

Der M-Bus:

Ausdehnung des Netzes bei unterschiedlichen Baudraten

Version 1 vom 19.12.1995

Prof. Dr. Horst Ziegler
Dipl.-Phys. Ing. Carsten Bories
Arbeitsgruppe Prof. Dr. Ziegler
Fachbereich Physik
Universität-GH Paderborn

1. Einleitung

Der vorliegende Text beschäftigt sich mit der Frage, wieviele Endgeräte an den M-Bus angeschlossen und welche Baudraten bei vorgegebener Netzausdehnung realisierbar sind.

Es werden Messungen an einem von der Uni-Paderborn neuentwickelten Digital-Repeater hinsichtlich der obigen Fragestellung dargestellt. Die Ergebnisse stellen keine Installationsrichtlinie dar und lassen sich auch nicht auf andere Repeater übertragen.

2. Aufbau und Durchführung der Messungen

Für die Messungen stand folgende Ausstattung zur Verfügung:

- Ein von der Arbeitsgruppe Prof. Dr. Ziegler an der Universität-GH Paderborn neuentwickelter Digital-Repeater
- Ein Simulationsboard mit 250 Endgeräten. Merkmale je Endgerät:
1,5 mA Ruhestrom; 11 mA Sendestrom; Autospeed-Detect für 38400, 9600, 2400 und 300 Baud; 29 Byte Datensatz in variabler Struktur; 1 nF Eingangskapazität
- 1 Endgerät mit PC-Anschluß. Merkmale:
3 mA Ruhestrom; wahlweise 10,5 oder 20,5 mA Sendestrom; alle Baudraten von 300 bis 38400 Baud; 255 Bytes Datensatz in variabler Struktur
- 1000 m reales 0,5 mm² Kabel in den Stückelungen 350, 300, 250, 70 und 30 Metern
- 13 * 1 km simuliertes 0,5 mm Kabel als Kondensator- Widerstandsstrecke (1 km: 154 nF, 75 Ω)
- 13 * 1 km simuliertes 1,5 mm² Kabel (1 km: 154 nF, 24 Ω)
- 5 * 4 km simuliertes 1,5 mm² Kabel (4 km: 650 nF, 120 Ω)

2.1 Versuchsaufbau

Die maximale Anzahl der Endgeräte die an den M-Bus anschließbar sind, ist abhängig von folgenden Parametern:

- Topologie des Busses
- Querschnitt und Länge des Kabels
- Sendestrom der Endgeräte
- Bitschwelle des Repeaters
- Baudrate

Bustopologie

Messungen haben gezeigt, daß die Bustopologie einen wesentlichen Einfluß auf die erzielten Ergebnisse hat. Allgemein gilt, daß eine Sternstruktur (Repeater als Mittelpunkt, Abb. 1a)) einer Baumstruktur (Abb. 1b)) und diese einem linearen Aufbau (Abb. 1c)) vorzuziehen ist.

Ferner gilt, daß das gleichmäßige Anschließen der Endgeräte an den Bus bessere Werte liefert, als wenn die Slaves bei Festhalten sämtlicher anderer Parameter alle am Ende der Zweige angeschlossen werden.

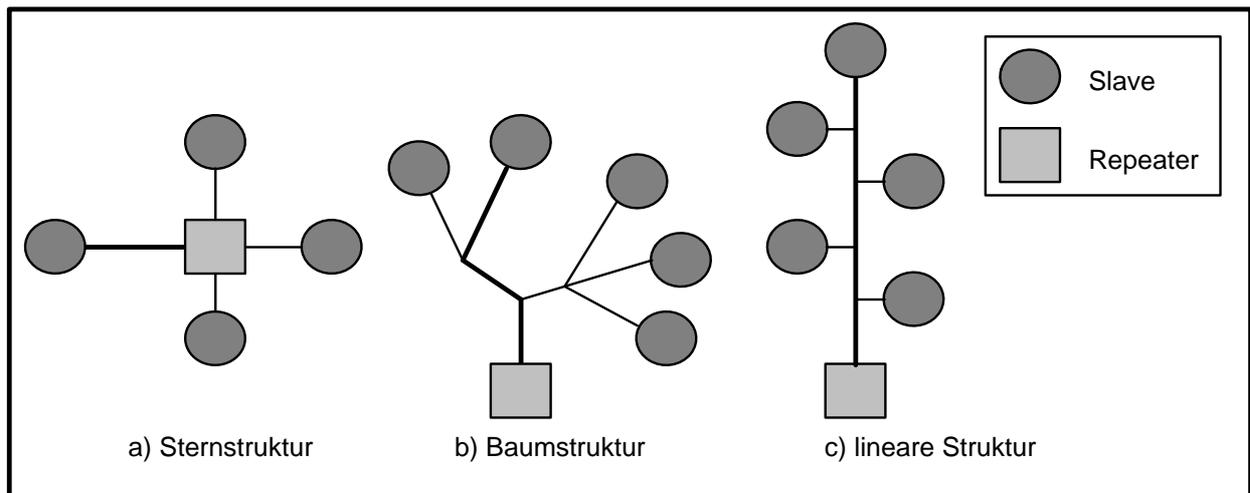


Abb. 2.1: Beispiele für Bustrukturen

Kabel

Es werden zwei Standardkabeltypen (1,5 mm² und 0,5 mm²) verwendet bzw. simuliert. Das verwendete Kabel besitzt eine bestimmte Kapazität und einen bestimmten Widerstand (siehe oben), die einen Einfluß auf den Betrieb des Busses ausüben.

Der resistive Einfluß des Kabels besteht darin, daß an der Leitung Spannung abfällt, die somit nicht mehr zur Versorgung des Busses zur Verfügung steht. Die Spannung an den Endgeräten, darf weder beim Senden des Masters zum Slave, noch in umgekehrter Richtung weniger als 12V betragen, um eine ausreichende Spannungsversorgung des TSS721 zu gewährleisten. Entscheidend ist hierbei der längste Zweig eines Netzes, dessen Länge im folgenden als resistive Kabellänge bezeichnet wird. Der entsprechende Zweig ist in den Abbildungen fett gezeichnet.

Die Kapazität des Kabels führt zu Signalverzerrungen bei der Datenübertragung, da die Anstiegsgeschwindigkeiten der steigenden und fallenden Flanke verzögert werden. Einfluß nimmt das gesamte Kabel, auch der resistive Zweig. Entscheidend ist aber auch hier die Struktur des Netzes. Ersetzt man zum Beispiel einen 3 km langen Zweig eines Netzes (Abb. 2, Aufbau 1) durch zwei 1,5 km lange Zweige (Abb. 2, Aufbau 2), so erhält man eine Signalverbesserung. Die Gesamtausdehnung des Netzes wird als kapazitive Kabellänge bezeichnet.

Bei allen folgenden Analysen wurde daher bei gegebener resistiver und kapazitiver Kabellänge jeweils die kritischste Variante gewählt, so daß reale (günstigere) Varianten einen zusätzlichen Sicherheitsspielraum haben.

Sendestrom der Endgeräte

M-Bus Endgeräte müssen mit einem Sendestrom zwischen 11 mA und 20 mA arbeiten. Die durch die Kapazität des Kabel verursachten Signalverzerrungen wirken sich bei verschiedenen Sendeströmen unterschiedlich aus. Bei geringen Sendeströmen besteht das Problem darin, daß ein aktiver Zustand zu kurz und damit nicht als Bit erkannt wird, während bei hohen

Sendeströmen ein aktives Bit zu lange gesehen und damit als zwei Bits interpretiert werden kann.

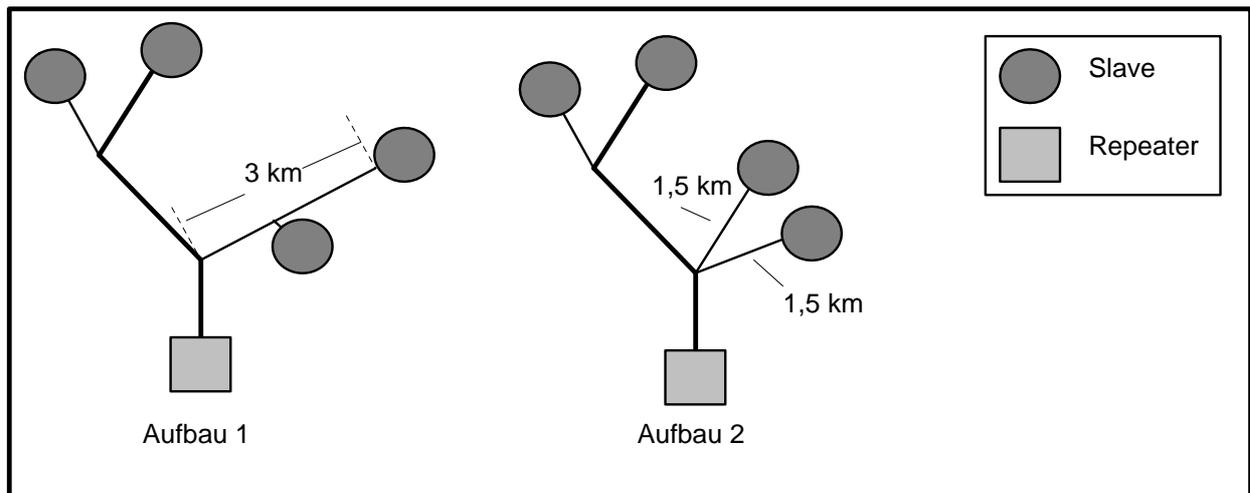


Abb.2.2: Unterschiedliche Topologien bei gleicher Gesamtkabellänge

Bitschwellen des Repeaters in Stromrichtung

Hiermit ist die nominelle Stromgrenze des Repeaters gemeint, ab der dieser eine Veränderung des Busstromes als aktives Signal des Slaves interpretiert. Die Grenze ist im Zusammenhang mit dem Sendestrom der Slaves (11 mA - 20 mA) und der Signalverzerrung durch die Kabelkapazität ein entscheidender Faktor bei der Konstruktion eines Repeaters.

Abb. 2.3 verdeutlicht diesen Sachverhalt. Es zeigt jeweils ein von zwei verschiedenen Slaves gesendetes Bit am Detektionswiderstand des Repeaters. Die Endgeräte unterscheiden sich nur in ihrem Sendestrom der oben 12,5 mA und unten 19,5 mA beträgt. Bei 20 angeschlossenen Slaves betrug die resistive Kabellänge 1 km die kapazitive 3 km. Das Beispiel wurde bei 9600 Baud aufgenommen. Die Bitlänge beträgt demnach 104 μ s. Für beide Fälle ist die Idealbitschwelle, bei der auch der Repeater 104 μ s lang ein Bit erkennt, eingezeichnet. Bei dem niedrigeren Sendestrom liegt diese bei 6,6 mA bei dem höheren bei 10 mA.

Da der Repeater aus technischen Gründen für alle Slaves mit der gleichen Bitschwelle arbeiten muß werden die Bitdauern je nach Slave-Sendestrom verlängert oder verkürzt. Eine ideale Repeater-Empfangsbitschwelle sollte die Maximalabweichungen minimieren.

Weil die ideale Bitschwelle im Master aus produktionstechnischen Gründen variieren kann, werden sämtliche Tests mit zwei Bitschwellen durchgeführt, die um 13% ober- bzw. unterhalb der idealen liegen.

Baudrate

Je geringer die Baudrate im Vergleich zur maximal möglichen des Segmentes ist, desto weniger spielt der oben beschriebene Effekt der Signalverzerrung eine Rolle.

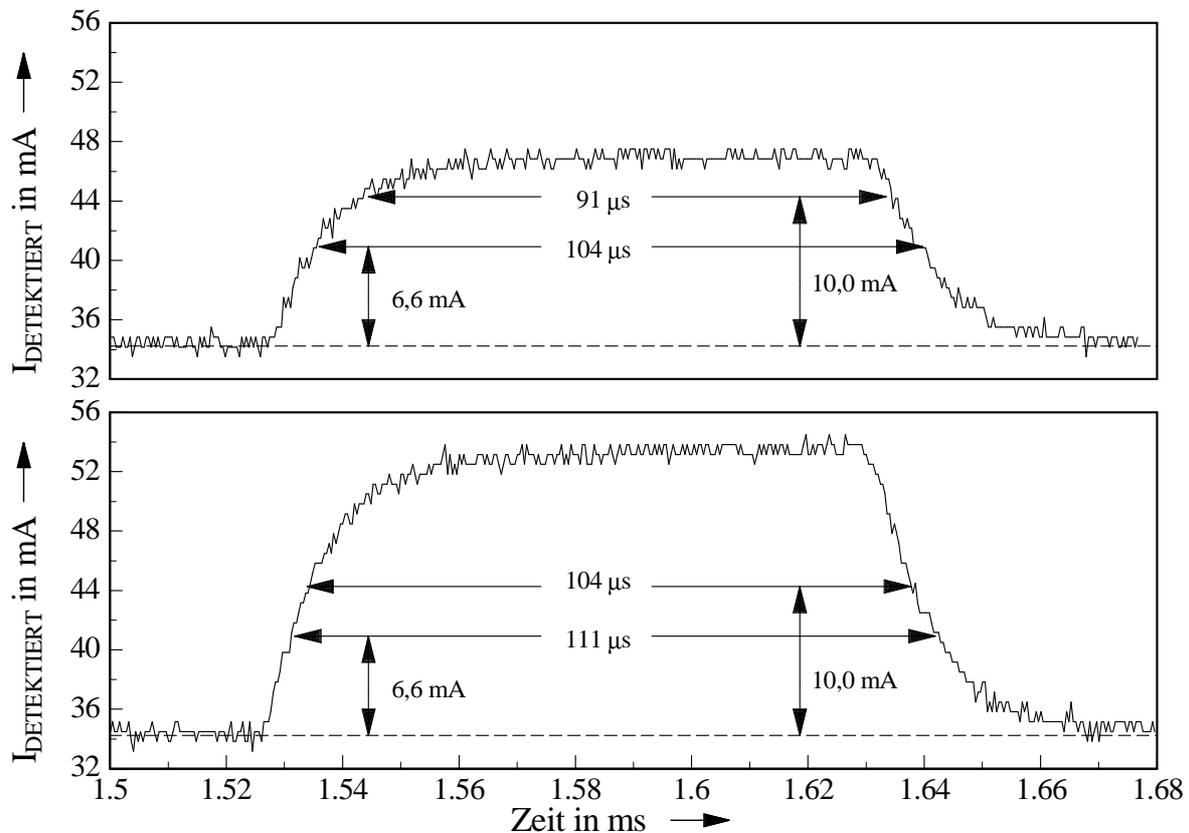


Abb. 2.3: Empfangssignal des Repeaters am Detektionswiderstand
(oben : Slave sendet mit 12,5 mA, unten: Slave sendet mit 19,5 mA)

Um nun den schlechtmöglichsten Aufbau zu realisieren wurde im Rahmen der Möglichkeiten (siehe Meßausstattung) unter Beachtung der obigen Aussagen folgendermaßen vorgegangen:

- . Alle Slaves werden am Ende des längsten Zweiges angeschlossen. Dessen Länge ist gleich der resistiven Kabellänge.
- . Mit dem restlichen Kabel wird versucht, möglichst lange Zweige zu bilden, um eine maximale Signalverzerrung herbeizuführen.
- . Kein Kabelzweig ist länger als der resistive.

Ein Beispiel für einen solchen Aufbau zeigt Abb. 2.4a). Hier ist der Meßaufbau für eine resistive Kabellänge von 2000 Metern und eine kapazitive Kabellänge von 4000 Metern dargestellt. Es werden 135 Slaves an 1,5 mm² Kabel angeschlossen. Die Abb. 2.4b) zeigt einen Alternativaufbau mit gleichen Parametern, der aber wesentlich unkritischer ist.

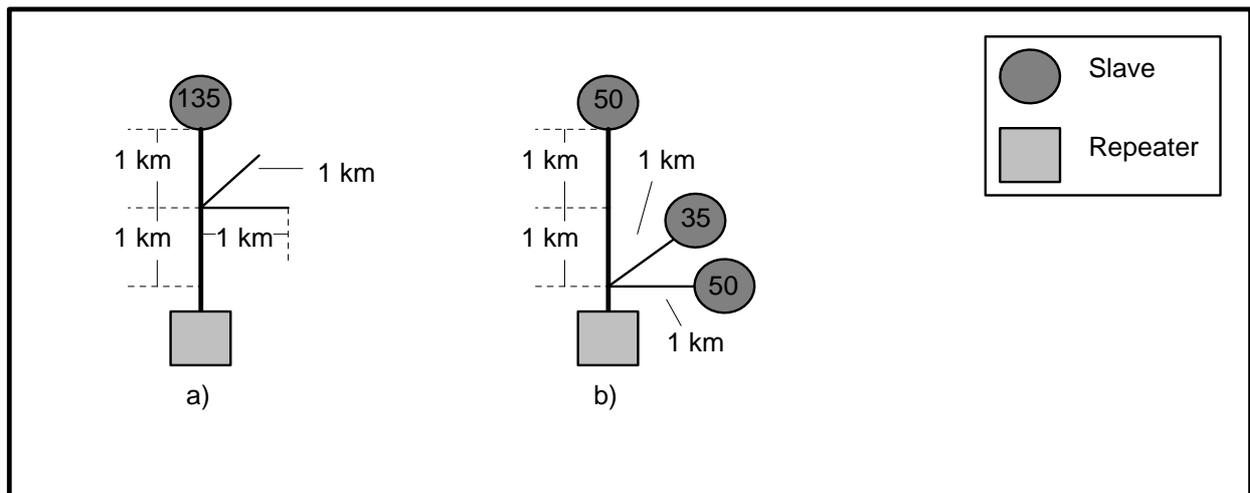


Abb. 2.4: Unterschiedlicher Versuchsaufbau bei gleicher resistiver und kapazitiver Kabellänge

2.2 Versuchsdurchführung

Ein möglicher Parameterpunkt wird nur dann einer Baudrate und einem Kabeltyp zugeordnet, wenn bei keinem der folgenden Kommunikationsversuche ein Fehler auftritt:

- Suche nach allen angeschlossenen Slaves über deren Primäradresse
- Suche nach allen angeschlossenen Slaves über deren Sekundäradresse
- 10 maliges Auslesen des PC-Slaves mit 10,5 mA Sendestrom
- 10 maliges Auslesen des PC-Slaves mit 20,5 mA Sendestrom

Wie bereits erwähnt werden sämtliche Tests mit zwei verschiedenen Bitschwellen zur Simulation von Fertigungsstreuungen der Repeater-Bitschwelle durchgeführt. Als Master-Software wurde das Programm M-Bus Application 1.18 verwendet. Es wurde jeweils nur mit einem Kommunikationsversuch gearbeitet.

3. Meßergebnisse

Die folgenden Abbildungen zeigen die Anzahl der anzuschliessenden Slaves als Funktion der kapazitiven Kabellänge (also der Gesamtkabellänge). Kabelquerschnitt und Baudrate sind festgehalten. Die Abbildungen enthalten vier verschiedene Kurvenverläufe. Der Fall kapazitive Kabellänge gleich resistive Kabellänge ist fett gezeichnet. Das entspricht der linearen Topologie. Die anderen drei Kurven sind mit unterschiedlich hellen Schraffuren unterlegt. Es wurde jeweils die resistive Kabellänge festgehalten und wie unter Punkt 2.1 beschrieben, Kabel als kapazitive Last hinzugefügt.

Im Anschluß an die Abbildungen folgen Tabellen, die die Meßpunkte der Abbildungen enthalten. Die Tabellen sind mit den gleichen Nummern versehen, wie die dazugehörigen Abbildungen.

Zu Tabelle 3.7 ist keine Abbildung vorhanden, weil diese aufgrund der geringen Anzahl von Meßergebnissen nicht sinnvoll ist.

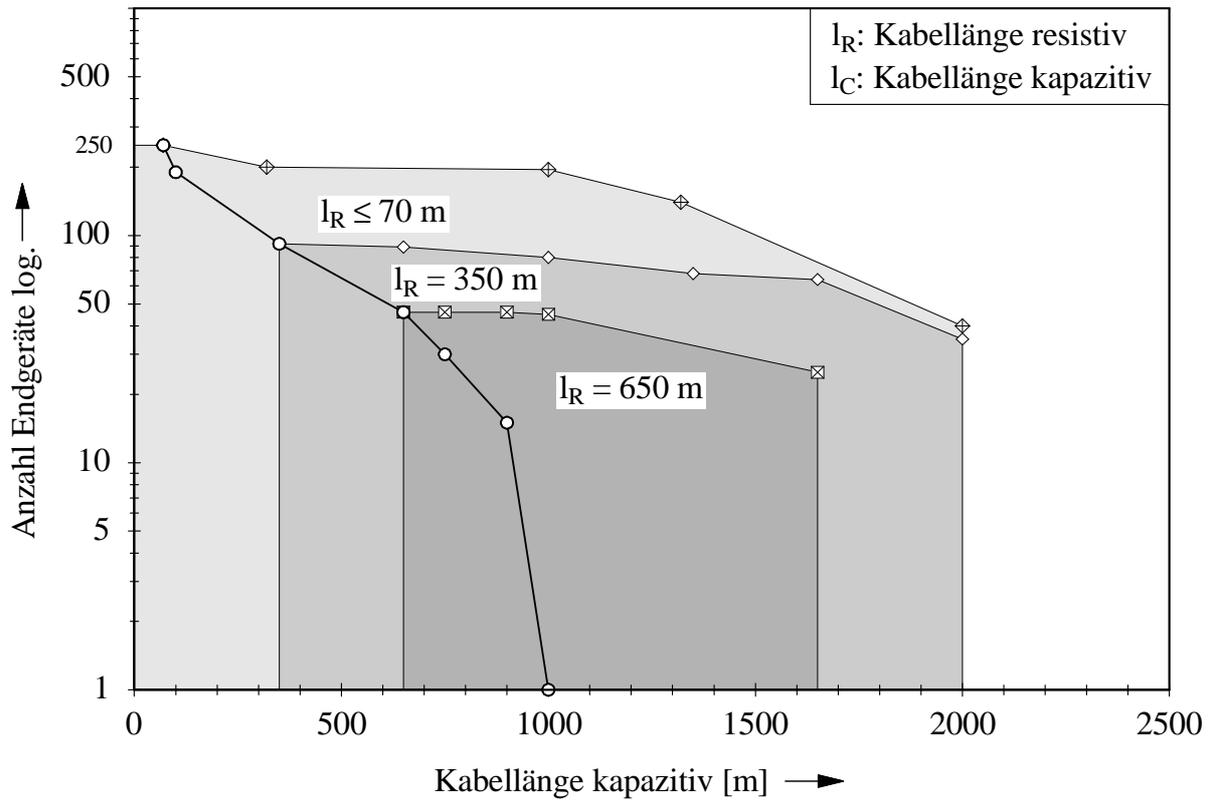


Abb. 3.1: Anzahl Endgeräte in Abhängigkeit der kapazitiven Kabellänge
Kabelquerschnitt: 0,5 mm², 38400 Baud

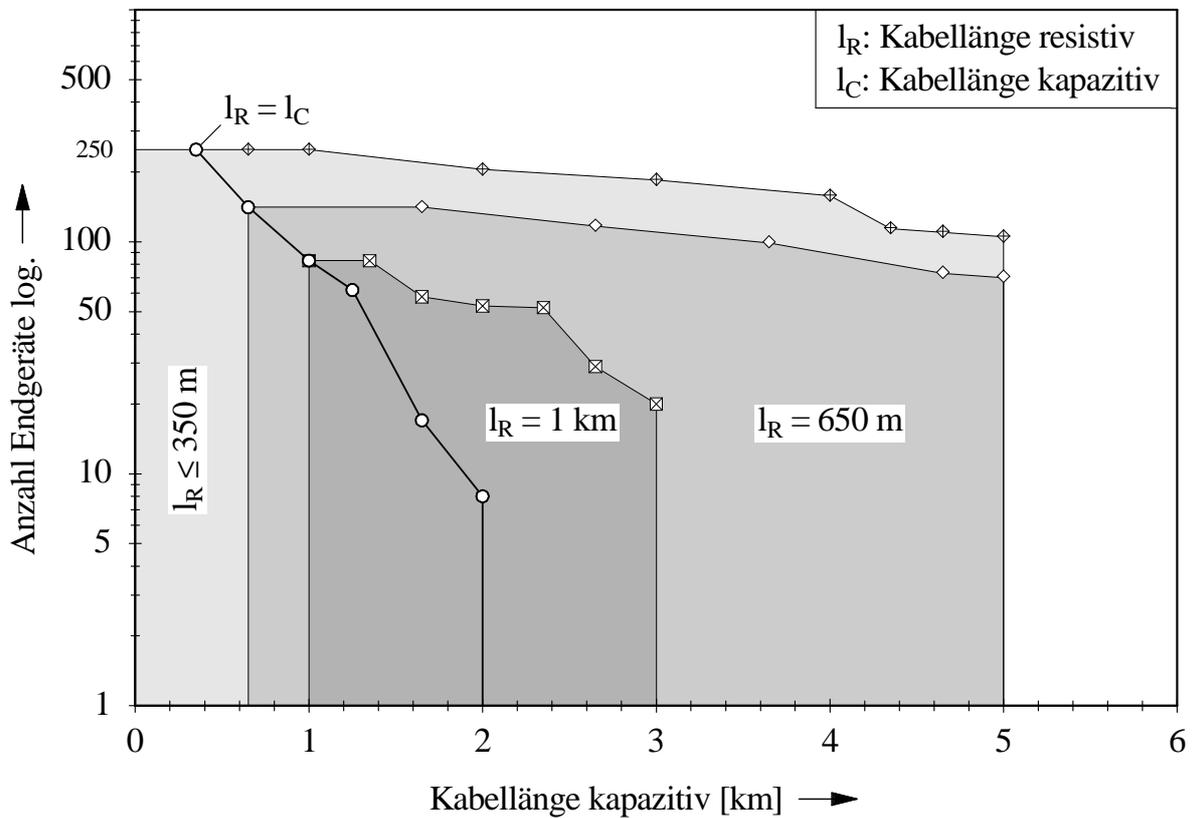


Abb. 3.2: Anzahl Endgeräte in Abhängigkeit der kapazitiven Kabellänge
Kabelquerschnitt: 0,5 mm², 9600 Baud

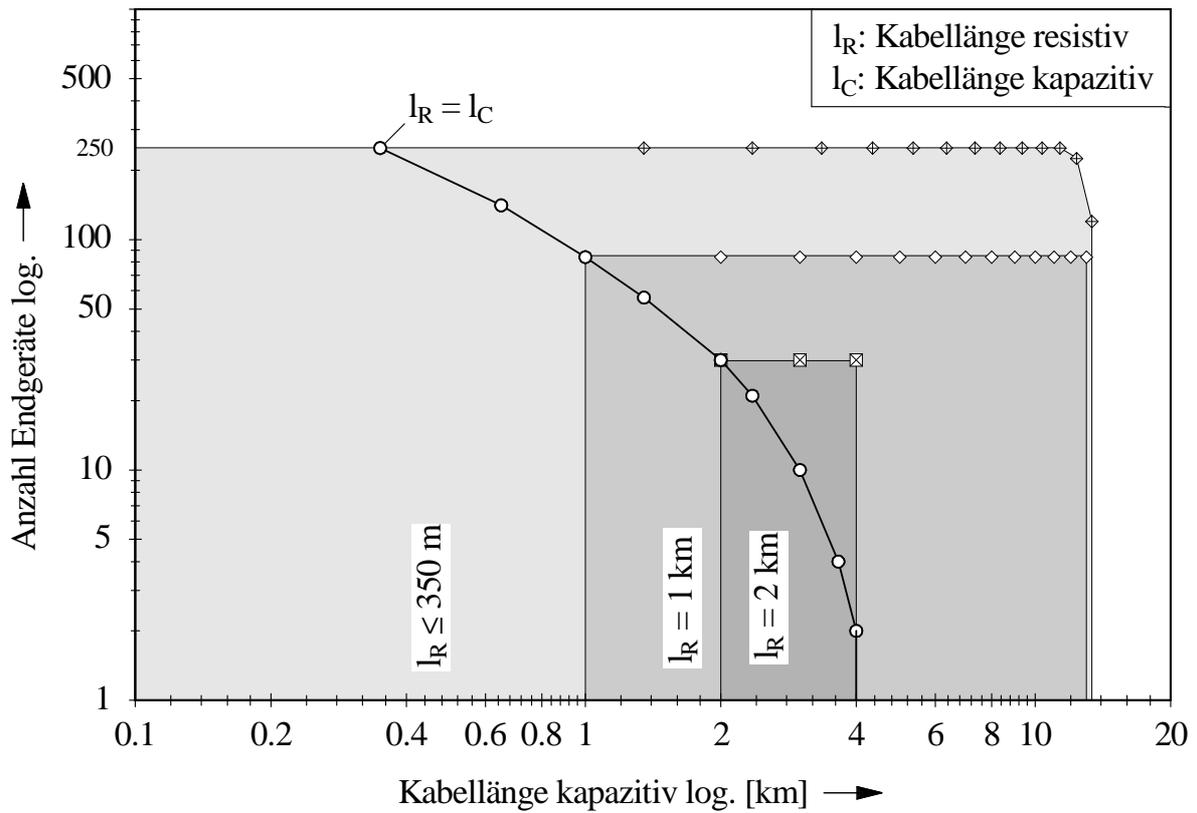


Abb. 3.3: Anzahl Endgeräte in Abhängigkeit der kapazitiven Kabellänge
Kabelquerschnitt: 0,5 mm², 2400 Baud

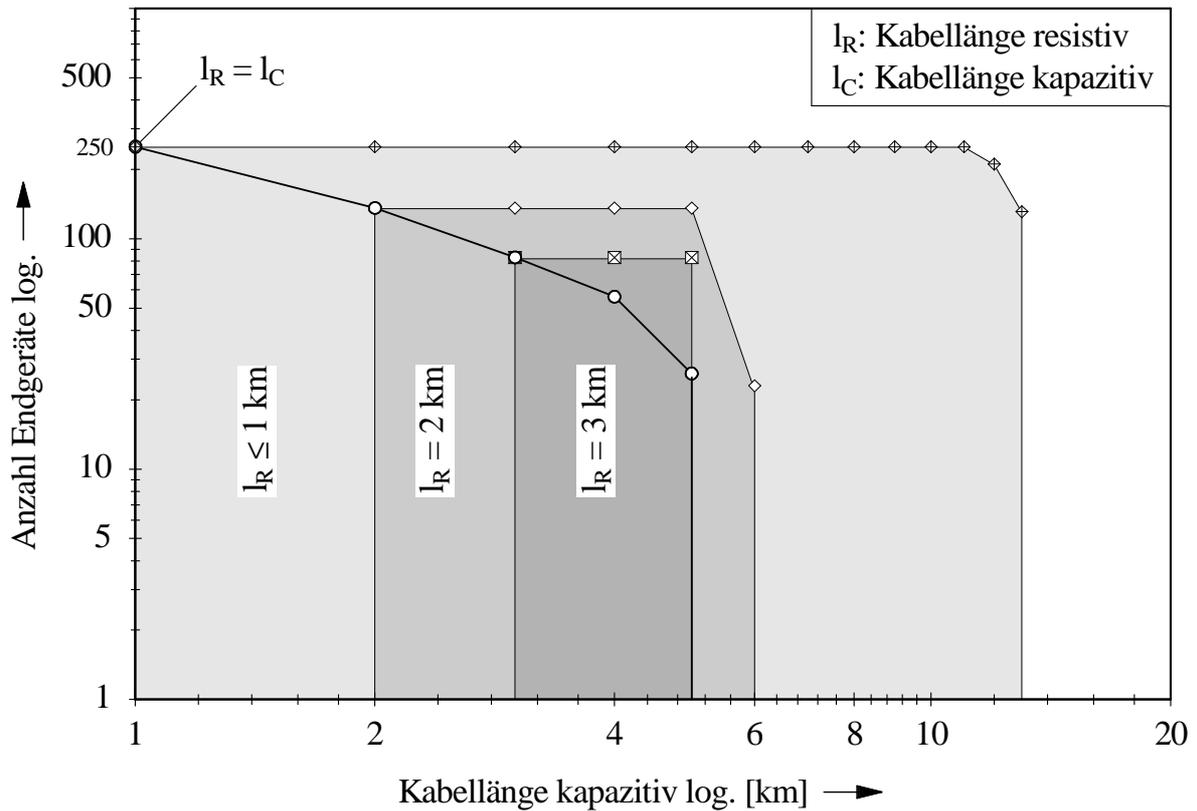


Abb. 3.4: Anzahl Endgeräte in Abhängigkeit der kapazitiven Kabellänge
 Kabelquerschnitt: 1,5 mm², 2400 Baud

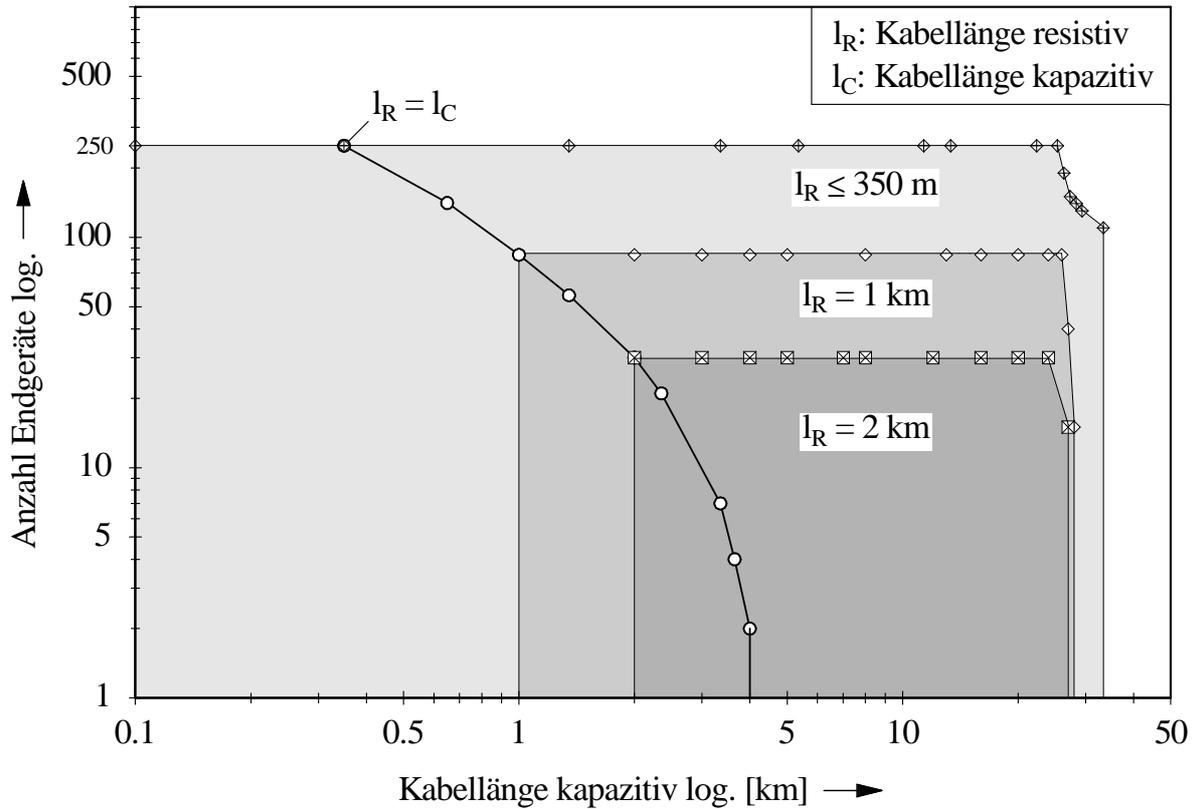


Abb. 3.5: Anzahl Endgeräte in Abhängigkeit der kapazitiven Kabellänge
 Kabelquerschnitt: 0,5 mm², 300 Baud

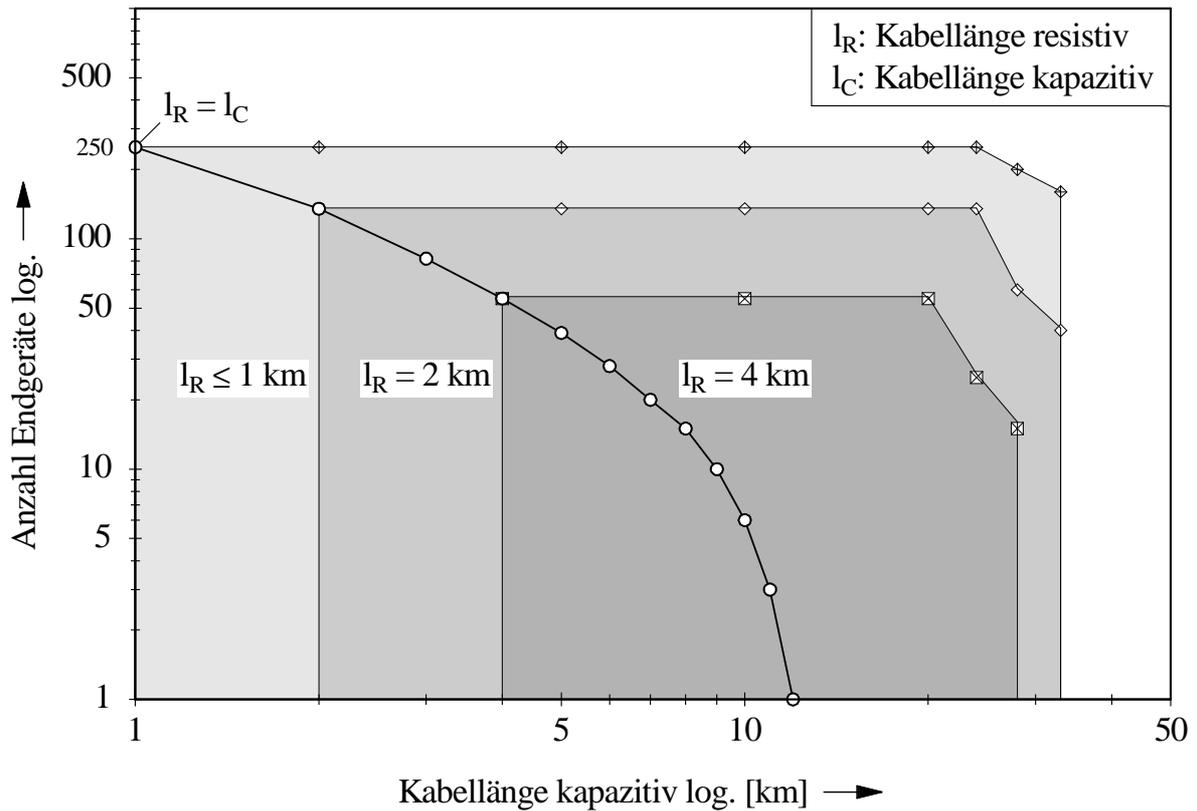


Abb. 3.6: Anzahl Endgeräte in Abhängigkeit der kapazitiven Kabellänge
Kabelquerschnitt: 1,5 mm², 300 Baud

IC = IR		IR = 70 m		IR = 350 m		IR = 650 m	
IC [m]	Slaves	IC [m]	Slaves	IC [m]	Slaves	IC [m]	Slaves
70	250	70	250	350	92	650	46
100	190	320	200	650	89	750	46
350	92	1000	195	1000	80	900	46
650	46	1320	140	1350	68	1000	45
750	30	2000	40	1650	64	1650	25
900	15			2000	35		
1000	1						

Tab. 3.1: Meßpunkte zur Abb. 3.1; Kabelquerschnitt 0,5 mm², 38400 Baud

IC = IR		IR = 350 m		IR = 650 m		IR = 1000 m	
IC [m]	Slaves	IC [m]	Slaves	IC [m]	Slaves	IC [m]	Slaves
350	250	350	250	650	141	1000	83
650	141	650	250	1650	141	1350	83
1000	83	1000	250	2650	117	1650	58
1250	62	2000	205	3650	99	2000	53
1650	17	3000	185	4650	73	2350	52
2000	8	4000	158	5000	70	2650	29
		4350	114			3000	20
		4650	110				
		5000	105				

Tab. 3.2: Meßpunkte zur Abb. 3.2; Kabelquerschnitt 0,5 mm², 9600 Baud

IC = IR		IR = 350 m		IR = 1000 m		IR = 2000 m	
IC [m]	Slaves	IC [m]	Slaves	IC [km]	Slaves	IC [km]	Slaves
350	250	350 - 11350	250	1 - 13	84	2	30
650	141	12350	225			3	30
1000	84	13350	120			4	30
1350	56						
2000	30						
2350	21						
3000	10						
3650	4						
4000	2						

Tab. 3.3: Meßpunkte zur Abb. 3.3; Kabelquerschnitt 0,5 mm², 2400 Baud

IC = IR		IR = 1 km		IR = 2 km		IR = 3 km	
IC [km]	Slaves	IC [km]	Slaves	IC [km]	Slaves	IC [km]	Slaves
1	250	1 - 11	250	2 - 5	135	3 - 5	82
2	135	12	210	6	22		
3	82	13	130				
4	55						
5	25						

Tab. 3.4: Meßpunkte zur Abb. 3.4; Kabelquerschnitt 1,5 mm², 2400 Baud

IC = IR		IR = 350 m		IR = 1 km		IR = 2 km	
IC [m]	Slaves	IC [m]	Slaves	IC [km]	Slaves	IC [km]	Slaves
350	250	350 - 25350	250	1 - 26	84	2 - 24	30
650	141	27350	150	27	40	27	15
1000	84	28350	140	28	15		
1350	56	29350	130				
2000	30	33350	110				
2350	21						
3350	7						
3650	4						
4000	2						

Tab. 3.5: Meßpunkte zur Abb. 3.5; Kabelquerschnitt 0,5 mm², 300 Baud

IC = IR		IR = 1 km		IR = 2 km		IR = 4 km	
IC [km]	Slaves	IC [m]	Slaves	IC [km]	Slaves	IC [km]	Slaves
1	250	1 - 24	250	2 - 5	135	4 - 20	55
2	135	28	200	6	22	24	25
3	82	33	160			28	15
4	55						
5	39						
6	28						
7	20						
8	15						
9	10						
10	6						
11	3						
12	1						

Tab. 3.6: Meßpunkte zur Abb. 3.6; Kabelquerschnitt 1,5 mm², 300 Baud

IC = IR		IR = 1 km		IR = 2 km	
IC [km]	Slaves	IC [m]	Slaves	IC [km]	Slaves
1	250	1	250	2	15
2	15	2	120		
		3	70		

Tab. 3.7: Kabelquerschnitt 1,5 mm², 9600 Baud

5. Empfehlungen

Wie in der Einleitung bereits erwähnt, stellt diese Meßreihe keine Installationsrichtlinie dar, weil die aufgenommenen Werte nur für den getesteten Digital-Repeater gelten und die Messungen ohne Störeinflüsse stattfanden. Es werden daher nur Empfehlungen gegeben, die in folgende Klassen unterteilt werden:

Typ A: Kleine Inhausinstallation (kleine bis mittlere Wohngebäude)

Beschreibung:

- resistive Kabellänge max. 350 m
- kapazitive Kabellänge max. 1 km
- Kabelquerschnitt min. 0,5 mm²

Nutzung:

- a) Geräteanzahlorientiert: max. 250 Endgeräte bei 9600 Baud
b) Geschwindigkeitsorientiert: max. 64 Endgeräte bei 38400 Baud

Typ B: Große Inhausinstallation (mittlere bis große Wohngebäude)

Beschreibung:

- resistive Kabellänge max. 350 m
- kapazitive Kabellänge max. 4 km
- Kabelquerschnitt min. 0,5 mm²

Nutzung:

- a) Geräteanzahlorientiert: max. 250 Endgeräte bei 2400 Bd
b) Geschwindigkeitsorientiert: max. 64 Endgeräte bei 9600 Bd

Typ C: Kleine Weitbereichsinstallation (kleine bis mittlere Wohnviertel)

Beschreibung:

- resistive Kabellänge max. 1 km
- kapazitive Kabellänge max. 4 km
- Kabelquerschnitt min. 0,5 mm²

Nutzung: max. 64 Endgeräte bei 2400 Bd

Typ D: Große Weitbereichsinstallation (mittlere bis große Wohnviertel)

Beschreibung:

- resistive Kabellänge max. 3 km
- kapazitive Kabellänge max. 5 km
- Kabelquerschnitt min. 1,5 mm²

Nutzung: max. 64 Endgeräte bei 2400 Bd

Typ E: Versorger-Netzinstallation

Beschreibung:

- resistive Kabellänge max. 5 km
- kapazitive Kabellänge max. 7 km
- Kabelquerschnitt min. 1,5 mm²

Nutzung: max. 16 Endgeräte bei 300 Bd

Typ F: Maximalsegment

Beschreibung:

- lineare Topologie
- Kabellänge max. 10 km
- Kabelquerschnitt min. 1,5 mm²

Nutzung: max. 1 Endgerät oder Repeater bei 300 Bd