



Procontec Automation GmbH

Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades
Bachelor of Engineering
B.Eng.

Kommunikation zwischen KNX / EIB und DALI sowie DMX

vorgelegt von
Martin Ebbing

Geburtsdatum: 14.12.1986 in Wolfen
Matrikelnummer: 17856
Matrikel: BMKAS10
Studiengang: Medien-, Kommunikations- und Automationssysteme
Spezialisierung: Industrie- und Gebäudeautomation

Hochschulbetreuer: Herr Prof. Dr.-Ing. Peter Helm
Firmenbetreuer: Herr Master of Eng. Heiko Walther

Bearbeitungszeitraum: 12.02.2014 – 10.06.2014

Selbstverständniserklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe.

Die Zustimmung der Firma zur Verwendung betrieblicher Unterlagen habe ich eingeholt.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form weder veröffentlicht noch einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ich versichere weiterhin, dass die auf elektronischem Wege eingereichten Unterlagen mit den schriftlichen Ausfertigungen übereinstimmen.

Merseburg, den 10. Juni 2014

Ort, Abgabetermin

Unterschrift des Verfassers

Martin Ebbing

Danksagung

Mit dieser Bachelorarbeit geht nun das Bachelorstudium an der Hochschule Merseburg (FH) zu Ende. Deshalb möchte ich an dieser Stelle ein paar Worte des Dankes an verschiedene Menschen richten, die mein Studium begleitet haben.

Ganz herzlich möchte ich mich bei meinem Firmenbetreuer Master of Eng. Heiko Walther von der Firma *Procontec Automation GmbH* in Leipzig für sein entgegengebrachtes Vertrauen danken. Diese Firma gab mir nicht nur die Möglichkeit mein Industriepraktikum zu absolvieren, des Weiteren konnte ich auch meine Bachelorarbeit hier anfertigen. Außerdem gilt mein Dank Herrn Dipl. Ing. Michael Taubert, welcher mich immer sehr gut betreut hat. Ein weiterer Dank gilt allen Mitarbeitern der Firma *Procontec Automation GmbH*, die mich offen aufgenommen haben und stets ein offenes Ohr für meine Fragen hatten.

Weiter möchte ich einen großen Dank an meinen Hochschulbetreuer Herrn Prof. Dr.-Ing. Peter Helm der Hochschule Merseburg (FH) des Fachbereiches Informatik und Kommunikationssysteme (IKS) für die Betreuung während der gesamten Zeit richten.

Für das Korrekturlesen möchte ich mich bei meiner Schwester Anja Ebbing, bei Frau Dipl. Biol. Anja Zönnchen sowie Bachelor of Eng. Ruben Zönnchen bedanken.

Als Letztes möchte ich ein großes Dankeschön an meine Familie richten, die mich immer unterstützt hat und mir immer motivierend zur Seite stand. Ein Dank geht auch an all die Freunde und Kommilitonen, die mich während meines Studiums begleitet haben. Sie haben mir Kraft, Freude und so manche gute Idee für die Lösung verschiedenster Aufgaben in meinem Studium gegeben. Ohne sie hätte ich diesen Lebensabschnitt sicherlich nicht so gut bewältigen können.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung.....	2
Abkürzungsverzeichnis	6
1. Einleitung.....	7
1.1 Aufbau der Bachelorarbeit	7
1.2 Aufgabe	7
1.3 Stand der Technik	8
1.3.1 KNX	8
1.3.2 DALI	8
1.3.3 DMX	9
2. KNX	10
2.1 Was ist KNX	10
2.2 Funktion von KNX.....	14
2.2.1 Buszugriffsverfahren CSMA/CA	14
2.2.2 Adressierung	15
2.3 KNX – Kommunikation.....	15
2.3.1 Aufbau eines KNX – Telegramms	15
2.3.2 Kommunikationsobjekte	16
2.3.2.1 1-Bit Datenpunktyp	16
2.3.2.2 4-Bit Datenpunktyp	17
2.3.2.3 8-Bit Datenpunktyp	17
2.3.3 Statusmeldung.....	18
2.4 Praktische Umsetzung.....	20
2.4.1 Aufbau des Versuchssystems	20

2.4.2	Projekterstellung.....	20
2.4.3	Programmierung des Tableaus	22
3.	DALI.....	26
3.1	Was ist ein DALI – Bussystem.....	26
3.2	Funktion von DALI	29
3.2.1	Manchester Code	30
3.2.2	Adressierung	31
3.2.3	DALI – Kommunikation.....	31
3.2.3.1	Aufbau eines DALI – Telegramms	31
3.2.3.2	Befehlssatz vom DALI – Master.....	32
3.2.4	Kommunikation zwischen Master und Teilnehmer	33
3.2.5	DALI – Datenbyte	34
3.2.5.1	Aufbau des DALI – Datenbytes.....	34
3.2.5.2	Direkter DALI – Befehl für die Lampenleistung	35
3.2.5.3	Indirekter DALI – Befehl für die Lampenleistung.....	35
3.2.5.4	Konfigurationsbefehle	37
3.3	Praktische Umsetzung.....	38
3.3.1	Versuchsaufbau mit DALI – Gateway.....	38
3.3.2	Inbetriebnahme des DALI – Gateways	39
3.3.3	Einstellung von Parametern	42
3.3.4	Telegramme auf dem DALI – Bus	43
3.3.4.1	Ein- und Ausschalttelegramm	43
3.3.4.2	Szenenaufruf.....	44
3.3.4.3	Lichtwertaufruf	44
4.	DMX 512.....	45

4.1	Was ist DMX 512.....	45
4.2	Funktion von DMX 512.....	47
4.2.1	Adressierung	47
4.2.2	DMX-512A Protokoll.....	48
4.3	Praktische Umsetzung des DMX – Gateways	51
4.3.1	Versuchsaufbau mit DMX – Gateway.....	51
4.3.2	Inbetriebnahme DMX – Gateway.....	52
4.3.3	Einstellung der Parameter des DMX – Gateways	54
4.3.3.1	Einstellung der KNX – Parameter	54
4.3.3.2	Einstellung der DMX – Parameter.....	54
4.3.3.3	Erstellung eines Projektes	55
5.	Zusammenfassung	56
	Literaturverzeichnis.....	58
	Abbildungsverzeichnis	60
	Tabellenverzeichnis	61
	Formelverzeichnis.....	61
	Anhang	61

Abkürzungsverzeichnis

<i>ABB</i> ¹	Asea Brown Boveri; Energie und Automatisierungskonzern
AC	alternating Current; Wechselstrom
CSMA/CA	Carrier Senes Multiple Access with Collision Avoidance; Buszugriffsverfahren mit Kollisionsvermeidung
<i>DALI</i>	Digital Addressable Lighting Interface; Bussystem
DC	direct Current; Gleichstrom
DIP	Dual in-line package; Schalterbauform mit zwei parallel angeordneten Anschlussreihen
<i>DMX</i>	Digitale Multiple X; Lichtsteuerungsbus
DTR	Data-Transfer-Register
EIB	Europäischer Installationsbus
ETS 3	Engineering-Tool-Software der Version 3; Projektierungs- und Inbetriebnahmetool für ein <i>KNX</i> -Projekt
EVG	elektronisches Vorschaltgerät; Vorschaltgerät für Leuchten
IP-Adresse ²	Internetprotokoll-Adresse; Adresse in Computernetzwerken
<i>KNX</i>	Konnex; Gebäudesystembus
MAC-Adresse ³	Media-Access-Control-Adresse; Hardware-Adresse einer Netzwerkkomponente
PC	Personal Computer
RGB ⁴	Farben Rot, Grün und Blau; additiver Farbraum der Farbwahrnehmungen nachbildet
RGBW	Farben Rot, Grün, Blau, Weiß; additiver Farbraum der Farbwahrnehmungen nachbildet mit einer separaten Weißfarbe
RL	Routingzähler / Länge
STRG	Steuerung
TLN	Teilnehmer
USB	Universal Serial Bus
USITT	United States Institute for Theatre Technology

¹ [17]

² [16]

³ [15]

⁴ [14]

1. Einleitung

1.1 Aufbau der Bachelorarbeit

Zu Beginn der vorliegenden Arbeit steht das einleitende Kapitel. Darin wird die Aufgabenstellung dargelegt. Im zweiten Abschnitt der Arbeit wird auf das *KNX*-Bussystem, als grundlegendes System eingegangen. Im sich anschließenden dritten Kapitel wird das *DALI*-Bussystem betrachtet. Der letzte Abschnitt der Bachelorarbeit geht auf ein Lichtsteuerungsbussystem ein. Am Ende eines jeden Kapitels wird die praktische Umsetzung eines jeden Bussystems genauer erläutert. Die Zusammenfassung mit Ausblick beendet die Bachelorarbeit.

1.2 Aufgabe

Ziel dieser Bachelorarbeit ist die Untersuchung der Kommunikation von dem Bussystem *KNX* mit dem Lichtbussystem *DALI* und mit dem Lichtsteuerungsbussystem *DMX*. Der Grund dieser Analyse ist die Anwendung der Kommunikation in einem Konferenzsaal, der sich in einem Kongresscenter befindet. Die gesamte Beleuchtung in diesem Kongresscenter wird über ein *KNX*-Bussystem gesteuert. Die Steuerung der Beleuchtung im Konferenzsaal erfolgt mit Hilfe eines *DALI*-Bussystems. Des Weiteren befinden sich noch RGB-Leuchten in diesem Saal. Die Ansteuerung der RGB-Leuchten erfolgt durch ein *DMX*-Bussystem. Die gesamte Beleuchtung im Saal soll während einer Veranstaltung von einem Mischpult aus dem Regieraum steuerbar sein. Des Weiteren geht es um die Arbeitsweise der Gateways, welche für diese Aufgabe zum Einsatz kommen. Ebenfalls wird die Umsetzung der einzelnen Telegramme der unterschiedlichen Bussysteme näher betrachtet. Die dafür benötigten *DALI*- und *DMX*-Gateways werden von bekannten Herstellern bezogen.

1.3 Stand der Technik

1.3.1 KNX

In der heutigen Zeit spielt die Steuerung von verschiedenen Systemen, z.B. der Elektro-, Heizungs- und Klimatechnik in Gebäuden, eine große Rolle. Im Jahre 1990 entwickelten führende Hersteller in Deutschland ein Bussystem. Dieses wurde dann im Jahre 1991 als Europäischer Installationsbus (EIB) auf den Markt gebracht, stetig verbessert und erweitert. Aus dem Europäischen Installationsbus entwickelte sich der neue KONNEX-Bus, welcher im Jahr 2003 standardisiert wurde. Dieses Bussystem entwickelte sich zu einem weltweiten, einheitlichen System.

Für die Projektierung und Inbetriebnahme dieses Bussystems wurde eine Software, die Engineering-Tool-Software (ETS), entwickelt. Dieses Programm ist eine herstellerunabhängige Software, welche auf der Seite der KNX-Association im Internet angeboten wird. Die momentan aktuelle Version ist die Version 4. Sie kann in unterschiedlichen Ausführungen erworben werden.

Für die Projektierung und Inbetriebnahme des Versuchssystems kommt die Version 3 zum Einsatz, da die Praktikumsfirma dafür eine Lizenz besitzt.

1.3.2 DALI

Die Anforderung an die heutige Beleuchtungstechnik ist vielfältig. Sie soll nicht nur Licht für Sehaufgaben bereitstellen, sondern auch funktional und energiesparend sein. Selbst die analoge 1 – 10V Steuerung ist für solche Aufgaben zu unflexibel. Durch den Einzug der Mikroprozessortechnik in die Beleuchtungstechnik konnte sich eine neue digitale Kommunikation entwickeln. Dieses Bussystem kann mit einem geeigneten Umsetzer in ein übergeordnetes Gebäudemanagementsystem eingebunden werden.

1.3.3 DMX

Um aufwändige Bühnenshows realisieren zu können, ist eine computergesteuerte Beleuchtungstechnik vonnöten. Um dies zu ermöglichen, musste eine digitale Kommunikation entwickelt werden. Eine richtige Entwicklung eines *DMX*-Standards gelang erst durch den Einzug der Mikrocontroller in die Bühnenbeleuchtung. Im Jahre 1990 wurde der *DMX 512*-Standard verabschiedet. Durch Verbesserungen und Weiterentwicklungen in der Beleuchtungstechnik wurde dieser dann im Jahre 2000 durch den heutigen *DMX 512A*-Standard ersetzt.

2. KNX

2.1 Was ist KNX⁵

KNX ist ein digitales Bussystem für die Gebäudeautomatisierung. Die Abkürzung *KNX* steht für **KONNEX**. Standards für diesen Bus sind von der Konnex Association festgelegt worden. Die Association besteht aus einem Zusammenschluss von mehreren europäischen Hersteller- und Anwenderfirmen.

Die Kommunikation bei diesem System erfolgt über einen Datenbus, auf dem alle Teilnehmer senden und empfangen können. Die Verwaltung der Datenübertragung erfolgt von jedem einzelnen Teilnehmer selbst. Bei diesem Bussystem wird ein Multi-Master-System verwendet, welches das CSMA/CA Buszugriffsverfahren benutzt. In einem Liniensegment können 64 Teilnehmer installiert werden. Durch den Einsatz von Linienverstärker kann ein Liniensegment auf maximal 256 Teilnehmer erweitert werden. Einzelne Linien werden über Linienkoppler und verschiedene Bereiche über Bereichskoppler miteinander verbunden. Das Bussystem kann als Linienstruktur, Stern- oder Baumstruktur oder als Mischstruktur aufgebaut werden. Mit der folgenden Abbildung 1 soll der Aufbau der verschiedenen Busstrukturen dargestellt werden.

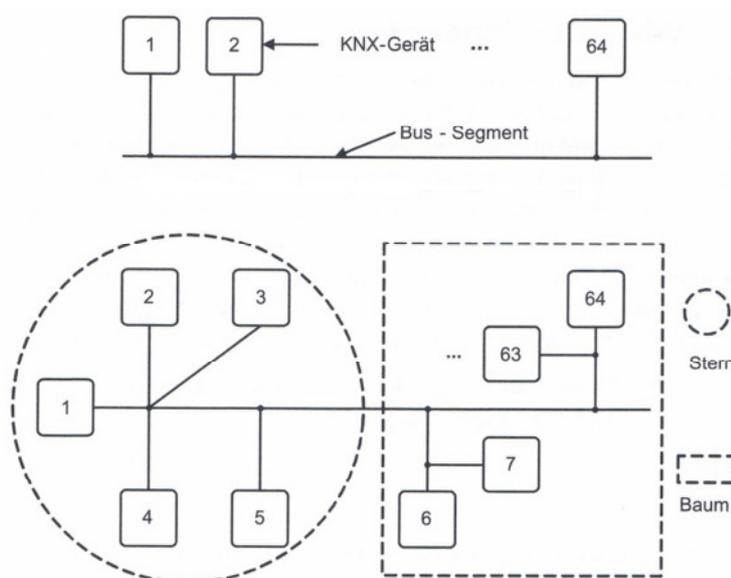


Abbildung 1: Topologiearten KNX / EIB⁶

⁵ [2]

⁶ [2 S. 28]

Im oberen Abschnitt der Abbildung 1 ist die Linienstruktur dargestellt. Der untere Abschnitt der Abbildung 1 bildet eine Mischstruktur ab. Diese besteht aus einer Sternstruktur im linken Teil der unteren Abbildung 1 und einer Baumstruktur im rechten Teil der unteren Abbildung 1.

Jedes Bussegment besitzt eine eigene spezielle Spannungsversorgung. Der maximale Abstand der Spannungsversorgung zu einem Teilnehmer darf 350m nicht überschreiten.

Die maximale Gesamtlänge der Busleitung in einem Bussegment beträgt 1000m. Dabei darf die Entfernung zwischen dem ersten und dem letzten Teilnehmer des Bussegmentes nicht größer als 700m sein. Des Weiteren ist zu beachten, dass sich nicht mehr als 6 Koppler zwischen den zwei weitest entfernten miteinander kommunizierenden Teilnehmern befinden. Dieses Bussystem muss nicht durch einen Abschlusswiderstand terminiert werden, da die Datenübertragungsgeschwindigkeit des Bussystems nicht so hoch ist.

Ein komplettes *KNX*-Bussystem kann maximal aus 16 Bereichen, mit jeweils 16 Linien pro Bereich bestehen. Die sich anschließende Abbildung 2 stellt ein maximal ausgebautes *KNX*-Bussystem dar.

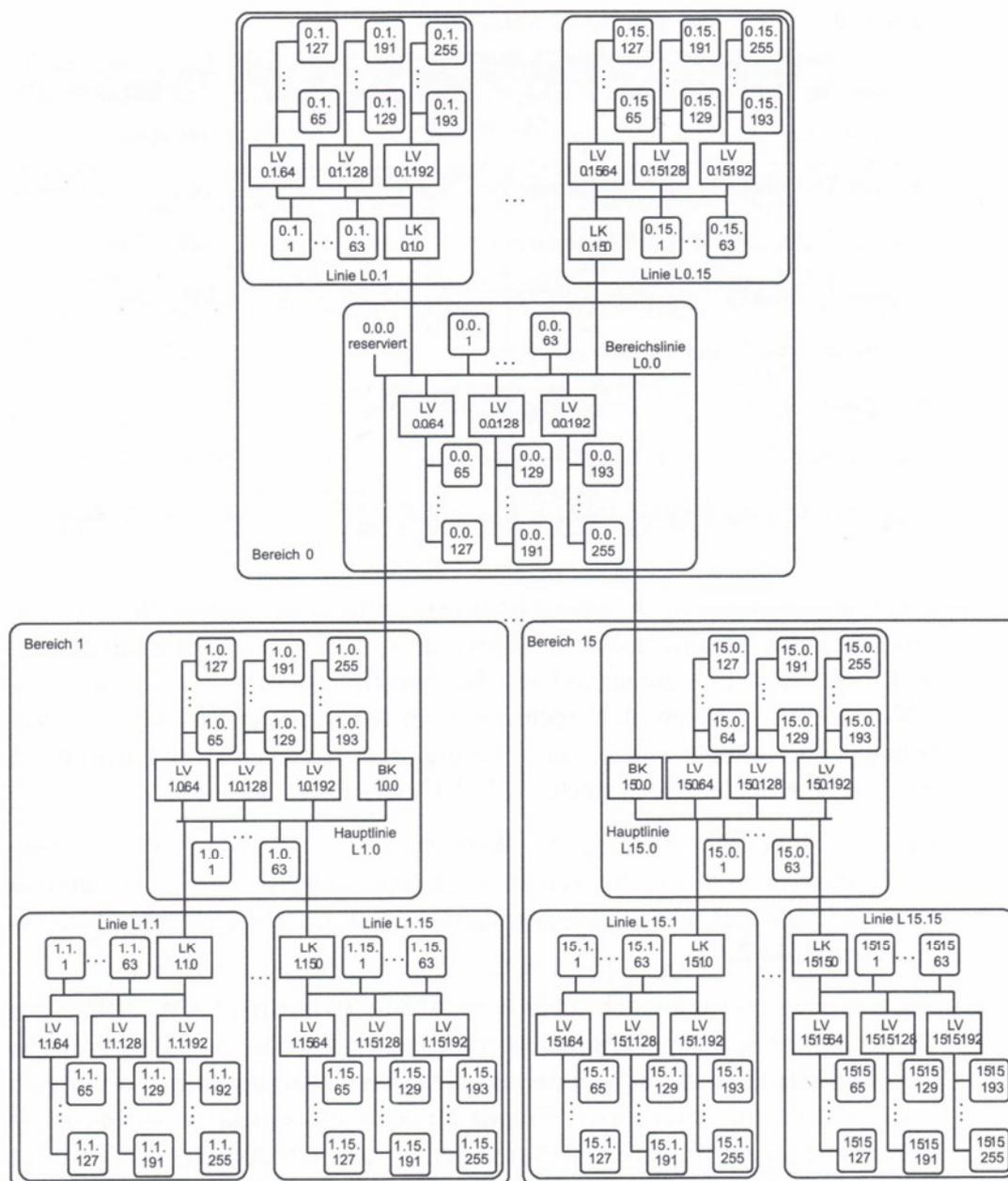


Abbildung 2: maximal ausgebautes Bussystem⁷

In einem maximal ausgebauten Bussystem können 64.512 Teilnehmer adressiert werden. Jeder Teilnehmer erhält bei diesem Bussystem eine eindeutige physikalische Adresse. Über diese Adresse kann jeder Teilnehmer identifiziert und direkt angesprochen werden, da diese Adresse nur einmal im gesamten System vergeben ist. Die Adressvergabe erfolgt bei diesem Bussystem nicht automatisch, sondern wird über die Engineering-Tool-Software organisiert.

⁷ [2 S. 35]

Sollen zwei verschiedene Bussysteme, wie zum Beispiel das *KNX*-Bussystem mit dem *DALI*-Bussystem gekoppelt werden, kommt ein Gateway zur Anwendung. Das Gateway setzt die Information des einen Bussystems, jeweils in die passende Telegrammart des anderen Bussystems um. Somit kann eine sichere Kommunikation zwischen den beiden Bussystemen erreicht werden. Ein schematischer Systemaufbau wird in der Abbildung 3 dargestellt.

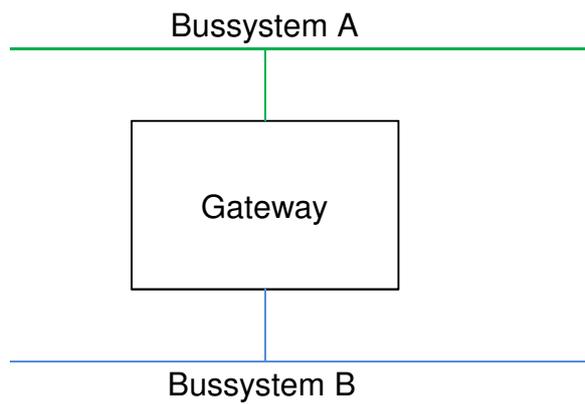


Abbildung 3: Kommunikation von zwei Bussystemen

2.2 Funktion von KNX

2.2.1 Buszugriffsverfahren CSMA/CA⁸

Das CSMA/CA ist ein zufälliges Buszugriffsverfahren mit Kollisionsvermeidung. Die Bezeichnung CSMA/CA steht für **C**arrier **S**enes **M**ultiple **A**ccess with **C**ollision **A**voidance. Bei dem CSMA/CA Verfahren ist das Low-Signal das aktive Signal und das High-Signal wird als Busruhe interpretiert. Bei diesem Verfahren kann jeder Teilnehmer, zu jeder Zeit auf den Bus zugreifen. Beim Senden eines Telegramms hört der sendende Teilnehmer gleichzeitig den Busverkehr mit. Senden zwei Teilnehmer zur gleichen Zeit ein Telegramm, setzt sich der Teilnehmer durch, der zuerst ein Low-Signal in seinem Telegramm sendet. Der andere Teilnehmer zieht sich vom Bus zurück und versucht sein Telegramm nach dem anderen Teilnehmer zu senden. Die Abbildung 4 stellt dies noch einmal grafisch dar. Bei diesem Bussystem beträgt die Datenübertragungsrate 9600 Bit pro Sekunde.

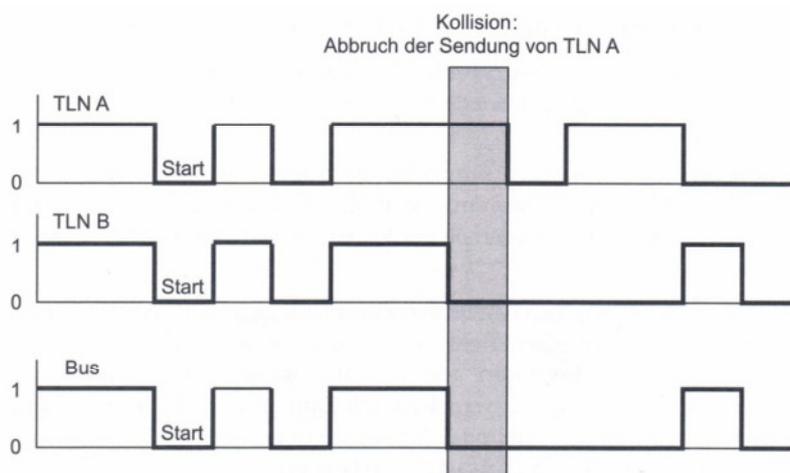


Abbildung 4: Kollisionserkennung von Teilnehmern (TLN)⁹

⁸ [2]

⁹ [2 S. 47]

2.2.2 Adressierung

Die Adressstruktur dieses Bussystems kennt zwei Arten, die physikalische Adresse für die Teilnehmer des Bussystems und die Gruppenadresse. Über die physikalische Adresse kann jedes Gerät genau identifiziert werden, da diese Adresse nur einmal in einem Bussystem vergeben ist.

Mit Hilfe der Gruppenadresse werden die Funktionen der Teilnehmer miteinander verknüpft. Verschiedene Geräte im Bussystem, die sich an unterschiedlichen Stellen befinden können, werden mit der Gruppenadresse zusammengefasst. Bei der Programmierung des Teilnehmers werden die physikalische Adresse und die verwendeten Gruppenadressen in den internen Speicher des Teilnehmergerätes geschrieben.

2.3 KNX – Kommunikation

2.3.1 Aufbau eines KNX – Telegramms

Tabelle 1: Aufbau eines KNX-Telegramms¹⁰

Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Byte 8	...	Byte 9...23
Strg 8 Bit	Quelladresse 16 Bit		Zieladresse 16 + 1 Bit		RL 7 Bit	Nutz - Daten 2 - 16 Byte			Parität 8 Bit

Im Steuerfeld, welches das „Byte 1“ ist, sind Informationen über das Telegramm enthalten.

Die Bytes 2 und 3 beinhalten die physikalische Adresse des Telegrammabsenders.

In den sich anschließenden Bytes 4 und 5 ist die 16 Bit lange Zieladresse hinterlegt.

Das erste Bit vom 6. Byte gibt Auskunft, ob es sich um eine physikalische Zieladresse oder eine Gruppenadresse handelt. In den restlichen sieben Bits vom 6. Byte sind Informationen über den Durchleitungszähler, welcher den unnötigen Weitertransport von Telegrammen verhindert. Außerdem ist an dieser

¹⁰ [2 S. 53]

Stelle noch die Länge der Nutzdaten abgelegt. Die Länge der Nutzdaten ist vom Kommunikationsobjekt abhängig.

Die Kommunikationsobjekte können eine Länge von 1 Bit bis zu 14 Byte haben, dadurch kann sich auch die Länge des *KNX*-Telegramms verändern. Das letzte Byte eines jeden Telegramms ist das Sicherungsbyte, das mögliche Verfälschungen in den Daten im Telegramm erkennbar macht.

2.3.2 Kommunikationsobjekte ¹¹

Kommunikationsobjekte werden nach ihren Datenpunkttypen unterschieden. Die am Häufigsten verwendeten Datenpunkttypen sind der 1-Bit, 4-Bit und 8-Bit Datenpunkttyp, welche nachfolgend genauer erklärt werden. Die Kommunikationsobjekte können nur über eine Gruppenadresse miteinander verbunden werden, wenn sie den gleichen Datenpunkttyp besitzen. Dabei gilt es zu beachten, dass die Gruppenadresse nur einen bestimmten Datenpunkttyp annehmen kann.

2.3.2.1 1-Bit Datenpunkttyp

Mit diesem Datenpunkttyp werden Schaltbefehle an Aktoren, welche relaisartige Geräte sind, übermittelt. Dabei wird das letzte Bit im 8. Byte, das eine logische 1 oder 0 annehmen kann, genutzt, um die Information abzulegen. Je nach Inhalt des letzten Bits wird der Aktor ein – bzw. ausgeschaltet. Den Aufbau eines solchen Telegramms zeigt die nachfolgende Tabelle 2.

Tabelle 2: 1-Bit Telegramm

Byte 1		Byte 2		Byte 3		Byte 4		Byte 5	
1011	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx
Strg		Quelladresse				Zieladresse +1 Bit			
Byte 6		Byte 7		Byte 8		Byte 9			
xxxx	xxxx	0000	0000	1000	0001	xxxx	xxxx		
RL		Datenbyte 1		Datenbyte 2		Parität			

¹¹ [12]

2.3.2.2 4-Bit Datenpunkttyp

Der 4-Bit Datenpunkttyp wird für das relative Dimmen von Leuchten eingesetzt. Über ihn werden Leuchten schrittweise auf und ab gedimmt. Die dafür benötigten Informationen sind in den letzten vier Bits des 8. Bytes abgelegt. Die Tabelle 3 zeigt den Aufbau eines solchen Telegramms.

Tabelle 3: 4-Bit Telegramm

Byte 1		Byte 2		Byte 3		Byte 4		Byte 5	
1011	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx
Strg		Quelladresse				Zieladresse +1Bit			

Byte 6		Byte 7		Byte 8		Byte 9	
xxxx	xxxx	0000	0000	1000	1001	xxxx	xxxx
RL		Datenbyte 1		Datenbyte 2		Parität	

2.3.2.3 8-Bit Datenpunkttyp

Mit dem 8-Bit Datenpunkttyp werden Werte, wie zum Beispiel Helligkeitswerte, die beim Dimmen einer Leuchte zur Anwendung kommen, übertragen. Diese Werte können als Prozentwerte von 0 bis 100% oder als Zählerwerte von 0 bis 255 übermittelt werden. In Abhängigkeit von der Herstellerapplikation kann mit dem Zahlenwert 0 und dem Wert 255 eine Leuchte aus- bzw. eingeschaltet werden. Der zu übertragende Wert wird binär codiert und in das 9. Byte geschrieben. Die sich anschließende Tabelle 4 stellt den Aufbau eines solchen Telegramms dar.

Tabelle 4: 8-Bit Telegramm

Byte 1		Byte 2		Byte 3		Byte 4		Byte 5	
1011	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx
Strg		Quelladresse				Zieladresse +1Bit			

Byte 6		Byte 7		Byte 8		Byte 9		Byte 10	
xxxx	xxxx	0000	0000	0000	1000	1010	1101	xxxx	xxxx
RL		Datenbyte 1		Datenbyte 2		Datenbyte 3		Parität	

2.3.3 Statusmeldung¹²

Um Schaltzustände von Aktoren oder anderen Teilnehmern auf einer Visualisierung darstellen zu können, benötigt man Informationen, die vom Teilnehmer selbst kommen. In diesen Informationen können Schaltzustände oder sogar ganze Lichtwerte enthalten sein. Die nachfolgende Tabelle 5 stellt den Unterschied zwischen einem 8-Bit Befehlstelegramm und einer 8-Bit Statusmeldung farblich dar.

Tabelle 5: Unterschied zwischen Befehls- und Statustelegamm
(Änderung wurde farblich hervorgehoben)

Befehlstelegramm

Byte 1		Byte 2		Byte 3		Byte 4		Byte 5	
1011	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx
Strg		Quelladresse				Zieladresse +1 Bit			

Byte 6		Byte 7		Byte 8		Byte 9		Byte 10	
xxxx	xxxx	0000	0000	0000	1000	1010	1101	xxxx	xxxx
RL		Datenbyte 1		Datenbyte 2		Datenbyte 3		Parität	

¹² [2]

Statustelegamm

Byte 1		Byte 2		Byte 3		Byte 4		Byte 5	
1000	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx
Strg		Quelladresse				Zieladresse +1 Bit			
Byte 6		Byte 7		Byte 8		Byte 9		Byte 10	
xxxx	xxxx	0000	0000	0000	1000	1010	1101	xxxx	xxxx
RL		Datenbyte 1		Datenbyte 2		Datenbyte 3		Parität	

Als Telegrammaufbau nutzt man denselben Datenpunktyp wie für die Befehlsübermittlung. Dabei beinhaltet das 4. und 5. Bit des Steuerbytes eine logische 0 anstatt einer logischen 1, wie es bei einem Befehlstelegramm üblich wäre.

2.4 Praktische Umsetzung

2.4.1 Aufbau des Versuchssystems

Die für den Versuchsaufbau zur Anwendung kommenden Geräte wurden vom Auftraggeber vorgegeben.

Für den Versuchsaufbau kommt eine Busspannungsversorgung des Typs SV/S 30.640.S von dem Hersteller *ABB* zum Einsatz. Mit deren Hilfe wird das gesamte Bussystem mit einer Gleichspannung von 30V und einem Nennstrom von 640mA versorgt. Um Zugriff auf das Bussystem zu erhalten, kommt eine USB-Schnittstelle von der Firma *Siemens* zur Anwendung. Zur Ansteuerung der Lampen wird ein Tableau des Typs Facility Color Touch Panel IP 701 von der Firma *Jung* verwendet. Ein schematischer Aufbau des Gebäudeleitsystems ist in der Abbildung 5 ersichtlich.

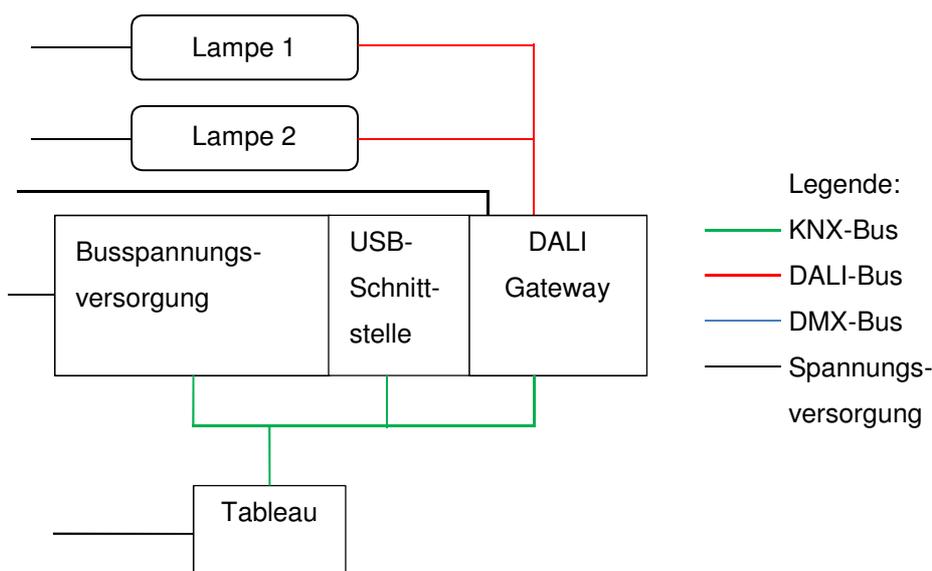


Abbildung 5: schematischer Aufbau des Gebäudeleitsystems

2.4.2 Projekterstellung

Für die Erstellung des Projektes kommt eine herstellerunabhängige Software, die Engineering-Tool-Software (ETS) der Version 3, zum Einsatz. Mit Hilfe dieser Software wird für das Projekt eine Datenbank erstellt, in die die hersteller- und gerätespezifischen Produktdaten der verwendeten Geräte importiert werden. Die Produktdaten enthalten spezielle Applikationen und Parameter der

einzelnen Geräte z.B. für das DALI - Gateway. Jeder Hersteller stellt die Produktdaten für die Geräte auf seiner eigenen Internetseite zum Download bereit. Anschließend werden die verwendeten Geräte im Projekt nacheinander angelegt und erhalten damit automatisch eine eigene physikalische Adresse, welche geändert werden kann.

Die sich anschließende Abbildung 6 zeigt die Topologie des KNX-Projektes im Engineering-Tool ETS 3.

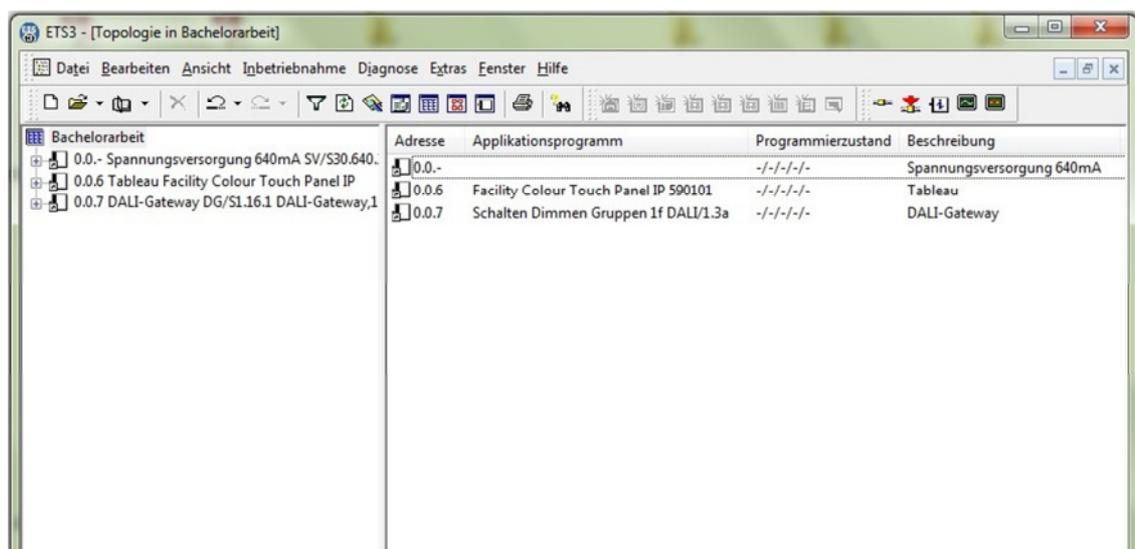


Abbildung 6: Topologie des KNX-Projektes

Im nächsten Schritt wird das Fenster für die Gruppenadressen geöffnet, in welchem eine Hauptgruppe mit zwei Mittelgruppen angelegt wird. Die zwei Mittelgruppen erhalten den Namen Tableau und *DMX*.

In der Mittelgruppe Tableau werden 10 Untergruppenadressen angelegt, welche für Schalt-, Lichtwert- und Statusbefehle Verwendung finden. Für den Szenenaufwurf wird eine weitere Untergruppenadresse erstellt.

Die Mittelgruppe *DMX* erhält sechs Untergruppenadressen. Zwei der Untergruppenadressen sind für Schaltbefehle der Lampen vorgesehen. Mit zwei weiteren Untergruppenadressen werden Lichtwerte vom *DMX*-Bus auf den *KNX*-Bus übertragen. Die Rückmeldungen zum aktuellen Lichtwert jeder Lampe erfolgt mit Hilfe von zwei weiteren Gruppenadressen.

Eine Übersicht über die im gesamten Projekt verwendeten Gruppenadressen zeigt die Abbildung 7.

Adresse	Name	Zentral	Durch Linienkoppler durchlassen
1	Schalten Gruppe 1	Nein	Nein
2	Schalten Gruppe 2	Nein	Nein
3	Schalten Gruppe 3	Nein	Nein
10	Lichtwert Gruppe 1	Nein	Nein
11	Lichtwert Gruppe 2	Nein	Nein
12	Lichtwert Gruppe 3	Nein	Nein
20	Szene	Nein	Nein
25	Status Gruppe 1	Nein	Nein
26	Status Gruppe 2	Nein	Nein
27	Status Gruppe 3	Nein	Nein

Abbildung 7: Gruppenadressen im Projekt

2.4.3 Programmierung des Tableaus ¹³

Das verwendete Tableau der Firma *Jung* ist ein Touch-Tableau mit einer Bildschirmdiagonale von 146,8mm. Es kommt für die Ansteuerung der Leuchten zur Anwendung.

Auf dem Tableau werden mit Hilfe einer Software eine Menüseite und weitere Steuerungsseiten für die Leuchten erstellt. In dem sich anschließenden Abschnitt erfolgt eine genauere Erklärung der einzelnen Seiten.

Auf der Menüseite kann man zwischen Lichtansteuerung und Szenenansteuerung wählen. Mit Hilfe der Lichtsteuerungsseite ist es möglich, die Leuchten mit verschiedenen Lichtwerten anzusteuern. Auf der Szenenseite kann zwischen fünf verschiedenen Szenen gewählt werden. Die Menüseite wird in der Abbildung 8 dargestellt.

¹³ [18]



Abbildung 8: Menüseite auf dem Tableau der Firma Jung

Durch Betätigung eines gewünschten Buttons auf der Menüseite gelangt man auf die dazugehörige Seite.

Die Seite Lichtsteuerung kommt für alle angelegten Lichtgruppen, aber mit unterschiedlichen Gruppenadressen, zur Anwendung. Die hierfür benötigten Gruppenadressen werden bei dem *DALI*-Gateway jeweils auf die Funktion Helligkeitswert der Gruppe geknüpft.

Die nachfolgende Abbildung 9 stellt die Lichtsteuerungsseite dar.



Abbildung 9: Lichtsteuerseite auf dem Tableau der Firma Jung

Die Befehle „Licht ein“ und „Licht aus“ sind als Schalttelegramm auf dem Tableau angelegt. Dieser Gruppenadrestyp besitzt eine Länge von 1 Bit und wird auf die Funktion „Schalten“ beim *DALI*-Gateway gelegt.

Die Betätigung des Buttons „Licht 30% ein“, löst ein Werttelegramm mit einem Lichtwert von 77 aus. Bei dem Befehl „Licht 50% ein“ beträgt der Lichtwert 153 und der Befehl „Licht 80% ein“ setzt den aktuellen Lichtwert auf 204. Die Länge dieses Gruppenadrestyps beträgt 1 Byte.

In der Abbildung 10 ist die Tableauseite der Szenenauswahl zu sehen.

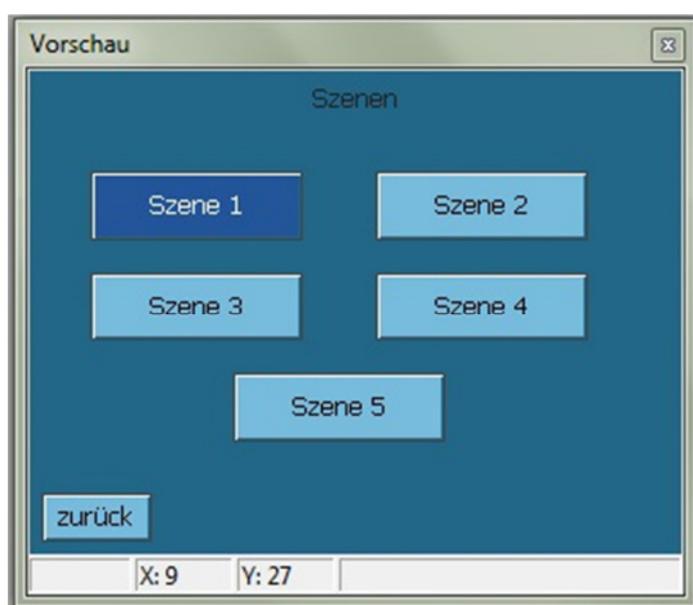


Abbildung 10: Szenen auf dem Tableau der Firma Jung

Mit der Betätigung eines Szenebuttons wird ein Szenetelegramm ausgelöst. Dadurch wird die momentane Lichtstimmung im Raum, durch die in der Szene festgelegte Lichtstimmung ersetzt. Die dafür benötigten Lichtwerte sind im *DALI*-Gateway hinterlegt. Welche Szene aufgerufen wird, zeigt die Bezeichnung des Buttons. Eine Änderung der Lichtwerte für bestimmte Szenen oder die Änderung der Beschriftung der Buttons kann nur vom Programmierer durchgeführt werden. Dieser Gruppenadrestyp ist ebenfalls 1 Byte lang und wird mit der Funktion „8-Bit Szene“ auf dem *DALI*-Gateway verknüpft.

Das komplett mit allen nötigen Gruppenadressen belegte DALI – Gateway zeigt die sich anschließende Abbildung 11.

Nu...	Name	Funktion	Gruppenadressen	Länge	Beschreibung
0	Gruppe 1	Schalten	15/2/1	1 bit	
2	Gruppe 1	Relativ Dimmen		4 bit	
3	Gruppe 1	Helligkeitswert	15/2/10	1 Byte	
4	Gruppe 1	Status Helligkeitswert	15/2/25	1 Byte	
6	Gruppe 2	Schalten	15/2/2	1 bit	
8	Gruppe 2	Relativ Dimmen		4 bit	
9	Gruppe 2	Helligkeitswert	15/2/11	1 Byte	
10	Gruppe 2	Status Helligkeitswert	15/2/26	1 Byte	
12	Gruppe 3	Schalten	15/2/3	1 bit	
14	Gruppe 3	Relativ Dimmen		4 bit	
15	Gruppe 3	Helligkeitswert	15/2/12	1 Byte	
16	Gruppe 3	Status Helligkeitswert	15/2/27	1 Byte	
18	Gruppe 4	Schalten		1 bit	
20	Gruppe 4	Relativ Dimmen		4 bit	
21	Gruppe 4	Helligkeitswert		1 Byte	
96	Ausgang A	Schalten		1 bit	
97	Ausgang A	Status Schalten		1 bit	
98	Ausgang A	Relativ Dimmen		4 bit	
99	Ausgang A	Helligkeitswert		1 Byte	
1...	Ausgang A	Störmeldung sperren		1 bit	
1...	Ausgang A	Flexible Dimmzeit		1 Byte	
1...	Ausgang A	Teilnehmer aufspüren		1 bit	
1...	Szene 1...14	8-Bit-Szene	15/2/20	1 Byte	
1...	Allgemein	Man. Bed. Sperren/Status		1 bit	
1...	Allgemein	Diagnose		2 Byte	
1...	Allgemein	Diagnose anfordern		1 Byte	

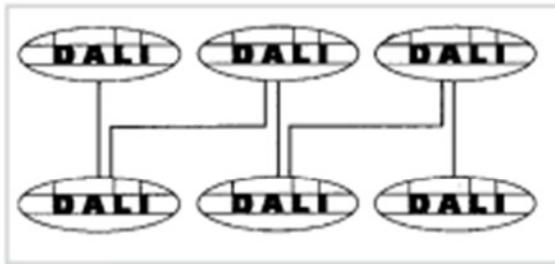
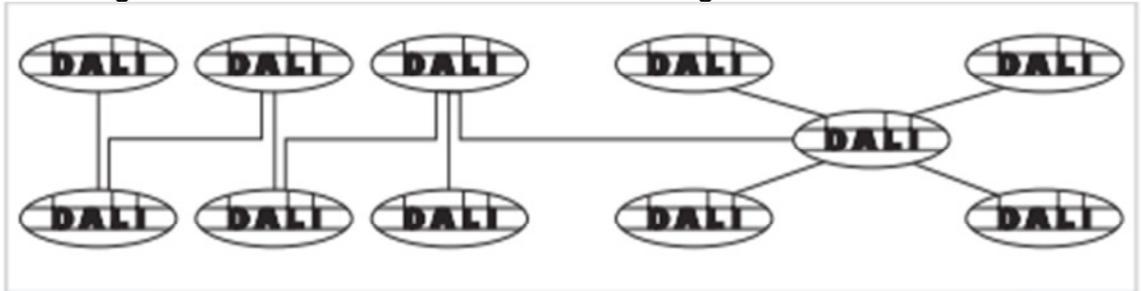
Abbildung 11: belegtes DALI - Gateway

3. DALI

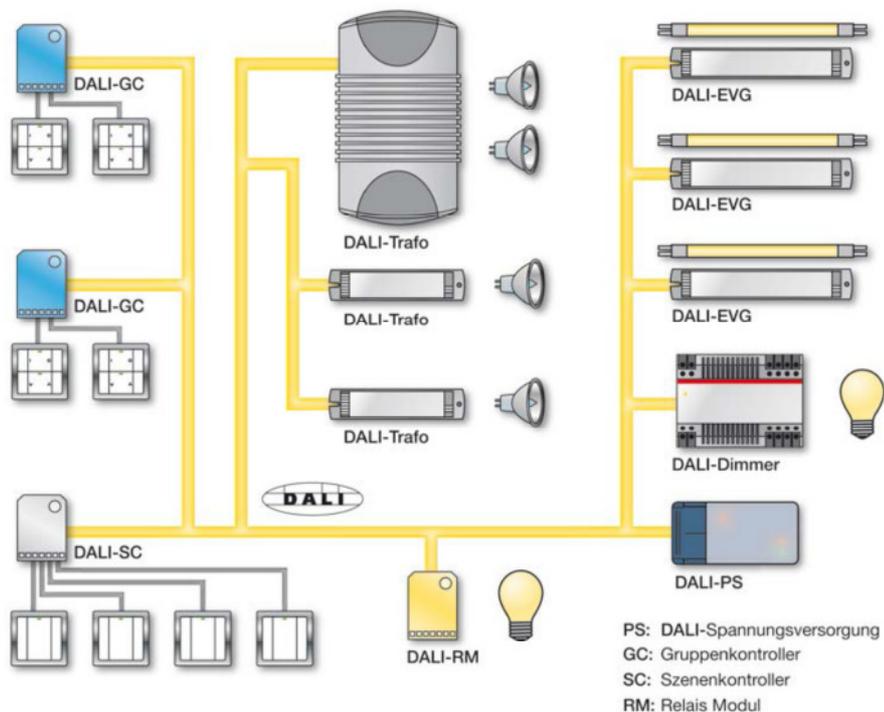
3.1 Was ist ein DALI – Bussystem¹⁴

DALI ist ein digitales Bussystem für Ansteuersignale von lichttechnischen Geräten in der Gebäudeautomation. Die Abkürzung *DALI* steht für **D**igital **A**ddressable **L**ighting **I**nterface. Dies ist eine standardisierte Betriebsgeräteschnittstelle, welche im Anhang E der Vorschaltgeräte-Norm IEC 60929, beschrieben ist. Bei diesem System kommunizieren intelligente Komponenten auf störungssichere und einfache Weise miteinander. Das geschieht in einem lokalen System mit verteilter Intelligenz. In so einem System fungieren alle Controller als Master, welche die Kommunikation auf der Datenleitung kontrollieren und die Betriebsgeräte fungieren als Slaves, die auf Anfragen der Master reagieren. Die Kommunikation wird als Single-Master-System bezeichnet. Es gibt in diesem System nur einen Master, der maximal 64 Slaves ansteuern kann. Über Submaster können auch mehr als 64 Slaves angesteuert werden. Die Busteilnehmer, Controller und Module werden durch eine *DALI*-Stromquelle mit 16V Gleichspannung versorgt. Es sind keine bestimmten Anforderungen für die Installation notwendig, da die Versorgungs- und Steuerungsadern zusammen in einem gemeinsamen Kabel verlegt werden können. Des Weiteren müssen auch keine Abschlusswiderstände zur Terminierung in diesem System verwendet werden. Für Lampen in diesem Bussystem kommen elektronische Vorschaltgeräte (EVG), die diese Funktion unterstützen, zum Einsatz. Das EVG der Lampe wird direkt mit der Netzspannung verbunden. Das Bussystem selbst wird dann in der gewünschten Topologie aufgebaut. Als Topologiearten stehen die Linienstruktur, die Sternstruktur oder eine gemischte Struktur zur Auswahl. Die folgenden Abbildungen 12, 13 und 14 verdeutlichen die Möglichkeiten des strukturellen Aufbaus.

¹⁴ [7] und [13]

Abbildung 12: Linienstruktur¹⁵Abbildung 13: Sternstruktur¹⁶Abbildung 14: gemischte Struktur¹⁷

Die *DALI*-Slaves erhalten eine individuelle Adresse über die sie angesprochen werden können. Diese Adressvergabe ist frei von Vorgaben. Die sich anschließende Abbildung 15 stellt ein autarkes *DALI*-Bussystem dar.

Abbildung 15: autarkes DALI-Bussystem¹⁸

¹⁵ [7 S. 27]

¹⁶ [7 S. 27]

¹⁷ [7 S. 28]

¹⁸ [13 S. 8]

In diesem *DALI*-Bussystem übernehmen der *DALI*-Gruppencontroller und der *DALI*-Szenencontroller die Masterfunktion. Slaves sind in diesem Bussystem die *DALI*-Trafos, das *DALI*-Relais Modul, der *DALI*-Dimmer und die *DALI*-EVG's. Als Spannungsversorgung des Bussystems kommt die *DALI*-PS zum Einsatz.

Wird das *DALI*-System an ein übergeordnetes Gebäudeleitsystem angeschlossen, z.B. einem *KNX*-Bussystem, kommt ein Gateway zur Anwendung. Dieses übernimmt dann die Masterfunktion. Außerdem ist die Stromversorgung des *DALI*-Busses mit in das Gateway integriert. Es können maximal 64 EVG's an das Gateway angeschlossen werden. Über eine Testfunktion kann die Funktionalität der Beleuchtung überprüft werden. Die anschließende Abbildung 16 zeigt ein solches System.

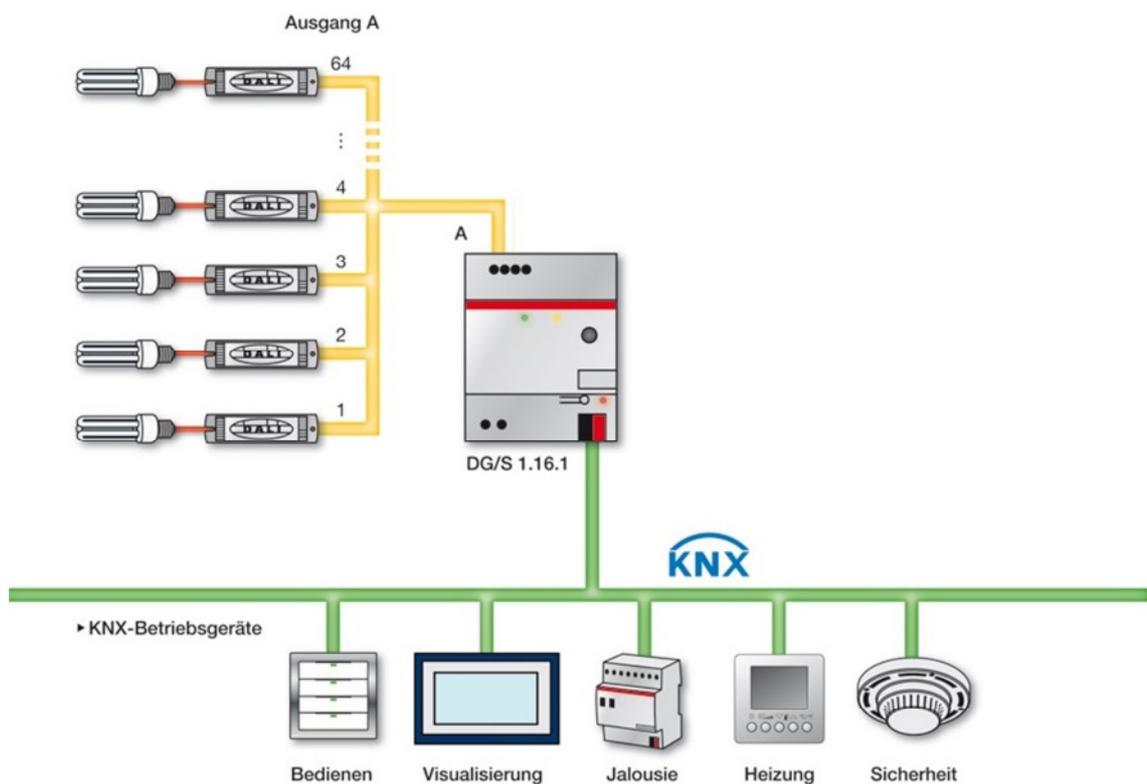


Abbildung 16: DALI-Bussystem an KNX-Bussystem ¹⁹

¹⁹ [13 S. 16]

3.2 Funktion von DALI²⁰

Bei der Benutzung eines *DALI*-Gateways übernimmt das Gateway die Masterfunktion. Dieses arbeitet mit einem zyklischen Takt. Die Nutzdatenübertragungsbitrate beträgt bei dem *DALI*-System 1200 Bit pro Sekunde. Diese Bitrate ermöglicht eine störungssichere Datenübertragung. Der Spannungspegel für das LOW-Signal beträgt 0V, wobei eine Spannungsdifferenz von - 4,5V bis + 4,5V zugelassen ist. Der Spannungspegel für das HIGH-Signal ist mit 16V definiert. Die maximale zugelassene Spannungsdifferenz für das HIGH-Signal liegt bei 6,5V. Damit ein HIGH-Signal erkannt wird, muss der Spannungspegel zwischen 9,5V und 22,5V liegen. Der maximale Spannungsabfall auf der Signalleitung zwischen Sender und Empfänger darf 2V nicht überschreiten. Dieses soll in der Abbildung 17 noch einmal veranschaulicht werden.

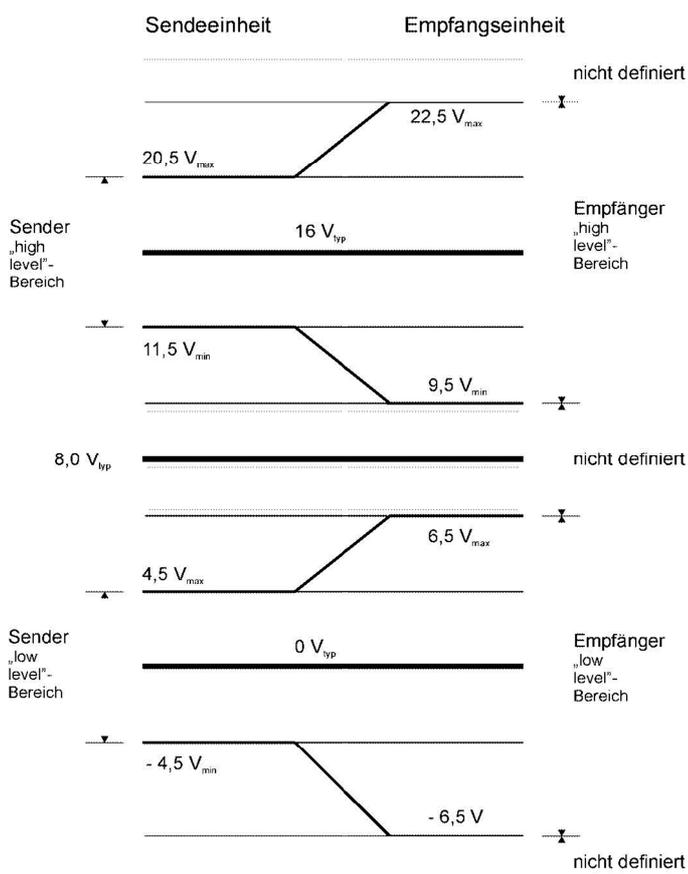


Abbildung 17: Spannungspegel des Signals²¹

²⁰ [7]

²¹ [7 S. 18]

Zur Datencodierung findet der Manchester Code Anwendung, da er durch seine Struktur eine Erkennung von Übertragungsfehlern zulässt. Dadurch wird eine sichere und fehlerfreie Funktion des *DALI*-Bussystems gewährleistet.

3.2.1 Manchester Code ²²

Bei dem Manchester Code handelt es sich um einen Zwei-Phasen-Code. Jedes Bit enthält in der Mitte eine Flanke, die es dem Empfänger ermöglicht das Taktsignal der Übertragung zu rekonstruieren. Die Flankenrichtung des Signals gibt den logischen Wert des Datenbits an. Handelt es sich um eine steigende Flanke, so beinhaltet das Datenbit eine logische 1. Bei einer fallenden Flanke befindet sich im Datenbit eine logische 0. Die Abbildung 18 stellt einen Codeverlauf dar.

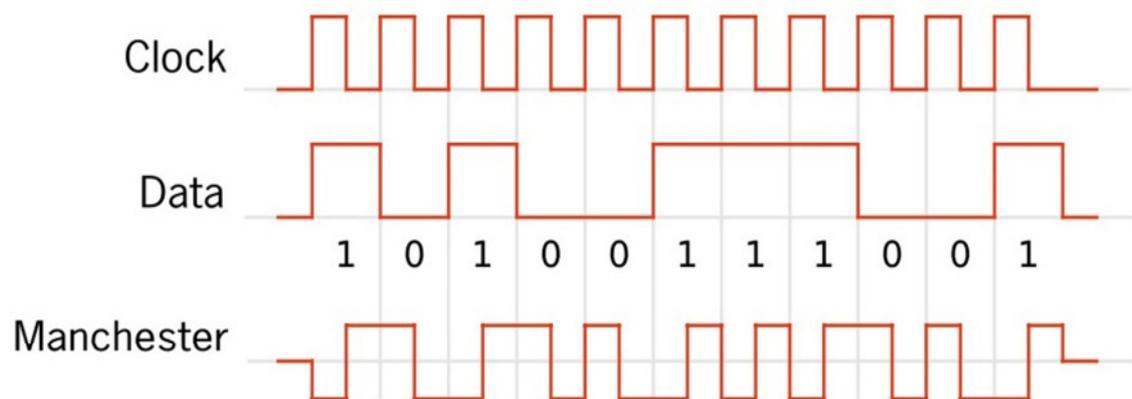


Abbildung 18: Daten im Manchester Code ²³

²² [21]
²³ [22]

3.2.2 Adressierung²⁴

Die Nummerierung von Teilnehmern in einem *DALI*-System ist die Grundlage für die Adressstruktur. Alle Teilnehmer sind in einer Linie mit der Schnittstelle verbunden. Einzelne *DALI*-Teilnehmer können direkt über eine individuelle Adresse angesprochen werden. Es besteht auch die Möglichkeit, die Teilnehmer in Gruppen zu organisieren und dann über eine Gruppenadresse anzusprechen. Maximal können 16 Gruppen gebildet werden. Die Zuordnung zu einer Gruppenadresse erfolgt mit Hilfe einer Software des Herstellers. Eine Änderung im System erfordert daher keine Änderung der Installation.

Die Adressvergabe erfolgt bei der Inbetriebnahme des Systems. Alle angeschlossenen Teilnehmer erkennt die *DALI*-Schnittstelle an der herstellerspezifischen 24-Bit langen Adresse. Diese wird als Langadresse bezeichnet. Bei zwei identischen Langadressen kann von der Schnittstelle im EVG eine Zufallsfunktion ausgelöst werden, woraufhin eine neue Langadresse generiert wird. Eine andere Methode zur Identifizierung des Teilnehmers ist die Lampe im eingeschalteten Zustand von ihrem EVG zu trennen. Jeder erkannte Teilnehmer erhält dann eine Kurzadresse und / oder auch eine Gruppenadresse. Mit Hilfe eines Softwaretools und einem geeigneten *DALI*-System kann auch vor der Installation die Adressvergabe erfolgen.

3.2.3 DALI – Kommunikation

3.2.3.1 Aufbau eines DALI – Telegramms

Ein *DALI*-Telegramm besteht aus 19 Bit. In der nachfolgenden Tabelle 6 ist der Aufbau eines *DALI*-Telegramms von einem *DALI*-Master dargestellt. Dies ermöglicht eine Einzeladressierbarkeit von 64 Teilnehmern, sowie Statusrückmeldungen und eine Vielzahl anderer einstellbarer Parameter.

²⁴ [7]

Tabelle 6: Aufbau eines DALI – Telegramms²⁵

18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Start-bit	Adressbyte							Datenbyte							Stopp-bits			

3.2.3.2 Befehlssatz vom DALI – Master

Das 18. Bit ist das Startbit. Daran schließt sich das Adressbyte an, welches vom 10. Bit bis zum 17. Bit geht. Bit 3 bis 9 enthalten Daten. Die letzten beiden Bits des Befehlssatzes sind Stoppbits.

Für Rückmeldungen der Teilnehmer zum Master wird ein auf 11 Bit reduziertes Telegramm verwendet. Die sich anschließende Tabelle 7 stellt den Aufbau des Antworttelegramms eines Teilnehmers dar.

Tabelle 7: Antwort eines Teilnehmers²⁶

10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Start-bit	Datenbyte							Stopp-bits		

Das Telegramm beginnt mit einem Startbit und die letzten zwei Bit des Telegramms sind Stoppbits. Zwischen diesen Bits ist das Datenbyte eingebettet.

²⁵ [9 S. 4]

²⁶ [9 S. 4]

3.2.4 Kommunikation zwischen Master und Teilnehmer

Der Master kann über drei verschiedene Adressmöglichkeiten auf die Teilnehmer einwirken, um Befehle zu übermitteln. Er kann sie über die Kurzadresse direkt ansprechen. Es besteht auch die Möglichkeit über die Gruppenadresse eine bestimmte Gruppe von *DALI*-Teilnehmern zu erreichen. Wenn alle Teilnehmer in einem System gleichzeitig angesprochen werden sollen, kommt ein Sammelaufruf, auch als Broadcast bezeichnet, zum Einsatz. Die sich anschließende Abbildung 19 soll die Kommunikation noch einmal verdeutlichen. Die Kommunikation zwischen dem Master und seinen Slaves erfolgt zyklisch.

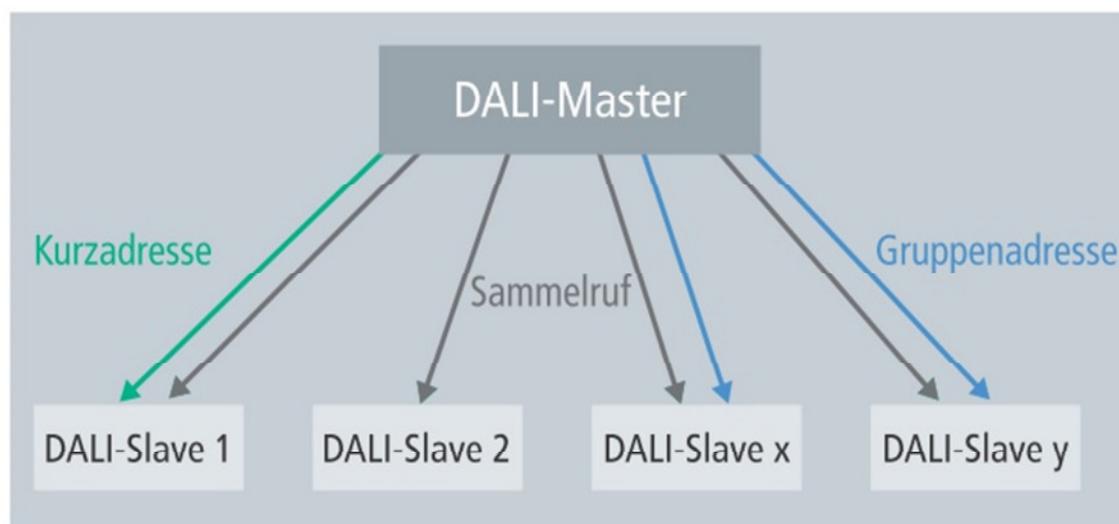


Abbildung 19: DALI - Kommunikation²⁷

²⁷ [9 S. 5]

3.2.5 DALI – Datenbyte²⁸

3.2.5.1 Aufbau des DALI – Datenbytes

Befehle und Adressen im Datenbyte werden in einem *DALI*-System als binäre Zahl von 2 Byte Länge übertragen.

Den Aufbau eines Befehles zeigt die nachfolgende Tabelle 8.

Tabelle 8: DALI - Datenbyte

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Y	A	A	A	A	A	A	S	x	x	x	x	x	x	x	x

Das 15. Bit legt die Art der Adresse fest. Befindet sich an dieser Stelle eine 0, so handelt es sich um eine Kurzadresse. Steht an dieser Stelle eine 1, handelt es sich um eine Gruppenadresse oder einen Sammelaufruf.

Y: Art der Adresse

0 : Kurzadresse oder individuelle Adresse

1 : Gruppenadresse oder Sammelaufruf

Die Bits 14 bis 9 enthalten die Adresse des Teilnehmers. Mit einem A wird das Adressbyte in der Tabelle 8 gekennzeichnet.

Im 8. Bit wird die Bedeutung des Inhaltes des Datenbytes festgelegt. Steht dort eine 0, so befindet sich im Datenbyte ein konkreter Wert für die Lampenleistung. Bei einer 1 an dieser Stelle enthält das Datenbyte eine Befehlsnummer für einen bestimmten Befehl.

S: Auswahlbit

0: Die letzten 8 Bit enthalten einen Wert zur direkten Steuerung der Lampenleistung.

1: Die letzten 8 Bit enthalten eine Befehlsnummer.

Die letzten 8 Bit sind das Datenbyte des Telegramms.

²⁸ [8]

3.2.5.2 Direkter DALI – Befehl für die Lampenleistung

Beinhaltet das Telegramm einen Wert für die Steuerung der Lampenleistung, so wird diese mit Hilfe der nachfolgenden Formel 1 berechnet.

$$P_{\text{Wert}} = 10^{\left(\frac{\text{Wert}-1}{253/3}\right)} * \frac{P_{100\%}}{1000}$$

Formel 1: Lampenleistung²⁹

Es stehen 253 Werte von 1_{dez} bis 254_{dez} für die Übertragung nach der Formel 1 zur Verfügung. Wird bei dieser Befehlsart eine dezimale 0 übertragen, so wird das *DALI*-Gerät auf den Minimalwert gedimmt und ausgeschaltet. Beinhaltet das Datenbyte eine dezimale 254, so wird das *DALI*-Gerät eingeschaltet und auf den Maximalwert gedimmt.

3.2.5.3 Indirekter DALI – Befehl für die Lampenleistung

Bei der indirekten Befehlsart ist im Datenbyte eine Befehlsnummer hinterlegt. Diese Befehle sind mit ihren Befehlsnummern in der nachfolgenden Tabelle 9 aufgelistet und erläutert.

Tabelle 9: Befehlsnummer indirekter DALI - Befehle³⁰

Befehl	Befehls-Nr.	Beschreibung	Antwort
00 _{hex}	0 _{dez}	Lampe sofort ausschalten (ohne Fading)	-
01 _{hex}	1 _{dez}	200ms lang mit ausgewählter Stufengeschwindigkeit heller stellen	-

²⁹ [8]

³⁰ [8]

Tabelle 9: Befehlsnummer indirekter DALI - Befehle³¹

Befehl	Befehls-Nr.	Beschreibung	Antwort
02 _{hex}	2 _{dez}	200ms lang mit ausgewählter Stufengeschwindigkeit dunkler stellen.	
03 _{hex}	3 _{dez}	Setze den aktuellen Lampenleistungswert eine Stufe höher (ohne Fading). Falls die Lampe ausgeschaltet ist, wird sie nicht eingeschaltet.	
04 _{hex}	4 _{dez}	Setze den aktuellen Lampenleistungswert eine Stufe niedriger (ohne Fading) falls die Lampe nicht bereits ihrem parametrisierten Minimalwert hat. Falls die Lampe bereits ihren Minimalwert hat, wird sie nicht verändert und bleibt eingeschaltet.	
05 _{hex}	5 _{dez}	Setze den aktuellen Lampenleistungswert auf den parametrisierten Maximalwert. Falls die Lampe ausgeschaltet ist, wird sie eingeschaltet.	
06 _{hex}	6 _{dez}	Setze den aktuellen Lampenleistungswert auf den parametrisierten Minimalwert. Falls die Lampe ausgeschaltet war, wird sie eingeschaltet.	
07 _{hex}	7 _{dez}	Setze den aktuellen Lampenleistungswert eine Stufe niedriger (ohne Fading). Falls die Lampe bereits ihren Minimalwert hat, wird sie ausgeschaltet.	
08 _{hex}	8 _{dez}	Setze den aktuellen Lampenleistungswert eine Stufe höher (ohne Fading). Falls die Lampe ausgeschaltet war, wird sie eingeschaltet und auf ihren parametrisierten Minimalwert gestellt.	
09 _{hex} ... 0F _{hex}	9 _{dez} ... 15 _{dez}	reserviert	
1n _{hex} (n: 0 _{hex} ... F _{hex})	16 _{dez} ... 31 _{dez}	Setze den Lampenleistungswert auf den für die angegebene Szene (n) gespeicherten Wert.	

³¹ [8]

3.2.5.4 Konfigurationsbefehle³²

Des Weiteren gibt es Befehle, die eine Konfiguration von *DALI*-Geräten erlauben. Die sich anschließende Tabelle 10 zeigt die wichtigsten Konfigurationsbefehle. Im Anhang 1 befindet sich eine komplette Übersicht aller Befehle für die Konfiguration.

Tabelle 10: Konfigurationsbefehle³³

Befehl	Befehls-Nr.	Beschreibung	Antwort
2F _{hex}	47 _{dez}	Speichere den aktuell im DTR (Data-Transfer-Register) befindlichen Wert als Stufengeschwindigkeit.	-
96 _{hex}	150 _{dez}	Überprüfe ob dem DALI-Slave eine Kurzadresse fehlt.	ja/nein
A0 _{hex}	160 _{dez}	Gib den aktuellen Lampenleistungswert (XX) zurück.	XX

Damit einige Befehle von den *DALI*-Geräten ausgeführt werden können, muss der *DALI*-Master sie innerhalb von 100ms wiederholen. Diese Bedingung ist in der IEC 60929 festgelegt.

³² [8]

³³ [8]

3.3 Praktische Umsetzung

3.3.1 Versuchsaufbau mit DALI – Gateway

Um die Umsetzung von einem *KNX*-Befehl in einen *DALI*-Befehl zu realisieren, wird ein Gebäudeleitsystem aufgebaut. Es kommt ein *DALI*-Gateway des Typs *DG/S 1.16.1* vom Hersteller *ABB* zum Einsatz. Hinzu kommen ebenfalls noch eine Spannungsversorgung vom Hersteller *ABB* und eine *USB-KNX* Schnittstelle der Firma *Siemens*. Des Weiteren werden zwei Leuchtstofflampen mit je einem *DALI*-EVG und ein Tableau der Firma *Jung* verwendet. Zur Parametrierung des Gateways und des Tableaus wird das Programm *ETS 3* verwendet. Zur Aufzeichnung von Telegrammen im *DALI*-System wird das *DALI*-Interface der Firma *Tridonic* sowie die dafür notwendige Software verwendet. Ein schematischer Aufbau des Gebäudeleitsystems mit dem *DALI*-Gateway ist in der folgenden Abbildung 20 dargestellt.

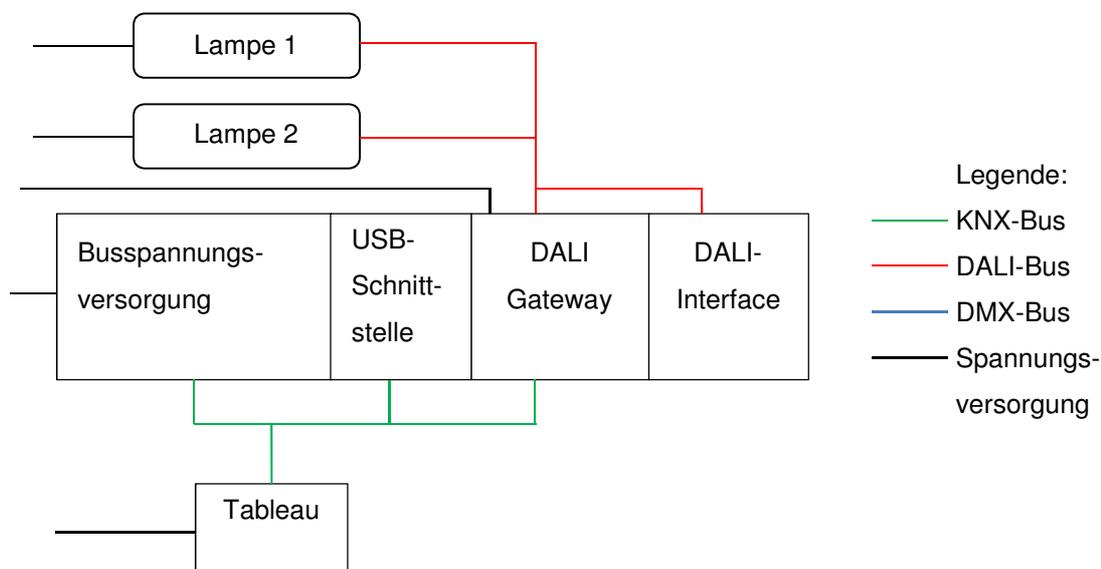


Abbildung 20: Gebäudeleitsystem

3.3.2 Inbetriebnahme des DALI – Gateways

Mit dem Zuschalten der Spannungsversorgung wird allen *DALI*-Teilnehmern automatisch eine Adresse zugewiesen. Anschließend schalten sich alle Lampen mit voller Helligkeit ein. Um die Installation des *DALI*-Systems auf korrekten Anschluss zu testen, wird mit Hilfe der Testtaste am *DALI*-Gateway die gesamte Beleuchtung ausgeschaltet. Sind alle Lampen erloschen, ist das Bussystem richtig angeschlossen.

Um den Lampen eine Gruppenadresse zuweisen zu können, kommt das *DALI*-Inbetriebnahme-Tool vom Hersteller des Gateways zum Einsatz.

Mit Hilfe der physikalischen Adresse des Gateways, die in die vorgesehene Zeile eingetragen wird, erfolgt der Verbindungsaufbau über das *KNX*-Bussystem. Anschließend wird das Gateway von der Software ausgelesen. Im dem Reiter Adressen / Gruppen werden dann alle angeschlossenen Lampen EVG's sichtbar. Liegt bei den angeschlossenen Lampen kein Fehler vor, wird das im Softwaretool mit einem grauen Feld mit Glühlampe dargestellt. Sind zu der Kurzadresse keine Teilnehmer vorhanden, so bleibt das Feld leer. Wird ein Fehler an der Lampe erkannt, wird das Feld rot hinterlegt. Bei einem defekten Leuchtmittel wird eine kaputte Glühlampe gezeigt. Der komplette Ausfall eines Teilnehmers wird mit einem roten Kreuz markiert.

Sind alle an das *DALI*-Gateway angeschlossenen Lampen erkannt worden und sind diese fehlerfrei, dann wird ihnen eine Gruppenadresse zugewiesen. Im rechten Bereich des Fensters Adressen / Gruppen sind alle 16 möglichen Gruppenadressen dargestellt. Bei der Anwahl eines Teilnehmers leuchtet dieser im Raum auf und er kann dann einer oder mehreren Gruppen zugeordnet werden. Jede Lampe wird einer Gruppe zugeordnet. Die Abbildung 21 soll das verdeutlichen.

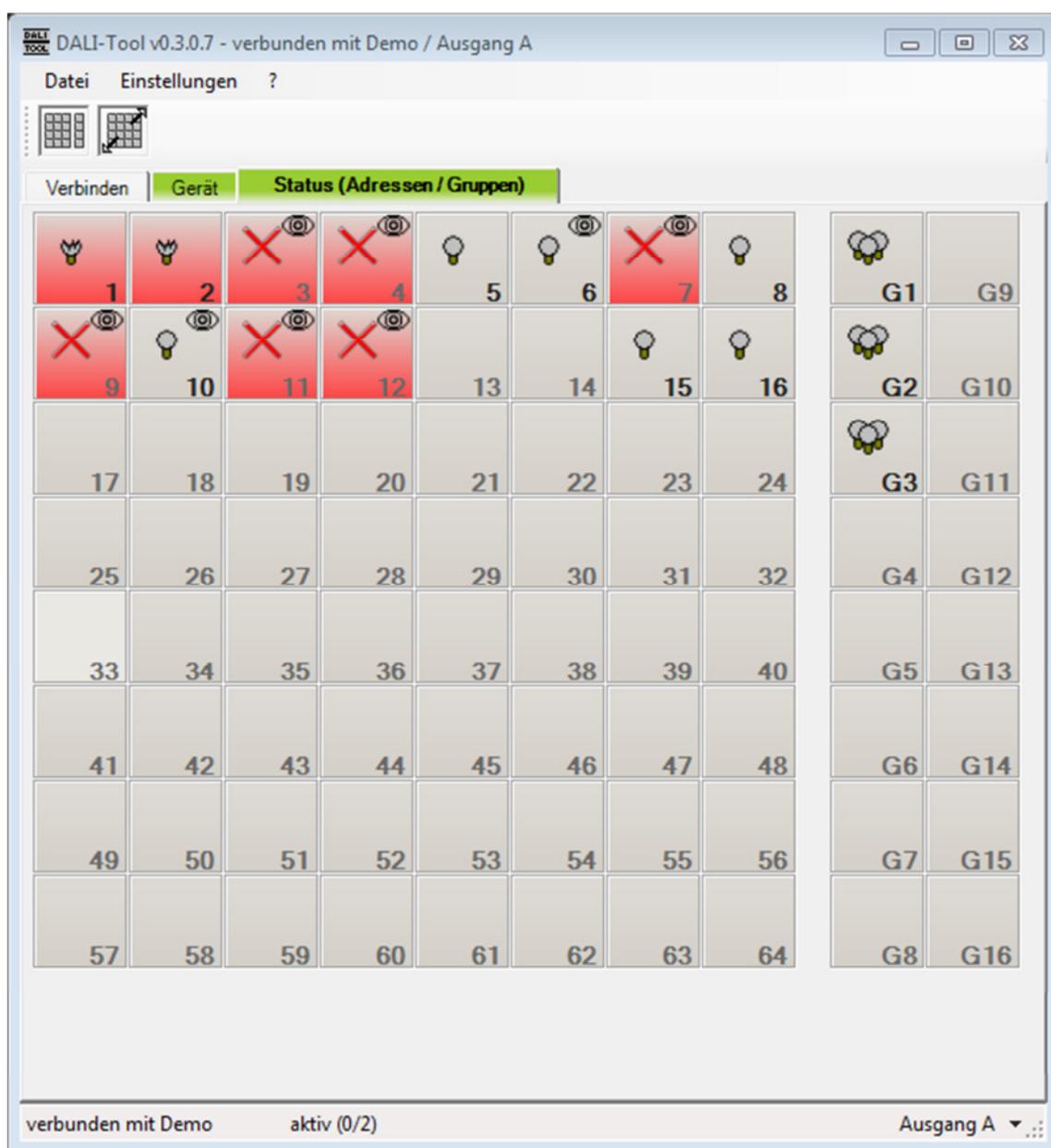


Abbildung 21: Gruppenzuordnungsfenster

Der Leuchte 6 wird die Gruppenadresse 1 und der Leuchte 10 wird die Gruppenadresse 2 zugewiesen. Außerdem erhalten beide Leuchten noch die Gruppenadresse 3. Die erstellten Lampengruppen werden anschließend, mit Hilfe des *KNX*-Busses, in das Gateway übertragen.

Mit Hilfe des *DALI*-Interfaces wird der Telegrammverkehr auf dem *DALI*-Bus aufgezeichnet. Dabei ist zu erkennen, dass der Master zyklisch alle Kurzadressen nach einem Teilnehmer abfragt. Wird ein Teilnehmer erkannt, so meldet dieser seinen aktuellen Lampenleistungswert zurück. Anschließend wird das EVG auf Fehler überprüft. Dieses Verfahren kommt für alle angeschlossenen Teilnehmer zur Anwendung. Am Ende des Zyklus wird mit Hilfe eines Sammelaufrufs überprüft, ob einem Teilnehmer eine Kurzadresse fehlt. Danach beginnt der Zyklus erneut. Die angefügte Tabelle 11 zeigt einen Zyklus.

Tabelle 11: Zyklus DALI-Master

Query	01A0	A0	QUERY ACTUAL LEVEL
Answer	55		= 85 (0x55)
Query	0192	A0	QUERY LAMP FAILURE
Query	03A0	A1	QUERY ACTUAL LEVEL
Answer	FF		= 255 (0xFF)
Query	0392	A1	QUERY LAMP FAILURE
Query	05A0	A2	QUERY ACTUAL LEVEL
Query	07A0	A3	QUERY ACTUAL LEVEL
Query	09A0	A4	QUERY ACTUAL LEVEL
Query	0BA0	A5	QUERY ACTUAL LEVEL
Query	0DA0	A6	QUERY ACTUAL LEVEL
Query	0FA0	A7	QUERY ACTUAL LEVEL
Query	11A0	A8	QUERY ACTUAL LEVEL
Query	13A0	A9	QUERY ACTUAL LEVEL
Query	15A0	A10	QUERY ACTUAL LEVEL
Query	17A0	A11	QUERY ACTUAL LEVEL
Query	19A0	A12	QUERY ACTUAL LEVEL
Query	1BA0	A13	QUERY ACTUAL LEVEL
Query	1DA0	A14	QUERY ACTUAL LEVEL
Query	1FA0	A15	QUERY ACTUAL LEVEL

.

.

Query	73A0	A57	QUERY ACTUAL LEVEL
Query	75A0	A58	QUERY ACTUAL LEVEL
Query	77A0	A59	QUERY ACTUAL LEVEL
Query	79A0	A60	QUERY ACTUAL LEVEL
Query	7BA0	A61	QUERY ACTUAL LEVEL
Query	7DA0	A62	QUERY ACTUAL LEVEL
Query	7FA0	A63	QUERY ACTUAL LEVEL
Query	FF96	Bcast	QUERY MISSING SHORT ADDRESS

3.3.3 Einstellung von Parametern

Es können im Gateway viele verschiedene Parameter geändert werden. Die nachfolgende Abbildung 22 zeigt die möglichen Parameterfenster.

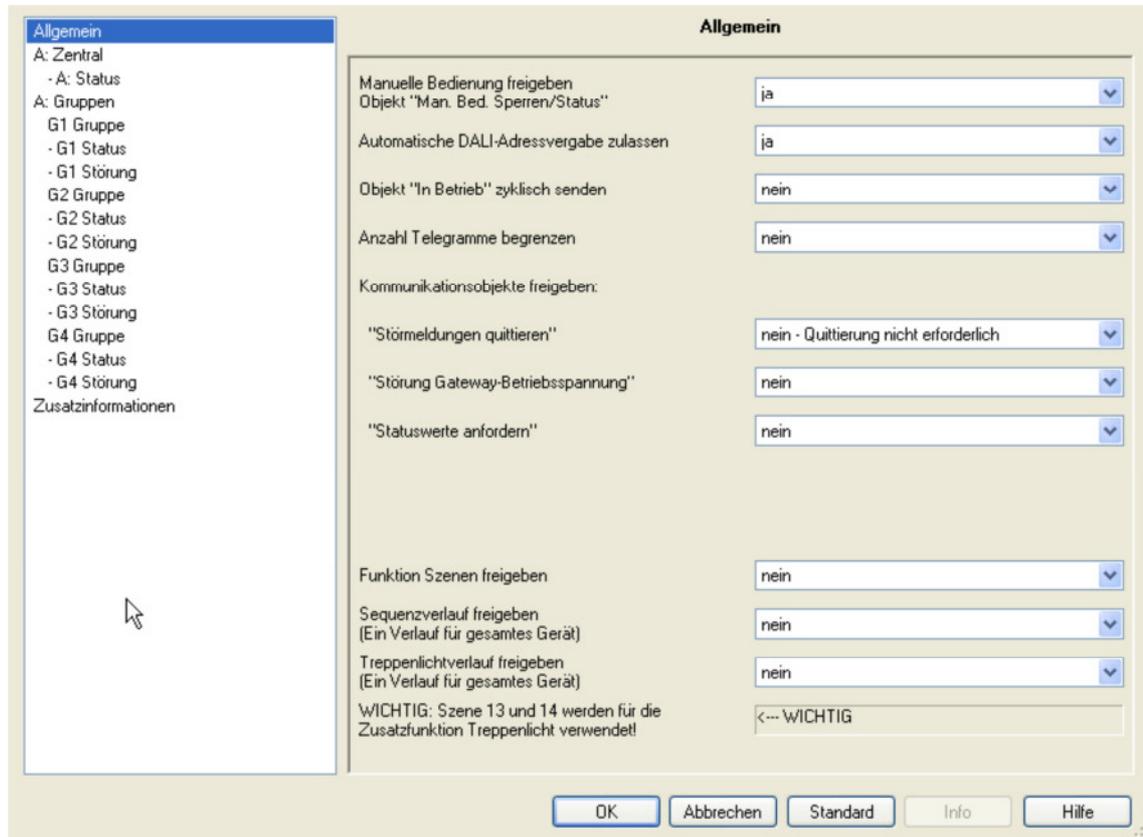


Abbildung 22: Parameterfenster

Im Parameterfenster „Allgemein“ können übergeordnete Parametereinstellungen verändert werden. In diesem Fenster kann zum Beispiel die Funktion „Szenen“ oder die Anforderung von „Statusmeldungen“ freigegeben werden. Im Parameterfenster „Zentral“ werden die Einstellungen für die Ansteuerung der Leuchtgruppen verändert. In dem folgenden Parameterfenster „Status“ können Statusobjekte für die einzelnen Leuchtgruppen freigegeben werden. Über dieses Objekt wird je nach Parametrierung der aktuelle Schaltzustand oder der momentane Helligkeitswert der Leuchtgruppe als Rückmeldung auf den *KNX*-Bus geschickt. Die über dieses Objekt erhaltenen Werte können dann auf einer Visualisierung dargestellt werden. Im Parameterfenster „Gruppen“ werden jeweils 4 Leuchtgruppen gleichzeitig freigegeben. Die Eigenschaften jeder Leuchtgruppe werden im Parameterfenster „Gruppe“ parametrieren. Ist im Para-

meterfenster „Allgemein“ die Funktion Lichtszenen freigegeben, so erscheint das Parameterfenster „Szenen“. In diesem Fenster werden den einzelnen Szenen die gewünschten Lampengruppen mit dem gewünschten Lichtwert zugeordnet.

3.3.4 Telegramme auf dem DALI – Bus

3.3.4.1 Ein- und Ausschalttelegramm

Die Lampe der Gruppe 1 wird mit diesem Befehl ein- und ausgeschaltet. Dabei handelt es sich um einen anwendungsbezogenen Erweiterungsbefehl.

Die unten stehende Tabelle 12 stellt ein Ein- und Ausschalttelegramm für die Lampengruppe 1 dar.

Tabelle 12: Einschalttelegramm

18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
X	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	X	X
	8			3			F			E								
	Adressbyte								Datenbyte									

Tabelle 12: Ausschalttelegramm

18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
X	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	X	X
	8			3			0			0								
	Adressbyte								Datenbyte									

Die logische 1 auf dem 10. Bit gibt Auskunft darüber, dass im Datenbyte ein anwendungsbezogener Erweiterungsbefehl enthalten ist. Dieser ermöglicht die Lampe zu schalten. Das Einschalttelegramm ist durch den maximalen Wert von 254_{dez} im Datenbyte charakterisiert. Das Ausschalttelegramm enthält dagegen im Datenbyte eine dezimale 0.

3.3.4.2 Szenenaufruf

Die folgende Tabelle 13 stellt ein Szenenaufruftelegramm dar. Der Szenenaufruf ist ein Sammelaufruf, der an alle Teilnehmer gesendet wird. Dabei wird die Lampenleistung auf dem zuvor in den Parametern gespeicherten Lampenwert gesetzt. Wenn nötig werden die Lampen eingeschaltet.

Tabelle 13: Szenenaufruf Szene 3

18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
X	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	X	X
	F				F				1				3					
	Adressbyte								Datenbyte									

In der Tabelle 13 wird die Szene 3 aufgerufen. Nun werden alle Gruppen die der Szene 3 im *DALI*-Gateway zugeordnet worden sind auf den im Gateway für diese Szenen hinterlegten Lichtwert gedimmt.

3.3.4.3 Lichtwertaufruf

Der Lichtwertaufruf ist ein Kurzadressenaufruf, der an einen bestimmten Teilnehmer oder an eine Gruppe gesendet wird. Bei Erhalt des Telegramms wird mit Hilfe der Lampenleistungsformel die zu dem Wert gehörende Lampenleistung im EVG berechnet und eingestellt. Wenn nötig werden die Lampen eingeschaltet. Die sich anschließende Tabelle 14 stellt ein Lichtwertaufruf dar.

Tabelle 14: Lichtwertaufruf

18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
X	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	X	X
	0				2				8				8					
	Adressbyte								Datenbyte									

Die logische 0 im 10. Bit gibt an, dass es sich um einen Befehl für die direkte Steuerung der Lampenleistung handelt. Der sich im Datenbyte befindende Wert ist ein Helligkeitswert, auf welchen die Lampe eingestellt wird.

4. DMX 512

4.1 Was ist DMX 512³⁴

DMX 512 ist ein System, das aus der Bühnentechnik stammt und zur Steuerung von Lichttechnik Anwendung findet. Ursprünglich stammt die Definition vom USITT (United States Institute for Theatre Technology) ab. Die Abkürzung *DMX* steht für **D**igital **M**ultiple **X**. Das verwendete Kommunikationsprotokoll von *DMX* ist ein unidirektionales Protokoll. Das Protokoll erlaubt somit eine Kommunikation in die sendende oder empfangende Richtung. Da bei diesem Bussystem keine Rückmeldung möglich ist, findet die Kommunikation nur in die sendende Richtung statt. Die Busleitung wird in Linienstruktur von einem sendenden Mastergerät bis zu maximal 32 empfangenden Geräten geführt. Werden mehr als 32 Geräte verwendet, so kommt ein Splitter zum Einsatz, wobei dann jeder Splitterausgang eine eigene *DMX*-Linie bildet. Am Ende dieser Linienstruktur muss die Leitung mit einem 120 Ohm Widerstand terminiert werden. Wenn dies nicht geschieht, kann es zu Reflektionen auf der Signalleitung kommen, was die Funktionalität beeinträchtigen kann. Die Leitungslänge sollte 1200m nicht überschreiten. Als Datenleitung bei diesem Bussystem wird eine geschirmte, flexible Leitung mit einem Wellenwiderstand von 110 Ohm verwendet. Die Abbildung 23 zeigt ein fertiges *DMX*-System.

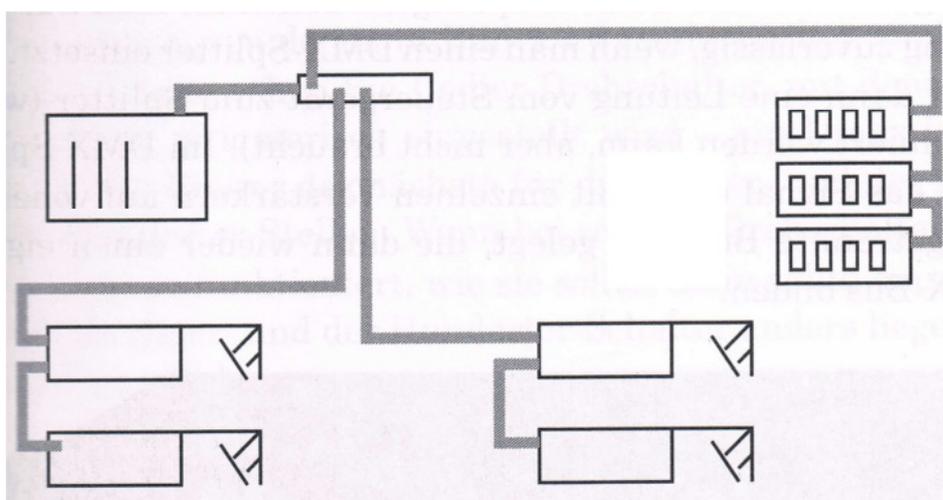


Abbildung 23: DMX-System³⁵

³⁴ [3]und [4]

³⁵ [3 S. 101]

In einem *DMX*-System können maximal 512 Kanäle mit einer Auflösung von 255 Stufen belegt werden. In einem Sendezyklus wird pro Kanal ein Wert von 0 bis 255 gesendet. Dieser wird dann dementsprechend vom Empfänger interpretiert. Es werden nur Werte der aktiven Kanäle versendet. Wenn eine höhere Auflösung als 255 Stufen gewünscht wird, werden zwei Kanäle genutzt. Damit kann eine Auflösung von 4096 Stufen erreicht werden.

Kommen in einem *DMX*-System zwei sendende Master zum Einsatz, muss ein *DMX*-Merger verwendet werden. Dieser übernimmt das Mischen von den gesendeten Werten beider Master.

Wird das *DMX*-System an ein übergeordnetes Bussystem angeschlossen, dann kommt ein Gateway zur Anwendung. Sollen die Befehle von einem übergeordneten Bussystem auf das *DMX*-System übertragen werden, so wird das Gateway im Mastermodus verwendet. Sollen dagegen Werte von einem Lichtmischpult oder PC-Interface auf das übergeordnete Bussystem übertragen werden, wird das Gateway im Slavemodus betrieben. Das Gateway kann nur im Master- oder Slavemodus betrieben werden. Soll eine Kommunikation in beide Richtungen ermöglicht werden, so werden auch zwei Gateways dafür benötigt.

4.2 Funktion von DMX 512

4.2.1 Adressierung³⁶

Die Adressvergabe beim *DMX*-Bus kann automatisch oder manuell erfolgen. Bei der manuellen Adressvergabe muss an jedem Gerät eine *DMX*-Startadresse eingestellt werden. Der erste Kanal dieses Gerätes erhält dann die eingestellte Adresse als Startadresse. Hat ein Gerät mehrere Kanäle, werden diese von der Startadresse an automatisch aufwärts gezählt. Bei einem 6-Kanal-Dimmer mit der Startadresse 10 würde der erste Dimmer-Kanal den *DMX*-Kanal 10 besitzen. Der sechste und letzte Dimmer-Kanal hätte dann den *DMX*-Kanal 15. Dieses Gerät belegt somit 6 *DMX*-Kanäle. Die *DMX*-Startadressen können über verschiedene Möglichkeiten am Gerät eingestellt werden. Die Abbildung 24 zeigt einen DIP-Schalter als mögliche Einstellungsmethode an einem Gerät.



Abbildung 24: Einstellung der DMX Adresse³⁷

Die Abkürzung DIP steht für Dual-in-line-package. Dabei handelt es sich um eine Bauform mit zwei parallel angeordneten Anschlussreihen.

³⁶ [3]und [4]

³⁷ [3 S. 103]

Werden die Startadressen manuell vergeben, muss darauf geachtet werden, dass es zu keiner ungewollten Doppelbelegung kommt. Es können aber auch *DMX*-Adressen doppelt vergeben werden, wobei die Geräte dann nicht mehr einzeln ansteuerbar sind. Dies könnte zum Beispiel bei der Beleuchtung der linken und rechten Bühnenseite zur Anwendung kommen. Die Beleuchtungselemente werden dadurch symmetrisch angesteuert und die Bühnenseite damit gleichmäßig ausgeleuchtet. Es ist nicht erforderlich, dem ersten Verbraucher auch die erste *DMX*-Startadresse zuzuweisen, da nur Werte für die belegten Kanäle versendet werden.

4.2.2 DMX-512A Protokoll³⁸

Im Jahr 2000 wurde das im Jahr 1988 genormte *DMX-512* Protokoll überarbeitet. Es entstand das heute aktuelle *DMX-512A* Protokoll.

Bei diesem Protokoll werden die Daten an alle Empfänger asynchron seriell übertragen. Es wird mit dem ersten belegten Kanal begonnen und aufsteigend bis zum letzten belegten Kanal fortgesetzt. Die Datenübertragungsrate beim *DMX-512A* Protokoll beträgt 250 kBit pro Sekunde.

Der Verlauf des Datenstroms für ein *DMX-512A* Protokoll ist in der folgenden Abbildung 25 zu sehen. Die verwendeten Beschriftungen für die Zeitabstände und Positionsnummern in Abbildung 25 sind in der Tabelle 15 aufgeführt.

³⁸ [6]

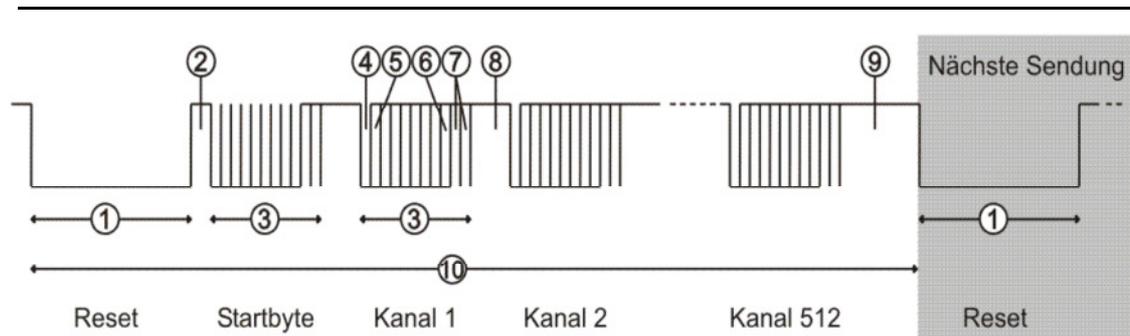


Abbildung 25: Datenübertragung bei DMX-512A³⁹

Tabelle 15: Zeitenübersicht der Datenübertragung bei DMX-512A⁴⁰

Nr.	Signalname	Min.	Typisch	Max.	Einheit
①	RESET	88	125	-	µs
②	High-Signal zwischen dem RESET und Startbyte	8	-	1s	µs
③	Frame-Zeit / Datenwort	43,12	44,0	44,88	µs
④	Startbit	3,92	4,0	4,08	µs
⑤	LSB (niederwertigste Datenbit)	3,92	4,0	4,08	µs
⑥	MSB (höchstwertiges Datenbit)	3,92	4,0	4,08	µs
⑦	Stoppbit	3,92	4,0	4,08	µs
⑧	High-Signal zwischen Frames	0	0	1	s
⑨	High-Signal zwischen Paketen	0	0	1	s
⑩	Reset-Reset (Übertragungsausfall)	-	-	1,025	s

Wenn der Empfänger nicht innerhalb der angegebenen Zeit von 1,025s ein gültiges Low-Signal erkennt, liegt ein Übertragungsausfall vor.

Wenn keine Daten auf der Signalleitung übertragen werden, liegt ein High Pegel oder eine logische 1 an. Der aktive Pegel für die Datenübertragung ist ein Low Pegel oder eine logische 0.

Zu Beginn einer Übertragung wird ein 88µs langes Low-Signal, dass als Reset-Signal interpretiert wird, gesendet. Es werden alle Übertragungen beendet, auch wenn diese noch nicht ganz abgeschlossen sind. Auf das Reset-Signal folgt ein High-Signal von mindestens 8µs Länge und signalisiert damit den Beginn einer Datenübertragung. Alle Empfänger müssen nach dem Reset-Signal

³⁹ [11]
⁴⁰ [20]

mindestens ein $8\mu\text{s}$ langes High-Signal erkennen und interpretieren können, damit sie für den Datenempfang vorbereitet sind. Im Anschluss werden die Datenbytes für alle belegten Kanäle übertragen. Das Datenbyte ist 8 Bit lang und startet immer mit einem High-Signal als Startbit und wird durch zwei Low-Signale als Stoppbits beendet. Diese 11 Bits ergeben zusammen das Datenwort.

Das Datenwort besteht aus 11 Bits von je $4\mu\text{s}$ Länge. Daraus ergibt sich eine Frame-Zeit von $44\mu\text{s}$. Das Startbyte ist das erste Datenwort und besitzt den Wert 0. Die Gesamtzeit für einen Zyklus setzt sich aus dem $88\mu\text{s}$ langem Reset-Signal, dem $8\mu\text{s}$ langem High-Signal, dem Startbyte mit einer Länge von $44\mu\text{s}$ und den Datenwörtern von insgesamt $44\mu\text{s}$ Länge zusammen. Das ergibt im besten Fall für alle 512 Kanäle eine Zykluszeit von $22668\mu\text{s}$ bzw. $22,668\text{ms}$. Es können maximal 44 Datensätze pro Sekunde versendet werden, was einer Wiederholungsrate von 44Hz entspricht.

4.3 Praktische Umsetzung des DMX – Gateways

4.3.1 Versuchsaufbau mit DMX – Gateway

Um die Kommunikation zwischen dem *DMX*-System und dem *KNX*-System zu testen, wird ein Gebäudeleitsystem aufgebaut. Die zu steuernden Lampen werden über ein *DALI*-Gateway mit dem *KNX*-Bus verbunden. Des Weiteren kommt eine Bussspannungsversorgung und eine *USB-KNX* Schnittstelle zum Einsatz. Das *DMX*-Gateway wird über den Anschluss 8 an den *KNX*-Bus und als Slave über den Anschluss 1 an den *DMX*-Bus angeschlossen. Auf den Anschluss 3 wird die Masse des *DMX*-Busses gelegt. Das Gateway wird über den Anschluss 11 mit einer Betriebsspannung von 24V AC/DC versorgt. In der Abbildung 26 wird der Anschluss des *DMX*-Gateways für die Betriebsart Slave dargestellt.

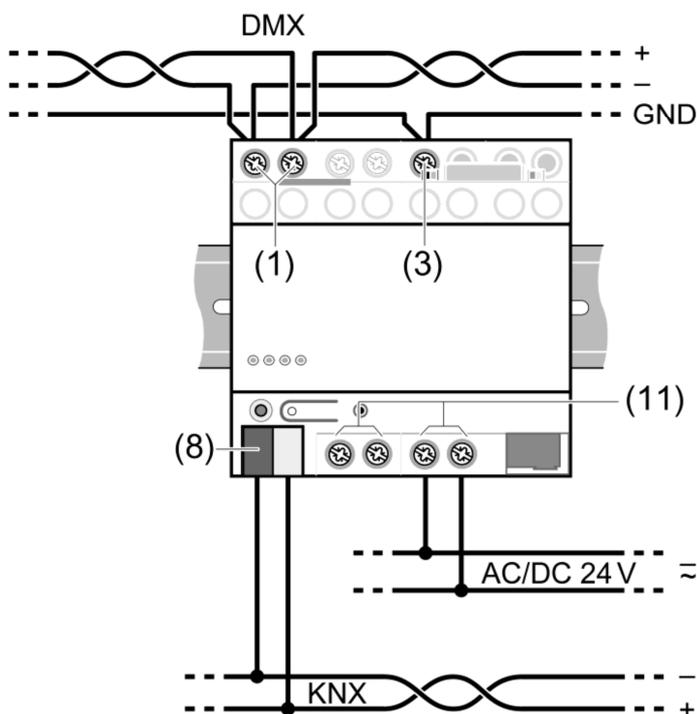


Abbildung 26: Anschluss - Betriebsart Slave⁴¹

⁴¹ [1 S. 8]

Als Master des *DMX*-Systems kommt ein 192 kanaliges *DMX* Master I Mischpult zur Anwendung. Die Abbildung 27 zeigt das verwendete Mischpult.



Abbildung 27: Mischpult DMX Master I⁴²

Die Abbildung 28 stellt den schematischen Versuchsaufbau mit dem *DMX*-Bus dar.

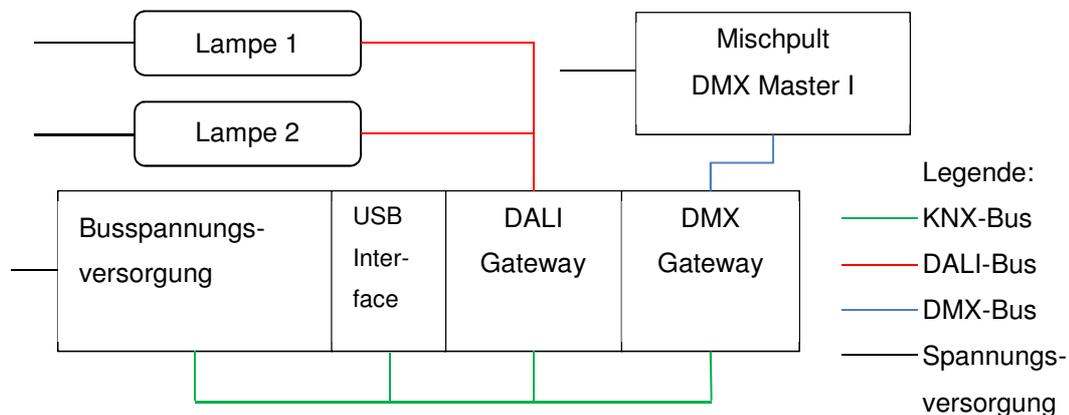


Abbildung 28: Versuchsaufbau DMX-Bus

4.3.2 Inbetriebnahme DMX – Gateway

Zur Inbetriebnahme wird die Ethernet-Schnittstelle des Gateways genutzt. Um das Gateway direkt an den Inbetriebnahmerechner anzuschließen, wird ein Ethernet Crossover-Kabel verwendet.

Je ein Ende des Kabels wird mit dem dafür vorgesehen Ethernetanschluss verbunden. Anschließend wird das *DMX*-Gateway unter Spannung, die von einem 24V Netzteil kommt, gesetzt. Jetzt stellt sich das Gateway seine eigene IP-Adresse ein. Dem Rechner wird eine feste IP-Adresse mit folgenden Parametern zugewiesen.

⁴² [19]

IP-Adresse : 169.254.0.1

Subnet : 255.255.0.0

Die benötigten Parameter wurden durch ein Telefonat mit dem Hersteller des Gateways in Erfahrung gebracht.

Anschließend wird das Programmierwerkzeug für das *DMX*-Gateway geöffnet.

Durch das Öffnen des Programmierwerkzeugs für das *DMX*-Gateway wird die gewünschte Betriebsart festgelegt. Wenn Werte von einem Mischpult oder *DMX*-Rechner auf den *KNX*-Bus gesendet werden sollen, muss das Gateway im Slavebetrieb betrieben werden. Sollen dagegen Werte von einem *KNX*-Bus in den *DMX*-Bus eingespeist werden, so wird der Masterbetrieb gewählt.

Nun wird der Karteireiter Einstellung ausgewählt. In diesem Reiter wird der Befehl Schnittstelle ausgewählt und anschließend erfolgt die Auswahl IP. Nun öffnet sich folgendes Fenster in der Abbildung 29.

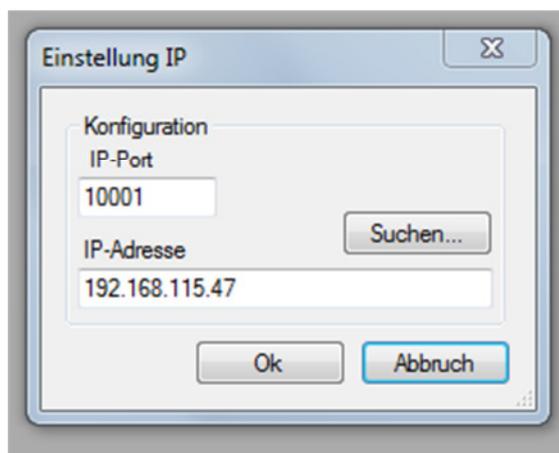


Abbildung 29: Einstellung der IP Adresse

In diesem Fenster wird der Button „Suchen“ ausgewählt. Daraufhin öffnet sich ein weiteres Fenster, in dem man das *DMX*-Gateway suchen kann. Bei Interface muss die fest eingestellte IP-Adresse des Inbetriebnahmerechners stehen. Der Haken bei Directed Broadcast bleibt gesetzt. Nach einem Klick auf dem „Suchen“ Button steht in der Ergebniszeile das *DMX*-Gateway mit seiner IP- und MAC-Adresse. Der Dialog ist in der Abbildung 30 dargestellt. Die MAC-Adresse des Gateways befindet sich auf einem Aufkleber an der Seite.

Durch Anwahl der „OK“ Button in beiden Fenstern wird die IP-Adresse in das Projekt übernommen und nun kann auf das Gateway zugegriffen werden.

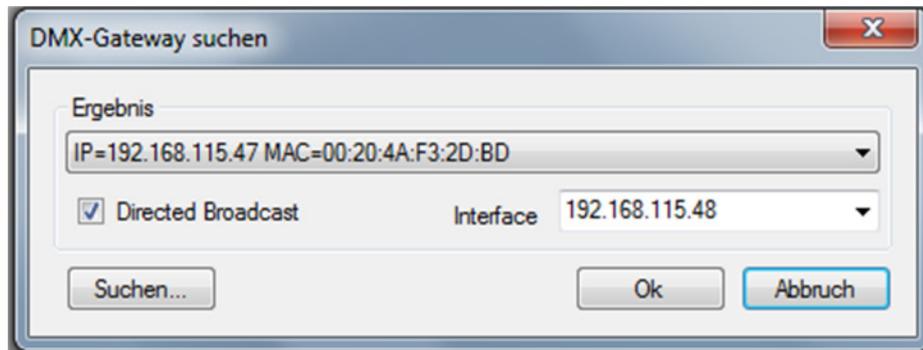


Abbildung 30: Ergebnisfenster

4.3.3 Einstellung der Parameter des DMX – Gateways

4.3.3.1 Einstellung der KNX – Parameter

Um das Gateway im *KNX*-Bus zu verwenden, muss ihm eine physikalische Adresse zugewiesen werden. Dies erfolgt mit Hilfe des Menüpunktes Geräteeinstellungen für *KNX*.

In dem sich darauf öffnenden Dialog wird die physikalische Adresse, die das Gateway auf dem *KNX*-Bus verwenden soll, eingetragen. Sie wird beim Übertragen des Projektes in das Gateway mit hineingeschrieben.

4.3.3.2 Einstellung der DMX – Parameter

Da das *DMX*-Gateway als Slave betrieben wird, ist nur die Einstellung des Update-Zählers möglich. An dieser Stelle wird eingetragen, wie oft ein *DMX*-Telegramm von einem Kanal unverändert wiederholt werden muss, damit ein neues *KNX*-Telegramm auf den Bus gesendet wird. Diese Einstellung ist von der gewünschten Reaktionsgeschwindigkeit der Lampe abhängig, kann aber auch zu einem erhöhten Busverkehr auf der *KNX*-Seite führen.

4.3.3.3 Erstellung eines Projektes

Nach dem Start des Softwaretools für das *DMX-Gateway* wird nach dem Verwendungsmodus gefragt. In diesem Fall wird der Slave Modus gewählt. Anschließend gelangt man zu dem Hauptfenster der Software. Im oberen Teil des Dialogs befindet sich die Werkzeug- und Menüleiste. Im linken oberen Fenster *DMX Gruppen/Kanäle* werden die benötigten Gruppen mit der dafür vorgesehenen Anzahl an Kanälen angelegt. Dabei wird aus den 4 vorgegebenen *DMX*-Funktionsgruppen Schalten, Wert, RGB und RGBW die gewünschte ausgewählt. In dem Fenster *KNX Gruppenadressen* werden die benötigten Gruppenadressen abgelegt. Sie können von der Projektsoftware importiert oder direkt angelegt werden. Die Gruppenadressen werden durch Drag-and-Drop den Kanälen zugewiesen. Auf der rechten Seite werden jeweils Informationen zu dem angewählten Objekt dargestellt.

Im Rahmen der Bachelorarbeit wurden die benötigten *DMX*-Gruppen und *KNX*-Gruppenadressen angelegt. Es werden die Funktionen Schalten und Wert verwendet. Diese beiden Funktionen kommen jeweils einmal für jede Lampe zur Anwendung. Das fertige Projekt ist in der Abbildung 31 dargestellt.

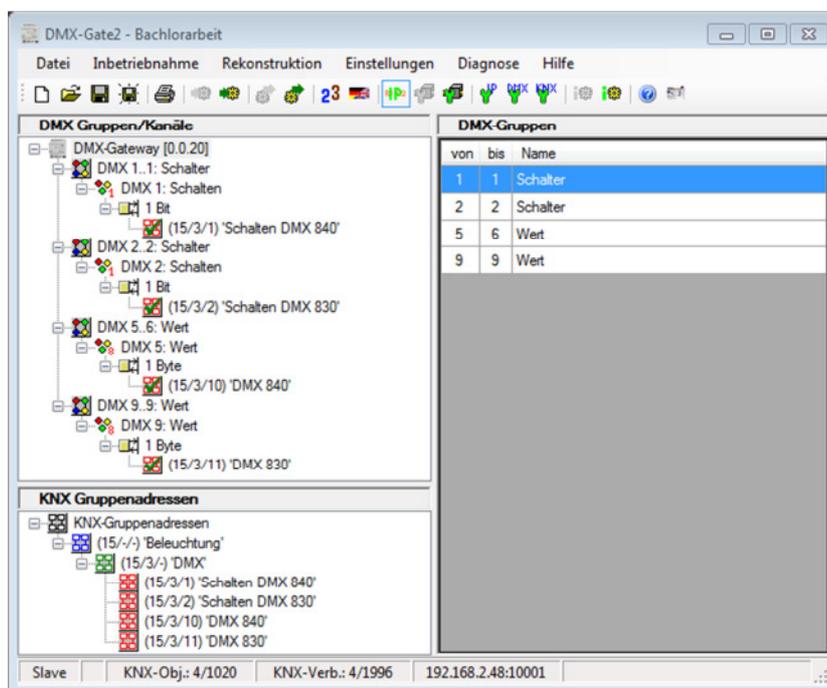


Abbildung 31: fertiges Projekt

Im Anhang 2 befindet sich ein Auszug aus dem Datenverkehr von *DMX* auf *KNX*.

5. Zusammenfassung

Als Ziel dieser Bachelorarbeit stand die Untersuchung der Kommunikation von verschiedenen Bussystemen über Gateways miteinander. Bei dieser Untersuchung wurde auch der Aufbau der verschiedenen Telegrammartentypen betrachtet. Eine Zusammenfassung der einzelnen Telegrammartentypen zeigt die Tabelle 16.

Tabelle 16: Übersicht über die Telegrammartentypen

Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Byte 8	...	Byte 9...23
Strg 8 Bit	Quelladresse 16 Bit		Zieladresse 16 + 1 Bit		RL 7 Bit	Nutzdaten 2 - 16 Byte			Parität 8 Bit

KNX-Telegramm

18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Start-bit	Adressbyte								Datenbyte								Stoppbits	

DALI-Telegramm

10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Startbit	Datenbyte							Stoppbits		

DMX-Telegramm

Aus der Tabelle 16 ist ersichtlich, dass das Telegramm des *KNX*-Busses mit mindestens 9 bis maximal 23 Bytes am Längsten ist. Die Ursache für die Länge liegt darin begründet, dass nicht nur die Zieladresse sondern auch die Quelladresse des Senders eingebettet ist. Daher erfolgt die Sendung des *KNX*-Telegramms nur dann, wenn eine Aktion ausgelöst worden ist.

Mit einer Länge von 19 Bit ist das Telegramm von dem *DALI*-Bussystem das Zweitlängste. Der Abfragezyklus vom Master wird unterbrochen um das *DALI*-Telegramm zu senden. Anschließend setzt der Master den Abfragezyklus an der unterbrochenen Stelle fort. Das kürzeste Telegramm ist das *DMX*-Telegramm, welches eine Länge von 11 Bit hat. Der Master sendet zyklisch die Werte der belegten *DMX*-Kanäle, auch wenn sich der Wert des Kanals nicht geändert hat.

Die durch die Bachelorarbeit gewonnenen Erkenntnisse könnten bei der Fehlersuche in der Beleuchtungsanlage im Konferenzsaal genutzt werden. Zum Beispiel wird auf dem Tableau eine Szene aufgerufen, aber die Beleuchtung des Saals ändert sich nicht auf den für diese Szene im *DALI*-Gateway hinterlegten Helligkeitswert. Die Aufzeichnung der Kommunikation auf dem *DALI*-Bussystem zeigt, dass eine um eins verringerte Szenennummer aufgerufen wurde.

Des Weiteren eröffnete die Arbeit die Möglichkeit, defekte *DALI*-Teilnehmer, z.B. EVG der Beleuchtung, auszutauschen, ohne das im gesamten *DALI*-Bussystem die Kurzadressen der Teilnehmer neu vergeben werden müssen. Bei einer Neuadressierung aller *DALI*-Teilnehmer kann es dazukommen, dass die Gruppenadressen gelöscht werden. Um das zu vermeiden, werden dem neuen *DALI*-Teilnehmer, z.B. dem EVG, die Kurzadresse und die Gruppenadresse vom defekten Teilnehmer zugewiesen. Somit muss nach einem Austausch des Teilnehmers das gesamte Bussystem nicht neu konfiguriert werden.

Literaturverzeichnis

- [1]. DMX Gateway IP. [Online] ELKA, 04. 03 2014. http://produkte.elka.de/media/archive1/td/13516111_TD_Gateway_DMX_IP.pdf.
- [2]. **Kriesel, Werner, Sokollik, Frank und Helm, Peter.** *KNX/EIB für die Gebäudesystemtechnik in Wohn- und Zweckbau.* Heidelberg : Hüthig, 2009.
- [3]. **Ebner, Michael.** *Lichttechnik für Bühne und Disco : ein Handbuch für Praktiker.* Aachen : Elektor-Verlag , 2001.
- [4]. **Burghardt, Frank.** *Lichttechnik für Einsteiger : die eigene Lichtshow mit DMX professionell steuern.* Aachen : Elektor-Verlag, 2009.
- [5]. **Merz, Hermann, Hansemann, Thomas und Hübner, Christof.** *Gebäudeautomation : Kommunikationssysteme mit EIB/KNX, LON und BACnet.* München : Fachbuchverlag Leipzig im Carl-Hanser-Verlag, 2010.
- [6]. **Zönnchen, Ruben.** *Digitale Steuerung der Lichttechnik mit dem Protokoll DMX-512.* Leipzig : Ruben Zönnchen, 2008.
- [7]. DALI AG. [Online] [Zitat vom: 24. 03 2014.] http://www.dali-ag.org/fileadmin/user_upload/pdf/news-service/brochures/DALI_manual_german.pdf.
- [8]. Beckhoff Dali-Commands. [Online] [Zitat vom: 25. 04 2014.] [http://infosys.beckhoff.com/index.php?content=../content/1031/kl6811/html/bt_kl6811_dali-commands.htm&id=.](http://infosys.beckhoff.com/index.php?content=../content/1031/kl6811/html/bt_kl6811_dali-commands.htm&id=)
- [9]. Beckhoff Application Notes. [Online] [Zitat vom: 13. 03 2014.] ftp://download.beckhoff.com/document/Application_Notes/DK9221-0710-0031.pdf.
- [10]. Tridonic DS DALI USB. [Online] [Zitat vom: 22. 04 2014.] http://www.tridonic.com/com/de/download/data_sheets/DS_DALI_USB_de.pdf.
- [11]. Techtips DMX 512. [Online] Soundlight. [Zitat vom: 25. 04 2014.] <http://www.soundlight.de/techtips/dmx512/dmx512.htm>.
- [12]. KNX-Gebäudesysteme Handbuch Inbetriebnahme-Tool. [Online] ABB ibus. [Zitat vom: 07. 04 2014.] http://www.knx-gebaeudesysteme.de/sto_g/Deutsch/Deutschland/ABB_ibus_KNX/HANDBUECHER/DALI_CONFIG_PH_DE_V1-1_2CDC507118D0101A.PDF.
- [13]. KNX-Gebäudesysteme Handbuch DGS 1.16.1. [Online] ABB ibus. [Zitat vom: 06. 03 2014.] <http://www.knx->

- gebuedesysteme.de/sto_g/Deutsch/Deutschland/ABB_ibus_KNX/HANDBUECHER/DGS_1161_PH_DE_V1-2_2CDC507092D0102.PDF.
- [14]. RGB. [Online] [Zitat vom: 17. 05 2014.] <http://de.wikipedia.org/wiki/RGB>.
- [15]. MAC-Adresse. [Online] [Zitat vom: 17. 05 2014.] <http://de.wikipedia.org/wiki/MAC-Adresse>.
- [16]. IP-Adresse. [Online] [Zitat vom: 17. 05 2014.] <http://de.wikipedia.org/wiki/IP-Adresse>.
- [17]. ABB. [Online] 17. 05 2014. http://de.wikipedia.org/wiki/Asea_Brown_Boveri.
- [18]. Online Katalog Jung. [Online] Jung. [Zitat vom: 01. 06 2014.] www.jung.de/de/online-katalog/69314101.
- [19]. DMX Master I. [Online] Stairville, 06. 03 2014. http://pdfretriever.com/ref_sien.php?ID=2325624&lg=D&src=2.
- [20]. Techtips DMX 512A. [Online] Soundlight, 25. 04 2014. <http://www.soundlight.de/techtips/dmx512/dmx2000a.htm>.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Topologiearten KNX / EIB	10
Abbildung 2: maximal ausgebautes Bussystem.....	12
Abbildung 3: Kommunikation von zwei Bussystemen.....	13
Abbildung 4: Kollisionserkennung von Teilnehmern (TLN)	14
Abbildung 5: schematischer Aufbau des Gebäudeleitsystems	20
Abbildung 6: Topologie des KNX-Projektes	21
Abbildung 7: Gruppenadressen im Projekt	22
Abbildung 8: Menüseite auf dem Tableau der Firma Jung.....	23
Abbildung 9: Lichtsteuerseite auf dem Tableau der Firma Jung.....	23
Abbildung 10: Szenen auf dem Tableau der Firma Jung	24
Abbildung 11: belegtes DALI - Gateway	25
Abbildung 12: Linienstruktur.....	27
Abbildung 13: Sternstruktur	27
Abbildung 14: gemischte Struktur	27
Abbildung 15: autarkes DALI-Bussystem.....	27
Abbildung 16: DALI-Bussystem an KNX-Bussystem	28
Abbildung 17: Spannungspegel des Signals.....	29
Abbildung 18: Daten im Manchester Code	30
Abbildung 19: DALI - Kommunikation	33
Abbildung 20: Gebäudeleitsystem	38
Abbildung 21: Gruppenzuordnungsfenster	40
Abbildung 22: Parameterfenster	42
Abbildung 23: DMX-System.....	45
Abbildung 24: Einstellung der DMX Adresse	47
Abbildung 25: Datenübertragung bei DMX-512A.....	49
Abbildung 26: Anschluss - Betriebsart Slave	51
Abbildung 27: Mischpult DMX Master I	52
Abbildung 28: Versuchsaufbau DMX-Bus.....	52
Abbildung 29: Einstellung der IP Adresse.....	53
Abbildung 30: Ergebnisfenster.....	54
Abbildung 31: fertiges Projekt	55

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aufbau eines KNX-Telegramms.....	15
Tabelle 2: 1-Bit Telegramm.....	16
Tabelle 3: 4-Bit Telegramm.....	17
Tabelle 4: 8-Bit Telegramm.....	18
Tabelle 5: Unterschied zwischen Befehls- und Statustelegamm	18
(Änderung wurde farblich hervorgehoben).....	18
Tabelle 6: Aufbau eines DALI – Telegramms	32
Tabelle 7: Antwort eines Teilnehmers.....	32
Tabelle 8: DALI - Datenbyte.....	34
Tabelle 9: Befehlsnummer indirekter DALI - Befehle	35
Tabelle 9: Befehlsnummer indirekter DALI - Befehle	36
Tabelle 10: Konfigurationsbefehle.....	37
Tabelle 11: Zyklus DALI-Master.....	41
Tabelle 12: Einschalttelegramm.....	43
Tabelle 12: Ausschalttelegramm.....	43
Tabelle 13: Szenenauf Ruf Szene 3.....	44
Tabelle 14: Lichtwertaufruf.....	44
Tabelle 15: Zeitenübersicht der Datenübertragung bei DMX-512A.....	49
Tabelle 16: Übersicht über die Telegrammartentypen.....	56

Formelverzeichnis

Formel 1: Lampenleistung	35
--------------------------------	----

Anhang

Anhang 1: Komplette Übersicht über alle Befehle für die Konfiguration

Anhang 2: Auszug aus dem Datenverkehr von DMX auf KNX

Anhang 1
Komplette Übersicht über alle Befehle
für die Konfiguration

Konfigurationsbefehle

Befehl	Befehls-Nr.	Beschreibung	Antwort
20 _{hex}	32 _{dez}	Setze alle Parameter in den Auslieferungszustand zurück.	-
21 _{hex}	33 _{dez}	Speichere den aktuellen Helligkeitswert im DTR (Data-Transfer- Register).	-
22 _{hex} ... 29 _{hex}	34 _{dez} ... 41 _{dez}	reserviert	-
2A _{hex}	42 _{dez}	Speichere den aktuell im DTR befindlichen Wert als Maximal-Lampenleistungswert.	-
2B _{hex}	43 _{dez}	Speichere den aktuell im DTR befindlichen Wert als Minimal-Lampenleistungswert.	-
2C _{hex}	44 _{dez}	Speichere den aktuell im DTR befindlichen Wert als Fehlerfall-Lampenleistungswert.	-
2D _{hex}	45 _{dez}	Speichere den aktuell im DTR befindlichen Wert als Einschalt-Lampenleistungswert.	-
2E _{hex}	46 _{dez}	Speichere den aktuell im DTR befindlichen Wert als Stufenzeit.	-
2F _{hex}	47 _{dez}	Speichere den aktuell im DTR befindlichen Wert als Stufengeschwindigkeit.	-
30 _{hex} ... 3F _{hex}	48 _{dez} ... 63 _{dez}	reserviert	-
4n _{hex} (n: 0 _{hex} ... F _{hex})	64 _{dez} ... 79 _{dez}	Speichere den aktuell im DTR befindlichen Wert als ausgewählte Szene (n).	-
5n _{hex} (n: 0 _{hex} ... F _{hex})	80 _{dez} ... 95 _{dez}	Lösche die ausgewählte Szene (n) vom DALI-Slave.	-
6n _{hex} (n: 0 _{hex} ... F _{hex})	96 _{dez} ... 111 _{dez}	Füge den DALI-Slave zur ausgewählten Gruppe (n) hinzu.	-
7n _{hex} (n: 0 _{hex} ... F _{hex})	112 _{dez} ... 127 _{dez}	Lösche den DALI-Slave aus der ausgewählten Gruppe (n).	-
80 _{hex}	128 _{dez}	Speichere den aktuell im DTR befindlichen Wert als Kurzadresse.	-
81 _{hex} ... 8F _{hex}	129 _{dez} ... 143 _{dez}	reserviert	-
90 _{hex}	144 _{dez}	Gib den Zustand (XX) des DALI-Slaves zurück.	XX

Befehl	Befehls-Nr.	Beschreibung	Antwort
91 _{hex}	145 _{dez}	Überprüfe ob der DALI-Slave arbeitet.	ja/nein
92 _{hex}	146 _{dez}	Überprüfe ob ein Lampenausfall vorliegt.	ja/nein
93 _{hex}	147 _{dez}	Überprüfe ob die Stromversorgung der Lampe eingeschaltet ist.	ja/nein
94 _{hex}	148 _{dez}	Überprüfe ob der Slave einen Wert unzulässigen Wert empfangen hat.	ja/nein
95 _{hex}	149 _{dez}	Überprüfe ob der DALI-Slave im Reset-Zustand ist.	ja/nein
96 _{hex}	150 _{dez}	Überprüfe ob dem DALI-Slave eine Kurzadresse fehlt.	ja/nein
97 _{hex}	151 _{dez}	Gib die Versionsnummer (XX) zurück.	XX
98 _{hex}	152 _{dez}	Gib den Inhalt (XX) des DTR zurück.	XX
99 _{hex}	153 _{dez}	Gib den Geräte-Typ (XX) zurück.	XX
9A _{hex}	154 _{dez}	Gib das physikalische Minimum (XX) zurück.	XX
9B _{hex}	155 _{dez}	Überprüfe ob am DALI-Slave ein Versorgungsfehler vorliegt.	ja/nein
9C _{hex} ... 9F _{hex}	156 _{dez} ... 159 _{dez}	reserviert	-
A0 _{hex}	160 _{dez}	Gib den aktuellen Lampenleistungswert (XX) zurück.	XX
A1 _{hex}	161 _{dez}	Gib den maximal zulässigen Lampenleistungswert (XX) zurück.	XX
A2 _{hex}	162 _{dez}	Gib den minimal zulässigen Lampenleistungswert (XX) zurück.	XX
A3 _{hex}	163 _{dez}	Gib Einschalt-Lampenleistungswert (XX) zurück.	XX
A4 _{hex}	164 _{dez}	Gib Fehlerfall-Lampenleistungswert (XX) zurück.	XX
A5 _{hex}	165 _{dez}	Gib die Stufengeschwindigkeit (X) und die Stufengeschwindigkeit (Y) zurück.	XY
A6 _{hex} ... AF _{hex}	166 _{dez} ... 175 _{dez}	reserviert	-
Bn _{hex} (n: 0 _{hex} ... F _{hex})	176 _{dez} ... 191 _{dez}	Gib den Lampenleistungswert (XX) der angegebenen Szene (n) zurück.	XX
C0 _{hex}	192 _{dez}	Gib ein Bit-Muster zurück, das anzeigt zu welcher Gruppe (0-7) der DALI-Slave gehört.	XX
C1 _{hex}	193 _{dez}	Gib ein Bit-Muster zurück, das anzeigt zu welcher Gruppe (8-15) der DALI-Slave gehört.	XX

Befehl	Befehls-Nr.	Beschreibung	Antwort
C2 _{hex}	194 _{dez}	Gib die oberen Bits der wahlfreien Adresse (HH) zurück.	HH
C3 _{hex}	195 _{dez}	Gib die mittleren Bits der wahlfreien Adresse (MM) zurück.	MM
C4 _{hex}	196 _{dez}	Gib die niedrigen Bits der wahlfreien Adresse (LL) zurück.	LL
C5 _{hex} ... DF _{hex}	197 _{dez} ... 223 _{dez}	reserviert	-
E0 _{hex} ... FF _{hex}	224 _{dez} ... 255 _{dez}	Abfrage der anwendungsbezogenen Erweiterungsbefehle.	

Anhang 2
Auszug aus dem Datenverkehr
von DMX auf KNX

	Quelladr.	Quelle	Zieladr.	Ziel	DPT	Daten
1	0.0.20	DMX-Gateway	15/3/10	DMX 840	1 Byte	\$72 45 %
2	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$07 3 %
3	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$11 7 %
4	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$1D 11 %
5	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$28 16 %
6	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$33 20 %
7	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$3E 24 %
8	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$49 29 %
9	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$54 33 %
10	0.0.20	DMX-Gateway	15/3/10	DMX 840	1 Byte	\$9C 61 %
11	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$5C 36 %
12	0.0.20	DMX-Gateway	15/3/10	DMX 840	1 Byte	\$A0 63 %
13	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$63 39 %
14	0.0.20	DMX-Gateway	15/3/10	DMX 840	1 Byte	\$A1 63 %
15	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$69 41 %
16	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$6E 43 %
17	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$74 45 %
18	0.0.20	DMX-Gateway	15/3/10	DMX 840	1 Byte	\$A8 66 %
19	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$7A 48 %
20	0.0.20	DMX-Gateway	15/3/10	DMX 840	1 Byte	\$D1 82 %
21	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$A4 64 %
22	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$A8 66 %
23	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$AD 68 %
24	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$B1 69 %
25	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$B6 71 %
26	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$BB 73 %
27	0.0.20	DMX-Gateway	15/3/10	DMX 840	1 Byte	\$FF 100 %
28	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$C6 78 %
29	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$CB 80 %
30	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$D1 82 %
31	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$D7 84 %
32	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$DD 87 %
33	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$E2 89 %
34	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$E8 91 %
35	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$EE 93 %
36	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$F4 96 %
37	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$FA 98 %
38	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$FF 100 %

	Quelladr.	Quelle	Zieladr.	Ziel	DPT	Daten
39	0.0.20	DMX-Gateway	15/3/10	DMX 840	1 Byte	\$56 34 %
40	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$82 51 %
41	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$7D 49 %
42	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$79 47 %
43	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$75 46 %
44	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$70 44 %
45	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$6C 42 %
46	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$68 41 %
47	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$63 39 %
48	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$5F 37 %
49	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$5B 36 %
50	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$56 34 %
51	0.0.20	DMX-Gateway	15/3/10	DMX 840	1 Byte	\$4F 31 %
52	0.0.20	DMX-Gateway	15/3/10	DMX 840	1 Byte	\$49 29 %
53	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$55 33 %
54	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$54 33 %
55	0.0.20	DMX-Gateway	15/3/10	DMX 840	1 Byte	\$42 26 %
56	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$53 33 %
57	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$52 32 %
58	0.0.20	DMX-Gateway	15/3/10	DMX 840	1 Byte	\$3F 25 %
59	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$50 31 %
60	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$4F 31 %
61	0.0.20	DMX-Gateway	15/3/10	DMX 840	1 Byte	\$3D 24 %
62	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$4D 30 %
63	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$4B 29 %
64	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$4A 29 %
65	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$48 28 %
66	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$47 28 %
67	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$45 27 %
68	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$43 26 %
69	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$42 26 %
70	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$40 25 %
71	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$3F 25 %
72	0.0.7		15/3/20	Rückmeldung 840	1 Byte	\$3D 24 %