibung des Versuchsaufbaus

Der LIN-Bus ist im Abschnitt 4.1.2. Beschreibung des Versuchsaufbaus erläutert.

### 4.2.3. Beschreibung der Versuchsdurchführung

Um die LIN-Botschaft aus Aufgabe 1.1. Physikalische Parameter, LIN-Frame zu untersuchen, werden die Teilnehmer 1 und 2 des LIN-Datenbusses aktiviert und mit den Busleitungen verbunden. Das Busanalyse-Tool PLIN-VIEW wird am Laptop aufgerufen und über ein Sub-D9-Kabel wird die Hardware PLIN-USB Pro mit dem LIN-Netzwerk verbunden. Eine Messung wird gestartet.

### 4.2.4. Auswertung des Versuches

Die in Abschnitt 4.1.4. Auswertung des Versuches ermittelten Ergebnisse wurde durch das Busanalyse-Tool PLIN-VIEW bestätigt, wie in Abbildung 1-13: CAN-Botschaft ohne Tastendruck Busanalyse-Tool zu sehen ist.

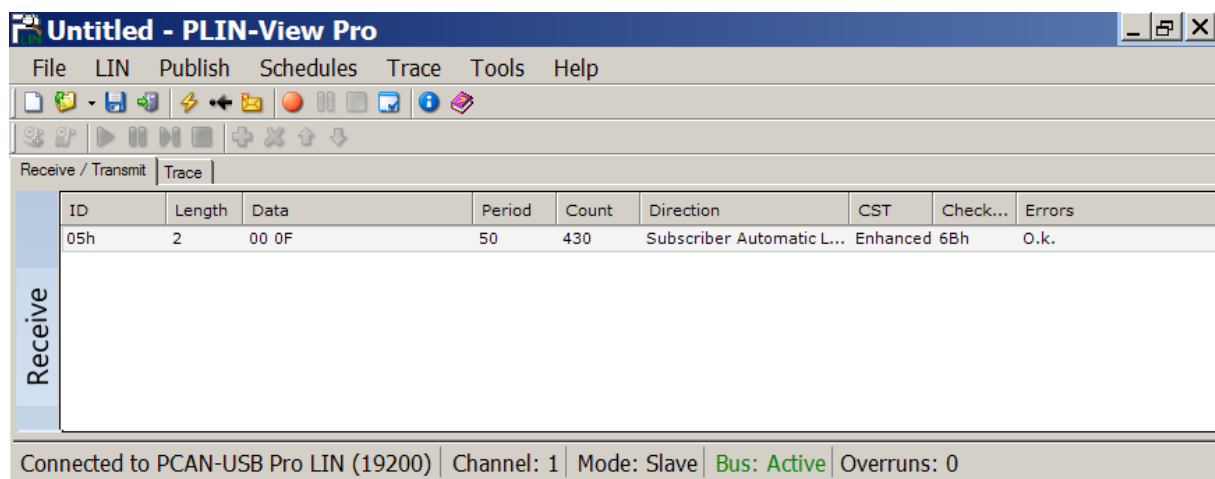


Abbildung 4-13: LIN-Botschaft im Busanalyse-Tool

Wenn der Kippschalter am Teilnehmer 1 in Position „A“ verbleibt, ändert sich nur bei Betätigung des roten Tasters F2 am Teilnehmer 1 das Datenfeld der Nachricht 1 mit dem Identifier 0x05h von 0x000Fh auf 0xE010h. Bei Betätigung des schwarzen Tasters F1 am Teilnehmer 1 ändern sich die gesendeten Daten der Nachricht 1 wieder von 0xE010h auf 0x000Fh. In diesem Fall sendet der Master einen Header zu seiner Slave-Task und diese sendet eine Response an dem Slave im LIN-Netzwerk (Teilnehmer 2). Somit gibt der Master (Teilnehmer 1) dem Slave (Teilnehmer 2) das

Kommando „Ändere die Farbe der LEDs“. In der Abbildung 4-14: Sendevorgang ist dies nochmal bildlich dargestellt.

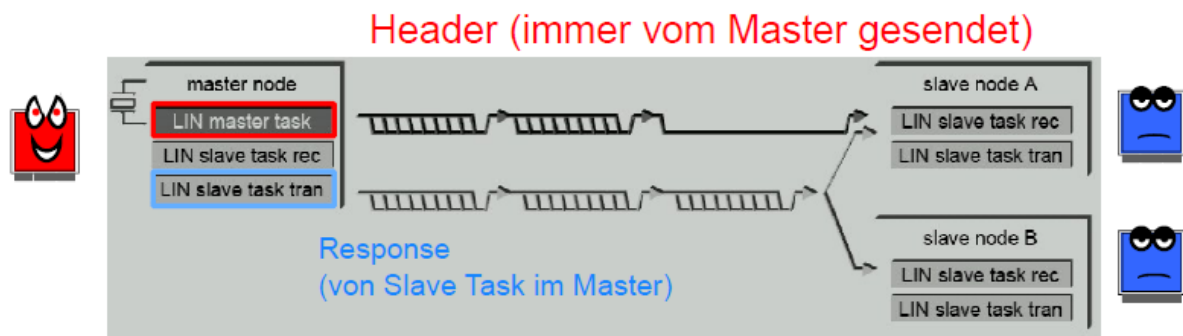


Abbildung 4-14: Sendevorgang

Wenn der Kippschalter am Teilnehmer 1 auf die Position „B“ gestellt wird, wird eine zusätzliche Nachricht gesendet. Die Nachricht 2 hat den Identifier 0x01h und enthält die Daten 0xC118FCFF3FFFF91h, wenn kein Schalter an Teilnehmer 2 betätigt ist. Beide Nachrichten haben nun eine Zykluszeit von 200 ms.

An Teilnehmer 2 befinden sich fünf Kippschalter und zwei Drehschalter, mit denen sich die Daten der Nachricht 2 verändern lassen. Der linke Kippschalter addiert 0x20h zum Wert des zweiten Datenbytes (siehe Abbildung 4-15: Daten der Nachricht 2 mit dazugehöriger Datenbyte-Nummer). Der zweite Kippschalter von links addiert 0x40h zum Wert des zweiten Datenbytes. Wenn der mittlere Kippschalter am Teilnehmer 2 betätigt ist, wird der Wert des zweiten Datenbytes um 0x80h erhöht. Der zweite Kippschalter von rechts addiert 0x01h zum Wert des dritten Datenbytes. Wenn der rechte Kippschalter betätigt ist, wird der Wert des dritten Datenbytes um 0x02h erhöht. Mit dem linken bzw. rechten Drehschalter am Teilnehmer 2 lässt sich der Wert des sechsten bzw. siebten Datenbytes von 0x00h bis 0xFFh einstellen. In diesem Fall sendet der Master (Teilnehmer 1) einen Header an den Slave (Teilnehmer 2) und der Slave antwortet mit einer Response.

Daten: 0x C1 18 FC FF 3F FF FF 91

Nummer des Datenbytes: 1 2 3 4 5 6 7 8

Abbildung 4-15: Daten der Nachricht 2 mit dazugehöriger Datenbyte-Nummer

Untitled - PLIN-View Pro

File LIN Publish Schedules Trace Tools Help

Receive / Transmit Trace

	ID	Length	Data	Period	Count	Direction	CST	Check...	Errors
Receive	05h	2	00 0F	200	9228	Subscriber Automatic L...	Enhanced 6Bh	O.k.	
	01h	8	C1 18 FC FF 3F FF FF 91	200	50	Subscriber Automatic L...	Enhanced 96h	O.k.	

Connected to PCAN-USB Pro LIN (19200) | Channel: 1 | Mode: Slave | Bus: Active | Overruns: 0

Abbildung 4-16: Nachricht 2 im Busanalyse-Tool



## 4.3. Erstellung einer LDF-Datei und Simulation des Masters

### 4.3.1. Aufgabenstellung

Es soll mit dem Busanalyse-Tool PLIN-VIEW Pro die Funktion des Masters simuliert werden. Dabei soll die optische Ausgabe des Slaves angesteuert werden, während der Master vom Bus entfernt ist. Dazu muss ein LIN Definition File (LDF) erstellt werden.

### 4.3.2. Beschreibung des Versuchsaufbaus

Der LIN-Bus ist im Abschnitt 4.1.2. Beschreibung des Versuchsaufbaus erläutert.

### 4.3.3. Beschreibung der Versuchsdurchführung

Zuerst wurde ein LDF-File mit der Software LDFEdit erstellt (siehe Abbildung 4-17: LDF-Schedule). Der Master im LIN-Netzwerk (Teilnehmer 1) wird ausgeschaltet. Um die Simulation zu testen, wird das Busanalyse-Tool PLIN-VIEW Pro aufgerufen und die dazugehörige Hardware PLIN-USB Pro über ein Sub-D9-Kabel mit dem LIN-Datenbus verbunden. Die Startparameter der PLIN-VIEW Software werden konfiguriert, das LDF-File wird in das Busanalyse-Tool geladen und eine Messung wird gestartet.

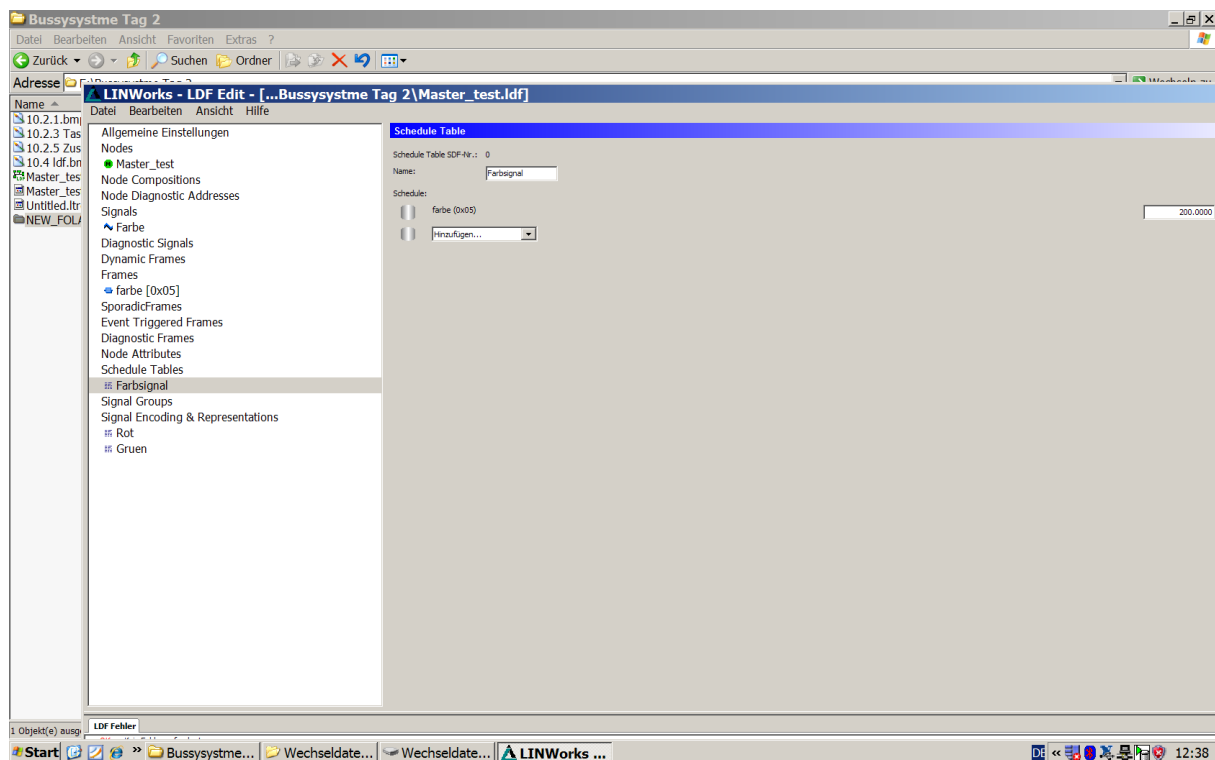


Abbildung 4-17: LDF-Schedule

#### 4.3.4. Auswertung des Versuches

In den folgenden Zeilen ist der Code des LDF-Files gezeigt:

```

LIN_description_file ;
LIN_protocol_version = "2.0" ;
LIN_language_version = "2.0" ;
LIN_speed = 19.200 kbps ;
Nodes {
    Master:Master_test,1.0000 ms,0.0000 ms ;
    Slaves;;
}
Signals {
    Farbe:16,0x00,Master_test;
}
Frames {
    farbe:0x05,Master_test,2{
        Farbe,0;
    }
}
Schedule_tables {
    Farbsignal {
        farbe delay 200.0000 ms ;
    }
}
Signal_encoding_types {
    Rot {
        logical_value,0x0F,"Rot" ;
    }
    Gruen {
        logical_value,0x19,"Gruen" ;
    }
}
Signal_representation {
    Rot:Farbe;
    Gruen:Farbe;
}

```

Die ersten vier Zeilen legen wichtige Parameter wie Baudrate und Protokoll-Version fest. In den weiteren Zeilen sind z. B. die Knoten, also der Master und die Slaves beschrieben.

Die Simulation eines Masters mit der oben genannten Software hat reibungslos funktioniert (siehe Abbildung 4-18: Simulation des Masters). Ein großer Vorteil eines LDF-Files ist, dass alle Daten mit Namen und Bedeutung versehen werden können. Ein weiterer Vorteil ist die Simulation eines Masters (Initiierung der Buskommunikation) oder eines Slaves. Dies ermöglicht das Testen eines LIN-Netzwerkes in der Entwicklungsphase, auch wenn noch nicht alle Steuergeräte verfügbar sind.



## Literaturverzeichnis

- [1] Prof. Dr. rer. nat. Sabbert, Dirk: Bussysteme – Laborskript, 2011
- [2] Prof. Dr. rer. nat. Sabbert, Dirk: Bussysteme – Skript, 2011