

Projektarbeit  
Vergleich der Identifikations- und Schreibzuverlässigkeit sowie der  
Übertragungszeiten dreier RFID-Reader

Bearbeiter: Konstantin Stein  
Betreuer: Dipl. Ing. Reiner Jedermann

März 2008

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>5</b>
2.1	Passive und Semi-Passive RFID-Tags . . . . .	6
2.2	HF- und UHF-Systeme . . . . .	6
2.2.1	HF-Systeme . . . . .	7
2.2.2	UHF-Systeme . . . . .	8
2.3	Class-1 Gen-2 UHF RFID Protokoll . . . . .	9
2.3.1	Inventory . . . . .	10
2.3.2	Read-User-Memory . . . . .	12
2.3.3	Write-User-Memory . . . . .	13
<b>3</b>	<b>Messung 1</b>	<b>14</b>
3.1	Versuchsaufbau . . . . .	14
3.2	Versuchsdurchführung . . . . .	16
3.3	Versuchsergebnisse . . . . .	17
3.4	Auswertung . . . . .	20
3.5	Verbesserungsmöglichkeiten . . . . .	22
3.6	Zusammenfassung . . . . .	26
<b>4</b>	<b>Messung 2</b>	<b>27</b>
4.1	Versuchsaufbau . . . . .	27
4.2	Versuchsdurchführung . . . . .	28
4.3	Versuchsergebnisse . . . . .	30
4.3.1	Feig . . . . .	31
4.3.2	Sirit . . . . .	35
4.3.3	SkyeTek . . . . .	40
4.4	Auswertung . . . . .	44
4.5	Zusammenfassung . . . . .	45
<b>5</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>47</b>
<b>A</b>	<b>Theoretische Bestimmung der Kommandodauer</b>	<b>48</b>
<b>B</b>	<b>Abbildungsübersicht</b>	<b>49</b>

## Abbildungsverzeichnis

1	Sirit-, Feig- und SkyeTek-Reader . . . . .	4
2	RFID-System . . . . .	5
3	RFID-Tag real, passiv, semi-passiv . . . . .	6
4	Funktionsweise der Lastmodulation mit Hilfsträger . . . . .	7
5	Funktionsweise eines Backscatter-Transponders . . . . .	8
6	Algorithmus zur Wahl eines geeigneten Parameters Q . . . . .	10
7	Aufzeichnung eines Inventory . . . . .	11
8	Ablauf eines Tag-Zugriffs, Quelle [8] . . . . .	11
9	Aufzeichnung eines Read-User-Memory Ablaufs . . . . .	12
10	Aufzeichnung eines Write-User-Memory Ablaufs . . . . .	13
11	Aufbau und Anordnung der Tags . . . . .	14
12	Messpositionen . . . . .	16
13	Ermittelte Feig Identifikations- und Schreibraten für einen Abstand von 50 cm .	18
14	Ermittelte Feig Identifikations- und Schreibraten für einen Abstand von 100 cm .	18
15	Ermittelte Sirit Identifikations- und Schreibraten für einen Abstand von 50 cm .	19
16	Ermittelte Sirit Identifikations- und Schreibraten für einen Abstand von 100 cm .	19
17	Feig Identifikations- und Schreibraten für 100cm Abstand ohne vordere Tags . . .	23
18	Sirit Identifikations- und Schreibraten für 100cm Abstand ohne vordere Tags . .	23
19	Identifikations- und Schreibraten für 100cm Abstand mit leeren Flaschen . . . . .	25
20	Identifikations- und Schreibraten für 100cm Abstand mit vollen Flaschen . . . . .	25
21	BILD SpectralAnalyzer+Antenne, Tag, Reader + Antenne, PC . . . . .	27
22	Inventory 1 Tag gut lesbar, Feig-Reader . . . . .	31
23	Inventory 1 Tag am Ende des Lesebereichs, Feig-Reader . . . . .	31
24	Inventory 4 Tags, Feig-Reader . . . . .	32
25	Read-User-Memory, Feig-Reader . . . . .	33
26	Write-User-Memory, Feig-Reader . . . . .	34
27	Inventory 1 Tag gut lesbar, Sirit-Reader . . . . .	35
28	Inventory 1 Tag am Ende des Lesebereichs, Sirit-Reader . . . . .	35
29	Inventory 4 Tags, Sirit-Reader . . . . .	36
30	Read-User-Memory, Sirit-Reader . . . . .	37
31	Inventory and Read-User-Memory, Sirit-Reader . . . . .	38
32	Write-User-Memory, Sirit-Reader . . . . .	39
33	Inventory 1 Tag gut lesbar, SkyeTek-Reader . . . . .	40
34	Inventory 1 Tag am Ende des Lesebereichs, SkyeTek-Reader . . . . .	40
35	Inventory 4 Tags, SkyeTek-Reader . . . . .	41
36	Read-User-Memory, SkyeTek-Reader . . . . .	42
37	Write-User-Memory, SkyeTek-Reader . . . . .	43

# 1 Einleitung

Diese Projektarbeit hat als Hintergrund den Einsatz der RFID-Technik im Lebensmittelbereich. Die RFID-Technik soll hier neben der effektiveren Erfassung von Stückgütern zur besseren Qualitätsüberwachung leicht verderblicher Ware zum Einsatz kommen. Neben der Identifikationsnummer wird dabei die Speicherung von Zusatzinformationen wie die Transportgeschichte und Haltbarkeit eines Produkts angestrebt.

In diesem Zusammenhang kommen zwei Problematiken zum tragen, welche berücksichtigt werden müssen. Zum einen ist dies die Dämpfung hochfrequenter elektromagnetischer Felder durch Feuchtigkeit. Zum anderen sind es die extrem kurzen Zeitspannen die für die Datenübertragung zur Verfügung stehen und sich aus der Forderung ergeben, den Datenaustausch beim Be- bzw. Entladen der Ware durchzuführen.

Ziel dieser Projektarbeit ist der Vergleich dreier RFID-Lesegeräte: Feig 2000, Sirit Infinity 510 und SkyeTek SkyeModule M9.

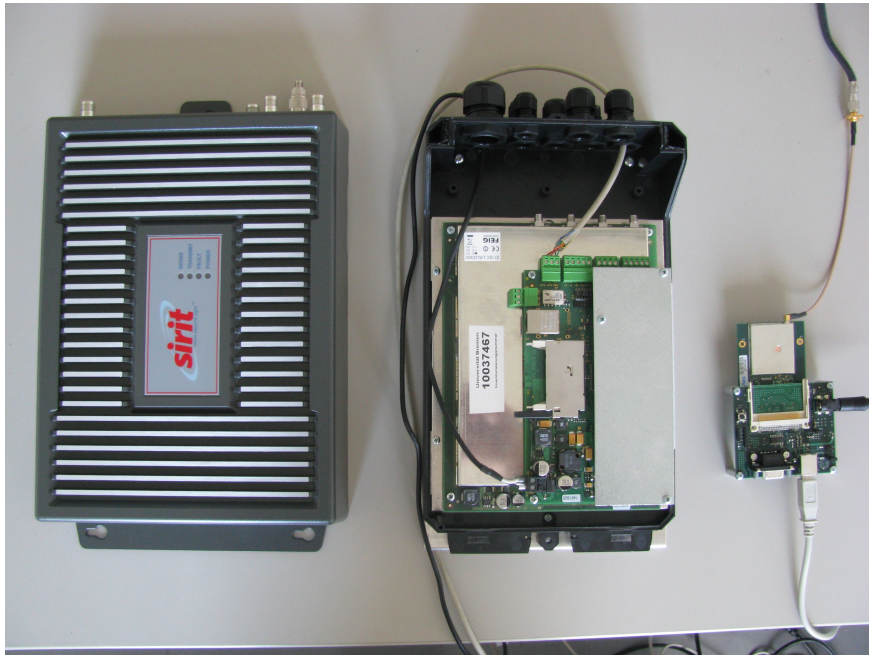


Abbildung 1: Sirit-, Feig- und SkyeTek-Reader

Der Vergleich erfolgt nach 2 Kriterien.

Im ersten Stadium wird untersucht, mit welcher Zuverlässigkeit Tags identifiziert und beschrieben werden können. Dabei werden die Tags nach einem bestimmten Muster innerhalb von vollen Mineralwasserkästen angeordnet, um zu sehen wie stark sich das Wasser in den Flaschen auf die Identifikations- und Schreibraten auswirkt.

Bei der zweiten Untersuchung wird es darum gehen die Dauer der Übertragungszeiten zur Identifikation, dem Lesen sowie Schreiben des Zusatzspeichers zu vergleichen. D.h. wie lange brauchen die Lesegeräte um einen bzw. mehrere Tags zu identifizieren, auszulesen oder zu beschreiben.

## 2 Grundlagen

RFID steht für Radio Frequency Identification und bedeutet die Identifizierung mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen, d.h. berührungslos.

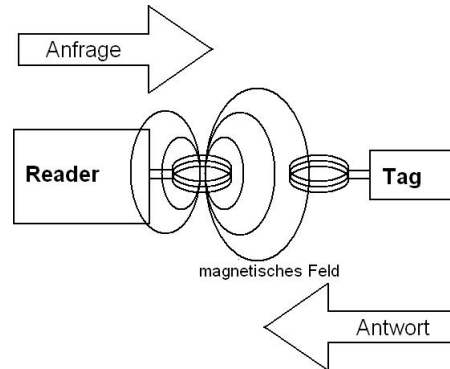


Abbildung 2: RFID-System

Ein RFID-System besteht aus einem Tag (Transponder) und einem Lesegerät (Interrogator) welcher auf den Tag zugreifen kann. Die Kommunikation zwischen Lesegerät und Tag läuft grundsätzlich so ab, dass das Lesegerät ein elektromagnetisches Feld ausstrahlt in welchem die Informationen bzw. seine Anfrage an den Tag einmoduliert ist. Als Modulationsarten kommen dabei DSB-ASK (Double Side Band - Amplitude Shift Keying), SSB-ASK (Single Side Band - Amplitude Shift Keying) und PR-ASK (Phase Reversal - Amplitude Shift Keying) in Frage. Der Tag demoduliert die Anfrage des Lesegeräts und antwortet ihm durch eines der weiter unten beschriebenen Verfahren.

## 2.1 Passive und Semi-Passive RFID-Tags

Die Hauptbestandteile eines RFID-Tags sind in Abb.3 zu sehen. Das Kernstück bildet der Mikrochip, der als elektronischer Datenträger dient. Als Antenne wird entweder eine großflächige Spule (HF-Tag) oder eine Dipolantenne (UHF-Tag) benutzt. Zwischen Antenne und Mikrochip befindet sich ein analoger Schaltkreis. Dieser hat die Aufgabe, die in die Antenne induzierte Spannung gleichzurichten und zwischenzuspeichern.

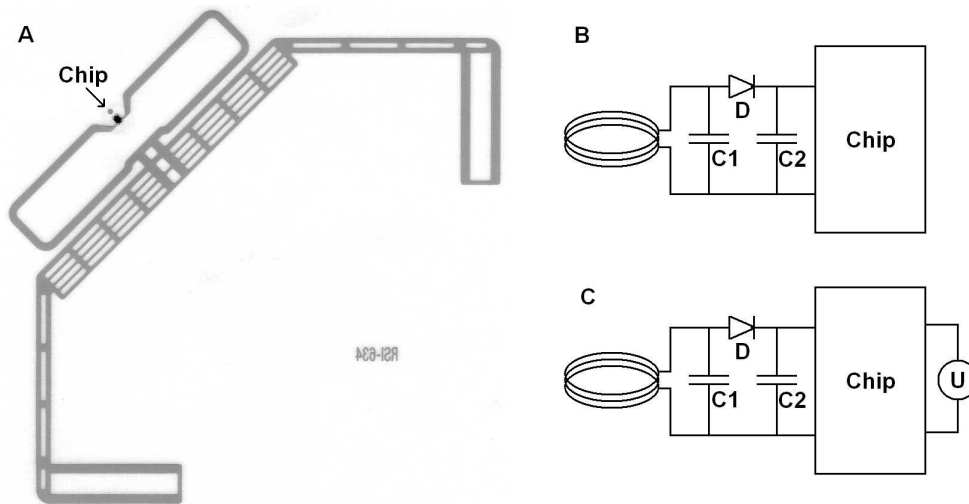


Abbildung 3: RFID-Tag real, passiv, semi-passiv

Die Spannung, welche in die Antenne des Tags induziert wird, rührt aus dem magnetischen Feld welches das Lesegerät ausstrahlt (induktive Kopplung). Nach Gleichrichtung und Speicherung steht diese Spannung zur Verfügung um den Mikrochip mit Energie zu versorgen, so dass in vielen Fällen keine weitere Energiequelle nötig ist.

Tags bei denen dies der Fall ist werden als passive Tags genannt, s. Abb. 3.B. Die gesamte zum Betrieb des Mikrochips benötigte Energie wird durch das Lesegerät zur Verfügung gestellt.

In einigen Fällen, wenn der Mikrochip eine hohe Stromaufnahme hat oder der Tag vom Lesegerät so weit entfernt ist dass die induktive Mitkopplung bzw. induzierte Spannung sehr gering ist, wird der Energiebedarf des Mikrochips durch eine Batterie gedeckt. In diesem Fall spricht man von Semi-Passiven Tags, s. Abb. 3.C.

## 2.2 HF- und UHF-Systeme

RFID Systeme werden nach der verwendeten Arbeitsfrequenz bzw. Frequenzbereichen unterteilt. Hochfrequente (HF) Systeme nutzen das Band bei 13.56 MHz. Ultrahochfrequente (UHF) Systeme die UHF Bereiche von 865 MHz bis 868 MHz in Europa bzw. von 902 MHz bis 928 MHz in den USA und die Mikrowellenfrequenzen 2,5 GHz und 5,8 GHz.

Die unterschiedlichen Frequenzen wirken sich auf Reichweite, Taggröße und Art der Tagantwort aus.

### 2.2.1 HF-Systeme

HF-Systeme arbeiten ausschließlich im elektromagnetischen Nahfeld. D.h. der Abstand zwischen Lesegerät und Tag ist nicht größer als  $0,16\lambda$  [2]. Bei 13.56 MHz ( $\lambda = 22,1$  m) hat das Nahfeld also eine Ausdehnung von 3,536 m. Die magnetische Kopplung bzw. der Wirkungsgrad der Leistungsübertragung zwischen Primärspule (Antenne des Lesegeräts) und der Sekundärspule (Antenne des Tags) ist im Nahfeld proportional zur Arbeitsfrequenz, der Windungszahl der Tagspule, der umschlossenen Fläche der Tagspule und dem Abstand der beiden Spulen voneinander. Für Tags mit einer großflächigen Spule mit einer Windungszahl von 3 bis 10 Windungen reicht der Wirkungsgrad aus, um die Mikrochips ausschließlich mit der eingekoppelten Energie des Lesegerät-Feldes zu versorgen. Deshalb werden im Nahfeld fast ausschließlich passive Tags eingesetzt.

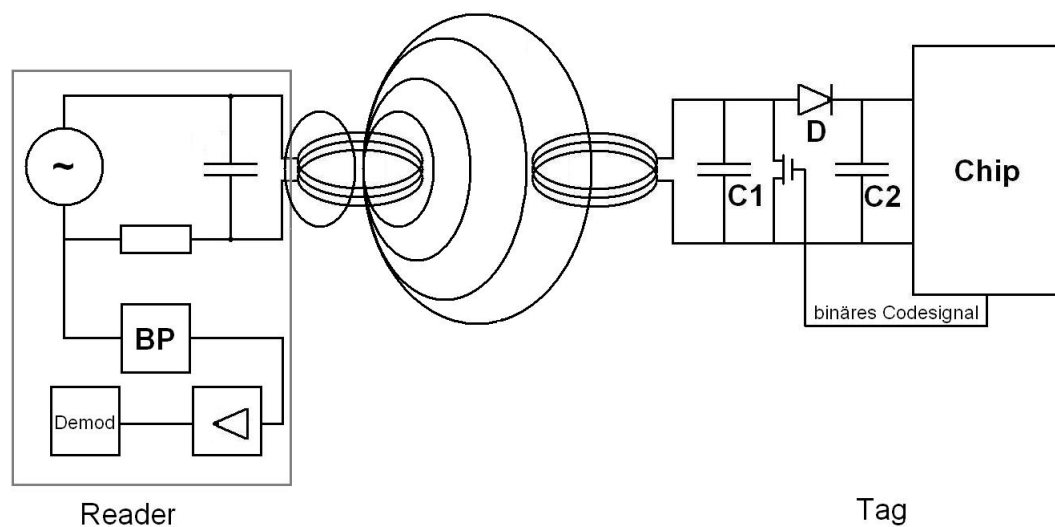


Abbildung 4: Funktionsweise der Lastmodulation mit Hilfsträger

Die Datenübertragung vom Tag zum Lesegerät wird bei HF-Systemen mit der Lastmodulation mit und ohne Hilfsträger realisiert. Das Prinzip beruht auf der induktiven Rückwirkung. Wird ein Tag in das magnetische Wechselfeld des Lesegeräts gebracht, entzieht er dem Feld Energie. Dies führt dazu, dass die Spannung an der Antenne des Lesegeräts abfällt. Der Spannungsabfall lässt sich nach einer Gleichrichtung messen. Der Energieentzug kann durch den Tag gesteuert werden, indem man an der Tag-Antenne einen Lastwiderstand an und ausschaltet. Steuert man nun das An- und Ausschalten der Last durch Daten, können diese auf diese Weise vom Tag zum Lesegerät übertragen werden.

In der Regel sind die Spannungsschwankungen an der Antenne des Lesegeräts wesentlich kleiner als die Spannung selbst, d.h. kleines S/N-Verhältnis. Das macht es schaltungstechnisch sehr schwierig die Spannungsschwankungen zu detektieren. Um dieses Problem zu umgehen, wird der Lastwiderstand mit einer sehr hohen Taktfrequenz an und ausgeschaltet. Dies führt dazu, dass sich zu der Sendefrequenz zwei zusätzliche Spektrallinien ausbilden, die im Abstand der Taktfrequenz links und rechts von der Sendefrequenz liegen. Diese so genannten Hilfsträger enthalten nur die Spannungsschwankungen und nicht die Spannung selbst. Auf diese Weise können die Spannungsschwankungen leicht detektiert werden.

### 2.2.2 UHF-Systeme

UHF-Systeme arbeiten ausschließlich im elektromagnetischen Fernfeld. D.h. der Abstand zwischen Lesegerät und Tag ist größer als  $0,16\lambda$ . Das elektromagnetische Feld geht bei 868 MHz ( $\lambda = 0,345$  m) bei einer Entfernung von 0,055 m in eine Welle (Fernfeld) über. Die kurzen Wellenlängen ermöglichen die Konstruktion von Antennen mit wesentlich kleineren Abmessungen und besseren Wirkungsgraden als dies bei HF-Systemen der Fall ist. Weil man nicht im Nahfeld arbeitet, ist der Wirkungsgrad der induktiven Kopplung zur Energieversorgung des Tags gering. Trotzdem können auch bei UHF-Systemen passive Tags eingesetzt werden. Diese müssen jedoch hohen Anforderungen entsprechen und eine Leistungsaufnahme von etwa  $5 \mu W$  haben. Mit solchen Tags lässt sich im Freiraum eine Reichweite von knapp über 3 m realisieren. Sollen größere Reichweiten von bis zu 15 m erzielt, oder Tags mit einer größeren Leistungsaufnahme eingesetzt werden, müssen die Tags mit einer Batterie versehen werden.

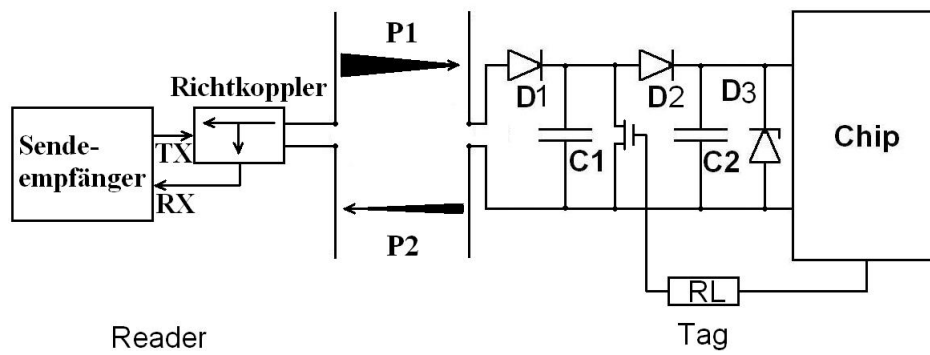


Abbildung 5: Funktionsweise eines Backscatter-Transponders

Die Datenübertragung vom Tag zum Lesegerät wird bei UHF-Systemen nach dem Prinzip der Rückstreuung (Backscatter) realisiert. Dieses Verfahren kommt aus der RADAR-Technik und beruht auf dem Effekt, dass elektromagnetische Wellen von Objekten, deren Ausdehnung größer als die halbe Wellenlänge ist, reflektiert werden. Der Wirkungsgrad der Reflektion wird dabei durch den Rückstrahlquerschnitt bestimmt. Einen maximalen Rückstrahlquerschnitt weisen Objekte auf, die zu der eintreffenden Wellenfront in Resonanz sind. So z.B. eine Antenne deren Resonanzfrequenz auf die ankommende Welle abgestimmt ist. Die Reflexionseigenschaften der Tag-Antenne können durch Ändern der an die Antenne angeschlossenen Last beeinflusst werden. Wird das An- und Ausschalten des Lastwiderstands durch Daten gesteuert, können sie auf diese Weise zum Lesegerät übertragen werden. Das Lesegerät muss die, im Vergleich zur ausgesandten Leistung, geringe Rückstrahlleistung mit Hilfe eines Richtkopplers aus seiner Antenne auskoppeln bzw. das ausgesandte Signal unterdrücken. Nach diesem Schritt kann die Antwort des Tags detektiert werden.



### 2.3 Class-1 Gen-2 UHF RFID Protokoll

Die Datenübertragung vom Reader zum Tag und umgekehrt muss geregelt werden, insbesondere wenn sich im Feld des Readers eine Vielzahl von Tags befindet. Die derzeit beste Lösung bietet das EPC Class 1 Generation 2 Protokoll für UHF RFID Systeme.

Dieses Protokoll definiert eine Vielzahl von geforderten und optionalen Standards wie beispielsweise einen großen Zusatzspeicher (User Memory, momentan werden maximal 28 Byte angeboten) auf dem Tag Chip.

Im Rahmen dieser Projektarbeit wird hier nur auf die, für das Verständnis der Projektarbeit erforderlichen, Grundlagen bzw. Abläufe der Kommunikationsregelung mittels des Protokolls eingegangen.

Grundsätzlich läuft die Kommunikation zwischen Reader und Tag so ab, dass der Reader zuerst den 12 Byte großen EPC (Electronic Product Key) aller im Feld befindlichen Tags ermittelt. Dieser Schritt wird als Inventory bezeichnet. Bei dem zurückgelieferten EPC handelt es sich um eine eindeutige, singuläre Identifikationsnummer. Hat der Reader diese Nummern, kann er damit jeden einzelnen Tag adressieren und weitere Manipulationen am Tags durchführen, z.B. Auslesen oder Beschreiben des Zusatzspeichers.

Des Weiteren sollen die Inventory-, Read- und Write-Routinen genauer erläutert werden.

### 2.3.1 Inventory

Um die Tags beim Inventory sequentiell abzufragen, bzw. ein Kollision der Tagantworten zu vermeiden, vergibt der Reader jedem Tag eine zufällige aber singuläre Zahl. Diese Zahl wird im Tag in einem so genannten Slot gespeichert. Anschließend sendet der Reader ein Befehl, welcher dafür sorgt, dass der Wert in den Slots sämtlicher Tags um eins verringert wird. Dieser Befehl wird so lange gesendet, bis der Slot eines Tags den Wert Null annimmt, woraufhin der Tag antwortet und für den Rest des Inventory schweigt. Ist die Antwort erfolgt wird wiederum der Slot aller übrigen Tags dekrementiert. Nun nimmt der Slot eines anderen Tags den Wert Null an und antwortet. Dies wird so lange fortgeführt, bis keine Tag-Antwort mehr kommt.

Eine Inventory Runde beginnt mit einem Query-Befehl, der vom Reader ausgesandt wird. Dieser beinhaltet neben zahlreichen Parametern zur Kommunikationsregelung (Bitrate etc.) einen Startwert  $Q$ , der die Vergabe von zufälligen Slot-Werten regelt und führt die Vergabe von zufälligen Slot-Werten gleichzeitig durch. Je größer  $Q$  ist desto mehr singuläre Werte werden generiert und an die Tags vergeben. Kommt es zu dem Fall, dass weniger Werte generiert worden sind als sich Tags im Feld befinden, bekommen mehrere Tags den gleichen Wert und antworten dementsprechend gleichzeitig. Dies wird vom Reader registriert. Mit einem Query-Adjust-Befehls wird er dann versuchen den Wert  $Q$  so anzupassen, dass eine ausreichende Anzahl von zufälligen Slot-Werten generiert wird und jeder Tag eine singuläre Zahl bekommt. Ist dies der Fall, wird wiederholt der QueryRepeat-Befehl gesendet, welcher alle Tags zum Dekrementieren ihrer Slot-Werte veranlasst. Die Slot-Werte der Tags nehmen auf diese Weise nacheinander den Wert Null an, so dass die Tag-Antworten sequentiell erfolgen.

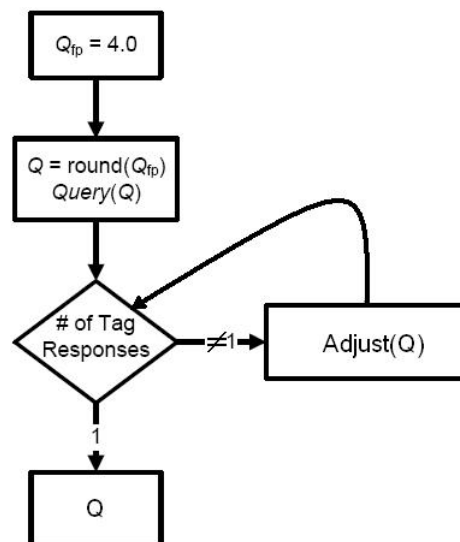


Abbildung 6: Algorithmus zur Wahl eines geeigneten Parameters  $Q$

Die Antwort eines Tags ist jedoch nicht gleich der EPC, sondern eine 16 Bit große Identifikationsnummer, ein so genanntes Handle. Der Reader empfängt das Tag-Handle und schickt zur Bestätigung wiederum ein Acknowledge-Befehl mit dem empfangenen Handle als Parameter. Der Tag registriert diesen Befehl und vergleicht das empfangene mit dem gesendeten Handle. Erst wenn sie übereinstimmen, sendet der Tag seinen EPC an den Reader.

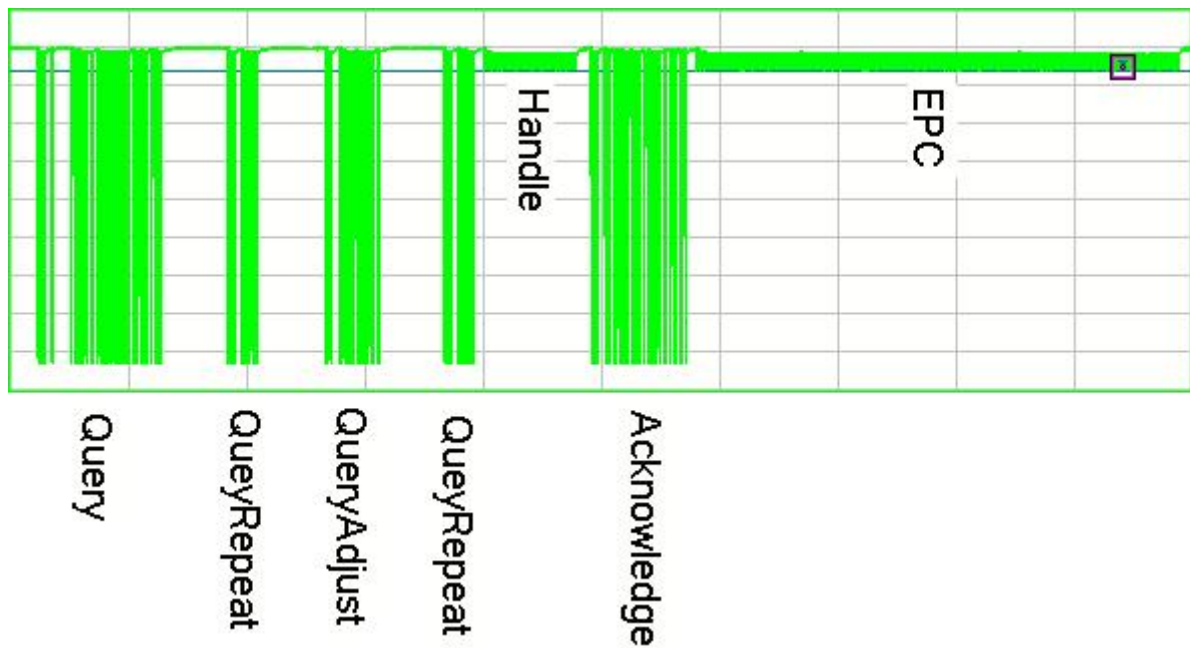


Abbildung 7: Aufzeichnung eines Inventory

Sind dem Reader die EPCs sämtlicher Tags, die sich in seinem Feld befinden bekannt, kann er diese adressieren und den Tag manipulieren.

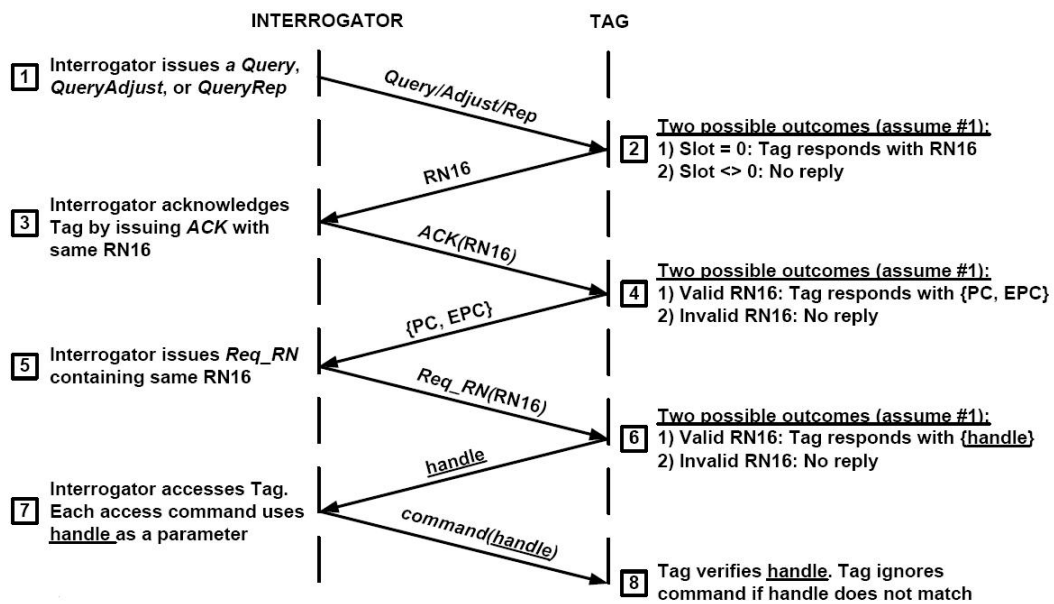


Abbildung 8: Ablauf eines Tag-Zugriffs, Quelle [8]

### 2.3.2 Read-User-Memory

Ist der EPC eines Tags bekannt, kann der 28 Byte große Zusatzspeicher des entsprechenden Tags ausgelesen werden. Dazu sendet der Reader einen Select -Befehl mit dem EPC als Parameter um den gewünschten Tag zu adressieren. Um sicherzustellen, dass auch wirklich der gewünschte Tag adressiert worden ist, wird der EPC des adressierten Tags zurückgesendet (nach vorgehendem Query, Handle, Acknowledge). Stimmen der gesendete und empfangene EPC überein, wird mit einem Req\_RN-Befehl ein neues Handle des Tags angefordert und anschließend der Read-Befehl mit dem neuen Handle als Parameter gesendet. Der Tag übermittelt daraufhin den Inhalt seines Zusatzspeichers.

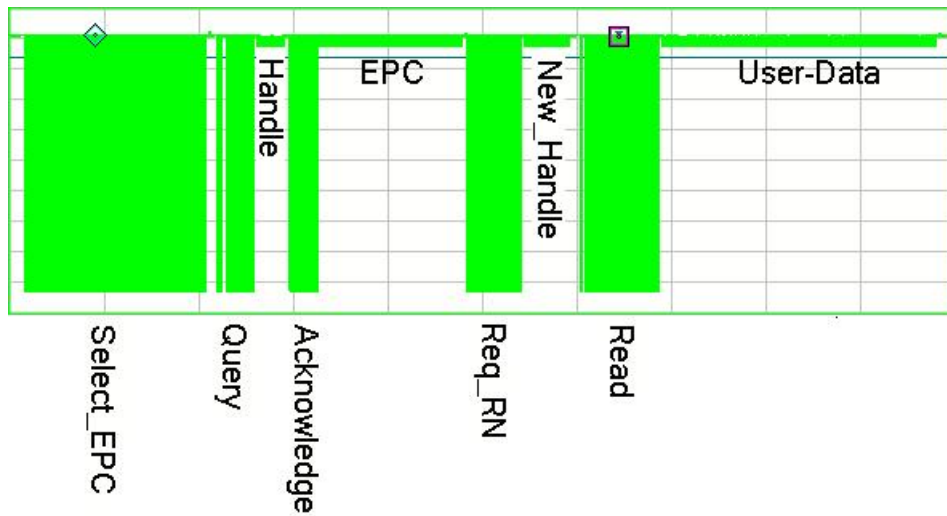


Abbildung 9: Aufzeichnung eines Read-User-Memory Ablaufs

### 2.3.3 Write-User-Memory

Der 28 Byte große Speicher wird wortweise beschrieben, wobei ein Wort zwei Byte groß ist. Das Beschreiben verläuft weitgehend analog zum Auslesen. Der gewünschte Tag wird mit dem Select-Befehl selektiert und anschließend der EPC des selektierten Tags angefordert. Gesendeter und empfangener EPC werden mit einander verglichen und unter der Bedingung der Gleichheit ein neues Handle angefordert. Anschließend wird ein Write-Befehl mit dem neuen Handle und den ersten zu schreibenden Daten (1 Wort bzw. 2 Byte) als Parameter gesendet. Daraufhin folgt eine Pause, in welcher der Tag die interne Speicherung der empfangenen Daten vornimmt. Hat der Tag die Daten erfolgreich gespeichert antwortet er dem Reader mit einem Successful-Write-Kommando. Sind weitere Daten vorhanden die geschrieben werden sollen, sendet der Reader erneut einen Write-Befehl mit dem zweiten zu schreibenden Wort usw.

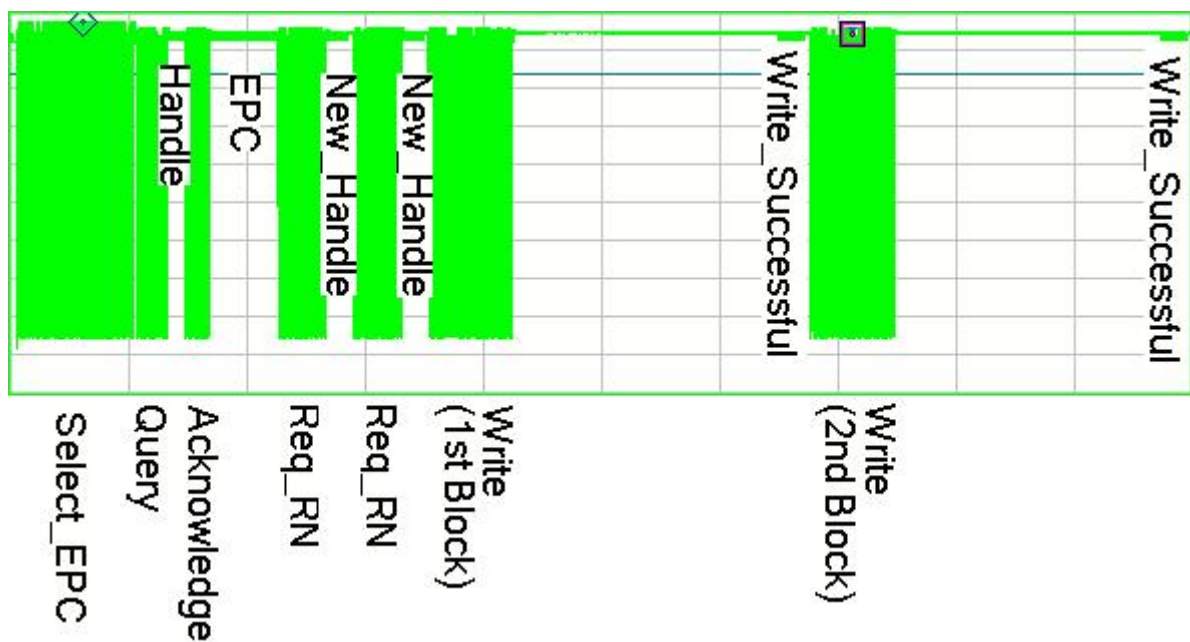


Abbildung 10: Aufzeichnung eines Write-User-Memory Ablaufs

### 3 Messung 1: Zuverlässigkeit bei der Identifikation eines Tags und dem Beschreiben seines Zusatzspeichers

In diesem Test soll ermittelt werden, wie zuverlässig die Identifikation sowie das Beschreiben des Zusatzspeichers bei den betrachteten Readern Feig 2000 und Sirit Infinity 510 erfolgt, wenn sich zwischen Tag und Antenne des Readers Wasser befindet.

Der Reader SkyeTek SkyeModule M9 wurde aus diesem Test ausgeschlossen, da die Ergebnisse kaum brauchbar waren, bzw. kein einziger Tag hinter den Wasserflaschen erkannt wurde.

#### 3.1 Versuchsaufbau

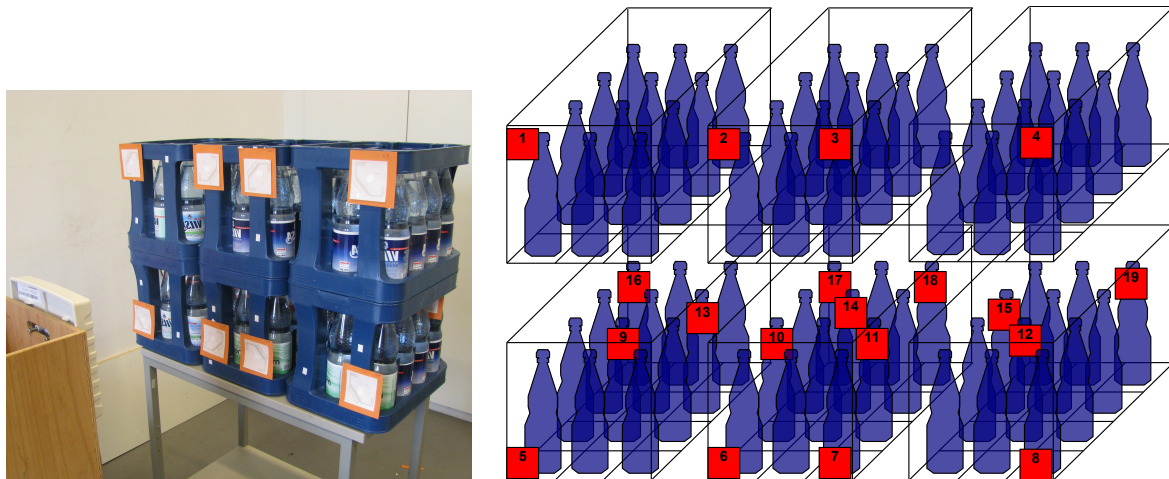


Abbildung 11: Aufbau und Anordnung der Tags

Der Aufbau besteht aus 6 Mineralwasserkisten, die jeweils 12 volle 1 Liter Kunststoffflaschen beinhalten. Die Kisten werden wie in Abb. 11 in 2 Lagen und 3 Spalten auf einem Rollwagen angeordnet. Es werden insgesamt 19 Tags mit annähernd gleicher Empfindlichkeit auf und in den Kisten verteilt. An der Vorderseite der Kisten werden 8 Tags angebracht. Alle anderen Tags werden an den Halsen der Mineralwasserflaschen in der unteren Lage befestigt. 4 Tags kommen hinter die erste Flaschenreihe, 3 Tags hinter die zweite Flaschenreihe und 4 Tags hinter die dritte Flaschenreihe.

Für beide Reader wurde die Antenne von Meshed Systems verwendet. Diese bringt einen Gewinn von 6 dBm. Die maximale Effektive Strahlungsleistung (ERP) wird in der folgenden Tabelle ermittelt.

Ausgangsleistung des Readers	1000 mW	
Umrechnung mW in dBm	30 dBm	$P[\text{dBm}] = 10 \log(P[\text{mW}])$
Kabelverluste 2m	-0,6 dBm	
Antennengewinn laut Datenblatt	6 dBm	
Korrektur für zirkulare Polarisierung	-3 dBm	
Umrechnung auf Isotopenstrahler	-2,1 dBm	
Summe = Effektive Strahlungsleistung ERP	30,3 dBm	
Umrechnung dBm in mW	1072 mW	$P[\text{mW}] = 10^{\frac{P[\text{dBm}]}{10}}$

Nachfolgend werden die verwendeten Materialien aufgelistet.

GERÄT/MATERIAL	HERSTELLE/VERTRIEB	BEZEICHNUNG	GRÖSSE/BESCHREIBUNG
Reader	Feig Electronic	Obid ISC.LRU 2000	Long Range UHF Reader, Firmware Version 93 (ID ISC.LRU2000)
	Sirit Inc.	INfinity 510	Long Range UHF Reader, Firmware Version 1.0.2509.20188
Antenne	Meshed Systems	GP-ANTU-PATCH25 circular	Gewinn 6 dBi, zirkular polarisiert
Tags	TagNology	NXP Ryparian Label	75mm x 75mm
Ware	Vilsa Brunnen, mineau	Getränk- normkasten Deutscher Mi- neralbrunnen	12 Flaschen je. 1 Liter 30cm x 40cm x 31.5cm, Volumenanteil Wasser 31.7%

### 3.2 Versuchsdurchführung

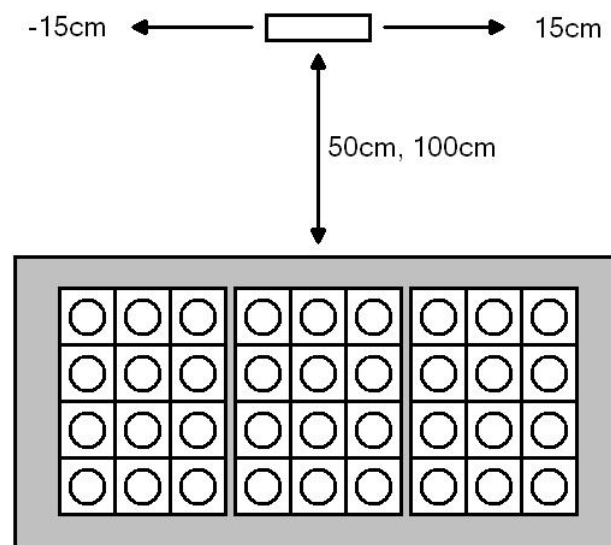


Abbildung 12: Messpositionen

Es werden 2 Versuchsreihen durchgeführt, wobei der Abstand zwischen Antenne des Readers und der Vorderseite der Mineralwasserkisten auf 50 cm und 100 cm eingestellt wird. Für jeden Abstand wird aus 3 verschiedenen Positionen gemessen, Antenne des Readers mittig zu Mineralwasserkisten, Verschiebung der Antenne um  $\pm 15\text{cm}$ .

Für jede Position wird eine Messreihe mit Hilfe eines JAVA-Programms durchgeführt. Um der Dämpfung des Signals entgegenzuwirken, variiert das Programm die Ausgangsleistung des Readers in 100mW Schritten im Bereich von 100mW bis 1000mW und wiederholt die Messung für jede Leistungsstufe 5 mal.

Der Programmcode wurde in dem Quellcodeverwaltungssystem Subversion (SVN) hinterlegt und steht innerhalb des IMSAS-Netzes unter

<https://www.comnets.uni-bremen.de/svn/sfbt4> zur Verfügung. Es befindet sich im Pfad `..trunk\rfid\Vortests\Konstantin\Messung1\Java-Programm\Prog.Konstantin`.

Die Main-Funktion ist in der Java Klasse `UserInterface` zu finden.

Eine Messung läuft nach folgendem Schema ab:

Nach Einstellen der gewünschten Leistung wird ein Inventory durchgeführt, bei dem versucht wird, die EPCs aller sich im Feld befindlichen Tags zu ermitteln. Die Tags, für die der EPC ermittelt werden konnte, gelten als identifizierbar und werden mit einem zufälligen 28Byte großen Wert beschrieben. Um sicherzustellen, dass beim Schreiben keine Fehler aufgetreten sind, wird der gerade geschriebene Wert wieder ausgelesen und verglichen. Stimmen der geschriebene und gelesene Wert überein, gilt der Tag als beschreibbar.



### 3.3 Versuchsergebnisse

Im Folgenden sollen die Messergebnisse der beiden Reader präsentiert werden.

Die Tags wurden zu Gruppen bezüglich ihres Abstandes zur Vorderseite der Mineralwasserkisten zusammengefasst. Dabei beinhaltet die Gruppe **front** 8 Tags die an der Vorderseite der Kisten angebracht waren. Die Gruppe **1st row** 4 Tags die hinter der ersten Flaschenreihe angebracht waren usw. Die Auswertung erfolgt in 2 Varianten. Zunächst wird aus den 3 Verschiebungspositionen ein Mittelwert der Erkennungs- bzw. Schreibraten ermittelt. In der zweiten Variante wird aus den 3 Verschiebungspositionen jeweils der beste Wert jedes einzelnen Tags übernommen. D.h. kann ein Tag in mindestens einer der 3 Positionen erkannt bzw. beschrieben werden, gilt er als identifizierbar bzw. beschreibbar.

In den Grafiken sind die Identifikations- und Schreibraten für beide Varianten in Abhängigkeit von der Reader-Leistung aufgetragen. Die Messergebnisse und die Grafiken wurden ebenfalls im SVN unter dem Pfad

```
..trunk\rfid\Vortests\Konstantin\Messung1\Messergebnisse bzw. ..Messung1\Grafiken
```

hinterlegt. Die Matlab-Funktionen mit denen die Grafiken erzeugt wurden, sind unter dem Pfad

```
..trunk\rfid\Vortests\Konstantin\Messung1\Matlab-Funktionen
```

zu finden. Zur Bestimmung der durchschnittlichen Identifikationsraten wurde die Funktion `PlotAvar`, zur Bestimmung der besten Identifikationsraten aus 3 Positionen die Funktion `PlotBestShift` benutzt.

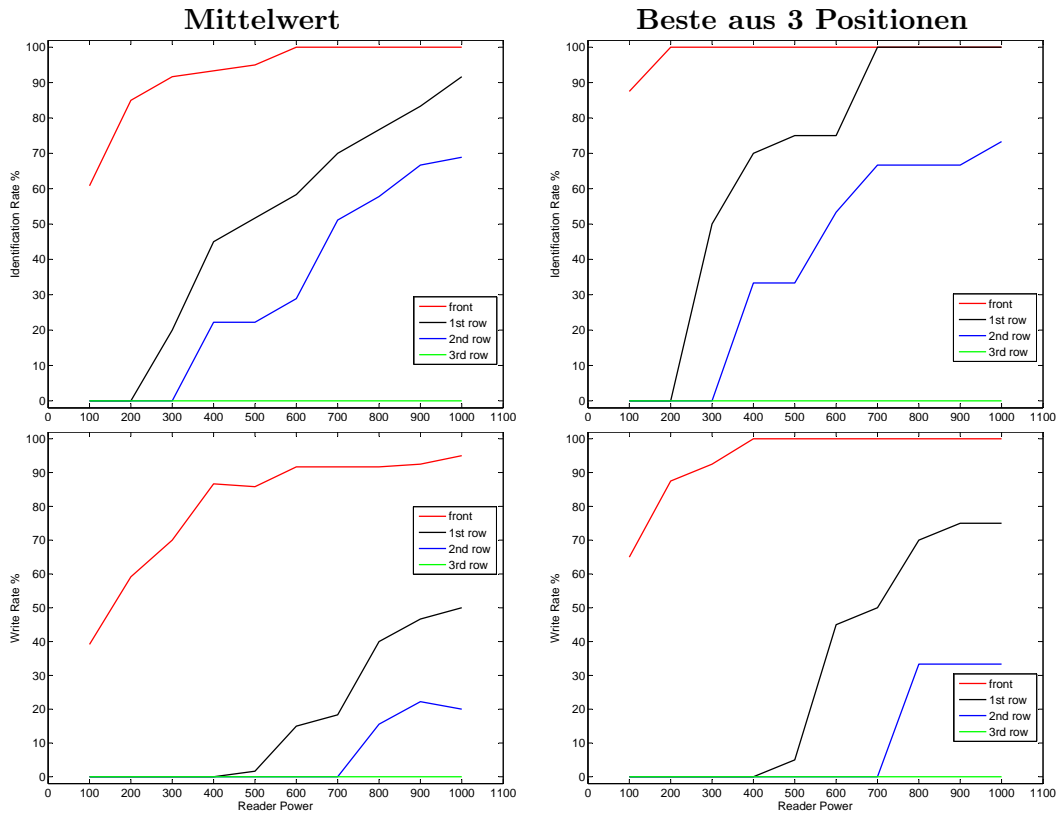


Abbildung 13: Ermittelte Feig Identifikations- und Schreibraten für einen Abstand von 50 cm

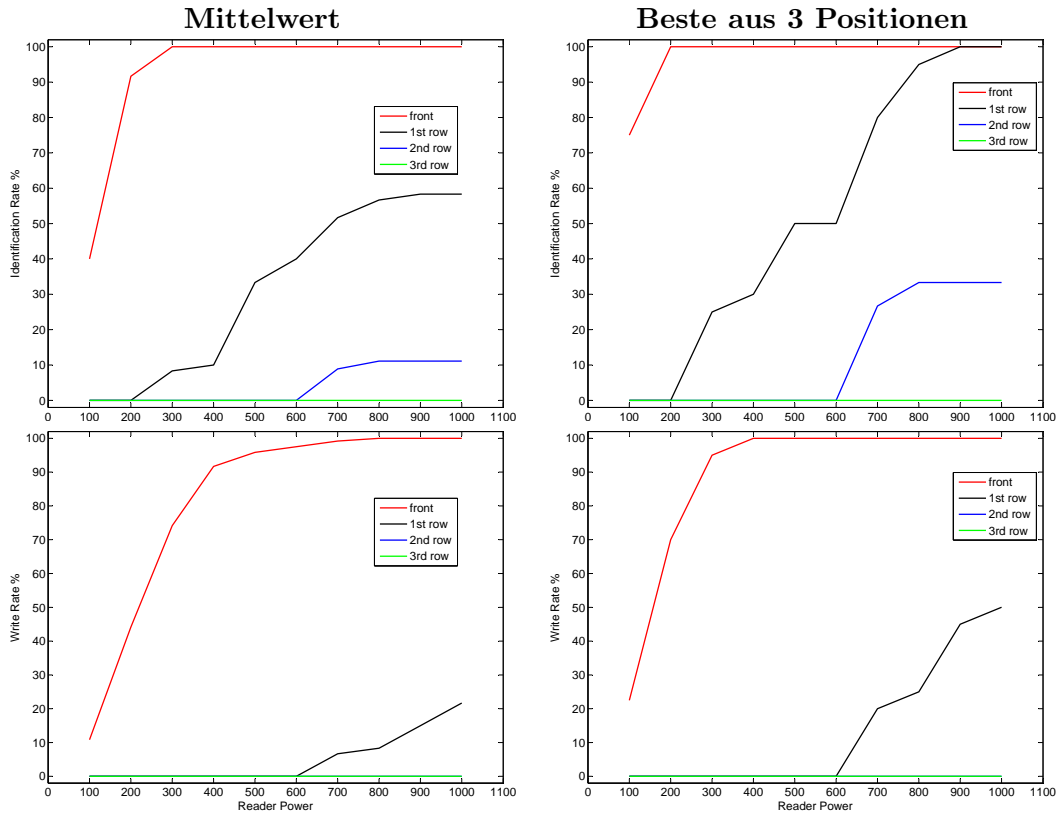


Abbildung 14: Ermittelte Feig Identifikations- und Schreibraten für einen Abstand von 100 cm

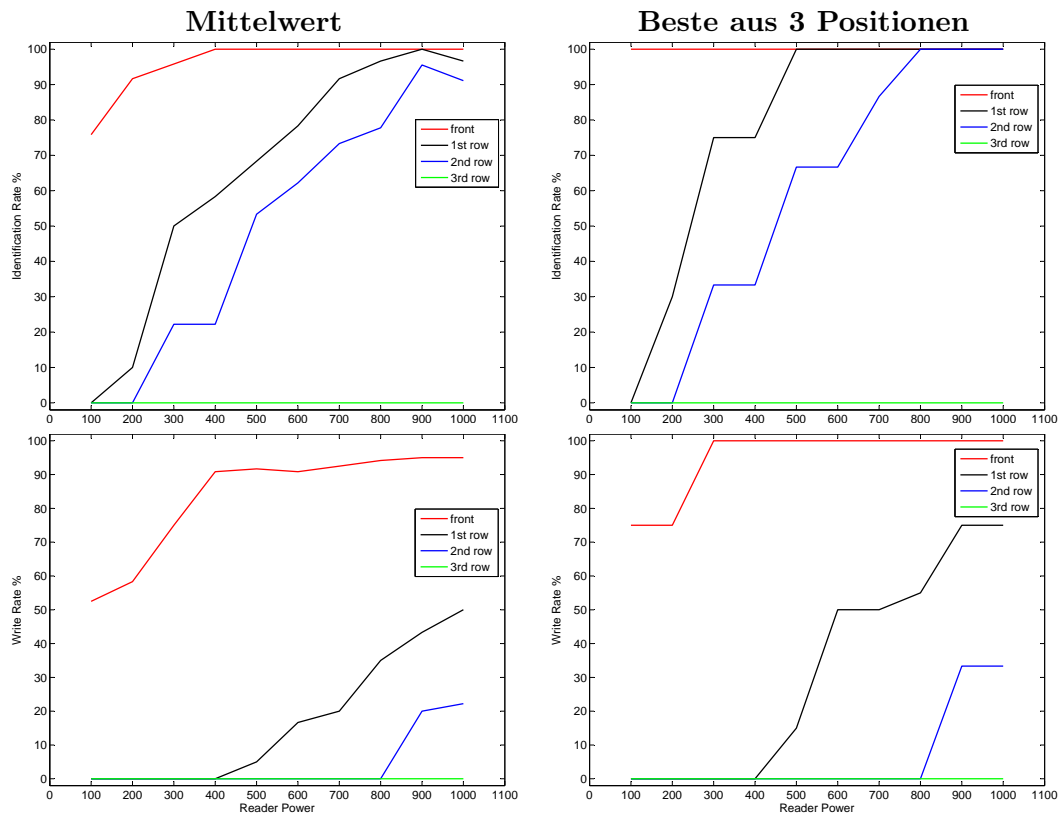


Abbildung 15: Ermittelte Sirit Identifikations- und Schreibraten für einen Abstand von 50 cm

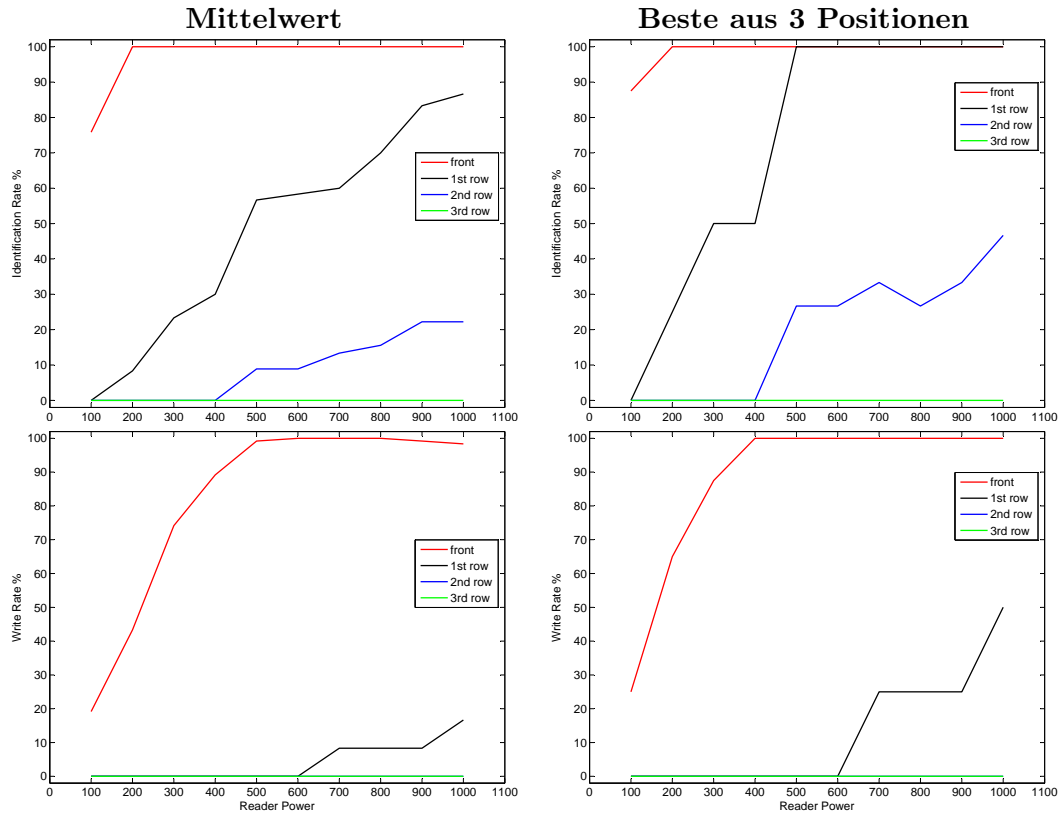


Abbildung 16: Ermittelte Sirit Identifikations- und Schreibraten für einen Abstand von 100 cm

### 3.4 Auswertung

Die Tags an der Vorderseite der Kisten können aus allen Positionen zu 100% identifiziert werden. Der Feig-Reader muss dazu bei einem Abstand von 50cm eine Leistung von min. 600mW und 300mW bei einem Abstand von 100cm abgeben. Beim Sirit-Reader ist bei einem Abstand von 50cm eine Leistung von min. 400mW und bei 100cm eine Leistung von 200mW nötig. Der scheinbare Widerspruch, dass für einen kleineren Abstand eine größere Leistung benötigt wird kommt durch die Breite der Versuchsanordnung zustande. Die 3 Kisten mit der langen Seite aneinandergereiht ergeben eine Breite von  $3 \times 30\text{cm} = 90\text{cm}$ . Kommt die Antenne der Anordnung zu nahe, befinden sich die seitlichen Tags an der Grenze des Erfassungswinkels der Antenne.

Auch das Beschreiben ist bei einem Abstand von 100cm aus allen Positionen zu 100% möglich, ab 800mW (Feig) und 600mW (Sirit). Bei 50cm Abstand wird eine 100%ige Rate durch den oben genannten Effekt nur durch das Schreiben aus verschiedenen Positionen erreicht. Dazu muss der Feig-Reader mit min. 400mW und der Sirit-Reader mit min. 300mW Ausgangsleistung betrieben werden.

Eine 100%ig sichere Identifikation der Tags hinter der ersten Flaschenreihe ist sowohl beim Feig als auch beim Sirit nur durch das Messen aus verschiedenen Positionen möglich. Dazu wird dem Feig-Reader eine Leistung von min. 700mW (50cm) und min. 900mW (100cm) abverlangt. Der Sirit muss hierfür bei einem Abstand von 100cm mit min. 500mW laufen. Eine Ausnahme tritt beim Sirit bei einem Abstand von 50cm auf. Hier können bei einer Leistung von 900mW auch aus nur einer Position alle Tags sicher identifiziert werden.

Ein sicheres Beschreiben aller Tags dieser Gruppe ist auch durch Ausnutzung mehrerer Positionen nicht mehr möglich. Beide Reader erreichen bei 50cm Abstand eine maximale Rate von ca. 75% und nur 50% bei einem Abstand von 100cm.

Die sichere Identifikation aller Tags hinter der zweiten Flaschenreihe ist lediglich mit dem Sirit bei einem Abstand von 50cm und bei Ausnutzung von mehreren Positionen möglich. Hierfür muss er eine Leistung von min. 800mW liefern. Bei 100cm Abstand ergibt sich bestenfalls eine Identifikationsrate von knapp unter 50%. Beim Feig sind es knapp über 30% bei 100cm und 75% bei einem Abstand von 50cm.

Das Beschreiben der Tags aus 100cm Entfernung ist nicht möglich. Bei 50cm Abstand werden mit beiden Lesergeräten lediglich Bestraten von knapp über 30% erzielt.

Die Identifikation oder gar das Beschreiben der Tags hinter der dritten Reihe war überhaupt nicht möglich.

In der folgenden Tabelle werden die Ergebnisse der besseren Übersicht halber zusammengefasst.

REIHE	AKTION	ABSTAND	FEIG Bestwert/Leistung	SIRIT Bestwert/Leistung
vorne	ID	50cm	<b>100%/600mW</b>	<b>100%/400mW</b>
		100cm	<b>100%/300mW</b>	<b>100%/200mW</b>
	W	50cm	100%/400mW	100%/300mW
		100cm	<b>100%/800mW</b>	<b>100%/600mW</b>
1ste Reihe	ID	50cm	100%/700mW	<b>100%/900mW</b>
		100cm	100%/900mW	100%/500mW
	W	50cm	75%	75%
		100cm	50%	50%
2te Reihe	ID	50cm	75%	100%/800mW
		100cm	30%	50%
	W	50cm	30%	30%
		100cm	0%	0%

Fett dargestellte Werte sind aus nur einer Position erreicht worden. Bei den normal gedruckten Werten handelt es sich um den Bestwert aus 3 Positionen.

#### Anmerkung

Im Nachhinein wurde festgestellt, dass beim Beschreiben der Tags zwischen den beiden Readern nicht die gleichen Testbedingungen herrschten.

Diese wurden durch die Testprogramme verursacht. Das Programm des Feig-Readers hat zuerst versucht den 28Byte großen Ausdruck in einem Schritt in den Zusatzspeicher zu schreiben. Ging das schief, wurden die 28Bytes in Blöcke aufgeteilt und das Schreiben Blockweise nacheinander durchgeführt. Aus Tests mit einem anderen Reader (SkyeTek M9) war ersichtlich, dass eine Aufteilung des Schreibens in mehrere Blöcke die Zuverlässigkeit erhöht. Das Sirit-Testprogramm hat hingegen einen Tag als unbeschreibbar eingestuft, wenn die 28Bytes nicht in einem Schritt geschrieben werden konnten. Es ist daher zu erwarten, dass die Ergebnisse der Schreibraten verbessert werden können wenn blockweise geschrieben wird.

### 3.5 Verbesserungsmöglichkeiten

Die Dämpfung des elektromagnetischen Feldes die durch das Wasser verursacht wird lässt sich grundsätzlich durch Erhöhung der Sendeleistung kompensieren. In Europa ist im UHF Band eine maximale effektive Strahlungsleistung von 2000mW erlaubt. Mit der im Versuch verwendeten Antenne mit einer Verstärkung von 6dBm war jedoch unter Berücksichtigung von Kabelverlusten etc. nur eine maximale effektive Leistung von 1072mW bei 1000mW Reader-Ausgangsleistung erreichbar, s. Tabelle auf Seite 14. Die Benutzung einer Antenne mit einer Verstärkung von 8,7dBm würde bei 1000mW Reader-Ausgangsleistung eine noch zulässige effektive Leistung von 1995mW liefern und die Identifikations- bzw. Schreiberaten verbessern.

Ein weiterer Effekt, der die Ergebnisse verschlechtert, ist die hohe Empfindlichkeit der verwendeten Tags und die daraus resultierende gegenseitige Abschirmung. Um die Problematik zu veranschaulichen, wurde mit beiden Readern der selbe Test bei 100cm Abstand ohne Tags an der Vorderseite durchgeführt.

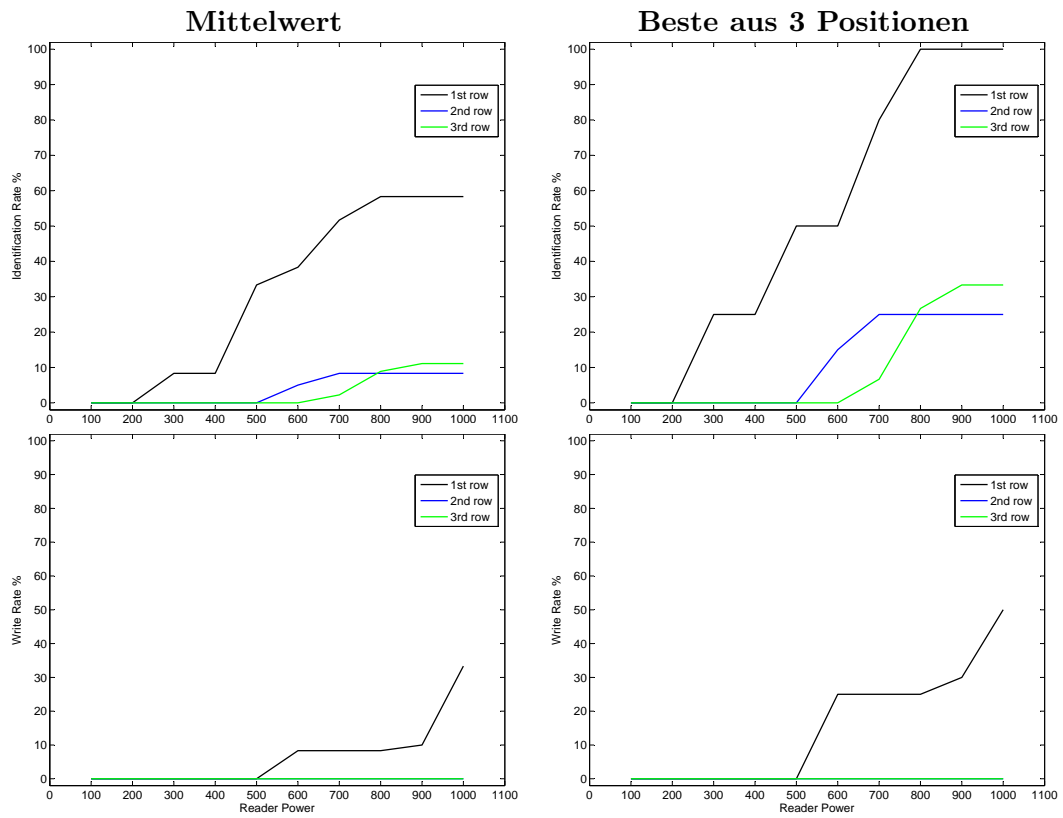


Abbildung 17: Feig Identifikations- und Schreibraten für 100cm Abstand ohne vordere Tags

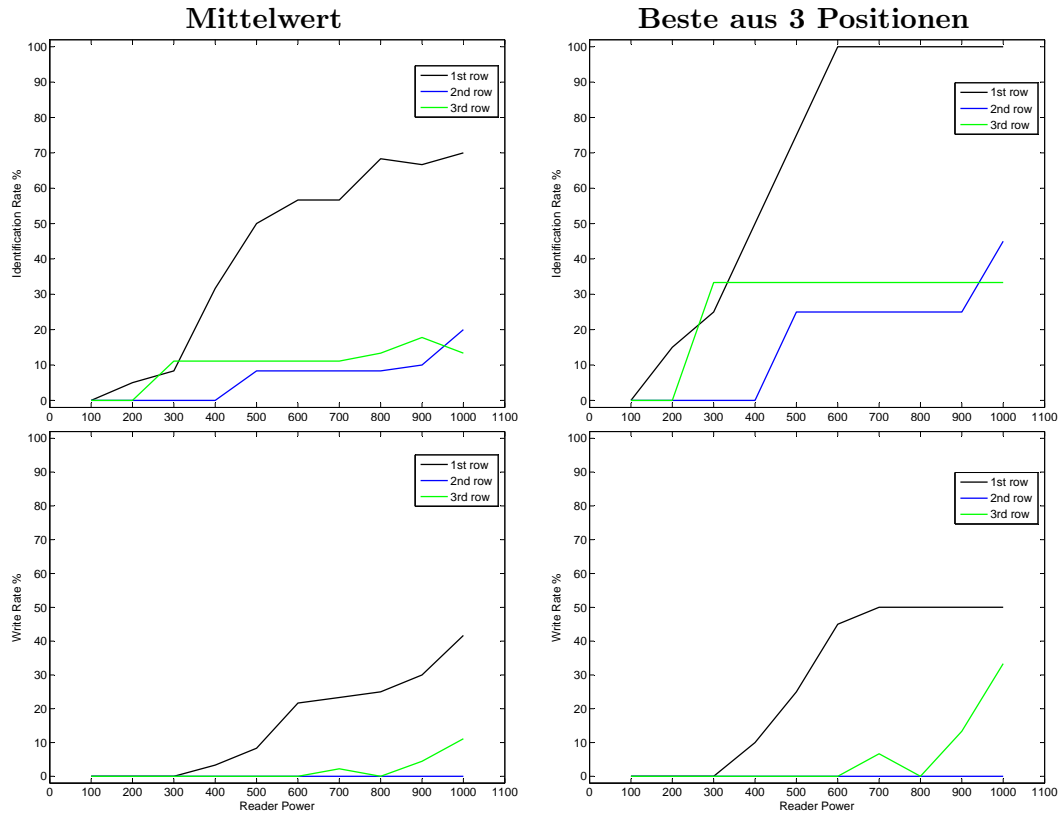


Abbildung 18: Sirit Identifikations- und Schreibraten für 100cm Abstand ohne vordere Tags

Die Ergebnisse zeigen, dass hierdurch auch die Identifikation der Tags die hinter der dritten Flaschen Reihe angebracht waren möglich wird, auch wenn die Raten nicht einen angemessenen Wert erreichen. Ebenso klappte auch das Beschreiben der Tags hinter der zweiten Flaschenreihe. Zuvor konnte bei dem gleichen Abstand kein einziger Tag in der entsprechenden Reihe identifiziert bzw. beschrieben werden.

Nimmt man nun weniger empfindliche Tags, wird zwar der Effekt der gegenseitigen Abschirmung gedämpft, jedoch verschlechtern sich die Ergebnisse insgesamt durch die geringere Empfindlichkeit. Das wird durch die folgenden Ergebnisse eines Tests mit weniger empfindlichen Tags (RAKO RFID 4x2" UHF GEN2, 102 x 51 mm), der bei 100cm Abstand mit dem Sirit-Reader einmal mit leeren und einmal mit vollen Flaschen durchgeführt wurde, sichtbar.



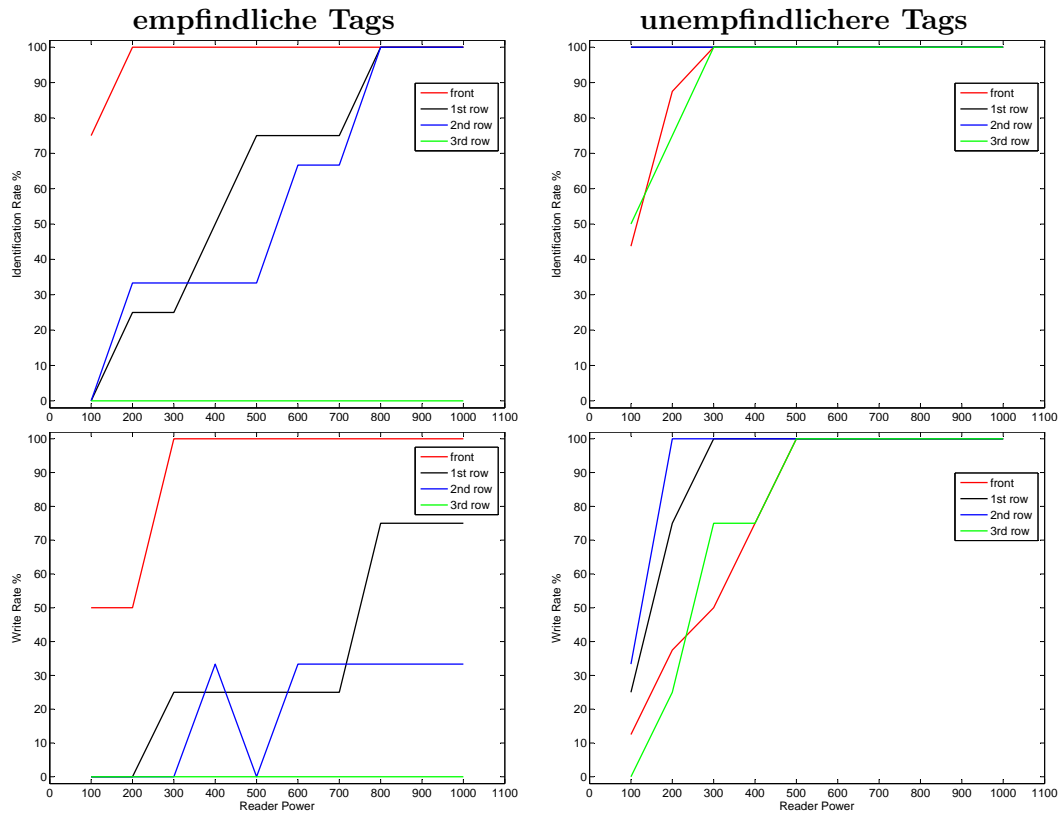


Abbildung 19: Identifikations- und Schreibraten für 100cm Abstand mit leeren Flaschen

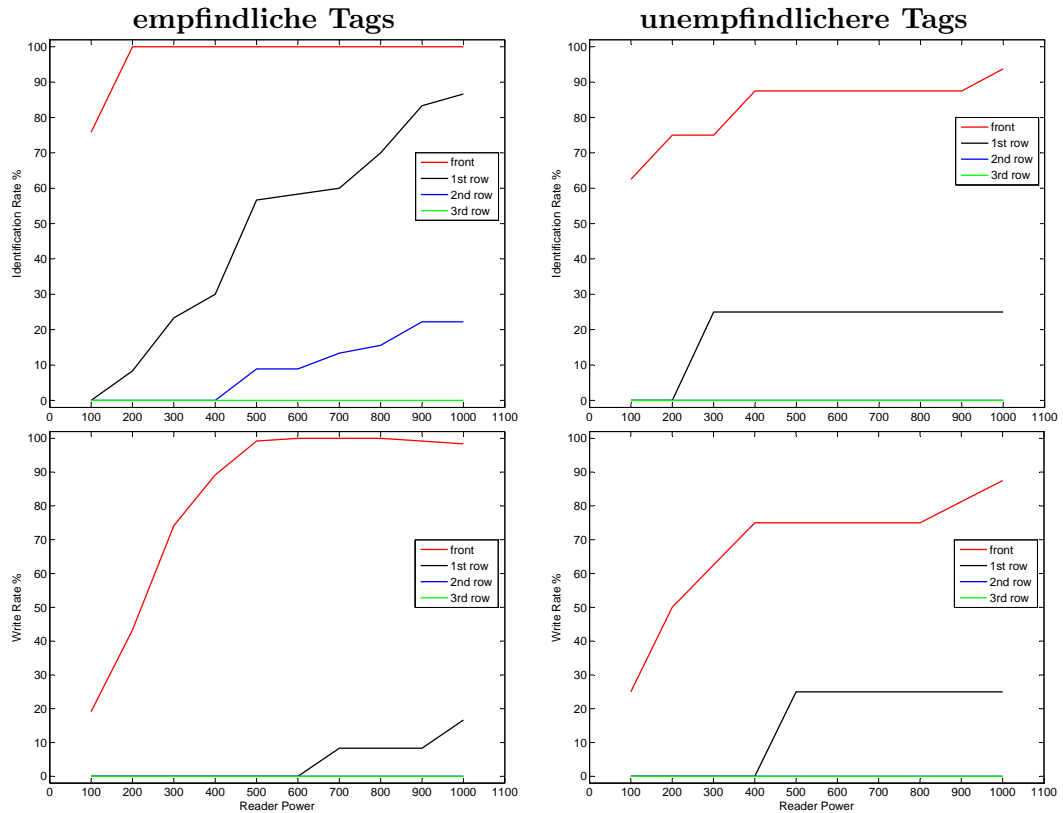


Abbildung 20: Identifikations- und Schreibraten für 100cm Abstand mit vollen Flaschen

### 3.6 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich die Aussage treffen, dass das Sirit-Läsegerät bei diesem Test geringfügig besser abschneidet als der Feig. Er erreicht insgesamt etwas bessere Identifikationsraten bzw. die gleichen Raten bei kleineren Leistungen. Die Schreibraten sind bei beiden Readern annähernd gleich, können beim Sirit-Reader durch das Anpassen der Software (blockweise Schreiben) mit hoher Wahrscheinlichkeit verbessert werden.

Zur Sicherstellung von 100%igen Identifikations- bzw. Schreibraten ist es nach Auswertung der Testergebnisse erforderlich die Tags an der Außenseite einer Ware anzubringen. Außerdem muss darauf geachtet werden, dass die Tags nicht zu dicht bei einander platziert werden um den Effekt der gegenseitigen Abschirmung zu vermeiden.

## 4 Messung 2 Dauer der Datenübertragung zur Identifikation sowie dem Lesen und Schreiben des Zusatzspeichers

Mit diesem Test soll herausgefunden werden, inwieweit sich die Abläufe und Laufzeiten bei Identifikation, dem Lesen und Beschreiben der Tags bei den betrachteten Readern Feig 2000, Sirit Infinity 510 und SkyeTek SkyeModule M9 unterscheiden.

### 4.1 Versuchsaufbau

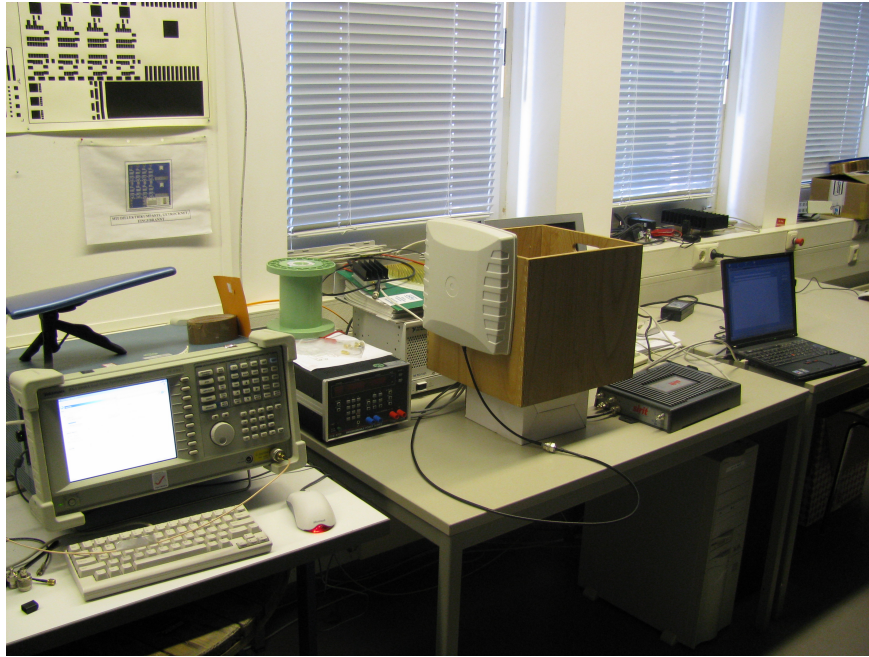


Abbildung 21: BILD SpectralAnalyzer+Antenne, Tag, Reader + Antenne, PC

Der Versuch ist wie in Abb. 21 abgebildet aufgebaut. Der Reader ist zur Ansteuerung an einen Laptop und zum Aussenden der Signale an eine Antenne angeschlossen. In naher Entfernung wird eine weitere Antenne aufgestellt die an den Spectralanalyzer angeschlossen ist und das vom Reader ausgesandte Signal, sowie die Rückantwort eines Tags empfängt. Dicht an der Antenne des Spectralanalyzers ist ein Tag aufgestellt mit dem der Reader kommunizieren soll.

Die verwendeten Komponenten sind in der folgenden Tabelle aufgelistet.

GERÄT/KOMPONENTE	HERSTELLE/VERTRIEB	BEZEICHNUNG	GRÖSSE/BESCHREIBUNG
Reader	Feig Electronic	Obid ISC.LRU 2000	Long Range UHF Reader, Firmware Version 93 (ID ISC.LRU2000)
	Sirit Inc.	INfinity 510	Long Range UHF Reader, Firmware Version 1.0.2509.20188
	SkyeTek	SkyeModule M9	Long Range UHF Reader, Firmware Version 010001DA
Reader-Antenne	Meshed Systems	GP-ANTU- PATCH25 circular	Gewinn 6 dBi, zirkular polarisiert
Tags	TagNology	NXP Ryparian Label	75mm x 75mm
Spectral Analyzer	Tektronix	RSA 3308A	Real-Time Spectrum Analyzer
Spectral Analyzer Antenne	AARONIA AG	HyperLOG 7040	Messantenne

## 4.2 Versuchsdurchführung

Für den Versuch wurden die Reader, soweit wie dies nur möglich war, mit den gleichen Einstellungen initialisiert. Die relevanten Einstellungen sind in der folgenden Tabelle verzeichnet. Fett gedruckte Einstellungen sind einstellbar normalgedruckte hingegen fest.

BEZEICHNUNG	FEIG	SIRIT	SKYE TEK	BESCHREIBUNG
Tari	<b>12,5<math>\mu</math>s</b>	12,5 $\mu$ s	25 $\mu$ s	Dauer des Bits 0 (R→T)
l <sub>length</sub>	1,5 Tari	2 Tari	1,5 Tari	Dauer des Bits 1 (R→T)
Return Link Bitrate	<b>80 kbps</b>	<b>80 kbps</b>	40 bbps	Bitrate der Tagantwort
Encoding Format	Miller M=2	FM0	FM0	Kodierungstyp
Pilot Tone	flase	true	true	Prefix der Tagantwort-Preamble
Q	<b>4</b>	<b>0/1</b>	0	Slot-Counter Startwert
Power	<b>200 mW</b>	<b>200 mW</b>	<b>200mW</b>	Ausgangsleistung des Readers

Mit der Demosoftware des jeweiligen Readers wurden die Befehle Inventory, Read-User-Memory und Write-User-Memory an den bzw. die Tags gesendet. Die Datenübertragung vom Reader zum Tag und umgekehrt wurde mit dem Frequenzanalyzer aufgezeichnet. Dieser misst die Leistung, die in einem bestimmten Frequenzbereich gesendet wird und zeichnet sie über die Zeit auf.

Gesendet wurden die folgenden Befehle:

- Mit dem Inventory-Befehl wurde ein Tag einmal in der Nähe der Reader-Antenne und einmal am Rande des Reader-Feldes identifiziert. Außerdem wurde der gleiche Test für 4 Tags bei einer Entfernung, bei der alle Tags identifiziert werden konnten, durchgeführt.
- Mit dem Read-Befehl wurde der 28Byte große Zusatzspeicher eines Tags komplett ausgelesen. Eine Ausnahme stellte allerdings der SkyTek-Reader da, bei dem das Auslesen aller 28 Bytes in einem Schritt nicht möglich war und deshalb nur 14 Bytes ausgelesen wurden.
- Mit dem Write-Befehl wurde ein 8Byte (4 Worte) großer Ausdruck in den Zusatzspeicher eines Tags geschrieben.

Jeder Befehl wurde 3 mal geschickt und mit dem Spectralanalyzer aufgezeichnet.

Anschließend wurden die Abläufe der Befehle analysiert. Dazu wurden die Spezifikationen des EPC Class1 Gen2 Protokolls herangezogen.

Die Befehle Inventory, Read und Write sind aus Kommandos aufgebaut die teilweise in den Grundlagen vorgestellt wurden und sich durch ihre zeitliche Dauer sowie dem Kontext identifizieren lassen. Dazu wurde für jedes Kommando eine theoretische Dauer unter Berücksichtigung der Reader-Einstellung ermittelt, s. Anhang A. Auf dieser Grundlage ließen sich die einzelnen Kommandos jedem in der Messgrafik enthaltenen Befehl zuordnen.

### 4.3 Versuchsergebnisse

Für jede Messreihe, bestehend aus 3 Messungen, soll nun eine repräsentativ dargestellt werden. Da die Abläufe der Befehle sich von Reader zu Reader unterscheiden und teilweise von den in den Grundlagen vorgestellten Abläufen abweichen, werden diese kurz erläutert. Außerdem wird für jeden Befehl ein Mittelwert angegeben der sich aus den 3 Messwiederholungen ergibt.

Die hier dargestellten Screenshots sind im SVN unter dem Pfad

`..trunk\rfid\Vortests\Konstantin\Messung2` hinterlegt.

### 4.3.1 Feig

#### Inventory 1 Tag

Der Inventory Befehl beginnt mit einer Power-Up-Phase in welcher der Energiespeicher des Tags aufgeladen wird. Als erstes wird das Deselect-Kommando gesendet um eventuelle, beim vorherigen Inventory selektierten Tags frei zu geben. Anschließend wird ein Query-Kommando gesendet. Da keine Tag-Antwort folgt wird mit dem QueryRepeat-Kommando der SlotCounter des Tags dekrementiert. Daraufhin antwortet der Tag mit seinem Handle. Mittels Acknowledge wird das Handle bestätigt und der Tag antwortet schließlich mit seinem EPC.

Im Anschluss folgen noch einige QueryRepeat-, QueryAdjust- und Query-Kommandos um evtl. weitere im Feld vorhandene Tags zu erfassen.

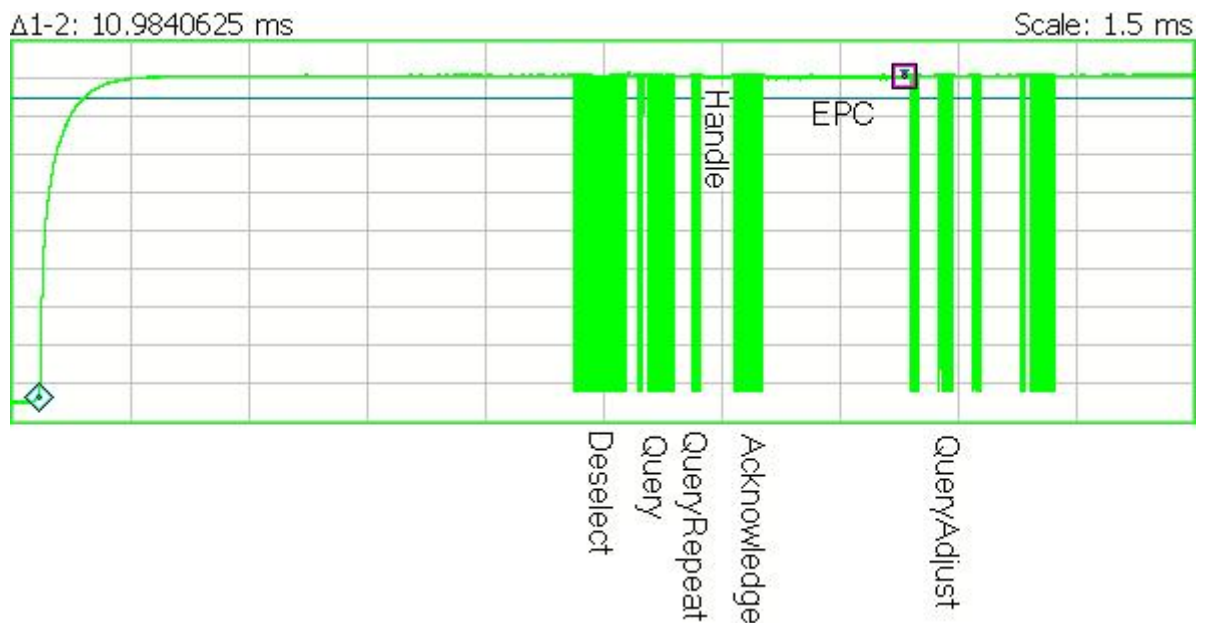


Abbildung 22: Inventory 1 Tag gut lesbar, Feig-Reader

Die durchschnittliche Dauer des Inventory-Befehls beträgt 11,261 ms.

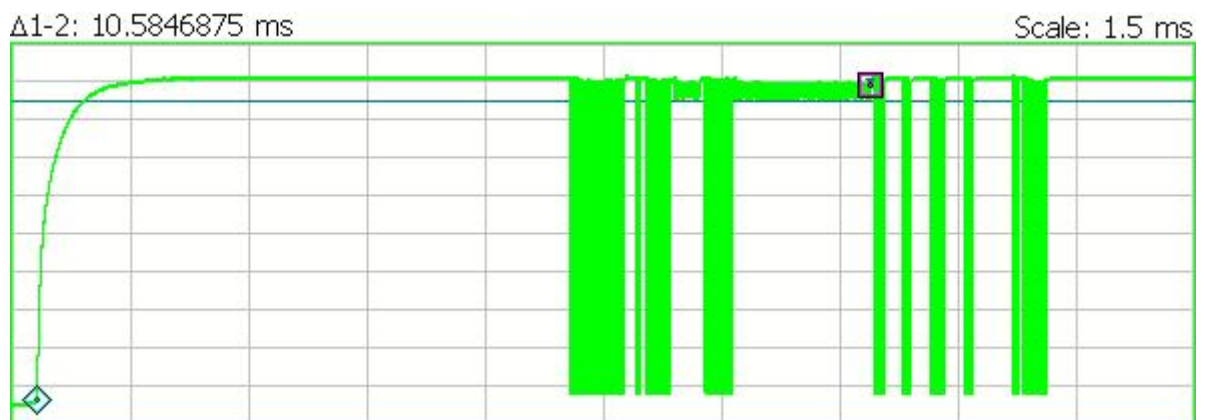


Abbildung 23: Inventory 1 Tag am Ende des Lesebereichs, Feig-Reader

Der Ablauf des Inventory ändert sich nicht wenn sich der Tag am Ende des Lesebereichs befindet. Die durchschnittliche Dauer beträgt hier 11,207 ms.





### Read-User-Memory

Das Auslesen des Zusatzspeichers wird durch das Deselect-Kommando eingeleitet. Anschließend wird mit dem Select-Kommando der gewünschte Tag durch die Übermittlung des EPCs adressiert. Nach Senden des Query-Kommandos antwortet der Tag mit seinem Handle und nach Besteätigung mittels Acknowledge mit seinem EPC. Nun wird mit dem Kommando Request\_RN ein neues Handle angefordert. Nach Erhalt des neuen Handles schickt der Reader ein Read-Kommando und bekommt als Antwort den 28 Byte großen Ausdruck des Zusatzspeichers.

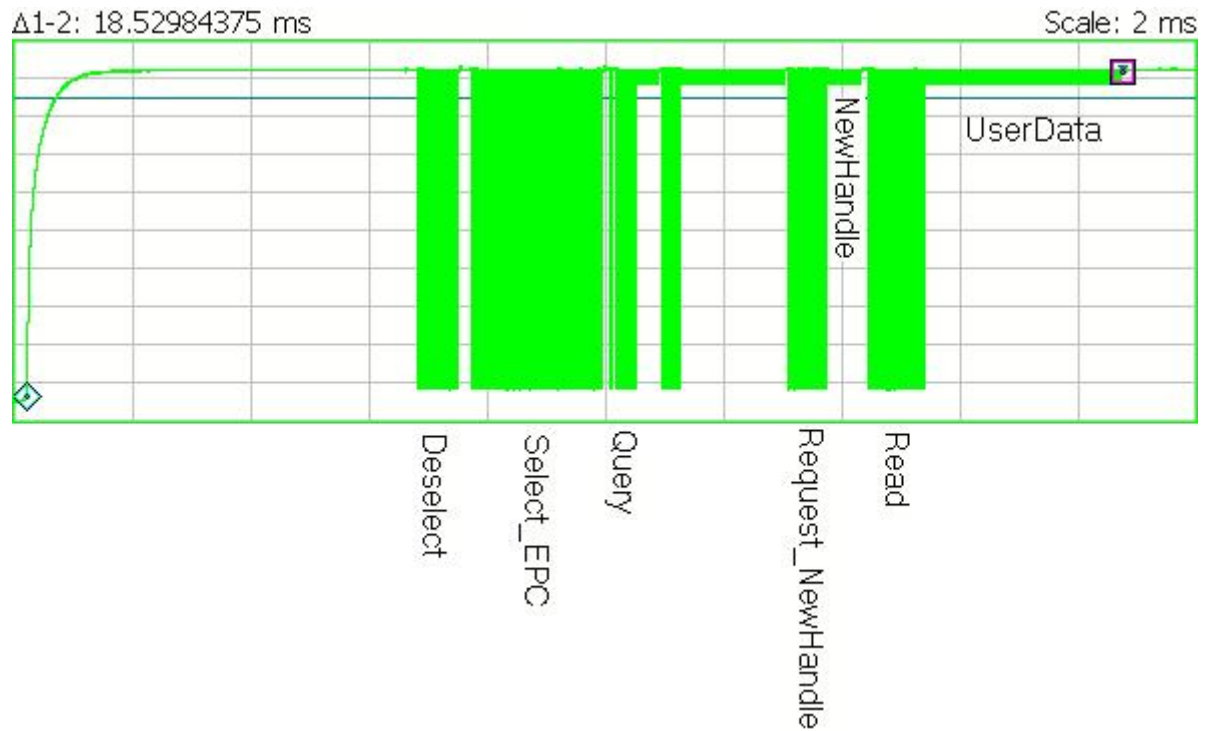


Abbildung 25: Read-User-Memory, Feig-Reader

Das Auslesen des 28 Byte großen Zusatzspeichers dauerte durchschnittlich 18,522 ms.

### Write-User-Memory

Das Beschreiben des Zusatzspeichers mit einem 4 Wort großen Ausdruck verläuft bis zur Übermittlung eines neuen Handles wie beim Auslesen. Allerdings wird hier zweimal nacheinander ein neues Handle angefordert. Anschließend wird ein Write-Kommando gesendet welches das zu schreibende Wort (2 Bytes) enthält. Zur sicheren Übertragung der Daten wird der zu übermittelnde Ausdruck mit dem zuletzt empfangenen neuen Handle XOR verknüpft. Da dem Tag sein derzeitiges Handle ebenfalls bekannt ist, kann er die ankommenden Daten entschlüsseln und abspeichern. Die Abspeicherung nimmt eine gewisse Zeit in Anspruch deshalb folgt auf das Write-Kommando eine relativ lange Pause bevor der Tag die erfolgreiche Speicherung bestätigt. Was dann folgt ist eine erneute Anforderung eines neuen Handles, Kodierung der Daten und das Kommando zum Schreiben des zweiten Worts, usw.

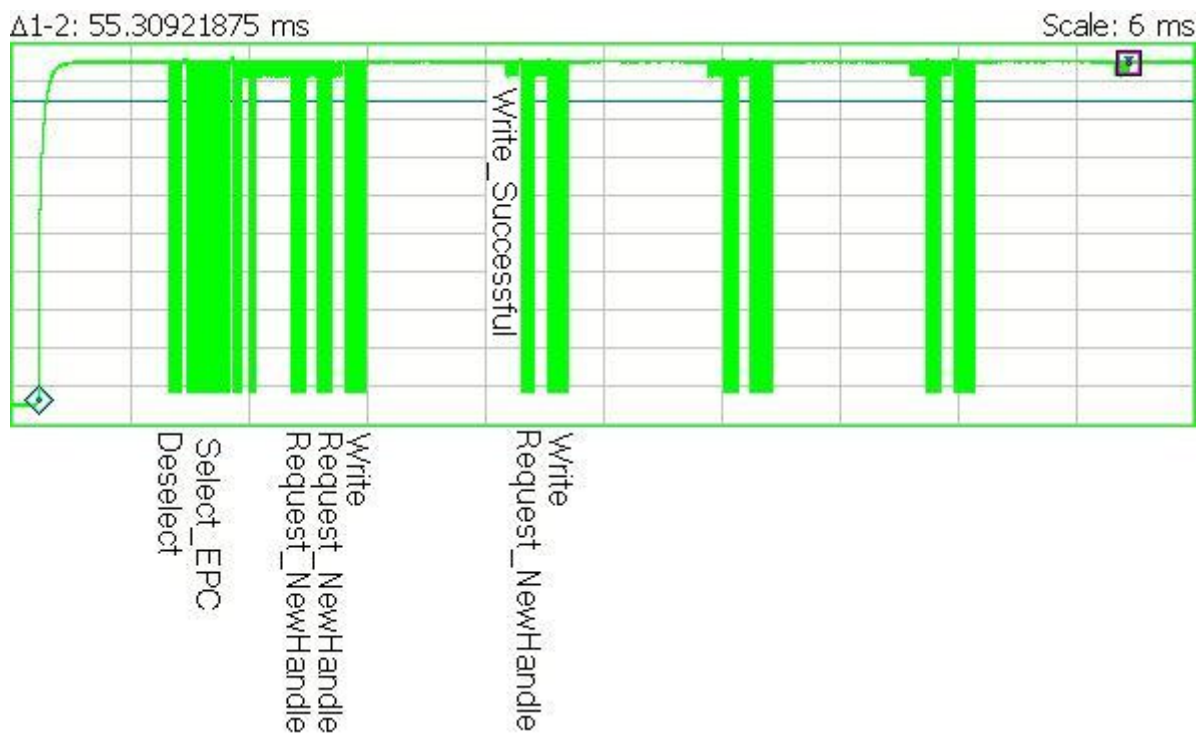


Abbildung 26: Write-User-Memory, Feig-Reader

Das Beschreiben des Zusatzspeichers mit 4 Worten (8 Bytes) dauerte im Durchschnitt 55,315 ms.

### 4.3.2 Sirit

Eine Besonderheit beim Sirit-Reader, ist die Möglichkeit, einzustellen wieviele Tags sich im Reader Feld befinden. Die Eigenschaft TagCount kann dabei die Werte 1, 1-4, 4-8, 8-16 usw. annehmen und wirkt sich auf den Startwert Q aus. Diese Möglichkeit ist bei den anderen beiden Readern nicht gegeben.

Für den Test wurde für einen Tag im Reader-Feld TagCount = 1 ( $Q = 0$ ) und für vier Tags im Reader-Feld TagCount = 1-4 ( $Q = 1$ ) eingestellt.

#### Inventory 1 Tag

Der Inventory verläuft ziemlich einsichtig. Als erstes wird das Query-Kommando gesendet. Der Tag antwortet daraufhin mit seinem Handle. Nach Bestätigung des Handles mit dem Acknowledge-Kommando übermittelt der Tag seinen EPC.



Abbildung 27: Inventory 1 Tag gut lesbar, Sirit-Reader

Die durchschnittliche Dauer des Inventory-Befehls beträgt 7,398 ms.

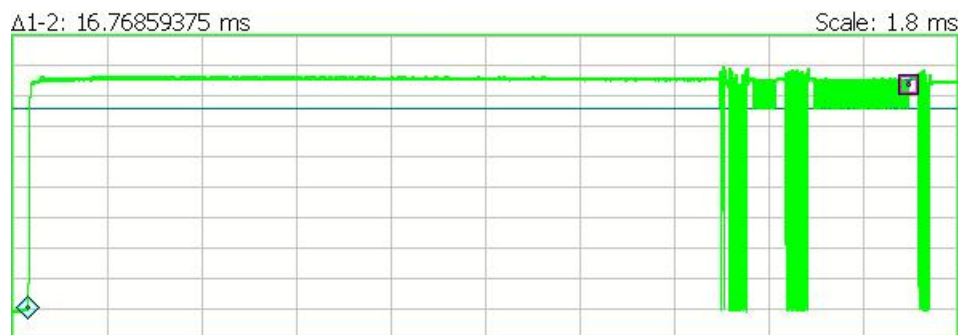


Abbildung 28: Inventory 1 Tag am Ende des Lesebereichs, Sirit-Reader

Der markante Unterschied bei der Identifikation eines Tags, welcher sich am Ende des Lesebereichs befindet, liegt in der wesentlich längeren Power-Up Phase in der der Energiespeicher des Tags geladen wird. Bisher konnte für die variable Dauer der Power-Up Phase keine Erklärung gefunden werden. Eine Nachfrage beim Hersteller hat bis zum jetzigen Zeitpunkt noch keine Klarstellung gebracht.

So ergibt sich als durchschnittliche Dauer eine Zeit von 17,122 ms.

### Inventory 4 Tags

Der Inventory für mehrere Tags im Reader-Feld läuft parallel zu dem für einen Tag ab. Wird der EPC eines Tags übermittelt, werden die SlotCounter entweder mit QueryRepeat dekrementiert, oder mit QueryAdjust neu angepasst bis der nächste Tag mit seinem Handle antwortet.

Auffällig ist, dass es bei 4 Tags im Reader-Feld offenbar Probleme mit dem Handle gibt. Gleich nach dem Query-Kommando wird ein Handle übermittelt welches jedoch nicht bestätigt wird. Dieser Effekt war auch bei den anderen Testwiederholungen beobachtbar.



Abbildung 29: Inventory 4 Tags, Sirit-Reader

Die durchschnittliche Dauer eines Inventory bei 4 Tags im Reader-Feld liegt bei 43,395 ms.

### Read-User-Memory

Mit dem Select-Kommando wird zunächst der gewünschte Tag durch die Übermittlung des EPCs adressiert. Nach Senden des Query-Kommandos antwortet der Tag mit seinem Handle und es folgt die Besteätigung mittels Acknowledge. Der Tag antwortet nun mit seinem EPC. Als nächstes wird mit dem Kommando Request\_RN ein neues Handle angefordert. Nach Erhalt des neuen Handles wird dieses nochmal bestätigt und nochmal der EPC empfangen. Anschließend wird mit dem Read-Kommando der Zugangspasswort ausgelesen. Dieser war während der gesamten Testdurchführung Null, bzw. nicht existent. Erst jetzt folgt das eigentliche Read-Kommando zum Auslesen des Zusatzspeichers und die Übermittlung des Inhalts.

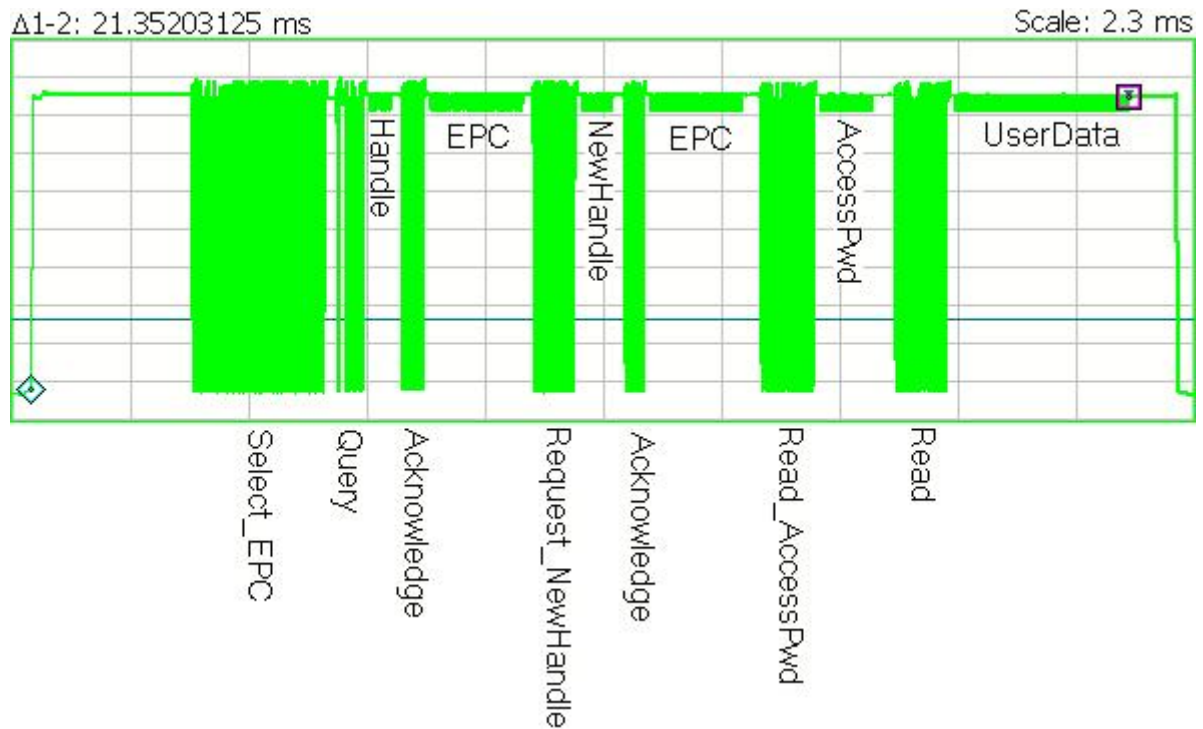


Abbildung 30: Read-User-Memory, Sirit-Reader

Das Auslesen des 28 Byte großen Zusatzspeichers dauerte durchschnittlich 21,812 ms.

Der Sirit-Reader bietet die Möglichkeit, den Zusatzspeicher direkt bei der Identifikation eines Tags auszulesen.

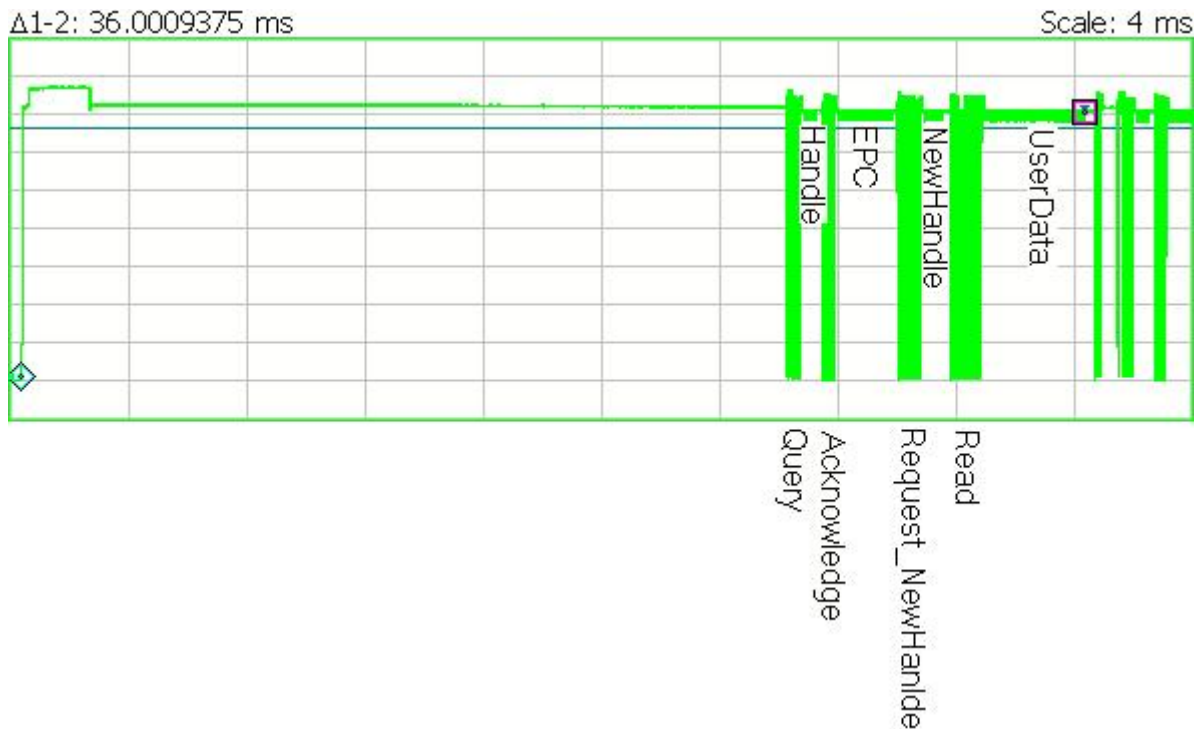


Abbildung 31: Inventory and Read-User-Memory, Sirit-Reader

Dabei wird nach Übermittlung des EPCs ein neues Handle angefordert und nach Erhalt sofort das Read-Kommando gesendet.

Die durchschnittliche Dauer des Vorgangs beträgt 36,308 ms.

Liest man den Zusatzspeicher nicht gleich bei der Identifikation aus, sondern führt zunächst ein Inventory durch und sendet anschließend die Anfrage zum Auslesen, so erhält man als durchschnittliche Dauer bei einem Tag im Feld 29,210 ms bzw. 38,934 ms, je nach dem, ob sich der Tag in der Nähe der Reader-Antenne oder am Ende des Lesebereichs befindet.

Die Tatsache, dass die Unterschiede gering sind bzw. der kombinierte Inventory- Lesebefehl sogar länger dauert als zwei separate Befehlsaufrufe, liegt an der sehr langen Dauer der Power-Up Phase des kombinierten Befehls.

### Write-User-Memory

Das Beschreiben des Zusatzspeichers mit einem 4 Wort großen Ausdruck verläuft bis zur Übermittlung des Zugangs-Passworts wie beim Auslesen. Anschließend wird ein neues Handle angefordert, das zu schreibende Wort (2 Bytes) mit diesem Handle XOR verknüpft und mit dem Write-Kommando übertragen. Danach folgt eine Pause, in der der Tag die empfangenen Daten entschlüsselt und speichert. Nach dem das erledigt ist bestätigt der Tag die erfolgreiche Speicherung. Dann wird wiederum ein neues Handle angefordert, die nächsten zu übertragenden Daten kodiert und das Kommando zum Schreiben des zweiten Worts gesendet, usw.

Zum Abschluss des Vorgangs sendet der Reader ein Read-Kommando und liest die geschriebenen Daten (4 Worte) zur Kontrolle aus.

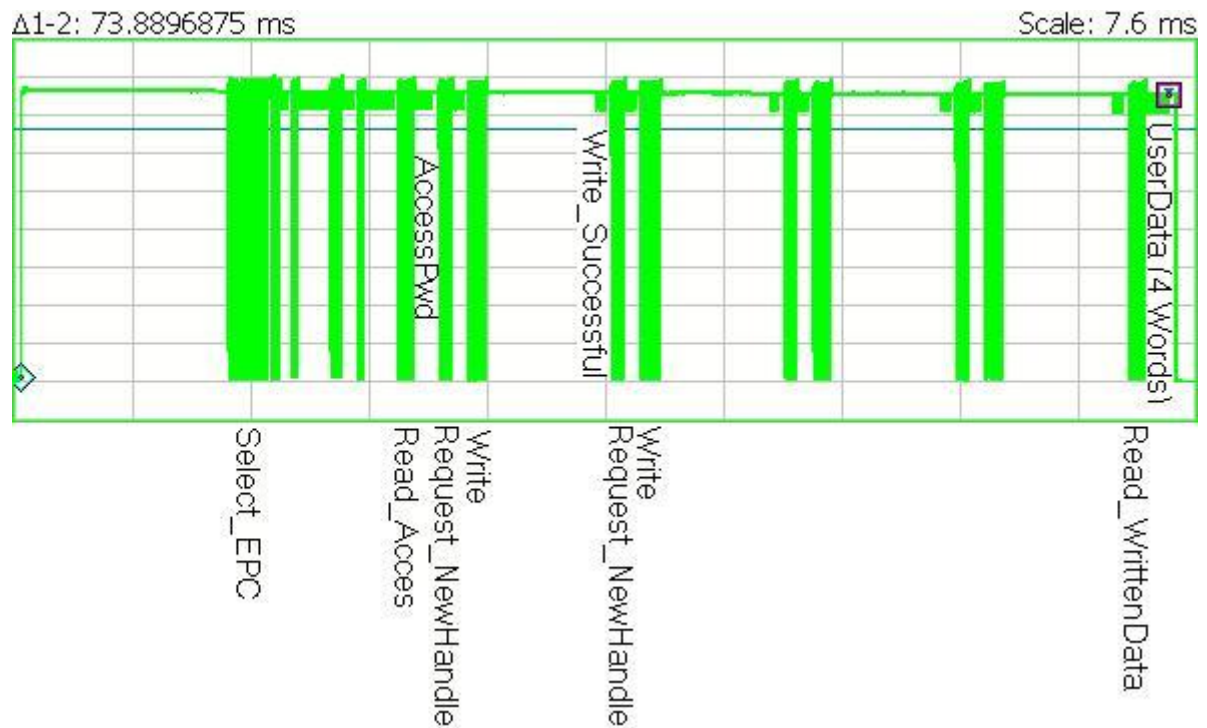


Abbildung 32: Write-User-Memory, Sirit-Reader

Das Beschreiben des Zusatzspeichers mit 4 Worten (8 Bytes) dauerte im Durchschnitt 76,104 ms.

### 4.3.3 SkyeTek

Beim SkyeTek-Reader können Tariwert, Länge des Bits Eins, Bitrate der Antwort etc. weder eingestellt werden, noch werden diese in der Dokumentation erwähnt.

#### Inventory 1 Tag

Als erstes wird das Deselect-Kommando gesendet um eventuelle, beim vorherigen Inventory selektierten Tags frei zu geben. Anschließend wird ein Query-Kommando gesendet. Daraufhin antwortet der Tag mit seinem Handle. Mittels Acknowledge wird das Handle bestätigt und der Tag antwortet schließlich mit seinem EPC.



Abbildung 33: Inventory 1 Tag gut lesbar, SkyeTek-Reader

Die durchschnittliche Dauer des Inventory-Befehls beträgt  $10,475 \text{ ms}$ .

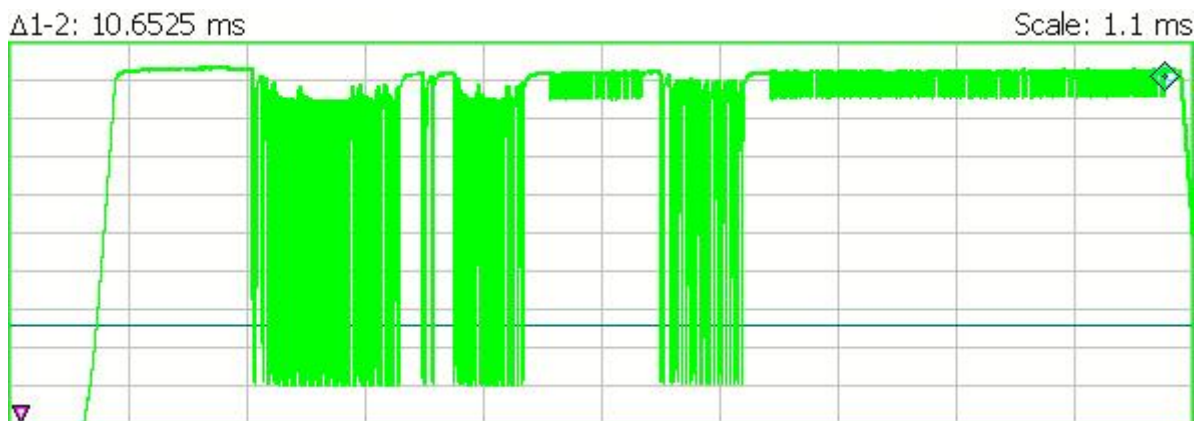


Abbildung 34: Inventory 1 Tag am Ende des Lesebereichs, SkyeTek-Reader

Der Ablauf des Inventory ändert sich nicht wenn sich der Tag am Ende des Lesebereichs befindet. Die durchschnittliche Dauer beträgt hier  $10.597 \text{ ms}$ .



### Inventory 4 Tags

Bei mehreren Tags im Reader-Feld läuft der Inventory nicht mehr so sauber ab wie bei einem. Es werden relativ viele QueryAdjust-Kommandos nacheinander gesendet, ohne dass ein Tag mit seinem Handle antwortet. Außerdem kann ein empfangenes Handle oft nicht bestätigt werden. Nach viermaligem Scheitern, das Handle zu bestätigen, schaltet der Reader sein Feld kurz aus und wieder ein, und startet eine erneute Inventory-Runde mit dem Query-Kommando. Da kein Deselect-Kommando gesendet wird, schweigen die bereits identifizierten Tags.

Das beschriebene Verhalten war immer wieder beobachtbar.

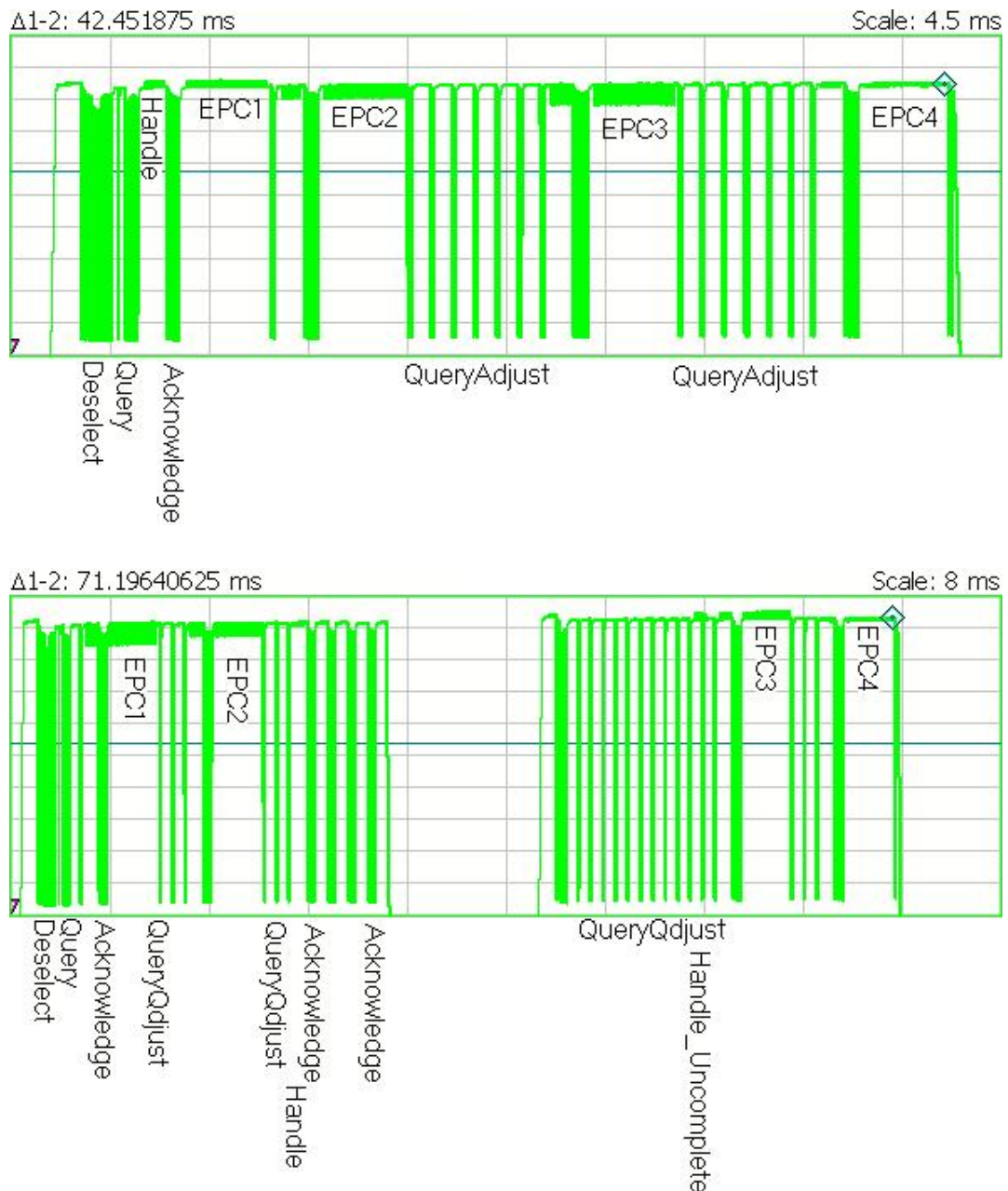


Abbildung 35: Inventory 4 Tags, SkyeTek-Reader

Die durchschnittliche Dauer einer Inventory-Runde bei 4 Tags im Reader-Feld liegt bei 88,930 ms.

### Read-User-Memory

Mit dem Select-Kommando wird der gewünschte Tag durch die Übermittlung des EPCs adressiert. Nach Senden des Query-Kommandos antwortet der Tag mit seinem Handle und nach Besteätigung mittels Acknowledge mit seinem EPC. Nun wird mit dem Kommando Request\_RN ein neues Handle angefordert und zwar zweimal nacheinander. Anschließend sendet der Reader ein Read-Kommando und bekommt als Antwort die angeforderten ersten 14 Byte (7 Worte) des Zusatzspeichers.

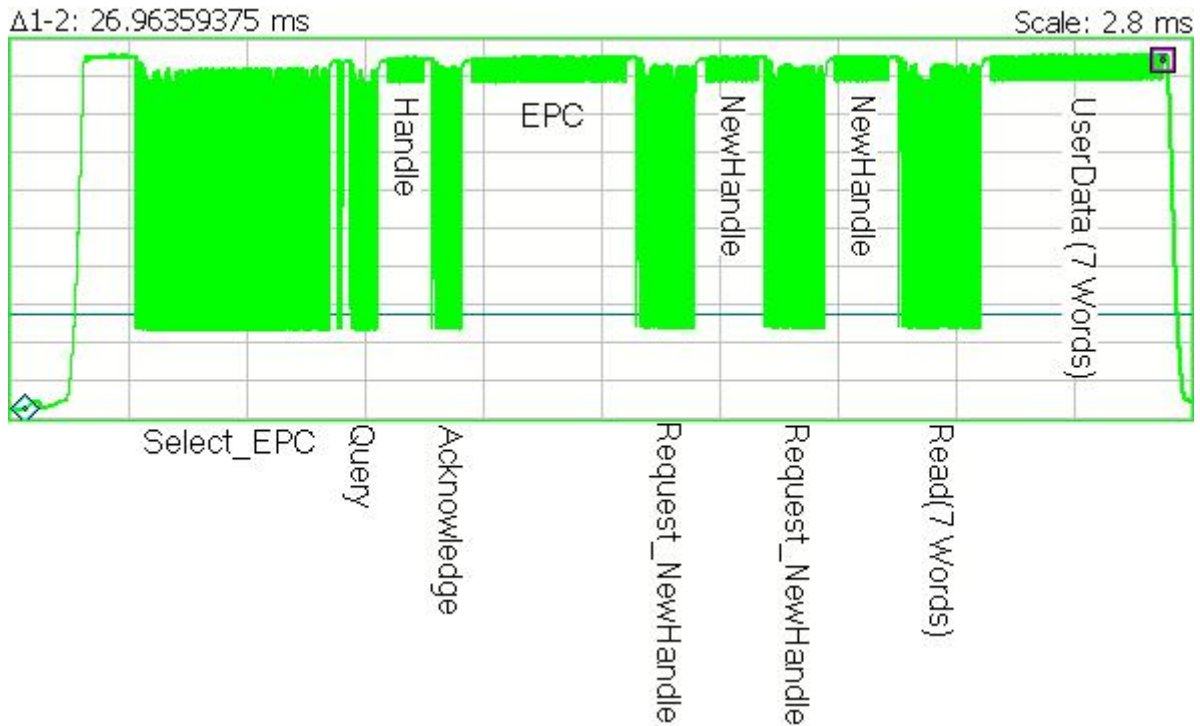


Abbildung 36: Read-User-Memory, SkyeTek-Reader

Das Auslesen von 14 Bytes aus dem Zusatzspeicher dauerte durchschnittlich 26,959 ms.

### Write-User-Memory

Das Beschreiben des Zusatzspeichers mit einem 4 Wort großen Ausdruck verläuft bis zur Übermittlung eines neuen Handles wie beim Auslesen. Anschließend wird ein Write-Kommando gesendet, welches das erste zu schreibende Wort (2 Bytes) enthält. Zur Sicherer Übertragung der Daten wird der zu übermittelnde Ausdruck mit dem zuletzt empfangenem neuen Handle XOR verknüpft. Da dem Tag sein derzeitiges Handle ebenfalls bekannt ist, kann er die ankommenden Daten entschlüsseln und abspeichern. Die Abspeicherung nimmt eine gewisse Zeit in Anspruch, deshalb folgt auf das Write-Kommando eine relativ lange Pause bevor der Tag die erfolgreiche Speicherung bestätigt. Anschließend wird wieder ein neues Handle angefordert und die gerade geschriebenen 2 Bytes zur Kontrolle ausgelesen. Nach erneuter Anforderung eines neuen Handles wird das Write-Kommando zum Schreiben des zweiten Wortes gesendet, usw.

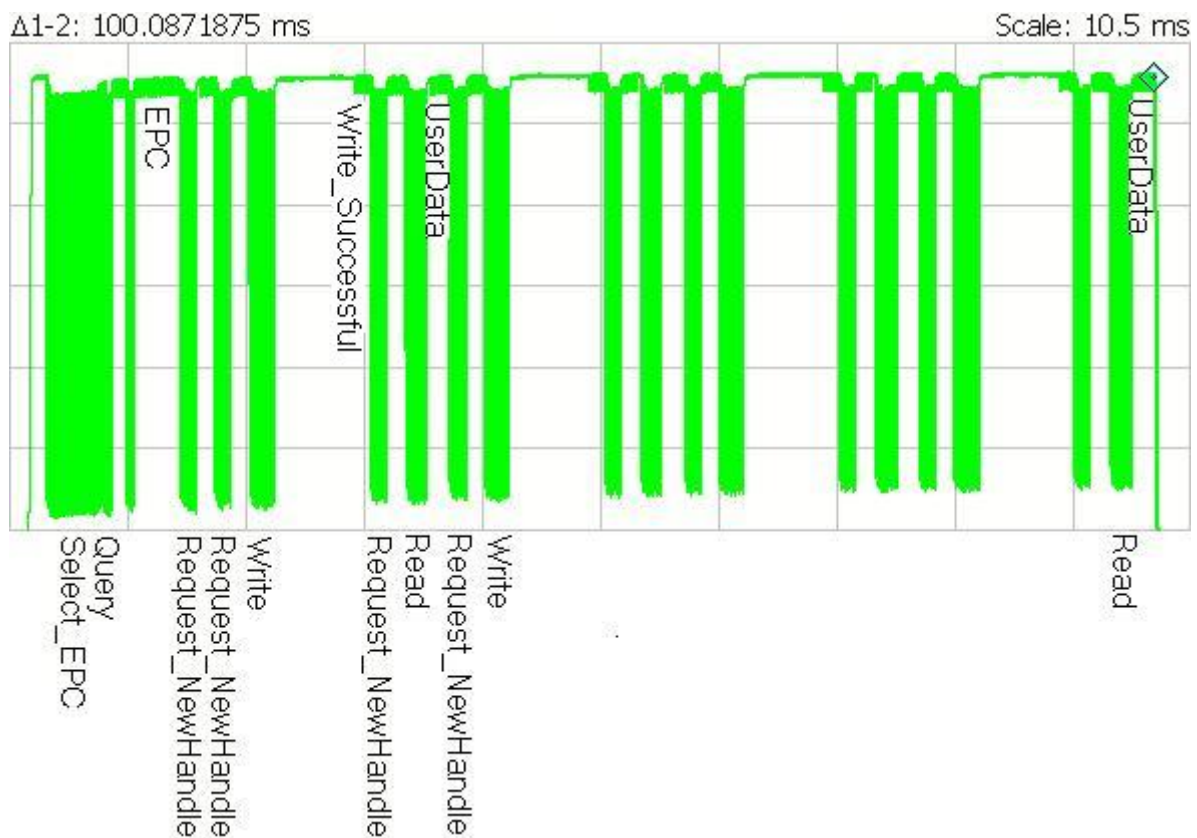


Abbildung 37: Write-User-Memory, SkyeTek-Reader

Das Beschreiben des Zusatzspeichers mit 4 Worten (8 Bytes) dauerte im Durchschnitt 100,264 ms.

## 4.4 Auswertung

Obwohl die Reader nicht mit genau den gleichen Einstellungen getestet wurden, besonders das Gerät von SkyeTek fiel mit seinen nur halb so großen Bitraten aus der Reihe, lassen sich aus den Ergebnissen einige Schlüsse ziehen.

Am auffälligsten ist die Gemeinsamkeit aller drei Reader, die bei der Identifikation von vier Tags auftritt. Alle weisen ein Problem mit dem Empfang des Tag-Handles auf. Es kam immer wieder vor, dass ein Handle empfangen wurde aber nicht bestätigt werden konnte.

Beim Feig- und SkyeTek-Reader kam noch hinzu, dass nach erfolglosem Bestätigungsversuch des Handles, ein erneutes Query-Kommando gesendet wurde. Dies trat beim Sirit-Reader nicht auf.

Eine Eigenheit des Sirit-Readers, ist die variable PowerUp-Zeit. Während sie unabhängig von den Befehlen beim Feig-Reader konstant bei ca. 6 ms und beim SkyeTek-Reader bei 1,2 ms lag, variierte sie beim Sirit-Reader zum Teil sehr stark. Beim Inventory von 4 Tags nahm die PowerUp-Phase beispielsweise mehr Zeit in Anspruch als die eigentliche Befehlsausführung.

Weiterhin unterscheiden sich die Reader durch die Implementierung des Deselect-Kommandos. Während das Kommando vom Feig-Reader für alle drei Befehle Inventory, Read- und Write-User-Memory einleitend gesendet wird, kommt es beim SkyeTek-Reader nur beim Inventory und beim Sirit-Reader überhaupt nicht vor.

Völlig unterschiedlich sind auch die Read und Write Abläufe implementiert.

Während der Feig-Reader keine Auffälligkeiten beim Auslesen des Zusatzspeichers aufweist, wird beim Sirit zwei mal der EPC übermittelt und der Zugangspasswort ausgelesen bevor das Read-Kommando gesendet wird. Der SkyeTek-Reader vordert hingegen zwei mal ein neues Handle an. Beim Schreiben fordert der Feig-Reader zweimal ein neues Handle an, sonst verläuft der Vorgang wie erwartet.

Das Sirit-Gerät fordert wie auch beim Lesen zwei mal den EPC an und liest erst das Zugangspasswort aus, bevor das erste Wort geschrieben wird. Außerdem liest es abschließend die Bytes, die geschrieben wurden, zur Kontrolle in einem Schritt wieder aus.

Auch der SkyeTek-Reader geht beim Schreiben ähnlich wie beim Lesevorgang vor und fordert zweimal ein neues Handle an. Hier wird ebenfalls durch das Auslesen kontrolliert ob die Bytes richtig geschrieben worden sind. Allerdings wird nach dem Schreiben jedes einzelnen Worts das Wort wieder ausgelesen und nicht wie beim Sirit alle Worte in einem Schritt zum Schluss.

## 4.5 Zusammenfassung

Um die wichtigsten Ergebnisse auf einen Blick darzustellen wurde die folgende Tabelle erstellt:

	FEIG	SIRIT	SKYETEK
1 TAG NAHE PowerUp-Time Durchschn. Dauer Besonderheiten	ca. 6 ms 11,261 ms QueryAdjust, QueryRepeat	ca. 3,7 ms 7,398 ms	ca. 1,2 ms 10,475 ms
1 TAG FERN PowerUp-Time Durchschn. Dauer Besonderheiten	ca. 6 ms 11,207 ms QueryAdjust, QueryRepeat	ca. 12.6 ms 17,122 ms lange PowerUp Zeit	ca 1.2 ms 10,597 ms
4 TAGS PowerUp-Time Durchschn. Dauer Besonderheiten	ca. 6 ms 20,723 ms QueryAdjust, QueryRepeat, ungültiges Handle, Query mehrfach	ca. 27 ms 43,395 ms lange PowerUp Zeit, ungültiges Handle	ca 1.2 ms 88,930 ms QueryAdjust, ungültiges Handle, Query mehrfach
READ PowerUp-Time Durchschn. Dauer Besonderheiten	ca. 6 ms 18,522 ms 2 x NewHandle	ca. 2,5 ms 21,812 ms 2 x EPC, Read_AccessPwd	ca 1.2 ms 26,959 ms 2 x NewHandle, 7 Worte
WRITE PowerUp-Time Durchschn. Dauer Besonderheiten	ca. 6 ms 55,315 ms 2 x NewHandle	ca. 12,6 ms 76,104 ms lange PowerUp Zeit, 2 x EPC, Read_AccessPwd, Read_WritenData	ca 1.2 ms 100,264 ms 2 x NewHandle, Read_WritenData

Eine Aussage darüber, welcher Reader hinsichtlich der Protokolldauer der beste ist lässt sich schwer treffen. Eher lässt sich sagen welche Effekte die Protokolldauer bei den einzelnen Readern verlängern.

Bei dem Feig-Reader ist es das Deselect-Kommando und die, verglichen mit dem SkyeTek-Reader, lange PowerUp Zeit. Aber auch die Bereitstellung von überflüssigen TimeSlots.

Das große Problem des Sirit-Readers ist die zumeist sehr große PowerUp Zeit. Wenn sie in der Größenordnung des Feig oder des SkyeTek-Readers liegen würde, hätte dieses Gerät insgesamt die Nase vorn. Was beim Sirit-Reader außerdem Zeit kostet, ist die doppelte Anforderung des EP-Cs beim Schreib- und Lesevorgang und die nicht zwingend notwendige Abfrage des Zugangspassworts. Was bei dem Gerät positiv ist, ist die Einstellung TagCount welche zur Vermeidung von unnötigen Timeslots bzw. deren Bereitstellung führt. Auch die anschließende Überprüfung beim Schreibvorgang kann zeitsparend sein, da man in den meisten Fällen sowieso hinterher die geschriebenen Bytes wieder ausliest um sicher zu gehen, dass auch die richtigen Daten geschrieben wurden. Dies kann man sich beim Sirit-Reader ersparen.

Die Schwäche des SkyeTek-Readers ist die Tatsache, dass er im Vergleich zu den anderen zwei Readern nur mit der halben Taktrate betrieben werden kann. Weiterhin stellt auch dieser unnötige Timeslots bereit sobald sich mehrere Tags im Feld befinden. Uneinsichtig ist auch der Aufbau des Schreib-Befehls. Nach jedem geschriebenen Wort wird dieser ausgelesen, anstatt das Auslesen aller Worte zum Schluss vorzunehmen. Ebenfalls ist unklar, wieso beim Schreiben und Lesen des Zusatzspeichers das Handle doppelt angefordert wird. Positiv wirkt sich hingegen die kurze PowerUp Zeit aus.

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] Technische Grenzen des Einsatzes von UHF Identifikationssystemen (RFID) im Lebensmittelbereich R. Jedermann Technical Report SFB637-B6-07-3
- [2] RFID - Handbuch von Klaus Finkenzeller Hanser Verlag
- [3] JAVA - Handbuch von Karsten Samaschke ADDISON-WESLEY Verlag
- [4] Feig Manuals
  - Getting\_started\_ID\_ISC\_LRU2000.pdf
  - SystemManual\_H60701-1e-ID-B.pdf
- [5] Sirit Manuals
  - INfinity\_510\_Users\_Guide\_v1.3.1.pdf
  - INfinity\_510\_Prot\_Ref\_Gd\_v1.4.pdf
  - INfinity\_RAPID\_Dev\_Guide\_v1.2.pdf
- [6] SkyeTek Manuals
  - SkyeTek DK User Guide\_070514.pdf
  - SkyeTek\_Protocol\_v3\_070309.pdf
  - SkyeModuleM9\_Reference\_Guide\_070716.pdf
- [7] Spectral Analyzer Manuals
  - RSA3308A\_UserManual.pdf
- [8] EPC<sup>TM</sup> Radio-Frequency Identity Protocols – Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communications at 860 MHz - 960 MHz – Version 1.1.0

## A Theoretische Bestimmung der Kommandodauer

### Kommunikation Reader → Tag

	LÄNGE (BITS)	FEIG	SIRIT	SKYETEK
Durchsch. Bitdauer		15,625 $\mu s$	18,75 $\mu s$	31,25 $\mu s$
Preamble		120,313 $\mu s$	139,375 $\mu s$	228,125 $\mu s$
FrameSync		56,250 $\mu s$	62,500 $\mu s$	100 $\mu s$
Query	22	464,063 $\mu s$	551,875 $\mu s$	915,625 $\mu s$
QueryAdjust	9	196,875 $\mu s$	231,250 $\mu s$	381,250 $\mu s$
QueryRepeat	4	118,750 $\mu s$	137,500 $\mu s$	225,000 $\mu s$
ACK	18	337,500 $\mu s$	400,000 $\mu s$	662,500 $\mu s$
Deselect	45	759,375 $\mu s$		1,506 $ms$
Select_EPC	141	2,259 $ms$	2,706 $ms$	4,506 $ms$
Req_RN	40	681,250 $\mu s$	812,500 $\mu s$	1,350 $ms$
Read	58	962,500 $\mu s$	1,150 $ms$	1,913 $ms$
Write	66	1,088 $ms$	1,300 $ms$	2,163 $ms$

### Kommunikation Tag → Reader

	LÄNGE (BITS)	FEIG	SIRIT	SKYETEK
FM0 Preamble	18		225 $\mu s$	450 $\mu s$
Miller Preamble				
Pilot Tone	22	275 $\mu s$		
No Pilot Tone	10	125 $\mu s$		
Handle	16	325 $\mu s$	425 $\mu s$	850 $\mu s$
NewHandle	32	525 $\mu s$	625 $\mu s$	1,250 $ms$
EPC (PC,EPC,CRC-16)	128	1,725 $ms$	1,825 $ms$	3,650 $ms$
UserData	257/145	3,338 $ms$	3,438 $ms$	4,075 $ms$
AccessPwd	65		1,038 $ms$	
Write_Successful	33	687,5 $\mu s$	637,5 $\mu s$	1,275 $ms$

In der Dauer sämtlicher Kommandos ist die Zeit der Preamble, durch die diese eingeleitet werden, enthalten.



## B Abbildungsübersicht

Sämtliche hier vorgestellten Abbildungen, die die Messergebnisse zeigen, stehen innerhalb des IMSAS-Netzes unter <https://www.comnets.uni-bremen.de/svn/sfbt4> zur Verfügung.

Hier soll eine Übersicht gegeben werden, wo die Abbildungen zu finden sind.

Als Quellverzeichnis dient

```
..trunk\rfid\Vortests\Konstantin
```

ABB.	ORT
13	Messung1\Grafiken\Feig\Test_mit_Vordertags\50cm
14	Messung1\Grafiken\Feig\Test_mit_Vordertags\100cm
15	Messung1\Grafiken\Sirit\Test_mit_Vordertags\50cm
16	Messung1\Grafiken\Sirit\Test_mit_Vordertags\100cm
17	Messung1\Grafiken\Feig\Test_ohne_Vordertags\100cm
18	Messung1\Grafiken\Sirit\Test_ohne_Vordertags\100cm
19	Messung1\Grafiken\Sirit\Test_Empfindlichkeit_100cm\Flaschen_Leer
20	Messung1\Grafiken\Sirit\Test_Empfindlichkeit_100cm\Flaschen_Voll
22, 23, 24	Mesung2\Feig\Inventory
25	Mesung2\Feig\Read
26	Mesung2\Feig\Write
27, 28, 29	Mesung2\Sirit\Inventory
30, 31	Mesung2\Sirit\Read
32	Mesung2\Sirit\Write
33, 34, 35	Mesung2\SkyeTek\Inventory
36	Mesung2\SkyeTek\Read
37	Mesung2\SkyeTek\Write