

addLINK Radio Module

Technical Manual

Version: 2.1/2002-09-24

Eigentumshinweis:

Die Informationen in diesem Dokument können sich ohne vorherige Ankündigung ändern. Firmennamen oder Produktbezeichnungen, die in diesem Dokument erwähnt werden, können Marken oder eingetragene Marken der jeweiligen Unternehmen sein.

Alle Rechte vorbehalten. Der Inhalt dieser Veröffentlichung darf ohne schriftliche Genehmigung von Adcon RF Technology weder ganz noch teilweise in irgendeiner Form reproduziert werden.

Diese Veröffentlichung soll den Leser lediglich beim Umgang mit dem beschriebenen Produkt unterstützen. Adcon RF Technology haftet in keiner Weise für Verluste oder Schäden, die aus der Nutzung von Informationen in der vorliegenden Veröffentlichung, aus Fehlern oder Auslassungen in diesen Informationen oder aus einem unsachgemäßen Umgang mit dem Produkt resultieren.

WARNUNG:

Das addLINK-Funkmodul von Adcon RF Technology ist zugelassen und entspricht der FTEE-Richtlinie 1999/5/EG.

Gemäß der FTEE-Richtlinie ist der Kunde von ADCON RF Technology (also der addLINK-Endbenutzer) für die Überprüfung zuständig, daß das addLINK-Host-Produkt (also das Endprodukt) den wesentlichen FTEE-Anforderungen entspricht.

Darüber hinaus kann durch die Verwendung eines zugelassenen Funkmoduls (z.B. addLINK mit Mikrocontroller und integrierter Antenne) die erneute Zulassung des Endprodukts unter der Voraussetzung vermieden werden, daß der Endbenutzer die Anweisungen und Empfehlungen von ADCON RF Technology beachtet.

Weitere Informationen hierzu finden Sie im Handbuch "addLINK-Integration".

Inhalt

GLOSSAR	1
1 EINFÜHRUNG	1-1
1.1 ZWECK DIESES DOKUMENTS.....	1-1
1.2 ALLGEMEINE BESCHREIBUNG	1-1
1.3 FUNKTIONALE BLÖCKE UND MERKMALE	1-1
1.4 BLOCKSCHALTBILD	1-2
2 PINBELEGUNG	2-1
3 FUNKTIONSBesCHREIBUNG	3-1
3.1 EMPFÄNGER.....	3-1
3.2 SENDER	3-1
3.3 MIKROCONTROLLER	3-1
3.3.1 Software.....	3-1
3.3.2 I/O-Leitungen	3-2
3.3.3 A/D-Wandler	3-2
3.4 ANTENNE.....	3-2
4 DATEN	4-1
4.1 ABSOLUTE GRENZWERTE	4-1
4.2 EMPFOHLENE BETRIEBSBEDINGUNGEN	4-1
4.3 BETRIEBSMODI UND STROMAUFNAHME	4-1
4.4 EIGENSCHAFTEN DES EMPFÄNGERS.....	4-1
4.5 EIGENSCHAFTEN DES SENDERS	4-2
4.6 EIGENSCHAFTEN DES MIKROCONTROLLERS.....	4-2
4.7 INTEGRIERTE ANTENNE.....	4-2
4.8 MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN DES MODULS.....	4-3
5 BETRIEB	5-1
5.1 HAYES- ODER 'AT'-MODUS	5-1
5.1.1 <i>Beschreibung der Standardbefehle</i>	5-1
5.2 BESCHREIBUNG DER REGISTER.....	5-2
5.3 BETRIEBSARTEN.....	5-6
5.3.1 <i>Transparenter Modus</i>	5-6
5.3.2 <i>Transparenter abgesicherter Modus</i>	5-7
5.3.2.1 Algorithmus für die "abgesicherte" Verbindung	5-7
5.3.2.2 Flußkontrolle	5-8
5.3.3 <i>Transparenter, adressierter und abgesicherter Modus</i>	5-9

5.3.4	<i>Vereinfachte Darstellung der transparenten Modi</i>	5-10
5.3.5	<i>I/O Copy-Modus</i>	5-10
5.3.6	<i>Demonstrationsmodus</i>	5-11
5.3.7	<i>Befehle zum Testen des Funkteils</i>	5-12
6	INTEGRIEREN DES ADDLINK-MODULS IN DIE ANWENDUNG	6-1
6.1	ANTENNPOLARISATION.....	6-1
6.2	ANTENNEN-GROUNDPLANE AUF DER HOST-LEITERPLATTE	6-2
6.3	EMPFEHLUNGEN ZUR MONTAGE	6-5
6.3.1	<i>Empfehlungen zur Hardware</i>	6-5
6.3.1.1	<i>Versorgungsspannung</i>	6-5
6.3.1.2	<i>Schaltungsbeispiele</i>	6-7
6.3.2	<i>Montage des addLINK-Moduls auf der Host-Leiterplatte</i>	6-10
6.3.3	<i>Empfehlungen für Anschlußflächen-Layout und Host-Platinenausschnitt für den addLINK-Einbau</i>	6-10
7	ANHANG	7-1
7.1	ALTERNATIVE ADDLINK-KONFIGURATIONEN	7-1
7.2	ADDLINK MIT EXTERNER ANTENNE	7-2
7.3	ADDLINK MIT D/A-WANDLER.....	7-3

Abbildungen

Abbildung 1-1: addLINK-Blockschaltbild.....	1-2
Abbildung 2-1: addLINK-Standard-Pinbelegung	2-1
Abbildung 4-1: Integrierte Antenne.....	4-3
Abbildung 4-2: addLINK-Maße	4-4
Abbildung 5-1: Zeitverlaufsdiagramm der Datenflußkontrolle	5-9
Abbildung 6-1: Optimale Polarisation der addLINK- Antennen bei in gleicher Höhe befindlichen Modulen	6-1
Abbildung 6-2: Optimale Polarisation der addLINK- Antennen bei in unterschiedlichen Höhen befindlichen Modulen	6-2
Abbildung 6-3: Antennenparameter.....	6-3
Abbildung 6-4: Antennengewinn in Abhängigkeit von W1 und L2.....	6-4
Abbildung 6-5: Optimaler Einsatz der Antenne	6-5
Abbildung 6-6: LC-Filter.....	6-6
Abbildung 6-7: addLINK-Montage	6-10
Abbildung 6-8: Host-Platinenausschnitt	6-10
Abbildung 7-1: addLINK-Pinbelegung	7-1

Tabellen

Tabelle 2-1: Beschreibung der Pins	2-1
Tabelle 5-1: Beschreibung der Register.....	5-3
Tabelle 6-1: Empfohlene LC-Filter-Werte	6-6
Tabelle 7-1: Bestellangaben	7-1
Tabelle 7-2: Unterschiede in der Pinbelegung	7-2
Tabelle 7-3: Unterschiede in der Pinbelegung eines addLINK-Moduls mit D/A-Wandler	7-3
Tabelle 7-4: D/A-Wandler-Registerangaben	7-3

Glossar

ADC	Analog-to-Digital Converter, A/D-Wandler
CTS	Clear To Send, Sendebereitschaft
DAC	Digital-to-Analog Converter, D/A-Wandler
dBm	deziBel, bezogen auf 1 mW
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (Elektrisch löschbarer, programmierbarer Lesespeicher)
FSK	Frequency Shift Keying, Frequenzumtastung
I/O	Input/Output, Ein-/Ausgang (E/A)
ISM band	Industrial Scientific and Medical band, ISM-Band (Frequenzbereich für industrielle, wissenschaftliche und medizinische Zwecke)
LC-filter	Inductor Capacitor-filter, LC-Filter
LO	Local Oscillator, Überlagerungsszillator
NRZ	Non Return to Zero, ohne Nulldurchgang
PCB	Printed Circuit Board, Leiterplatte
PLL	Phase Locked Loop, eingerastete Phasenregelschleife
PSTN	Public Switched Telephone Network, öffentliches Fernsprechnetz
RAM	Random Access Memory, Schreib-Lese-Speicher
RF	Radio Frequency, Hochfrequenz (HF)
ROM	Read Only Memory, Lese-Speicher
RTS	Request To Send, Sendeanforderung
SAW	Surface Acoustic Wave, Oberflächenwelle
TBD	To Be Defined, noch zu definieren
TTL	Transistor Transistor Logic, Transistor-Transistor-Logik
VCO	Voltage Controlled Oscillator, spannungsgesteuerter Oszillator

1 Einführung

1.1 Zweck dieses Dokuments

Im vorliegenden Dokument werden die technischen Aspekte des addLINK-Standard¹-Funkmoduls mit der Bezeichnung addLINK-868-NB-A-MC präsentiert.

Nach der Beschreibung der allgemeinen und der technischen Merkmale des Funkmoduls werden die Funktionsweise und die Integration des addLINK-Standard-Funkmoduls in Ihre Anwendung in zwei separaten Kapitel ausführlich erläutert.

Die alternativen Konfigurationen des addLINK-Standard-Funkmoduls werden im Anhang beschrieben.

1.2 Allgemeine Beschreibung

addLINK ist ein vollständig integriertes, digitales Sende- und Empfangsmodul und kann in allen Fällen eingesetzt werden, in denen eine schnelle und zuverlässige Datenübertragung unverzichtbar ist. Es besteht aus einem Halbduplex-Transceiver mit FSK-Modulation, der im genehmigungsfreien ISM-Frequenzbereich um 868 MHz arbeitet. Eine RS-232-Standardschnittstelle gewährleistet eine schnelle und einfache Integration der drahtlosen Datenübertragung in Ihre Anwendung.

Das Modul enthält alle HF- und Digitalbaugruppen, die zum Senden und Empfangen von digitalen Daten per Funk benötigt werden.

Die Steuerung der Sende- und Empfangsfunktionen erfolgt über einen integrierten Mikrocontroller mit EEPROM- und A/D-Wandler-Funktionen. Daneben stehen vier weitere programmierbare Eingangs- bzw. Ausgangsleitungen (I/O-Leitungen) zur Verfügung.

Optional ist ein Zweifach-DAC mit 8 Bit Auflösung in das addLINK-Modul integriert.

Das addLINK-Standardgerät ist mit einer integrierten Antenne ausgestattet.

Zu den typischen Parametern für die Systemleistungen auf Empfängerseite gehören eine Empfindlichkeit von 101 dBm (± 1 dBm) und eine Datenrate von 10 kBit/s. Je nach Versorgungsspannung erzeugt der Sender eine Ausgangsleistung zwischen 0 dBm und +7 dBm.

Das Modul besitzt eine HF-Metallabschirmung und ist nach ETS 300 220 geprüft.

1.3 Funktionale Blöcke und Merkmale

Abbildung 1 enthält das Blockschaltbild des addLINK-Transceivermoduls.

¹ addLINK-Geräte sind in einer Vielzahl von Konfigurationen lieferbar, jede mit unterschiedlichen Optionen (siehe Kapitel 7). Der Begriff "Standard" bezieht sich auf das addLINK-868-NB-A-MC.

Die folgenden funktionalen Blöcke sind zu unterscheiden:

- Ein FSK-Empfänger mit einer Empfindlichkeit von 101 dBm (± 1 dBm), der über alle benötigten Empfangsfunktionen verfügt.
- Ein FSK-Sender mit bis zu +7 dBm Ausgangsleistung bei 5 V.
- Ein Antennenschalter, damit Senden und Empfangen über eine Antenne erfolgen kann.
- Integrierte Antenne (optional kann eine externe Antenne verwendet werden)
- Ein 8-Bit-Mikrocontroller mit 512 Byte internem EEPROM, 8 kB Flash-Speicher und 1 kB RAM. Zusätzlich steht ein Zweifach-ADC mit 10 Bit Auflösung und optional ein Zweifach-DAC mit 8 Bit Auflösung zur Verfügung.

1.4 Blockschaltbild

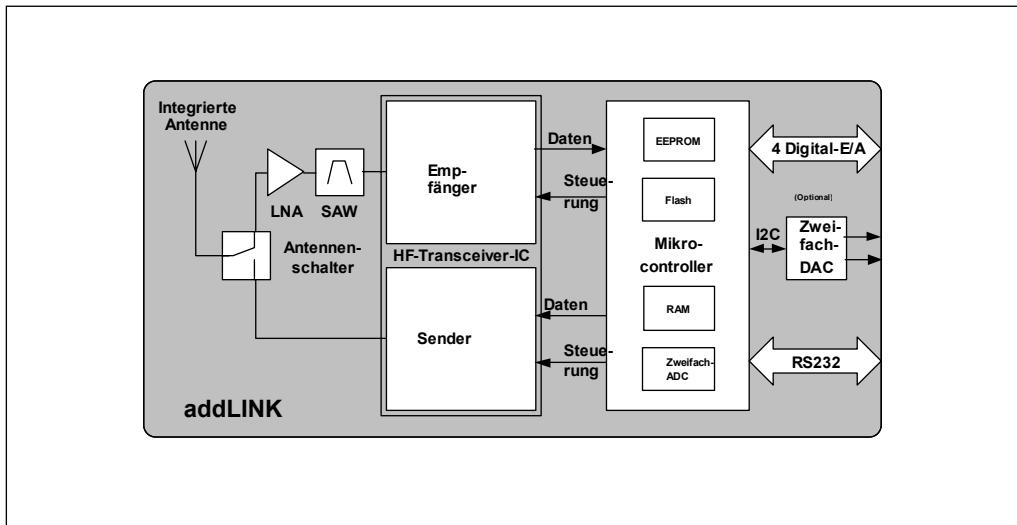


Abbildung 1-1: addLINK-Blockschaltbild

2 Pinbelegung

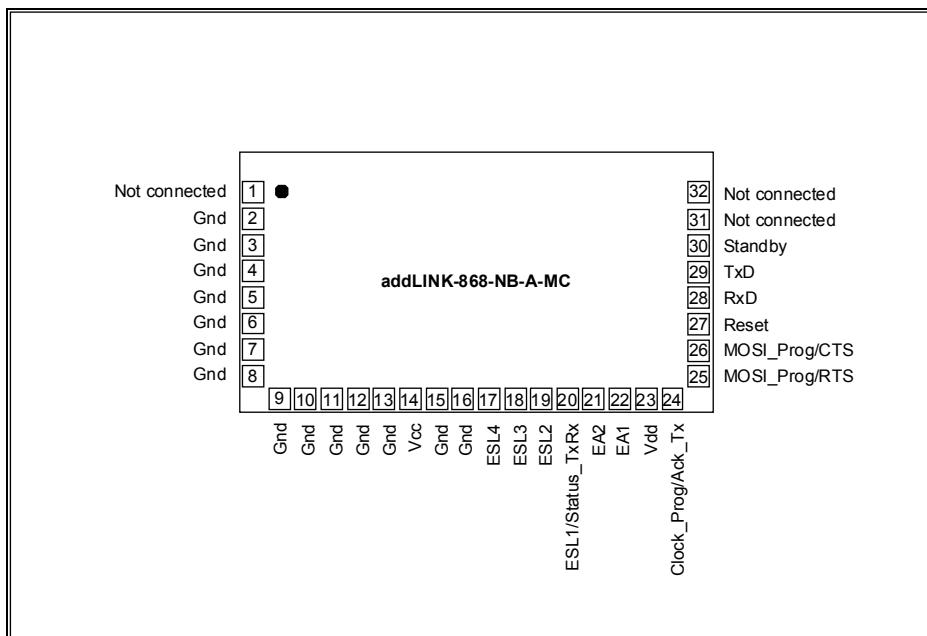


Abbildung 2-1: addLINK-Standard-Pinbelegung

ANMERKUNG: Diese Pinbelegung gilt nur für die addLINK-Standardausführung. Pinbelegungen für alternative addLINK-Konfigurationen finden Sie im Abschnitt 7.1.

Tabelle 2-1: Beschreibung der Pins

Die Pin-Typen werden mit A = Analog, D = Digital, I = Input und O = Output bezeichnet.

Pin	Symbol	Beschreibung	Typ
1	Not connected	Es wird empfohlen, diesen Pin nicht zu beschalten.	-
2-13	Gnd	Masse.	-
14	Vcc	Versorgungsspannung für den Funkteil. Diese muß gleich Vdd sein.	-
15-16	Gnd	Masse.	-
17	ESL4	Digitale I/O-Leitung Nr. 4, über das Hayes-Register S260 als Ein- oder Ausgangsleitung konfigurierbar.	D I/O
18	ESL3	Digitale I/O-Leitung Nr. 3, über das Hayes-Register S260 als Ein- oder Ausgangsleitung konfigurierbar.	D I/O
19	ESL2	Digitale I/O-Leitung Nr. 2, über das Hayes-Register S260 als Ein- oder Ausgangsleitung konfigurierbar.	D I/O
20	ESL1 / Status_TxRx	Digitale I/O-Leitung Nr. 1, über das Hayes-Register S260 als Ein- oder Ausgangsleitung konfigurierbar. Gibt an, ob über die serielle Verbindung Daten gesendet (High-Zustand) oder empfangen werden	D I/O

		(Low-Zustand). Kann in Verbindung mit einem RS-485-Chip benutzt werden.	
21	EA2	A/D-Wandler-Eingang Nr. 2. Der Wert kann über das Hayes-Register S282 abgerufen werden. Der Spannungsbereich liegt zwischen 0 und V_{DD} .	A I
22	EA1	A/D-Wandler-Eingang Nr. 1. Der Wert kann über das Hayes-Register S280 abgerufen werden. Der Spannungsbereich liegt zwischen 0 und V_{DD} .	A I
23	Vdd	Versorgungsspannung für den Digitalteil. Diese muß gleich Vcc sein.	-
24	Ack_Tx/ Clock_Prog	Signalisiert eine korrekte Übertragung des Pufferinhalts. Das Signal wird am Ende der Funkübertragung einer Meldung (CTS aktiv) aktiviert und bleibt aktiv, bis CTS auf den inaktiven Zustand umschaltet. Aktiv (Puffer übertragen) im Zustand "Low". Während der Flash- und EEPROM-Programmierung: Clock-Eingang.	D O
25	RTS / MISO_Prog	Sendeanforderung (Request To Send) Während der Flash- und EEPROM-Programmierung: Datenausgang.	D I/O
26	CTS / MOSI_Prog	Sendebereitschaft (Clear To Send). Während der Flash- und EEPROM-Programmierung: Dateneingang.	D I/O
27	Reset	Externer Hardware-Reset des Funkmoduls. Aktiv im Zustand "Low". Siehe Abschnitt 6.3.1.3.	D I
28	RxD	RxD-UART – Empfangen von seriellen Daten im Format NRZ/TTL: '1' entspricht dem Zustand "High".	D I
29	TxD	TxD-UART – Senden von seriellen Daten im Format NRZ/TTL: '1' entspricht dem Zustand "High".	D O
30	Standby	Schaltet das Modul auf Low-Power-Modus um. Aktiv im Zustand "High".	D I
31	Not connected	Es wird empfohlen, diesen Pin nicht zu beschalten.	-
32	Not connected	Es wird empfohlen, diesen Pin nicht zu beschalten.	-

3 Funktionsbeschreibung

Ausgehend vom Blockschaltbild in Abbildung 1 soll hier eine kurze Beschreibung gegeben werden.

3.1 Empfänger

Das Empfangssignal gelangt von der Antenne über den Antennenschalter an den LNA, der das Signal rauscharm verstärkt. Ein SAW-Bandpaßfilter unterdrückt die Spiegelfrequenz und Signale außerhalb des 868-MHz-Frequenzbereiches. Danach wird das Signal verstärkt und auf die erste Zwischenfrequenz herabgemischt. Nach einem Tiefpaß erfolgt die Quadratur-Abwärtsmischung des Signals in das Basisband. Die I- und Q-Signale werden anschließend gefiltert. Zwei Begrenzerstufen und ein Quadraturkorrelator, ergänzt durch Datenfilter und -teiler, reproduzieren die zu empfangenden Daten, die danach dem Mikrocontroller zugeleitet werden.

3.2 Sender

Der Mikrocontroller generiert die zu übertragenden Daten, die direkt per Frequenzumtastung einem 869,85-MHz-Träger aufmoduliert werden. Dieses modulierte Signal wird anschließend von einem Leistungsverstärker mit hohem Wirkungsgrad verstärkt. Über den Antennenschalter gelangt das Signal zur Antenne und wird von dieser abgestrahlt. Das LO-Signal wird intern von einem spannungsgesteuerten Oszillator und einem PLL-Synthesizer generiert.

3.3 Mikrocontroller

Der Mikrocontroller steuert den gesamten Sender und Empfänger. Diese Baugruppe programmiert also sämtliche Konfigurationseinstellungen des 'HF-Transceiver-ICs' und sorgt für die Umschaltung des Antennenschalters und das Ein- und Ausschalten des LNA. Der Mikrocontroller bildet außerdem die Schnittstelle zwischen den RS232-Daten und den Sende- und Empfangsdaten. Abschnitt 3.3.2 beschreibt die Funktion der I/O-Leitungen. Die Funktionsweise des A/D-Wandlers wird im Abschnitt 3.3.3 erläutert.

3.3.1 Software

Das addLINK-System wird mit programmiertem Flash-Speicher und EEPROM ausgeliefert. Es besteht die Möglichkeit, den Mikrocontroller zu Entwicklungszwecken umzuprogrammieren. Dazu dienen Pin 24 (Clock_Prog), Pin 25 (MISO_Prog) und Pin 26 (MOSI_Prog). Wir empfehlen, für die Entwicklung das "addLINK Radio Module Demo Kit" zu verwenden. Die Möglichkeit zur Umprogrammierung des Moduls ist hierin integriert.

3.3.2 I/O-Leitungen

Das addLINK-Modul verfügt über vier I/O-Leitungen, die über das Register S260 einzeln als Ein- oder Ausgangsleitung konfiguriert werden können. Auf diese I/O-Leitungen kann (bei Eingangsleitungen zum Lesen, bei Ausgangsleitungen zum Schreiben) über das Register S270 zugegriffen werden.

Die I/O-Leitungen können für Signalisierungsprozesse der jeweiligen Anwendung verwendet werden (z.B. zum Ansteuern von Anzeigen oder zum Auslesen von Sensoren). Durch die Verwendung der benutzerkonfigurierbaren I/O-Leitungen des addLINK-Moduls können zur Anwendungshardware des Benutzers gehörende E/A-Pins eingespart werden. Mit Hilfe des I/O-Copy-Modus können Ein- und Ausgänge von einem Master- direkt auf ein Slave-Modul kopiert werden.

Die Abtastrate für das Kopieren von Ein- und Ausgängen ist auf geringen Stromverbrauch optimiert und beträgt 1 Sekunde.

3.3.3 A/D-Wandler

Der A/D-Wandler kann zur Abtastung von Analogsignalen verwendet werden. Die dadurch gewonnenen Daten können vom Mikrocontroller gelesen und für die Benutzeranwendung verwendet werden (z.B. Meßwerte von Sensoren).

Das addLINK-Modul enthält die zwei A/D-Wandler-Eingänge EA1 (Pin 22) und EA2 (Pin 21). Das zugeführte Analogsignal muß zwischen 0 und Vdd liegen.

Das Aktivieren des A/D-Wandlers erfolgt beim Einschalten. Im Standby-Modus wird er deaktiviert. Die A/D-Wandler-Werte können über die Hayes-Register S280 (EA1) und S282 (EA2) gelesen werden.

3.4 Antenne

Das addLINK-Standardgerät ist mit einer integrierten Antenne ausgestattet. Um die maximale Antennenleistung zu erzielen, ist bei der Konstruktion der Host-Leiterplatte der Goundplane unterhalb der Antenne besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Abschnitt 6.2 gibt entsprechende Empfehlungen. Optional kann eine externe Antenne verwendet werden.

4 Daten

4.1 Absolute Grenzwerte

Symbol	Parameter	Min	Max	Einheit
T_{stg}	Lagertemperatur	-40	+85	°C
H_{rs}	Relative Luftfeuchtigkeit bei Lagerung	0	95	%

4.2 Empfohlene Betriebsbedingungen

Symbol	Parameter	Min	Max	Einheit
T_{amb}	Umgebungstemperatur bei Betrieb	-10	+55	°C
V_{CC}, V_{DD}	Versorgungsspannung	3,0	5,25	V
	Welligkeit	noch zu definieren	noch zu definieren	mV
H_{ro}	Relative Luftfeuchtigkeit bei Betrieb	20	95	%

4.3 Betriebsmodi und Stromaufnahme

$T_{amb} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$; $V_{CC}, V_{DD} = 5,0 \text{ V}$

Status	Min	Typisch	Max	Einheit
Standby	0,004	0,006	0,020	mA
Sendung	30,0	33,0	36,0	mA
Empfang	27,0	30,0	33,0	mA

4.4 Eigenschaften des Empfängers

Anmerkung: Die folgenden Angaben gelten für addLINK-Module mit Antenne.

Merkmal	Bedingungen	Typisch	Einheit
Kanal-Mittenfrequenz	-	869,850	MHz
Summen-Funkdatenrate	-	10	kBit/s
Modulationsart	-	FSK	-
Empfindlichkeit	$CER < 10^{-3}$	-101	dBm
Duchschnitts-CER	Eingangssignal -50 dBm	$< 10^{-6}$	-

P _{1dB}	CER < 10 ⁻³	-10	dBm
Kanalzahl	-	1	-
Trennschärfe	bei +/- 150 kHz	36	dB
Überbrückbare Entfernungen	quasioptisch	300	m
Konformitätsprüfung / Standard	-	ETSI 300 220	-

4.5 Eigenschaften des Senders

Anmerkung: Die folgenden Angaben gelten für addLINK-Module mit Antenne.

Merkmal	Bedingungen	Typisch	Einheit
Kanal-Mittenfrequenz	-	869,850	MHz
Summen-Funkdatenrate	-	10	kBit/s
Modulationsart	-	FSK	-
Ausgangsleistung bei V _{cc} = 3,0 V	-	0	dBm
Ausgangsleistung bei V _{cc} = 5,0 V	-	7	dBm
Kanalzahl	-	1	-
Überbrückbare Entfernungen	quasioptisch	300	m
Konformitätsprüfung / Standard	-	ETSI 300 220	-

4.6 Eigenschaften des Mikrocontrollers

Merkmal	Typisch	Einheit
Typ	8	Bit
Flash-Speicher	8	kB
RAM	1	kB
EEPROM-Speicher	512	Byte
Baudrate	1.200-38.400	Bit/s
E/A	4 TTL 3-5 V	
A/D-Wandler	2	
Auflösung	10	Bit
Serielle Verbindung	NRZ-Format vollduplex TTL 3-5 V RS232	
Flußkontrolle	RTS, CTS TTL 3-5 V	

4.7 Integrierte Antenne

Merkmal	Bedingungen	Typisch	Einheit

			heit
Resonanzfrequenz	-	869,850	MHz
Bandbreite	-	0,5	%
Impedanz	-	50	Ω
Gewinn	-	> -6	dBi
Polarisation	abhängig von Grund-fläche und Anordnung	horizontal / vertikal	-
Maße	-	32 x 17 x 4	mm
Material	-	Messing, verzinnt	

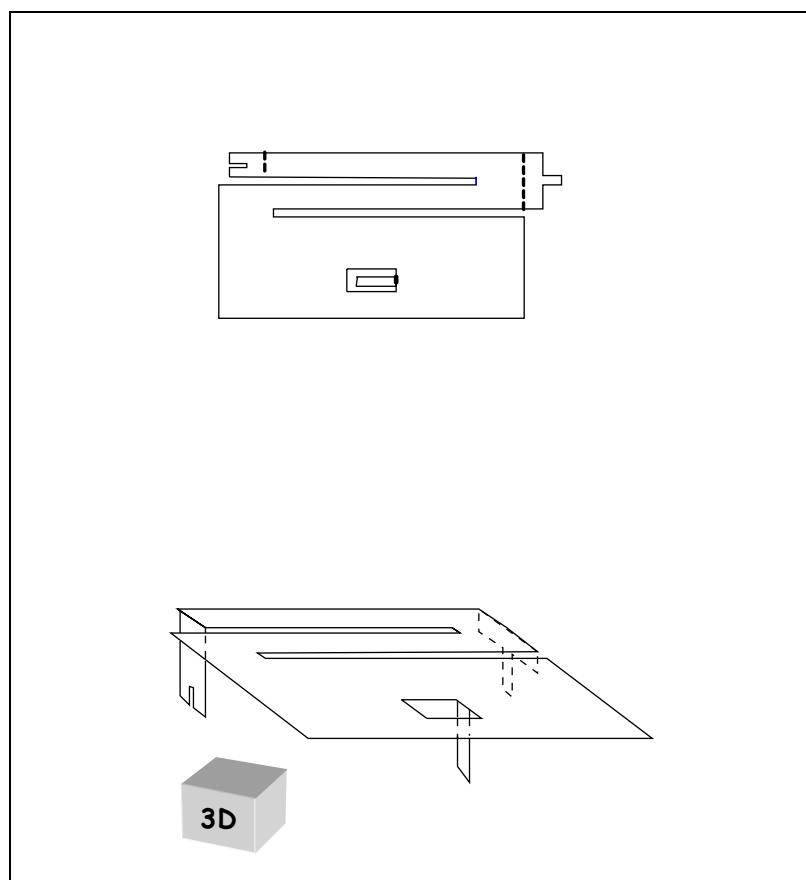


Abbildung 4-1: Integrierte Antenne

4.8 Mechanische Eigenschaften des Moduls

Merkmal		Einheit
Maße	38 x 21 x 0,8	mm
Leiterplatte	FR4, 4 Schichten	
Abschirmung		
Dicke	200	μm
Höhe	2	mm

Gewicht	ca. 5	g
---------	-------	---

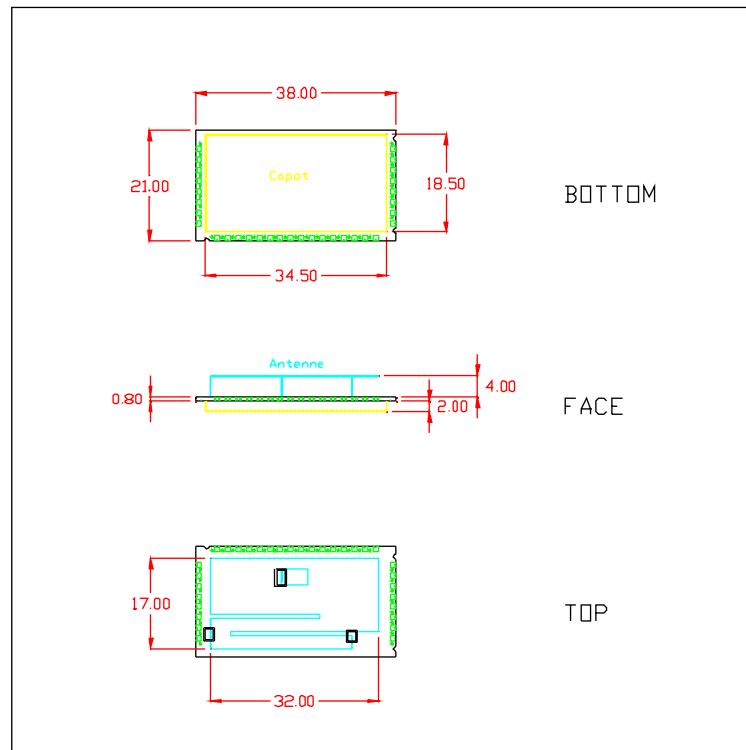


Abbildung 4-2: addLINK-Maße

5 Betrieb

5.1 Hayes- oder 'AT'-Modus

Die Hayes- (oder 'AT')- Befehle sind mit dem Hayes-Protokoll gemäß den Standards für PSTN-Modems kompatibel. Dieses 'AT'-Protokoll (bzw. der Hayes-Modus) dient zum Programmieren der Modemparameter nach folgendem Verfahren:

- Ein Datenrahmen (Frame) beginnt stets mit den beiden ASCII-Zeichen 'AT' (für 'ATtention').
- Die Befehle sind in Form von einem oder mehreren Zeichen kodiert und können zusätzliche Daten enthalten.
- Ein Befehl endet stets mit dem Zeichen <CR> (Carriage Return).

A	T	Befehl	Zusätzlicher Befehl	...	<CR>
---	---	--------	---------------------	-----	------

Anmerkung: In AT-Befehlen werden Registernummern und Werte im Dezimalformat angegeben.

Die einzige Abweichung von dieser Konvention zur Datenformatierung bildet der Befehl zum Umschalten auf den AT-Modus. Ausschließlich in diesem Fall muß der standardmäßige Code '+++' zum Verlassen des AT-Modus eingegeben und eine anschließende Wartezeit, die mindestens dem Zeitüberschreitungswert (Timeout) entspricht, eingehalten werden. <AT> und <CR> dürfen nicht verwendet werden.

Anmerkung: Die Zeitspanne zwischen zwei Zeichen desselben Befehls muß kürzer sein als 10 Sekunden.

Trotz seiner Ähnlichkeit mit Standard-Datenmodems ist das ADCON addLINK-868-NB-A-MC immer noch ein Funkmodul und verfügt daher über einige zusätzliche "AT"-Spezialbefehle.

5.1.1 Beschreibung der Standardbefehle

'+++':

'AT'-Modus aktivieren

Dieser Befehl ermöglicht den sofortigen Zugang zum Modemparameter-Programmiermodus (Hayes-Modus) unabhängig von der augenblicklich aktiven Betriebsart. Dieser Befehl darf nicht mit AT beginnen, aber über eine Wartezeit ausgelöst werden, die in Millisekunden angegeben und als Parameter in Register S214 konfiguriert ist.

Anmerkung: Durch Aktivieren des 'AT'-Modus wird bei addLINK-Funkmodulen der Funkempfang deaktiviert.

'ATO'	AT-Modus deaktivieren Dieser Befehl aktiviert den Betriebsmodus entsprechend dem im Register S220 gespeicherten Daten.
'ATSn?'	Wert des Registers n anzeigen Die Betriebsparameter für das addLINK-Funkmodul werden in Registern der Klasse 'S' gespeichert, die von 0 bis 512 numeriert sind. Einige Parameter sind bei allen Hayes-Modems gleich, andere dagegen sind spezielle Parameter für das addLINK-Funkmodul (siehe Tabelle 5-1). Die Betriebsparameter sind im EEPROM gespeichert und werden bei jedem Modem-Reset oder bei jedem Einschalten des Modems automatisch eingerichtet.
'ATSn=m':	Wert des Registers n in m ändern Die geänderten Registerwerte werden automatisch im EEPROM des Modems gespeichert.
'AT/S':	Signifikante Registerinhalte anzeigen Alle für das Modem signifikanten Registerinhalte (Funkkanal-Konfiguration, Konfiguration der seriellen Verbindung, Betriebsart usw.) werden an die serielle Verbindung gesendet und stehen dort für die Anzeige durch Softwarepakete wie z.B. Windows "Terminal" bereit.
'AT/V':	Version der Modem-Software anzeigen Informationen zur Versionsnummer und zum Installationsdatum werden an die serielle Verbindung gesendet und stehen dort für eine Anzeige durch Softwarepakete wie z.B. Windows "Terminal" bereit.
'ATR':	Zurücksetzen der Hayes-Register auf die Standardwerte Mit diesem Befehl kann der Benutzer ALLE im EEPROM gespeicherten Register auf ihre Standardwerte zurücksetzen (siehe nachstehende Beschreibung der Registers).
'ATP':	Umschalten auf den Standby-Modus Mit diesem Befehl kann der Benutzer auf den Standby-Modus (Bereitschafts-Modus) umschalten (das Modem arbeitet voreinstellungsgemäß im Normalmodus). Es schaltet zurück auf den Normalmodus, sobald es über die serielle Verbindung ein Zeichen empfängt.

5.2 Beschreibung der Register

Das addLINK-Funkmodul kann durch Festlegung einer Reihe von Parametern in unterschiedlichen Konfigurationen betrieben werden. Diese Parameter werden in Registern gespeichert und sind jeweils mit einem Standardwert vorbelegt, der über Hayes-Befehle abgefragt und geändert werden kann.

Die Parameter des Funkmoduls sind im EEPROM gespeichert und können daher bis zu 10.000mal geändert werden. Sie sind nach dem Einschalten des Moduls verfügbar. Die einzelnen Register sind in der nachstehenden Tabelle aufgelistet:

Tabelle 5-1: Beschreibung der Register

R/W	S218	Puffergröße	Gibt die Höchstzahl der Frames an. Wenn diese Höchstzahl erreicht ist, schaltet das Modul das CTS-Signal um. Der gültige Bereich liegt zwischen 30 und 132 Bytes. Standardwert: 132 Byte
-----	------	-------------	---

Zu-griff	Regi-ster	Bezeichnung	Beschreibung
		Betrieb	
R/W	S220	Betriebsart	Gibt die Betriebsart des Moduls an. '1' -> Transparent (Standardwert) '3' -> Transparent und abgesichert '6' -> Master-I/O '7' -> Slave-I/O '9' -> Adressiert und abgesichert '10' -> Demo-Modus (Master) '11' -> Demo-Modus (Slave)
R/W	S221	Autorepeat	Gibt den Autorepeat-Status im transparenten Modus an (d.h. ob das Modul automatisch auf einen Datenframe antwortet) '0' -> Autorepeat aus (Standardwert) '1' -> Autorepeat ein
R/W	S223	Zahl der Neuversuche	Gibt die Höchstzahl der erneuten Übermittlungsversuche an, die unternommen werden, wenn eine im abgesicherten Modus übertragene Meldung Fehler enthält. Der gültige Bereich liegt zwischen 0 und 255 (modulo 256). Wenn dieser Wert '0' lautet, werden die Frames nicht überprüft und als fehlerfrei betrachtet (für Testzwecke). Standardwert: 2
		Adressier-tes Management	
R/W	S250	Netzwerk-nummer	Gibt die Netzwerknummer durch zwei Bytes an. Nur Angehörige desselben Netzwerks können miteinander kommunizieren. Der gültige Bereich liegt zwischen 0 und 65535 (modulo 65536); '0' wird eingestellt, wenn das Modul nicht initialisiert ist. <u>Anm.:</u> Beim Setzen von S250 auf '0' wird zugleich S252 auf '0' gesetzt. Standardwert: 0
R/W	S252	Client-Nummer	Gibt die Client-Nummer durch ein Byte an. Die Client-Nummer ist für ein bestimmtes Netzwerk fest vorgegeben. Der gültige Bereich liegt zwischen 0 und 255 (modulo 256); '0' wird eingestellt, wenn das Modul nicht initialisiert ist. Standardwert: 0

Zu-griff	Regi-ster	Bezeichnung	Beschreibung								
R/W	^{MSB} S255	Netzwerk-Konfigu-ration	<p>^{SP}Gibt die Netzwerkserver-Konfiguration für die Datenübertragung an. Es werden vier Bits verwendet:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td>Acq</td><td>BSS</td><td>CR</td><td>N°</td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> - Bit 'N°': Gibt an, ob der empfangene Frame mit dem Client N° (=1, Standard) beginnt oder nicht (=0). - Bit 'CR': Gibt an, ob der empfangene Frame mit dem Zeichen 'Carriage Return' (0x0D) endet (=1) oder nicht (=0, Standard). - Bit 'BSS': Gibt an, ob das Format beim Senden (und beim Empfangen, wenn das Bit 'N°' aktiviert ist) MC-kompatibel (1=Daten) (=0, Standard) oder M/BxxxSS-kompatibel (<0x01>Daten) ist (=1). - Bit 'Acq': Gibt an, ob der Akquisitionsmodus ⁽²⁾ zum Implementieren einer Netzwerkkommunikation erforderlich ist (=1). Wenn nicht (=0, Standard), MUSS der Anwender ALLE Netzwerkparameter schreiben und prüfen (S250 und S252). <p>Register-Standardwert = 1</p>					Acq	BSS	CR	N°
				Acq	BSS	CR	N°				
R/W	S256	Standard-Adressat	Gibt im adressierten abgesicherten Modus die Adresse an, an welche alle Funk-Frames gesendet werden (Standardadresse). Standardwert: 0 .								
I/O-Management											
R/W	S260	Konfiguration der digitalen Ein- und Ausgänge (I/O-Leitungen ESL1 bis ESL4)	<p>Gestattet das Konfigurieren der digitalen I/O-Leitungen als Eingangs- oder Ausgangsleitung. Jede I/O-Leitung ist von den anderen unabhängig und wird durch zwei Bits dieses Registers repräsentiert.</p> <p style="text-align: right;">ESL4 ESL3 ESL3 ESL2 ESL2 ESL1 ESL1</p> <p>Bits auf 00 => I/O-Port äquivalent zum digitalen Eingang (Standardwert) Bits auf 01 => I/O-Port äquivalent zum digitalen Ausgang Bits auf 10 => I/O-Port zugeordnet Bits auf 11 => I/O-Port für DAC verwendet <i>Beispiel: S260=4 bedeutet, daß ESL1, 3 und 4 als Eingang konfiguriert sind und ESL2 als Ausgang konfiguriert ist.</i></p>								
R/W	S270	Werte der digitalen I/O-Leitungen ESL1 bis ESL4	Gestattet das Schreiben und Lesen digitaler I/O-Ports gemäß ihrer Konfiguration (siehe oben). Jeder Port (d.h. jedes Bit) kann entweder mit den digitalen Werten 1 (äquivalent zu VDD) oder 0 (äquivalent zu 0								

			Volt) beschrieben oder gelesen werden. Die Werte liegen zwischen 0 und 15 (Register). Standardwert: 0
R	S280	Wert des EA1-ADC-Eingangs Nr. 1	Gibt den Wert des analogen Eingangsparts mit 10 Bit Auflösung an. Eine Analog-Digital- Konversion wird beim Lesen dieses Registers gestartet und das Ergebnis über die serielle Verbindung übermittelt. Die Werte liegen zwischen 0 und 1023, wobei 1023 der Versorgungsspannung (V_{DD}) entspricht.
R	S282	Wert des EA2-ADC-Eingangs Nr. 2	Gibt den Wert des analogen Eingangsparts mit 10 Bit Auflösung an. Eine Analog-Digital- Konversion wird beim Lesen dieses Registers gestartet und das Ergebnis über die serielle Verbindung übermittelt. Die Werte liegen zwischen 0 und 1023, wobei 1023 der Versorgungsspannung (V_{DD}) entspricht.

5.3 Betriebsarten

Das addLINK-Modul kann in folgenden Betriebsarten betrieben werden:

- transparent
- transparent und abgesichert
- transparent, adressiert und abgesichert
- I/O Copy-Modus (Master und Slave).
- Demo-Modus (Master und Slave).

Die zu benutzende Betriebsart kann über das Hayes-Register S220 programmiert werden.

Die Arbeitsweise in den verschiedenen Betriebsarten wird in den nachfolgenden Abschnitten ausführlich erläutert.

5.3.1 Transparenter Modus

Im transparenten Modus verhält sich das addLINK-Funkmodul wie eine serielle Kabelverbindung, d.h. das Modul überträgt nicht nur alle Daten, die es über die serielle Schnittstelle erhält, an den Funkkanal, sondern es überträgt auch die über den Funkkanal empfangenen Informationen an die serielle Schnittstelle.

Damit bildet das addLINK-Funkmodul als Halbduplex-Modul die Halbduplex-Funktion eines RS-485-Kabels nach.

Im transparenten Modus wird vom addLINK-Modul weder auf der seriellen Verbindung noch auf der Funkverbindung eine Datenflußkontrolle durchgeführt. Die Datenflußkontrolle ist durch Software-Anwendungen über die von ihnen jeweils verwendeten Protokolle (MODBUS, JBUS, usw.) zu bewerkstelligen.

Folglich ist es im transparenten Modus nicht möglich, die Modulparameter ohne eine vorübergehende Rückkehr zum Hayes-Modus zu ändern.

Anmerkung: *Die vom Benutzer verwendete Anwendungssoftware muß in geeigneter Weise überprüfen, daß alle Pufferinhalte korrekt übertragen werden und dabei berücksichtigen, daß eine Unterbrechung der Verbindung zum Verlust eines oder mehrerer Pufferinhalte führen kann.*

5.3.2 Transparenter abgesicherter Modus

Zur Gewährleistung der Richtigkeit der übertragenen Datenframes wird der transparente Modus um eine Datenflußkontrolle zwischen den Funkmodulen ergänzt, von der jeder Datentransfer "verifiziert" wird. Dieser Modus darf nur bei der Punkt-zu-Punkt-Datenkommunikation verwendet werden.

Der Zweck der Übertragung im transparenten und abgesicherten Modus oder im transparenten und "verifizierten" Modus liegt darin, eine qualitativ optimale Funkverbindung zu gewährleisten und den transparenten Modus auch für den Fall mit der nötigen Sicherheit auszustatten, daß die Anwendungssoftware des Benutzers keine Datenflußkontrolle durchführt.

Das Risiko eines Datenverlustes ist weitaus geringer als bei Verwendung einer Anwendungssoftware, da sich diese an den von der seriellen Verbindung eingefügten Pausenzeiten orientiert.

Darüber hinaus wird eine Datenflußkontrolle auf die serielle Verbindung angewendet, um den Benutzer vor einem Pufferüberlauf (mit 132 Zeichen) zu warnen. Die Warnschwelle ist standardmäßig auf 132 Zeichen eingestellt und kann über das Register S218 programmiert werden.

Anmerkung: *Die vom Benutzer verwendete Anwendungssoftware muß in geeigneter Weise überprüfen, daß alle Pufferinhalte korrekt übertragen werden und dabei berücksichtigen, daß eine Unterbrechung der Verbindung zum Verlust eines oder mehrerer Pufferinhalte führen kann. Nach N Wiederholungen eines Pufferinhalts (wobei für N über S223 ein maximaler Wert von 255 programmiert werden kann) ohne korrekte Bestätigung wird dieser Pufferinhalt als verloren betrachtet.*

5.3.2.1 Algorithmus für die "abgesicherte" Verbindung

1. Das sendende addLINK-Funkmodul führt das Framing der Daten wie folgt durch:
 - o Übermittelte Daten, Aufwärtszählung
 - o Frame-Typ für übermittelte Daten
 - o Frame-Nummer
 - o Zu übertragende Daten
 - o 16-Bit-Prüfsumme
2. Das empfangende addLINK-Funkmodul analysiert diesen Datenframe und kontrolliert ihn auf Fehlerfreiheit.

Wenn der Datenframe fehlerfrei empfangen wurde, übermittelt das empfangende Modem eine Bestätigung an das sendende Modem und leitet die empfangenen Datenframes an seine serielle Verbindung weiter.

Ist der Empfang dagegen nicht fehlerfrei erfolgt, fordert das empfangende Modem das sendende Modem zu einer erneuten Übermittlung des Frames auf. Die Zahl der Neuversuche hängt von dem Parameter ab, der in der Modemkonfiguration (Register S223) programmiert ist.

Auf der Ebene des seriellen Ports wird jeder übertragene Datenframe "verifiziert"; der Benutzer erhält jedoch keine Mitteilung darüber, ob der Datenframe schon übermittelt wurde oder nicht.

Im "transparenten und abgesicherten" Modus ist ein Zeitüberschreitungswert (Timeout) definiert, der das Ende eines Frames signalisiert. Dieser Timeout-Wert ist ein programmierbarer Parameter (Register S214) und dient zur Abgrenzung aufeinanderfolgender Frames.

5.3.2.2 Flußkontrolle

Es stehen zwei Arten der Datenflußkontrolle zur Verfügung:

- Hardware CTS/RTS (das Modul verwaltet nur das RTS-Signal)
- Keine

Dieser Parameter kann über das Register S216 programmiert werden:

- '0' steht für "Hardware-Datenflußkontrolle"
- '2' signalisiert, daß keine Datenflußkontrolle stattfindet

Abbildung 5-1 enthält ein Zeitverlaufsdiagramm für beide Arten den Datenflußkontrolle.

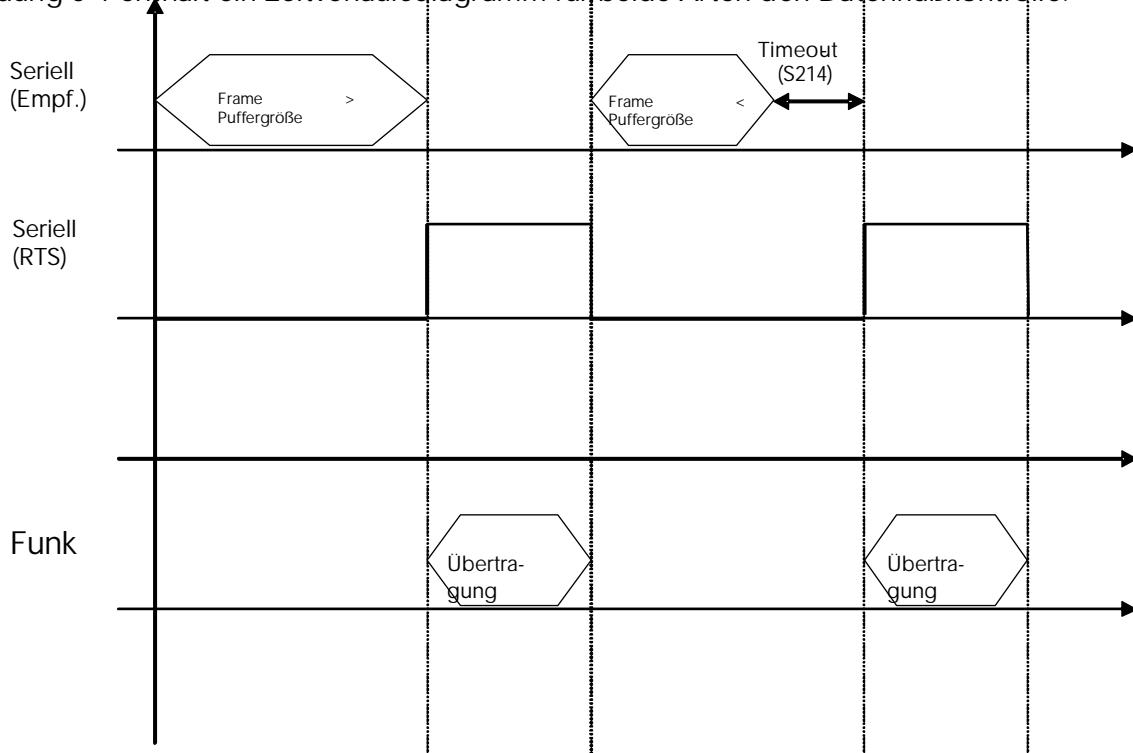


Abbildung 5-1: Zeitverlaufsdiagramm der Datenflußkontrolle

5.3.3 Transparenter, adressierter und abgesicherter Modus

Der transparente, adressierte und abgesicherte Modus ähnelt einem Client/Server-Netzwerkmodus, nur mit dem Unterschied, daß kein Server vorhanden ist, sondern daß die einzelnen Module miteinander kommunizieren können.

Der transparente, adressierte und abgesicherte Modus dient zur Gewährleistung einer qualitativ optimalen Funkverbindung und kombiniert den transparenten Modus mit der Sicherheit des abgesicherten Modus. Dieser Modus bietet zusätzlich die Möglichkeit zur Verwendung eines Adreßfeldes, um einen bestimmten Client ansprechen zu können.

Das Datenmanagement funktioniert wie folgt:

- Alle Datenübertragungen erfolgen unter vollständiger "Datenverifizierung".
- Das Modem verhält sich wie im transparenten Modus mit zusätzlicher Datenflußkontrolle.
- Es wird eine Identifizierung von Clients mit einer speziellen Nummer vorgenommen, die jedem Datenframe vorangestellt wird:

Beispiel: "1=Hello" sendet den Datenframe "Hello" an Client Nr. 1.

- Der Empfänger-Client erkennt das sendende Client-Modem an der Nummer, mit der der Datenframe beginnt.

Beispiel: "002=Hello" signalisiert, daß der Datenframe "Hello" von Client Nr. 2 stammt.

- Zur Unterscheidung der einzelnen Frames kann jedem Frame das Endzeichen <CR> (Carrier Return) hinzugefügt werden.

Beispiel: "002=1458<CR> 003=4587<CR>" signalisiert, daß der Datenframe "1458" von Client Nr. 2 und der Datenframe "4587" von Client Nr. 3 stammt.

- Da kein Server vorhanden ist, können alle Clients miteinander kommunizieren.
- Maximale Client-Zahl pro Netzwerk: 255; maximale Netzwerkzahl = 65535
- Über das Register S255 Kann das Datenframeformat konfiguriert werden (Client-ID am Anfang, CR am Ende, Adcon-Modem-Frameformat-Kompatibilität).

5.3.4 Vereinfachte Darstellung der transparenten Modi

Transparenter Modus

Ser. Verb. Nr. 1 :	<ABCD>	->	<ABCD>	: Ser. Verb. Nr. 2
Ser. Verb. Nr. 1 :	<FGHI>	<-	<FGHI>	: Ser. Verb. Nr. 2

Transparenter abgesicherter Modus

Ser. Verb. Nr. 1 :	<ABCD>	->	<ABCD>	: Ser. Verb. Nr. 2
	ACK	<-	ACK	
Ser. Verb. Nr. 1 :	<RSTU>	->	<RDTU>	: Ser. Verb. Nr. 2
	NACK	<-	NACK	
	<RSTU>	->	<RSTU>	: Ser. Verb. Nr. 2
	ACK	<-	ACK	
Ser. Verb. Nr. 1 :	<FGHI>	<-	<FGHI>	: Ser. Verb. Nr. 2
	ACK	->	ACK	

Transparenter, adressierter und abgesicherter Modus

Ser. Verb. Nr. 1 :	2=<ABCD>	->	1=<ABCD>	: Ser. Verb. Nr. 2
	ACK	<-	ACK	
Ser. Verb. Nr. 1 :	2=<RSTU>	->	1=<RDTU>	: Ser. Verb. Nr. 2
	NACK	<-	NACK	
	2=<RSTU>	->	1=<RSTU>	: Ser. Verb. Nr. 2
	ACK	<-	ACK	
Ser. Verb. Nr. 1 :	2=<FGHI>	<-	1=<FGHI>	: Ser. Verb. Nr. 2
	ACK	->	ACK	

5.3.5 I/O Copy-Modus

Im I/O Copy-Modus werden die I/O-Leitungen eines addLINK-Moduls auf ein anderes addLINK-Modul kopiert. Folgende Register müssen programmiert werden:

- Master: S220=6 und S260 für die I/O-Konfiguration.
- Slave: S220=7 und S260 für die I/O-Konfiguration (zum Master 'komplementäre' Konfiguration)

Mit der obigen Konfiguration starten die beiden Module den I/O-Kopievorgang, sobald sie den Hayes-Modus verlassen (Befehl ATO).

Der I/O-Copy-Modus funktioniert wie folgt:

- Der Master sendet seine Eingangswerte an den Slave.
- Sobald die 'Eingangsdaten' angekommen sind, sendet der Slave eine Bestätigung an den Master.
- Der Slave kopiert die Master-Eingangsdaten an seinen Ausgang.
- Nach einem Timeout von 1 Sekunde sendet der Slave seine Eingangsdaten an den Master.
- Beim Eintreffen der Eingangsdaten gibt der Master eine Bestätigung zurück.
- Der Master kopiert die Slave-Eingangsdaten an seinen Ausgang.
- Nach einem Timeout von 1 Sekunde sendet der Master seine Eingangsdaten an den Slave.
- usw.

Anmerkung: Bei Verwendung eines addLINK-Moduls mit D/A-Wandler (siehe Abschnitt 7.3) wird auch der Master-A/D-Wandler-Wert an den Slave-D/A-Wandler kopiert und umgekehrt. Wird ein addLINK-Modul ohne D/A-Wandler benutzt, erfolgt keine Übertragung des A/D-Wandler-Wertes.

Der I/O Copy-Modus wird beendet, sobald das Modul in den Hayes-Modus zurückkehrt (Befehl +++).

5.3.6 Demonstrationsmodus

Das addLINK-Funkmodul verfügt über eine Demonstrations-Betriebsart. Sie setzt die Verwendung des addLINK-Demo-Kits voraus und ermöglicht dem Benutzer das Testen des addLINK-Funkmoduls. Vorgesehen ist diese Betriebsart für Reichweitenversuche, weshalb die serielle Verbindung gelöst und die Position des Funkmoduls verändert werden kann.

Um das Modul für den Demo-Modus zu konfigurieren, muß nur die Betriebsart (S220) geändert werden:

- Wird S220 auf '10' gesetzt (ATS220=10<CR>), ist das Gerät als Master im Demo-Modus konfiguriert. Ein Master entspricht einem Netzwerkserver, zu dessen Netzwerk lediglich ein Client zählt (Server-Ein-Client-Netzwerk).
- Wird S220 auf '11' gesetzt (ATS220=11<CR>), ist das Gerät als Slave im Demo-Modus konfiguriert. Ein Slave entspricht dem einzigen Netzwerkclient des oben erwähnten Server-Ein-Client-Netzwerks.

Der Demo-Modus ähnelt dem Master-Slave-Modus, wobei hier die Geräte allerdings ständig miteinander kommunizieren:

- Der Master sendet Datenframes an den Slave, wobei seine gelbe LED blinkt.

- Wurden die Daten korrekt empfangen, leuchtet die grüne Slave-LED auf. Der Slave sendet die Daten zurück an den Master, wobei seine gelbe LED blinkt.
- Wurden die Daten fehlerhaft empfangen, leuchtet die rote Slave-LED auf.
- Erhält der Master einen Datenframe korrekt zurück, leuchtet seine grüne LED auf, und der Vorgang beginnt nach 100 ms von neuem.
- Empfängt der Master einen Frame fehlerhaft oder innerhalb von 50 ms überhaupt keinen Frame, leuchtet seine rote LED auf. Nach 100 ms beginnt der Master erneut mit dem Vorgang.

5.3.7 Befehle zum Testen des Funkteils

Diese speziellen AT-Befehle sind im addLINK-Funkmodul integriert, um Messungen bei Daueraussendungen vornehmen zu können, und werden in erster Linie beim Testen von Leistungskenngrößen des Funkteils (abgestrahlte Leistung, Bandbreite usw.) zur Kontrolle der Einhaltung der Bestimmungen nach der ETSI-Norm 300 220 verwendet.

Der Testbetrieb wird beendet, sobald ein beliebiges Zeichen gesendet wird.

- ATT0 <CR>: Aussendung eines reinen Trägersignals '0'.
- ATT1 <CR>: Aussendung eines reinen Trägersignals '1'.
- ATT2 <CR>: Aussendung eines modulierten Netzbetreibersignals mit F(Maximum)
- ATT3 <CR>: Aussendung eines modulierten Netzbetreibersignals mit F(Durchschnitt)
- ATT4 <CR>: Aussendung eines modulierten Netzbetreibersignals mit F(Minimum)

6 Integrieren des addLINK-Moduls in die Anwendung

6.1 Antennenpolarisation

Bei der Erzielung einer möglichst großen überbrückbaren Entfernung zwischen zwei addLINK-Modulen ist die Antennenpolarisation von Bedeutung.

Die Polarisation der Antenne definiert den Vektor des elektrischen Feldes. Wenn die addLINK-Antenne vertikal polarisiert ist, liegt die maximale Feldstärke in der horizontalen Ebene vor.

Das beste Ergebnis wird erzielt, wenn die Polarisationen von Sende- und Empfangsantenne übereinstimmen.

Die Antenne kann vertikal oder horizontal polarisiert werden. Welche Polarisation für Ihre Anwendung am besten geeignet ist, hängt von der Anordnung der addLINK-Module ab. Allgemein können dabei folgende zwei Situationen unterschieden werden:

- Werden beide addLINK-Module auf gleicher Höhe betrieben (siehe Abbildung 6-1), sollte sich die optimale überbrückbare Entfernung einstellen, wenn die Antennen beider Module vertikal polarisiert sind.
- Befindet sich ein addLINK-Modul oberhalb des anderen (siehe Abbildung 6-2), sollte sich die optimale überbrückbare Entfernung einstellen, wenn beide Module horizontal polarisiert sind.

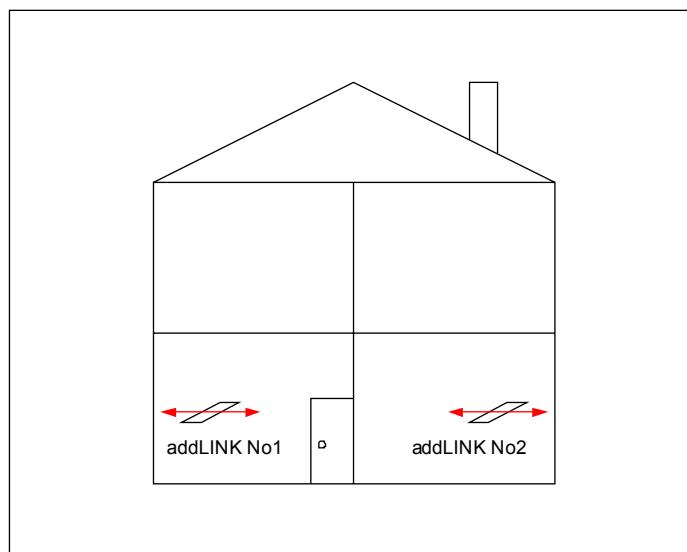


Abbildung 6-1: Optimale Polarisation der addLINK-Antennen bei in gleicher Höhe befindlichen Modulen

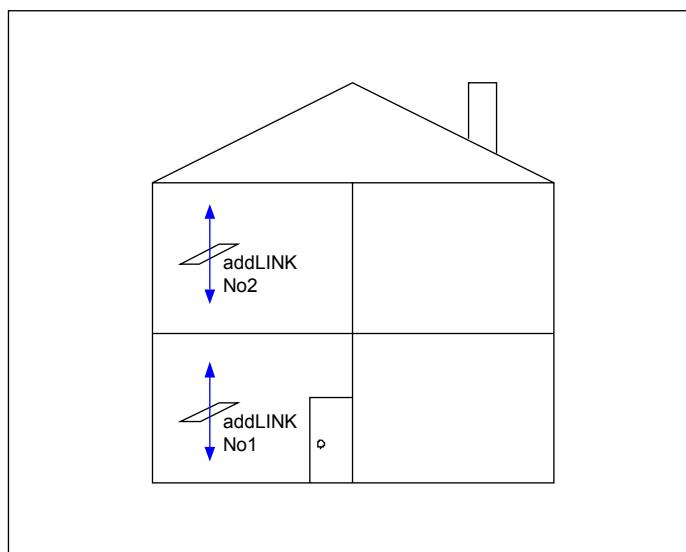


Abbildung 6-2: Optimale Polarisation der addLINK-Antennen bei in unterschiedlichen Höhen befindlichen Modulen

Ein weiteres Merkmal einer Antenne ist der Gewinn, der für eine optimale Leistung möglichst groß sein muß.

Die Vorgehensweise für die Optimierung von Antenne und Polarisation für den jeweiligen Anwendungsfall wird im folgenden Abschnitt beschrieben.

6.2 Antennen-Groundplane auf der Host-Leiterplatte

Ein wichtiger Teil der Antenne ist die unterhalb befindliche Groundplane. Weil diese Groundplane kein Teil des eigentlichen addLINK-Moduls ist, sondern auf der Host-Leiterplatte vorgehalten werden muß, ist bei der Entwicklung dieser Leiterplatte besondere Sorgfalt vonnöten.

Die Groundplane beeinflußt die Parameter

- Antennenpolarisation und
- Antennengewinn

Zur Ermittlung der optimalen Antennenleistung wurden Versuche mit unterschiedlichen Groundplane-Abmessungen durchgeführt.

Folgende Groundplane-Maße wurden definiert:

- W1
- W2
- L1
- L2

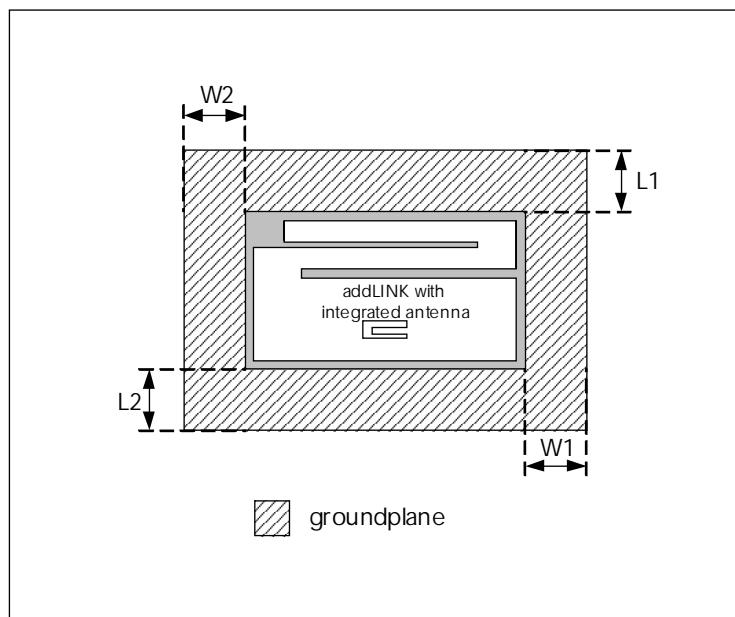


Abbildung 6-3: Antennenparameter

Aus den Ergebnissen konnte folgendes geschlossen werden:

- Es ist gleich, ob die Groundplane auf der Ober- oder Unterseite angeordnet wird.
- W2 und L1 können klein gewählt werden, da ihr Einfluß auf die elektrischen Eigenschaften der Antenne gering ist. Daher werden diese Maße auf lediglich 10 mm festgelegt.
- W1 und L2 sind hingegen von Bedeutung und beeinflussen die elektrischen Eigenschaften der Antenne deutlich.
- Für eine horizontale Polarisation muß W1 maximiert werden.
- Für eine vertikale Polarisation muß L2 maximiert werden.
- Um den Antennengewinn zu erhöhen, sind W1, L2 oder beide zu maximieren.

Das nachstehende Diagramm zweigt den Verlauf des Gewinns bei zunehmendem W1 bzw. L2 (10 bis 70 mm) und faßt die Eigenschaften der Antenne zusammen:

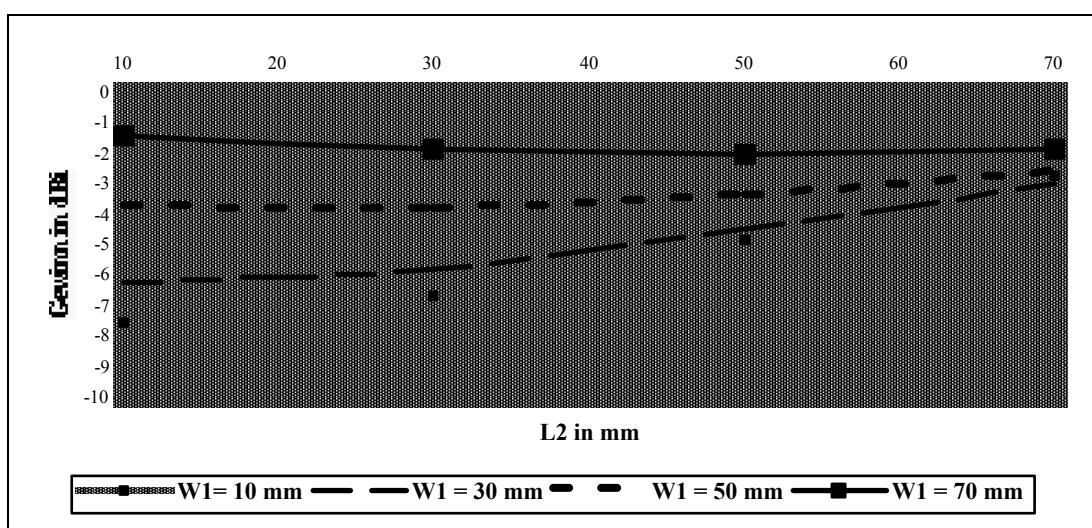
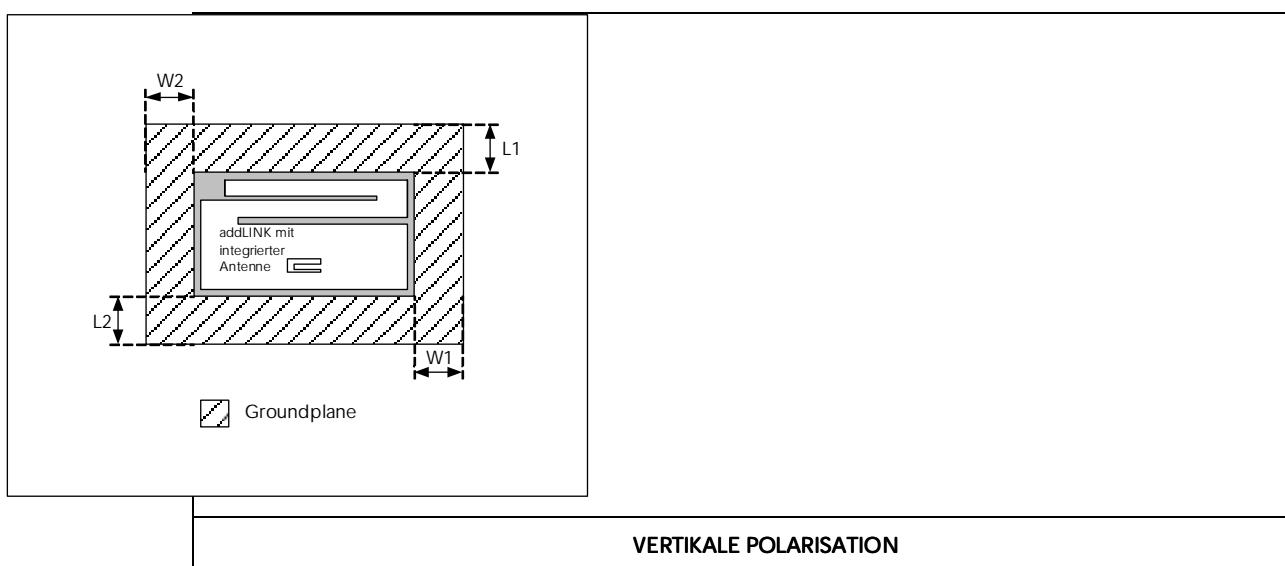


Abbildung 6-4: Antennengewinn in Abhängigkeit von W_1 und L_2

Das Diagramm zeigt deutlich, daß der Gewinn mit W_1 und L_2 wächst. Daher werden die elektrischen Eigenschaften der Antenne um so besser sein, je größer W_1 und L_2 sind. Tatsächlich muß jedoch auch die Polarisation berücksichtigt werden, d.h., daß eine zur Erzielung der gewünschten Polarisation (vertikal oder horizontal) geeignete W_1 - L_2 -Kombination gewählt werden muß. Die Tabelle weiter unten erläutert die verschiedenen Kombinationen, mit denen eine reine Polarisation für eine optimale Abstrahlung erreicht wird.

Danach muß, um eine gute vertikale Polarisation zu erzielen, W_1 wesentlich kleiner, für eine gute horizontale Polarisation wesentlich größer als L_2 gewählt werden.

Die nachstehende Tabelle veranschaulicht die beiden Optimalkonfigurationen der addLINK-Antenne:



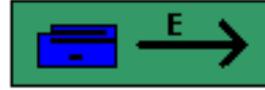
$W1 = 10 \text{ mm}$ $W2 = 10 \text{ mm}$ $L1 = 10 \text{ mm}$	$L2 > 50 \text{ mm}$ $G > -5 \text{ dBi}$	
	$L2 > 70 \text{ mm}$ $G > -4 \text{ dBi}$	
HORIZONTAL POLARISATION		
$W2 = 10 \text{ mm}$ $L1 = 10 \text{ mm}$ $L2 = 10 \text{ mm}$	$W1 > 50 \text{ mm}$ $G > -4 \text{ dBi}$	
	$W1 > 70 \text{ mm}$ $G > -2 \text{ dBi}$	

Abbildung 6-5: Optimaler Einsatz der Antenne

Bei vertikaler Polarisation wird die beste Leistung bei $L2 > 70 \text{ mm}$ mit einem Antennengewinn von $>-4 \text{ dB}$ erzielt. Ist die Größe der Host-Leiterplatte ein kritischer Faktor, kann $L2$ auf 50 mm reduziert werden, wodurch sich der Antennengewinn auf $>-5 \text{ dB}$ vermindert.

Der optimale Antennengewinn bei horizontaler Polarisation von -2 dB wird bei $W1 > 70 \text{ mm}$ erreicht, eine verkleinerte Host-Groundplane mit $W1 > 50 \text{ mm}$ resultiert in einem Gewinn $>-4 \text{ dB}$.

Anmerkung: Bei Verwendung der integrierten Antenne sollte das addLINK-Funkmodul nicht in einem Metallgehäuse oder in der Nähe metallener Geräte angeordnet werden.

6.3 Empfehlungen zur Montage

6.3.1 Empfehlungen zur Hardware

6.3.1.1 Versorgungsspannung

- Die Versorgungsspannung der Schaltkreise (insbesondere des RS-232/TTL-Schnittstellenkreises) ist über einen so nahe wie möglich an den Schaltkreisen angeordneten Tantalkondensator zu entkoppeln.
- Ein LC-Filter (siehe Abbildung 6-6 und Tabelle 6-1) muß so nahe wie möglich an den Stromversorgungspins des Funkmoduls, also der Stromversorgung des Funkteils (V_{CC} bzw. addLINK-Pin 14) und der des Digitalteils (V_{DD} bzw. addLINK-Pin 23) angeordnet werden.

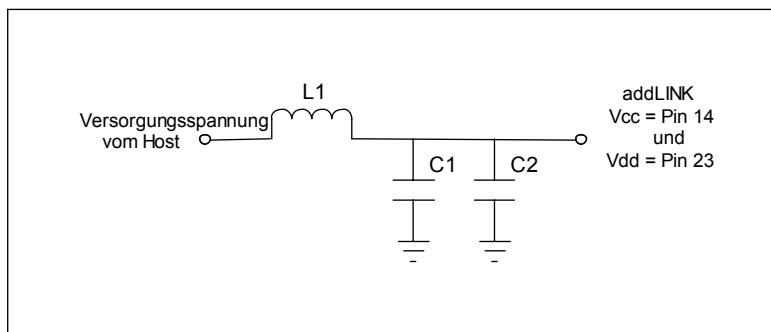


Abbildung 6-6: LC-Filter

Symbol	Referenznummer	Nennwert	Hersteller
L1	LQH1C1R0M04	1 μ H	Murata
C1	GRM235Y5V226Z10	22 μ F	Murata
C2	Keramik-CMS 25 V	100 nF	Verschiedene

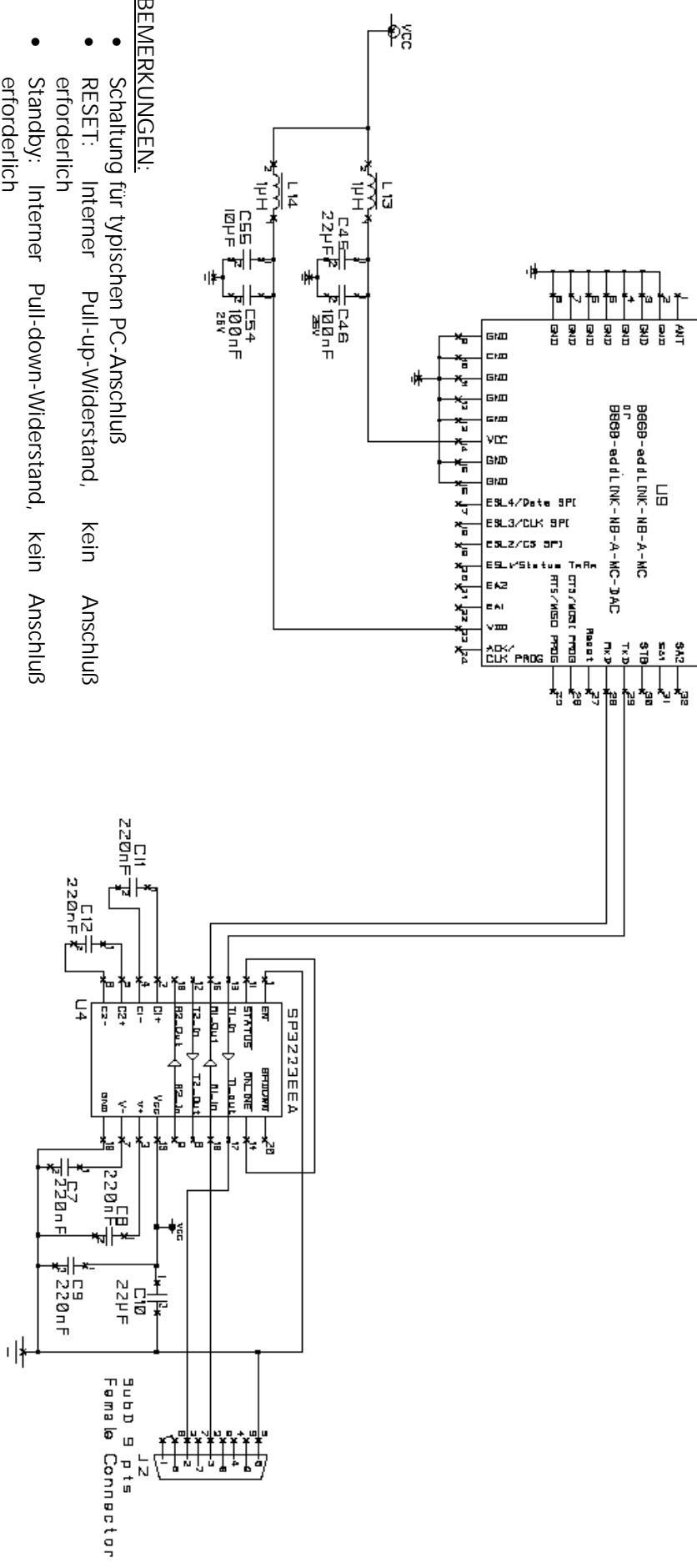
Tabelle 6-1: Empfohlene LC-Filter-Werte

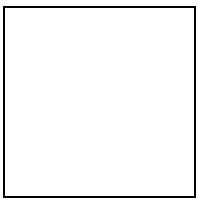
- Die Massepins des Funkmoduls müssen mit einer soliden Groundplane verbunden werden.
- Befindet sich diese auf der gegenüberliegenden Seite, ist für jeden Massepin eine Durchführung vorzusehen.

6.3.1.2 Schaltungsbeispiele

ADCON
RF TECHNOLOGY

- Schaltungsbeispiel 1: Minimalanschluß für RS-232-Kommunikation



- Schaltungsbeispiel 2: Komplettanschluß für RS-232-Kommunikation
- 

ADCON
RF TECHNOLOGY

BEMERKUNGEN:

- Schaltung für vollständigen PC-Anschluß
- Umflashen des addLINK-Moduls mit Adcon-Flashdongle möglich
- LD3 blinkt beim Einschalten des addLINK-Moduls
- RESET: Interner Pull-up-Widerstand
- Standby: Interner Pull-down-Widerstand
- ESL1 bis ESL4 Logischer E/A (0 bis Vdd)
- EA1 und EA2: Analogeingang, Auflösung 10 Bit
- SA1 und SA2: Analogausgang, Auflösung 8 Bit bei D/A-Wandler-Verwendung

Schaltungsbeispiel 3: Vollständiger Anschluß für Kommunikation mit Mikrocontroller oder Sensor

- BEMERKUNGEN:
- Schaltung für kompletten Mikrocontroller-/ Sensor-Anschluß möglich
 - Umflashen des addLINK-Moduls mit Adcon-Flashdongle
 - RESET: interner Pull-up-Widerstand
 - Standby: interner Pull-down-Widerstand
 - ESL1 bis ESL4 Logischer E/A (0 bis Vdd)
 - EA1 und EA2: Analogeingang, Auflösung 10 Bit
 - SA1 und SA2: Analogausgang, Auflösung 8 Bit bei D/A-Wandler-Verwendung

6.3.2 Montage des addLINK-Moduls auf der Host-Leiterplatte

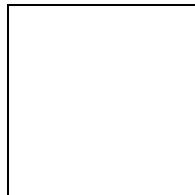
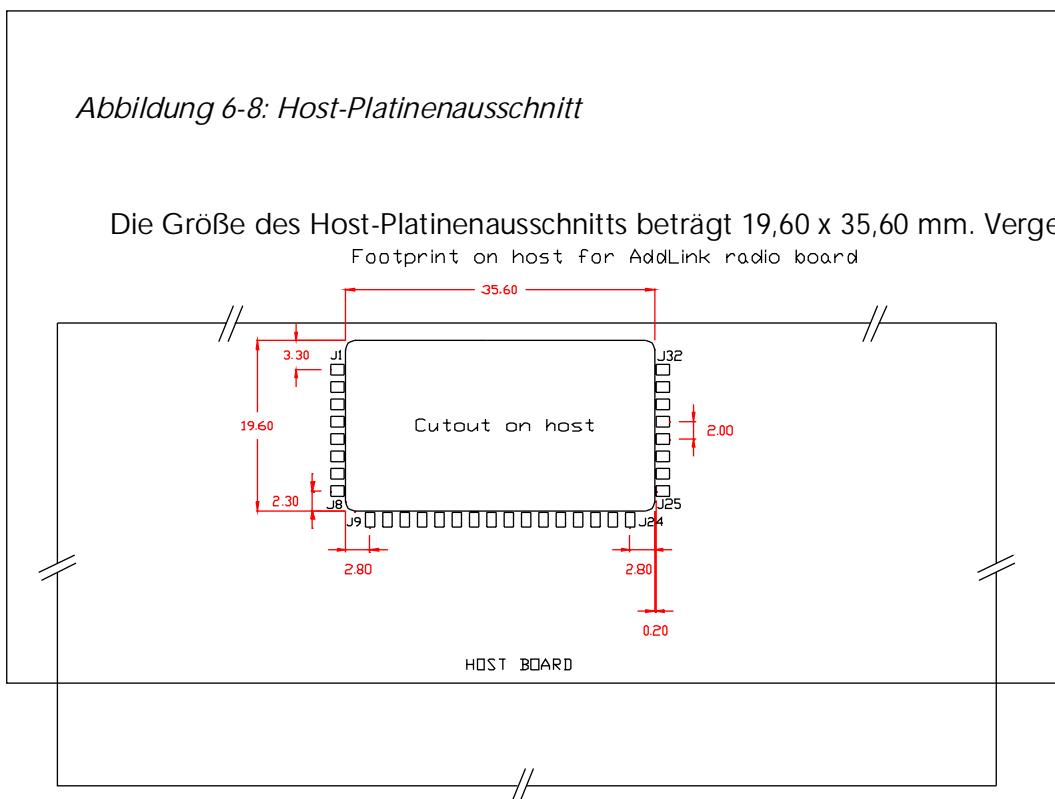


Abbildung 6-7: addLINK-Montage

6.3.3 Empfehlungen für Anschlußflächen-Layout und Host-Platinenausschnitt für den addLINK-Einbau



nicht, die Groundplane wie in Abschnitt 6.2 beschrieben in die Host-Leiterplatte zu integrieren.

7 Anhang

7.1 Alternative addLINK-Konfigurationen

Tabelle 7-1: Bestellangaben

Funkmodul	Bestell-code	Optionen		
		Antenne	Mikro-con-troller	D/A-Wandler
B addLINK-868-NB-A-MC	103.000.112	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	-
B addLINK-868-NB-A	103.000.113	<input checked="" type="radio"/>	-	-
B addLINK-868-NB	103.000.114	-	-	-
B addLINK-868-NB-MC	103.000.115	-	<input checked="" type="radio"/>	-
B addLINK-868-NB-A-MC-DAC	103.000.118	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
B addLINK-868-NB-MC-DAC	103.000.119	-	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

addLINK-Demo-Kit	Bestell-code	Optionen		
		Antenne	Mikro-con-troller	D/A-Wandler
D addLINK-868-NB-A-MC	503.000.019	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	-
D addLINK-868-NB-A	503.000.020	<input checked="" type="radio"/>	-	-
D addLINK-868-NB	503.000.021	-	-	-
D addLINK-868-NB-MC	503.000.022	-	<input checked="" type="radio"/>	-

Die in dieser Tabelle enthaltene erste Version "addLINK-868-NB-A-MC" wurde in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben. Ein separates Handbuch mit zusätzlichen Informationen zu den addLINK-Versionen ohne Mikrocontroller (addLINK-868-NB-A und addLINK-868-NB) ist zusammen mit dem addLINK-Softwareentwicklungskit (SDK) lieferbar.

Die Unterschiede zwischen addLINK-Modulen mit und ohne Antenne wurden im Abschnitt 7.2. beschrieben. Zusätzliche Informationen zu addLINK-Modulen mit D/A-Wandler enthält der Abschnitt 7.3.

Tabelle 7-2 beschreibt die Unterschiede in der Pinbelegung von addLINK-Modulen im Vergleich zum "addLINK-868-NB-A-MC" wie im Kapitel 2 beschrieben. Die meisten Funktionen sind identisch, weshalb nur die Unterschiede angegeben sind



Abbildung 7-1: addLINK-Pinbelegung

Tabelle 7-2: Unterschiede in der Pinbelegung

Konfiguration	Pin-Nr.	Symbol
addLINK-868-NB-A-MC	Pin 1	Not connected
	Pin 17	ESL4
	Pin 18	ESL3
	Pin 19	ESL2
	Pin 31	Not connected
	Pin 32	Not connected
addLINK-868-NB-MC	Pin 1	External antenna
	Pin 17	ESL4
	Pin 18	ESL3
	Pin 19	ESL2
	Pin 31	Not connected
	Pin 32	Not connected
addLINK-868-NB-A-MC-DAC	Pin 1	Not connected
	Pin 17	Data_SPI
	Pin 18	Clock_SPI
	Pin 19	CS_SPI
	Pin 31	SA1
	Pin 32	SA2
addLINK-868-NB-MC-DAC	Pin 1	External antenna
	Pin 17	Data_SPI
	Pin 18	Clock_SPI
	Pin 19	CS_SPI
	Pin 31	SA1
	Pin 32	SA2

7.2 addLINK mit externer Antenne

Das addLINK-Funkmodul kann an Stelle der integrierten mit einer externen Antenne ausgerüstet werden. Dabei sind natürlich einige Empfehlungen zu beachten:

- Die Empfehlungen des Abschnitts 6.3.1 sind auch für Konstruktionen mit externer Antenne von Wert.
- Im Bereich unterhalb des addLINK-Funkmoduls (35,6 x 19,6 mm) dürfen sich weder die Groundplane noch Leiterbahnen, mechanische Teile usw. befinden. Dasselbe gilt für die Adcon addLINK-Schnittstellen-/Entwicklungskarte (siehe Tabelle 7-1: Bestellangaben)
- In diesem Bereich wird wie auch auf der Adcon addLINK-Schnittstellen-/Entwicklungskarte eine Lötstopmaske benötigt.
- Auf der Host-Platine ist zwischen dem 50- Ω -Antennenausgang des addLINK-Moduls und der Antenne eine Anpassungsschaltung vorzusehen.
- Diese Schaltung zur Abstimmung der externen Antenne muß so nahe wie möglich zum addLINK-Antennenausgang und zum Antennenanschluß angeordnet werden.

- Für eine optimale Leistung sind die in Kapitel 6.2 enthaltenen Richtlinien für die Groundplane zu befolgen.
- Die Groundplane muß sich unterhalb der Leiterbahn zwischen addLINK-Modul und Antenne und unterhalb der Anpassungsschaltung befinden.

7.3 addLINK mit D/A-Wandler

In das addLINK-Standard-Funkmodul kann ein optionaler D/A-Wandler integriert werden. Es handelt sich um einen Zweifach-DAC mit 8 Bit Auflösung und einem Analog-Ausgangssignal zwischen 0 und der Versorgungsspannung.

Die Unterschiede zwischen dem addLINK- Standardmodul und dem addLINK-Modul mit D/A-Wandler liegen in den nachstehenden Signalpins und Funktionen. Zur Pinbelegung der addLINK-Standardversion bestehen folgende Unterschiede:

Tabelle 7-3: Unterschiede in der Pinbelegung eines addLINK-Moduls mit D/A-Wandler

Die Pin-Typen werden mit A = Analog, D = Digital, I = Input und O = Output bezeichnet.

Pin	Symbol	Beschreibung	Typ
17	Data_SPI	Nicht beschalten! Der Anschluß dieses Signals erfolgt vom Inneren des addLINK-Moduls aus!	-
18	Clock_SPI	Nicht beschalten! Der Anschluß dieses Signals erfolgt vom Inneren des addLINK-Moduls aus!	-
19	CS_SPI	Nicht beschalten! Der Anschluß dieses Signals erfolgt vom Inneren des addLINK-Moduls aus!	-
31	SA1	D/A-Wandler-Analogausgang Nr. 1	O
32	SA2	D/A-Wandler-Analogausgang Nr. 2	O

Folgende Register werden für die D/A-Wandler-Ausgänge verwendet:

Tabelle 7-4: D/A-Wandler-Registerangaben

Zu-griff	Regi--ster	Bezeichnung	Beschreibung
		I/O-Management	
R/W	S262	Analog-I/O-Konfigu--ration	Gibt an, oder A/D-Wandler benutzt wird. '[0x00]' -> A/D-Wandler Aus (Standardwert) '[0x03]' -> A/D-Wandler Ein
R/W	S272	Analogaus-gangswert SA1	Gibt den Wert des Analogports mit 8 Bit Auflösung an. Die Werte liegen zwischen 0 und 255, wobei 255 der Versorgungsspannung (V_{DD})

			entspricht. Standardwert: 0
R/W	S274	Analogausgangswert SA2	Gibt den Wert des Analogports mit 8 Bit Auflösung an. Die Werte liegen zwischen 0 und 255, wobei 255 der Versorgungsspannung (V_{DD}) entspricht. Standardwert: 0

Im I/O-Copy-Modus wird der ADC-Wert des Master an den DAC-Ausgang des Slave und umgekehrt übertragen. Die Abtastrate beim Kopieren beträgt eine Sekunde.

Beim Betrieb in einem der übrigen Modi können die D/A-Wandler-Werte, wenn diese über das Register S262 'eingeschaltet' wurden, über die Register S272 (SA1) und S274 (SA2) geschrieben oder gelesen werden.