

BACHELORARBEIT

Entwicklung und Evaluation einer NFC-gestützten Softwareanwendung zur Erfassung und Auswertung von Kundenfeedback

vorgelegt am 27. Mai 2026

Marco Behrens

Matrikelnummer: [REDACTED]

Erstprüfer: Prof. Dr. Eike Langbehn

Zweitprüferin: Prof. Dr. Larissa Putzar

**HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFTEN HAMBURG**

Department Medientechnik

Finkenau 35

20081 Hamburg

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird eine NFC-basierte Software entwickelt, mit der Endkunden Feedback geben können. Ein Tap an den NFC-Aufsteller öffnet eine Feedback-Webseite. Mittels kurzer, spezifischer Fragen wird das Feedback erfasst. Im Dashboard werden die Antworten aufbereitet dargestellt. Die Arbeit zeigt den kompletten Ablauf NFC-Tag scannen → mobile Weboberfläche anzeigen → Feedbackerhebung → Datenpersistierung → Auswertungs-Dashboard. Der Fokus liegt auf dem Hindernisabbau im Bereich der Mensch-Computer-Interaktionen (MCI). Kein App-Download, keine lästige URL-Eingabe, keine Registrierung, klares Design und eine schnelle Bestätigung. Das Dashboard stellt die erfassten Antworten und Kennzahlen übersichtlich dar. Der Endkunde soll durch keine technischen Hürden an der Abgabe seines Feedbacks gehindert werden.

Die Evaluation erfolgt im Rahmen der Untersuchung anhand der System Usability Scale (SUS) zur Bewertung der Nutzbarkeit. Ergänzend werden QR-Codes als Vergleichsmaßstab herangezogen, um die praktischen Vorteile von NFC in Interaktionssituationen allgemein einordnen zu können. Ebenso werden Touchdisplays mit den beiden oben genannten Interaktionsmöglichkeiten verglichen und in Beziehung gesetzt. Dabei wird untersucht, welche Lösung im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit und Interaktionsqualität am geeignetsten ist.

Die Arbeit liefert (1) eine funktionierende Referenz-Implementierung (NFC-Aufsteller, Feedbackfragebogen, Web-Anwendung mit Dashboard) und (2) Gestaltungsempfehlungen für schnelle, verständliche Interaktionsabläufe, mit NFC, zwischen Endkunden und dem Befrager. (3) Des Weiteren werden Vorteile und Nachteile von NFC, QR-Interaktion und Touchdisplays (TD) zusammengefasst und aufgezeigt, wann welche Variante in welchem Moment am besten geeignet ist. (4) Es werden die technologischen Grundlagen von NFC und RFID-Systemen dargestellt, um die Funktionsweise der Interaktionsmethode nachvollziehbar zu machen. (5) Abschließend wird ein Ausblick auf NFC als Baustein zukünftiger Interaktionslösungen gegeben. Dabei wird insbesondere betrachtet, welche Einsatzmöglichkeiten und Potenziale sich für Betreiber im Einzelhandel ergeben.

Schlüsselwörter: NFC, QR, RFID-System, Touchdisplay, Kundenfeedback, Weboberfläche, Dashboard, Nutzbarkeit (SUS), kurze Interaktionen, Software, Web-Anwendung, moderne Marktanalyse

Abstract

In this thesis, an NFC-based software application is developed that enables end customers to provide feedback. A tap on the NFC stand opens a feedback webpage. The feedback is collected by means of short, specific questions. The responses are presented in a processed form in the dashboard. The thesis shows the complete process: scan NFC tag → display mobile web interface → collect feedback → persist data → evaluation dashboard. The focus lies on reducing barriers in the field of human-computer interaction (HCI). No app download, no annoying URL entry, no registration, clear design, and a quick confirmation. The dashboard presents the collected responses and key figures in a clear and structured way. The end customer should not be prevented from submitting feedback by any technical barriers.

The evaluation is carried out within the scope of the study using the System Usability Scale (SUS) to assess usability. In addition, QR codes are used as a comparative benchmark in order to classify the practical advantages of NFC in interaction situations in general. Touch displays are also compared and related to the two interaction methods mentioned above. In doing so, the study examines which solution is most suitable with regard to economic efficiency and interaction quality.

The thesis provides (1) a functioning reference implementation (NFC stand, feedback questionnaire, web application with dashboard) and (2) design recommendations for fast, understandable interaction processes using NFC between end customers and the interviewer. (3) Furthermore, the advantages and disadvantages of NFC, QR interaction, and touch displays (TD) are summarized and presented, showing when which variant is best suited in which situation. (4) The technological foundations of NFC and RFID systems are presented in order to make the functioning of the interaction method understandable. (5) Finally, an outlook is given on NFC as a building block for future interaction solutions. In particular, the possible applications and potential for operators in the retail sector are examined.

Keywords: NFC, QR, RFID system, touch display, customer feedback, web interface, dashboard, usability (SUS), short interactions, software, web application, modern market analysis

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	II
Abstract	III
Inhaltsverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	VI
Abbildungsverzeichnis	VII
1 Einleitung.....	8
1.1 Zielsetzung.....	8
1.2 Aufbau der Arbeit	10
2 Grundlagen (Interaktionsmöglichkeiten).....	12
2.1 Definition Mensch-Computer-Interaktion (MCI)	12
2.2 RFID Systeme.....	13
2.2.1 Aktive und passive Transponder	14
2.2.2 Voll und Halbduplexverfahren	16
2.2.3 Lastmodulation und induktive Kopplung	17
2.3 NFC – Funktionsweise.....	18
2.4 QR – Funktionsweise (Codierung, Scan-Pipeline, Fehlertoleranz, Sicherheit/Phishing-Risiko)	20
2.5 Eingabemethoden im Vergleich: NFC, QR-Code, Touchdisplays (Exkursion Taste, Touch.)	23
2.5.1 NFC	23
2.5.2 QR-Code.....	23
2.5.3 Touchdisplay	23
2.5.4 Anforderungen und Sicherheitsaspekte an die untersuchten Technologien	24
2.6 Bekannte Einsatzbereiche von RFID- und NFC-Systemen	25
3 Prototyp & Implementierung (Womit wird IAS gebaut?)	27
3.1 Systemfluss / Design Guidelines (NFC-Aufsteller, Web-App, Datenbank, Dashboard).....	27
3.1.1 Verwendeter Tech-Stack und Begründung der Auswahl.....	27
3.1.2 Design-Guidelines für den NFC-Aufsteller (Prototyp)	28
3.2 Implementierung der Software.....	29

3.2.1	Zentraler Einstieg und Router - tracking.php	31
3.2.2	Fragebogen für Endkunden - feedback.php.....	32
3.2.3	Das Analysedashboard - dashboard.php.....	35
4	Problemstellung & Forschungsfragen	39
4.1	Problemkontext: Kurze Alltagsinteraktionen & Vergleichskriterien.....	40
4.2	Forschungsfragen.....	41
5	Methodik, Studiendesign und Evaluation (SUS-Studie: NFC vs. QR)	43
5.1	Zielsetzung.....	43
5.2	Studiendesign.....	43
5.3	Ablaufprotokoll.....	44
5.4	Studie & Fragen	44
5.4.1	Fragen.....	45
6	Ergebnisse.....	47
6.1	Ergebnisse zu F1 / H1: Usability-Vergleich anhand der SUS	47
6.2	Ergebnisse zu F2 / H2: Wahrgenommene Nutzbarkeit im Ablauf.....	48
6.3	Ergebnisse zu F3 / H3: Wiederverwendungsabsicht.....	48
6.4	Zusammenfassende Einordnung der Ergebnisse.....	49
7	Ausblick: NFC als Baustein zukünftiger Interaktionslösungen.....	50
	Literaturverzeichnis.....	51
	Bild-Quellen.....	53
	Anhang	53
	Eigenständigkeitserklärung	54

Abkürzungsverzeichnis

MCI	Mensch-Computer-Interaktion
NFC	Near Field Communication
RFID	Radio-Frequency-Identification
HDX	Halbduplex
FDX	Vollduplex
ASK	Amplitude Shift Keying
ER	Encoding Region
FP	Function Patterns
FP	Finder Patterns
TP	Timing Patterns
AP	Alignment Patterns
KISS	Keep it simple stupid

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: RFID-Interaktionsaufsteller	9
Abbildung 2: Interaction Funnel - Interaktionsablauf im Vorbeigehen als Schaubild dargestellt.	13
Abbildung 3: Grundlegende Bestandteile eines RFID-Systems.....	14
Abbildung 4: Passive-, semi-passive-, und aktive Transponder.....	15
Abbildung 5: Voll- und Halbduplexverfahren	16
Abbildung 6: Energieversorgung des Transponders durch das Magnetische Feld, was vom Lesegerät erzeugt wird.....	17
Abbildung 7: Beispielhafte Codierung durch „Amplitude Shift Keying“ Verfahren, mit Trägeramplitude.	18
Abbildung 8: Reader Emulation im passive Mode.....	18
Abbildung 9: „Card Emulation“ im passive Mode.....	19
Abbildung 10: Klassischer QR-Code Quelle: Eigene Darstellung.....	20
Abbildung 11: Aufbau des QR-Codes.....	21
Abbildung 12: Micro QR-Code.....	22
Abbildung 13: Verschiedene Arten von 2D und 1D Codes	22
Abbildung 14: Vergleich von Interaktionstechnologien: NFC, QR und Touchdisplays.....	24
Abbildung 15: Touchpoint – passiver RFID-Transponder.....	25
Abbildung 16: Industrielle Fertigung – aktiver RFID-Transponder an Motorhaube.	26
Abbildung 17: Design Guidelines RFID-Aufsteller.....	29
Abbildung 18: tracking.php – Flowchart.....	30
Abbildung 19: feedback.php – Smartphone Ansicht.....	32
Abbildung 20: Typ = Freitext.....	33
Abbildung 21: Typ = yes/no.....	33
Abbildung 22: Typ = choice.....	33
Abbildung 23: Typ = scale	34
Abbildung 24: Typ = multichoice	34
Abbildung 25: Typ = text_multichoice	34
Abbildung 26: Typ = Cloud	35
Abbildung 27: Gesamtes Dashboard	36
Abbildung 28: Gemessene Aufrufe der letzten 30 Tage im Dashboard.....	37
Abbildung 29: Ein Aufruf weniger als zur Vergangenen Woche	38
Abbildung 30: Balkendiagramm – Auswertung Typ Cloud (Feedbackabgabe einer Person mit den drei Auswahlen: „Afterwork-Freizeitausgleich“, „Spaß und Hobby“, „Wettbewerbssport“).....	39
Abbildung 31: Ablauf-Protokoll Studie	44
Abbildung 32: Ergebnis Score SUS und Zusatzitems	49

1 Einleitung

Diese Arbeit widmet sich der Untersuchung von kurzen „beiläufigen“ Interaktionen im Vorbeigehen. Situationen, in denen Menschen nur wenige Sekunden Zeit haben, um mit einem „System“ zu interagieren. Solche Szenarien sind im Alltag häufig in Geschäften, im öffentlichen Bereich, an belebten Orten oder am Eingang eines Events zu finden. Die Arbeit vergleicht daher die im Alltag bereits weiter verbreiteten Interaktionsformen über QR-Codes und Touchdisplays mit NFC als bislang weniger verbreitete Alternative anhand einer einfachen Aufgabe, dem „Geben eines kurzen Feedbacks“.

Neben der wissenschaftlichen Arbeit steht der Praxisbezug im Vordergrund. Eine Entwicklung eines eigenen Prototyps auf Basis von NFC. Nach einem Tap mit dem Smartphone, öffnet sich auf dem Gerät eine Weboberfläche, die dem Aufrufer gezielte Fragen stellt. Die Antworten werden von meinem Programm erfasst und in einem Dashboard angezeigt. Eine Auswertung, mit einer eigenentwickelten Software, stellt die Ergebnisse aufbereitet dar. So wird nicht nur die technische Machbarkeit gezeigt, sondern auch bewertet, wie schnell und unkompliziert die Interaktion abläuft. Eine QR-Code-Interaktion und eine Touchdisplay-Lösung werden als Vergleich zum NFC-Tap als Referenz eingeordnet.

Warum ist diese Arbeit relevant?

Unternehmen wollen auf sich aufmerksam machen und niederschwellige Interaktionspunkte für die Besucher bzw. Endkunden schaffen. Sie möchten bspw. Kundenfeedback sammeln und Marktforschung betreiben, ohne den Kunden zu überfordern oder durch zu große Hürden, an einem Feedback zu hindern. Die Usability muss in ihren Prozessen überprüft sein, um so einen Reibungslosen Ablauf mit der Software zu realisieren und eine möglichst hohe Teilnahme zu erreichen. Im Bereich der Marktforschung gelingt es nämlich, erst ab einer gewissen Anzahl an gesammelten Meinungen, ein aussagekräftiges Gesamtbild über die zugrundeliegende Studie zu erhalten.

Die Arbeit liefert eine funktionierende Interaktionslösung mittels NFC-Aufsteller als Hardwarekomponente und einer „Feedback-Interaktions-Weboberfläche“ wo der Aufrufer auf eine Landingpage geleitet wird. Zusätzlich wird die Entwicklung eines Dashboards durchgeführt, welches zur Auswertung des Feedbacks als „Marktforschungstool“ genutzt wird. Eine klare Gestaltungsempfehlungen, wann NFC, QR oder Touch-Displays sinnvoll sind und wie die Interaktion so gestaltet wird, dass sie schnell, verständlich und vertrauenswürdig ist, wird ebenfalls aufgezeigt.

1.1 Zielsetzung

Im Zentrum dieser Arbeit steht, die Entwicklung und Evaluation einer NFC-gestützten Softwareanwendung zur Erfassung und Auswertung von Kundenfeedback, die zugleich als praxisnahes Instrument für Endkundenbefragungen und Marktforschungen von Betreibern eingesetzt werden kann. Die Mensch-Computer-Interaktion (MCI) wird in dieser Arbeit als theoretischer Bezugsrahmen

herangezogen, um die Gestaltung des Prototyps gezielt auf eine niedrige Interaktionshürde und eine intuitive Bedienung auszurichten.

Diese Arbeit verfolgt verschiedene Ziele, begonnen wird mit dem praktischen Teil gefolgt von dem Erkenntnisziel.

Mit dem praktischen Teil wird gezeigt, dass sich ein NFC-Tap-Ansatz mit einfachen Mitteln realisieren lässt und für den geplanten Use-Case robust und verständlich ist. Technisch wird ein klarer, reproduzierbarer Ablauf angestrebt. Ebenso wird Wert auf ein klares Design für den RFID-Aufsteller sowie eindeutige Mikro-Texte gelegt, damit der Einstieg ohne Erklärung gelingt. Inhaltlich ist der „Flow“ bewusst minimal gehalten, um in der Praxis Nutzer /Endkunden nicht zu überfordern.



Abbildung 1: RFID-Interaktionsaufsteller
Quelle: Eigene Darstellung

Mit dem Erkenntnisziel soll eine konkrete Entscheidungshilfe geliefert werden. Wann lohnt sich NFC im Vergleich zu QR oder Touchdisplays und wo eignet es sich nicht? Dazu werden einfache Gestaltungsempfehlungen für schnelle, verständliche Interaktionsflüsse formuliert und es werden Vorteile und Nachteile der verschiedenen Systemeinstiege aus Nutzer- und Betreiberperspektive analysiert. Ergänzend findet eine Beurteilung von Betrieb und Kosten statt, damit die Ergebnisse nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch aussagekräftig sind.

Bei dem praktischen Ziel soll neben der Feedback Erhebung bei dem entworfenen IAS auch die leichte Übertragbarkeit der Interaktionsmöglichkeiten auf ähnliche Szenarien wie z. B. Umfragen, Marktforschung, Studien etc. möglich sein.

Durch eine klare Formulierung von Designempfehlungen für eine reibungslose und fließende Feedbackerhebung, sowie konkrete visuelle Hinweise durch das Design des Aufstellers, wird die Erfassung des Feedbacks unterstützt. Die klare Formulierung wird durch exakte Fragen, klare Schritte

und einem roten Faden verstärkt. Als visuelle Unterstützung des Designs dient z.B. die Grafik eines NFC-Symboles auf dem Aufsteller und/oder die Platzierung eines Firmenlogos.

Im Kapitel 4.2 werden die formulierten Forschungsfragen klar und nachvollziehbar aufgestellt. In den Ergebnissen wird der Prototyp mit dem Studiendesign verknüpft und begutachtet. QR wird als zweite Interaktionsmöglichkeit und als Vergleichswert eingesetzt, um die Ergebnisse im Kontext der Interaktion aussagekräftig zu machen. Touchdisplays dienen als alternative Eingabemöglichkeit, auf die gelegentlich vergleichend Bezug genommen wird, allerdings werden Touchdisplays nicht empirisch in der Studie untersucht.

Der Beitrag dieser Arbeit besteht somit aus den Zielen: (1) einer funktionierenden Referenz-Implementierung bestehend aus NFC-Aufsteller, Weboberfläche, Auswertungs-Dashboard, (2) Kennzahlen, ob es zum Abschluss der Interaktion gekommen ist, (3) Design-Gestaltungsempfehlungen, Interaktionskonzept und Guidelines für eine reibungslose - Interaktionen, sowie (4) einer praxisnahen Einordnung der Rahmenbedingungen unterteilt in Betrieb, Kosten und Nutzen der Interaktionstechnologien. Außerdem (5) eine hohe Übertragbarkeit der Software auf ähnliche Szenarien (Umfragen/Marktforschung/Studien). Insgesamt soll die Arbeit zeigen, dass „Tap-to-Act“ mittels NFC für sehr kurze Aufgaben eine einfachere und schnellere Alternative zu herkömmlichen Interaktionsmöglichkeiten sein kann – vorausgesetzt, der Flow ist konsequent auf Klarheit und Kürze ausgelegt.

1.2 Aufbau der Arbeit

Kapitel 1 – Einleitung

Zu Beginn der Arbeit werden die Relevanz des Themas, die Zielsetzung der Untersuchung sowie der Aufbau der weiteren Arbeit dargestellt.

Kapitel 2 – Grundlagen

In diesem Kapitel werden die theoretischen und technischen Grundlagen der betrachteten Interaktionsmöglichkeiten dargestellt, um NFC, QR-Code und Touchdisplay im weiteren Verlauf der Arbeit fundiert einordnen und vergleichen zu können.

Kapitel 3 – Prototyp & Implementierung

In diesem Kapitel werden der entwickelte Prototyp sowie dessen technische Umsetzung beschrieben, wobei sowohl der Systemaufbau als auch die zentralen Designentscheidungen und Softwarekomponenten des Systems erläutert werden.

Kapitel 4 – Problemstellung & Forschungsfragen

In diesem Kapitel wird der zugrunde liegende Problemkontext kurzer Alltagsinteraktionen erläutert und in präzise Forschungsfragen überführt, die die Grundlage für die spätere Evaluation bilden.

Kapitel 5 – Methodik / Studiendesign & Nutzerstudie / Evaluation

Kapitel 5 beschreibt die methodische Vorgehensweise, das Studiendesign, den Ablauf der Evaluation sowie die eingesetzten Fragen zur Untersuchung von NFC und QR-Code im direkten Vergleich.

Kapitel 6 – Ergebnisse

Im Ergebniskapitel werden die Ergebnisse der Evaluation dargestellt und entlang der formulierten Forschungsfragen sowie der zugehörigen Hypothesen eingeordnet.

Kapitel 7 – Ausblick

Im Ausblick wird die Rolle von NFC als vielversprechende Technologie für zukünftige, schnelle und ressourcenschonende Interaktionslösungen eingeordnet.

2 Grundlagen (Interaktionsmöglichkeiten)

In diesem Kapitel wird der theoretische Rahmen der Arbeit abgesteckt. Zunächst wird eine Definition der Mensch-Computer-Interaktion (MCI) im spezifischen Kontext formuliert. Darauf aufbauend werden die zugrunde liegenden Technologien NFC und QR näher beleuchtet und technisch erläutert. Touchdisplays werden als alternative Interaktionsmöglichkeit kurz eingeordnet. Abschließend werden typische Stolpersteine der verschiedenen Technologien aufgezeigt (z. B. Positionierung bei NFC, Licht/Fokus bei QR) und einschlägige Einsatzfelder aus der Praxis skizziert, um den späteren Prototyp sachgerecht einzuordnen.

2.1 Definition Mensch-Computer-Interaktion (MCI)

In dieser Arbeit versteht sich MCI als die bewusst gestaltete Kommunikation zwischen Menschen und digitalen Systemen. Wobei sich ein Digitales System wie folgt für diese Arbeit beschreibt. Ein Digitales System ist „eine Kombination aus Hardware, Software und Dienstleistungen, mit der Benutzer interagieren, um bestimmte Ziele zu erreichen“ (*Thomas Geis & Guido Tesch, 2023, S. 14*).

Auf dieser Grundlegung ergibt sich ein klarer Zielbezug. Interaktion dient immer der bewussten Ausführung einer Aufgabe und führt im Idealfall zu einem unmittelbar wahrnehmbaren Ergebnis (*International Organization for Standardization (ISO), 2020, 3.4 Interactive System*). Die Kommunikation wird über geeignete Schnittstellen vermittelt, mit anschließender Rückantwort und Verarbeitung der Eingaben. Gestaltungselemente wie verständliche Texte, eindeutige Symbole, klare Reihenfolgen und konsistente Rückmeldungen prägen die Qualität der Interaktion wesentlich.

Für kurze Interaktionen im Vorbeigehen gelten besondere Anforderungen. Der Einstieg soll ohne Hürden gelingen, die Orientierung muss einfach und sofort möglich sein (*Müller et al., 2010, 2.1 Interaction Phases*). Gerade bei NFC-Interaktionen ist die sichtbare Kennzeichnung des Touchpoints entscheidend, da fehlendes Vorwissen die Nutzung erschweren kann (*Karpavičė et al., 2023, S. 581–582*). Die eigentliche Handlung soll wenige, klare Schritte umfassen und das System soll eine eindeutige Bestätigung des Erfolgs geben. Vertrauen entsteht durch transparente Absender- und Zielinformationen, etwa durch eine eindeutig erkennbare URL und ein stimmiges Branding (*Alrawad et al., 2023, S. 7*). Effizienz zeigt sich in kurzen Abschlusszeiten. Die Verständlichkeit wird hingegen durch die Handlung ohne zusätzliche Erklärung widerspiegelt. Die wahrgenommene Nutzbarkeit lässt sich mit etablierten Befragungsmethoden erfassen.

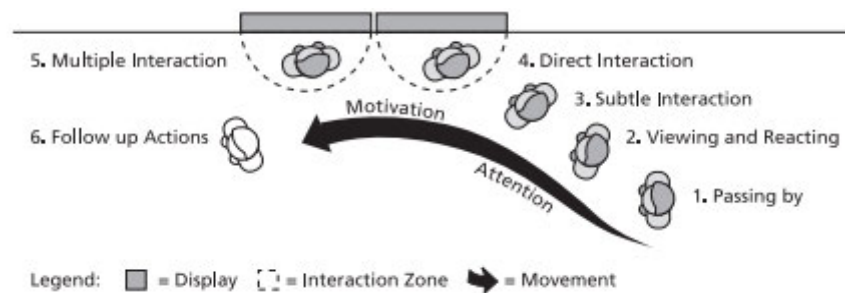


Abbildung 2: Interaction Funnel - Interaktionsablauf im Vorbeigehen als Schaubild dargestellt.
 Quelle: Screenshot: Requirements and design space for interactive public displays; Figure 1.

Eigene Definition:

MCI ist die zielgerichtete und bewusst gestaltete Kommunikation zwischen dem Menschen und einem digitalen System, die eine Absicht mit minimalem Aufwand über wenige klare Schritte in ein sichtbares, verlässliches Ergebnis überführt und dabei Effizienz, Verständlichkeit, Vertrauen und eine eindeutige Bestätigung sicherstellt.

2.2 RFID Systeme

Das hier entwickelte digitale System verwendet einen im Aufsteller integrierten RFID-Chip, der über die NFC-Technologie ausgelesen wird. Hierfür wird im Folgenden ein RFID-System genauer betrachtet, um den technischen Ablauf in dieser Arbeit zu erläutern.

Bei einem RFID-System werden die zu übertragenden Daten zwischen einem Lesegerät und einem Datenträger nicht per galvanischen Kontakt (z.B. Bank-Chipkarte oder Sim-Karte) ausgetauscht, sondern unter der Verwendung von magnetischen Feldern. Dieser Ansatz entstammt der Funk- und Radartechnik. Die Bezeichnung RFID steht daher für Radio-Frequency-Identification, zu Deutsch „Identifikation durch Radiowellen“.

Ein RFID-System besteht im Kern immer aus zwei Komponenten, dem Transponder (kontaktloser Datenträger) und dem Erfassungs- bzw. Lesegerät. Der Transponder ist in oder an einem Objekt angebracht und enthält einen Mikrochip mit Koppelement (z. B. Spule oder Mikrowellenantenne). Er ist in der Regel passiv und wird erst im Ansprechbereich des Lesegeräts durch dessen Energiequelle aktiviert. Das Lesegerät stellt ein Hochfrequenzfeld bereit, über das Energie, Takt und Daten kontaktlos übertragen werden. Der Transponder antwortet mit dem Senden seiner Daten durch das Verfahren der „Lastmodulation“ darauf wird im Folgenden noch eingegangen. Ein Lesegerät umfasst typischerweise HF-Modul (Sender/Empfänger), Steuerlogik und Antenne sowie Schnittstellen (z.B. USB, LAN und weiter serielle Anschlüsse), um die gelesenen Daten an nachgelagerte Systeme wie z.B. einen PC oder ein Backend weiterzugeben. Diese kontaktlose Energie- und Datenkopplung unterscheidet RFID von kontaktbehafteten Chipkartenlösungen und ermöglicht robuste Identifikations- und

Datenaustauschprozesse in Anwendungen wie ÖPNV-Tickets, kontaktlose Zahlung oder Logistik.
(Finkenzeller, 2015, S.9ff)

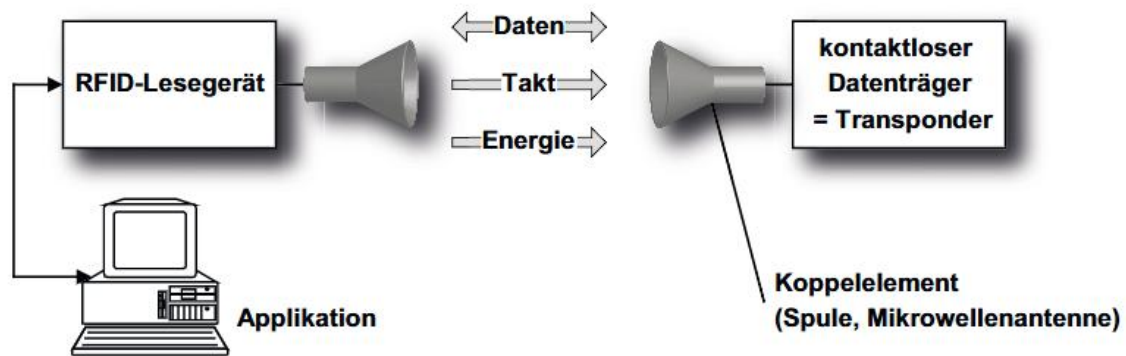


Abbildung 3: Grundlegende Bestandteile eines RFID-Systems

Quelle: RFID-Handbuch, Grundlegende Funktionsweise; 1.3 Bestandteile eines RFID-Systems

2.2.1 Aktive und passive Transponder

Wenn man sich die Transponder in einem RFID-System genauer anschaut, kann man diese in zwei Rubriken aufteilen, die aktiven und die passiven Transponder. Bei den beiden Formen liegt das Hauptaugenmerk auf der Energieversorgung.

Passive Transponder besitzen keine eigene Stromquelle. Die für ihren Betrieb notwendige Energie entnehmen sie über ihre Antenne dem magnetischen bzw. elektromagnetischen Feld des Lesegeräts. Für die Datenübertragung vom Transponder zum Lesegerät beeinflussen die passiven Transponder das Feld des Lesegeräts (z. B. durch Lastmodulation). Ebenso kann die abgestrahlte Energie vom Lesegerät hin zum Transponder auch für die Datenübertragung in diese Richtung genutzt werden, sodass ein Datenaustausch in beide Richtungen möglich ist. Befindet sich ein passiver Transponder außerhalb der Reichweite des Lesers, steht ihm keinerlei elektrische Energie zur Verfügung, er kann in dem Fall kein Signal aussenden bzw. erzeugen.

Aktive Transponder verfügen dagegen über eine eigene Energiequelle etwa eine Batterie oder eine Solarzelle. Auf diese Art versorgt der aktive Transponder seinen Chip dauerhaft mit Energie. Das Feld des Lesegeräts wird somit nicht mehr zur Energieversorgung benötigt. Dadurch kann das Lesegerät mit geringerer Feldstärke arbeiten, was sofern der Transponder die schwächeren Reader-Signale sicher detektiert, die Kommunikationsreichweite erhöht. Wichtig ist, dass auch aktive Transponder kein eigenes Hochfrequenzsendesignal für die Datenübertragung zum Lesegerät erzeugen. Stattdessen modulieren sie – genau wie passive Transponder – weiterhin das vom Lesegerät aufgebaute elektromagnetische Feld. Hierfür strahlen Sie ihr Signal in einer Amplitude durch Amplitude Shift Keying (ASK) übersetzt durch eine Trägerwelle aus. In der Literatur wird der aktive Transponder daher häufig als „semi-passiver“ Transponder bezeichnet, um zu verdeutlichen, dass die eigene

Energieversorgung, primär der Chip-Versorgung, nicht aber einer eigenständigen Funkabstrahlung dient. (Finkenzeller, 2015, S.25-26)

Die in der Literatur beschriebenen „aktiven“ bzw. „semi-passiven“ Transponder sowie Ansätze, die technisch eher als Kurzstreckenfunkgeräte (Telemetriesender bzw. short range devices) einzuordnen sind, kommen im vorliegenden Projekt nicht zum Einsatz. Stattdessen basiert das in dieser Arbeit verwendete RFID-/NFC-System auf einem passiven Transponder, der im Aufsteller integriert ist und keine eigene Stromversorgung besitzt. Der Transponder sendet somit kein eigenes hochfrequentes Feld aus, sondern wird erst durch das elektromagnetische Feld des NFC-fähigen Smartphones aktiviert und darüber ausgelesen. Für den beschriebenen Anwendungsfall ist dieser passive Ansatz besonders geeignet, da er wartungsarm, kostengünstig und ohne Batterie nutzbar ist. (Finkenzeller, 2015, S.27)

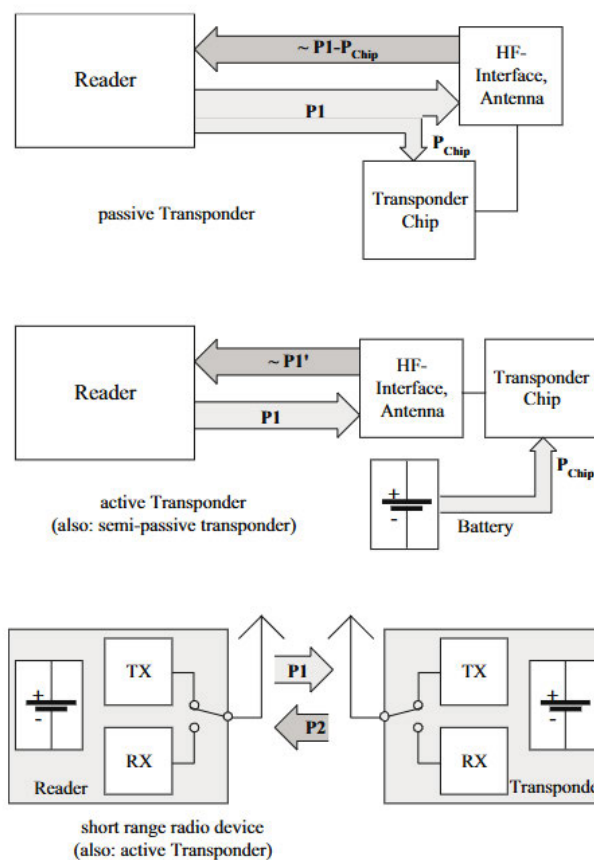


Abbildung 4: Passive-, semi-passive-, und aktive Transponder

Quelle: RFID-Handbuch, Grundlegende Funktionsweise; 2.4 Aktive und passive Transponder

Beschreibung für passiver Transponder in Abbildung 4 zur Begriffseinordnung:

P_1 steht für die vom Reader erzeugte HF-Leistung, die über das elektromagnetische Feld zur Antenne / zum Transponder gelangt. Dabei handelt es sich um die eingestrahlte bzw. verfügbare Leistung. Die zurückmodulierte Leistung im Feld ist $P_1 - P_{\text{chip}}$ die vom Transponder wieder beim Reader ankommt. P_{chip} ist dabei der Leistungsanteil, den der Chip aus dem Feld aufnimmt (für Versorgung + Schaltung), übrig bleibt also die veränderte / reflektierte Leistung, die die Information trägt. Wichtiges Prinzip: Der Transponder sendet nicht aktiv, sondern entzieht dem Feld zeitweise Leistung (P_{chip}) und

verändert dadurch die reflektierte Leistung ($P_1 - P_{\text{chip}}$). Genau diese Änderung wertet der Reader als Daten aus.

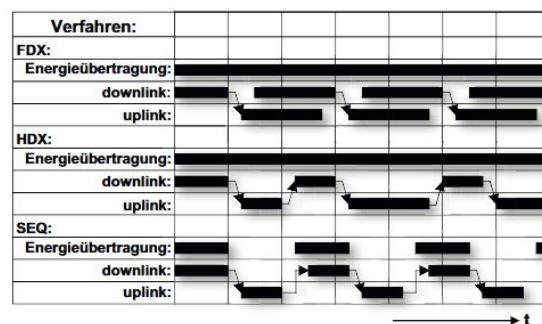
2.2.2 Voll und Halbduplexverfahren

Für das Auslesen und Beschreiben eines RFID-Chips müssen Informationen in beide Richtungen übertragen werden, vom Lesegerät zum Transponder und vom Transponder zurück zum Lesegerät. Dafür nutzt man das Voll- und das Halbduplexverfahren. Daneben existieren auch sequenzielle Systeme die in dieser Arbeit nicht weiter berücksichtigt werden.

Beim Halbduplex (HDX) erfolgt die Übertragung (Transponder zu Lesegerät = „Upload-Link“) zeitlich versetzt zur Übertragung (Lesegerät zu Transponder „Download-Link“). Durch HDX lassen sich Daten ausschließlich sequenziell austauschen.

Beim Vollduplex (FDX) laufen die Uplink- und Downlink-Übertragung gleichzeitig und sind somit parallel möglich. Hierbei werden die Daten des Transponders entweder auf Teilfrequenzen des Trägersignals des Lesegeräts übertragen oder auf gänzlich unabhängige Frequenzen gelegt. Für die Downlink-Richtung kommen unabhängig von Arbeitsfrequenz und Kopplungsverfahren die bekannten digitalen Modulationen zum Einsatz, wie ASK (Amplitude Shift Keying), FSK (Frequency Shift Keying) und PSK (Phase Shift Keying). Aufgrund der einfachen Demodulation und der damit geringeren Schaltungsaufwände im Transponder verwendet die Mehrzahl der Systeme ASK für die Übertragung zum „RFID-Chip“.

Ein zentrales gemeinsames Merkmal von Voll- und Halbduplexsystemen ist, dass die Energieübertragung vom Lesegerät zum Transponder kontinuierlich erfolgt, unabhängig von der aktuellen Datenübertragungsrichtung. Beide Verfahren beeinflussen direkt das vom Lesegerät erzeugte magnetische bzw. elektromagnetische Feld. (Finkenzeller, 2015, S.45-46)



Darstellung der zeitlichen Abläufe bei Voll-, Halbduplex- und sequentiellen Systemen. Die Datenübertragung vom Lesegerät zum Transponder wird in der Abbildung als downlink, die Datenübertragung vom Transponder zum Lesegerät als uplink bezeichnet.

Abbildung 5: Voll- und Halbduplexverfahren

Quelle: RFID-Handbuch, Grundlegende Funktionsweise; 3.2 Voll- und Halbduplexverfahren

2.2.3 Lastmodulation und induktive Kopplung

Bei induktiv gekoppelten Systemen besteht eine transformatorische Kopplung zwischen der primären Spule im Lesegerät und der sekundären Spule im Transponder. Dies gilt, solange sich der Transponder im Nahfeld der Sendeantenne befindet und er durch das magnetische Feld seine Energie für den Betrieb erhält.

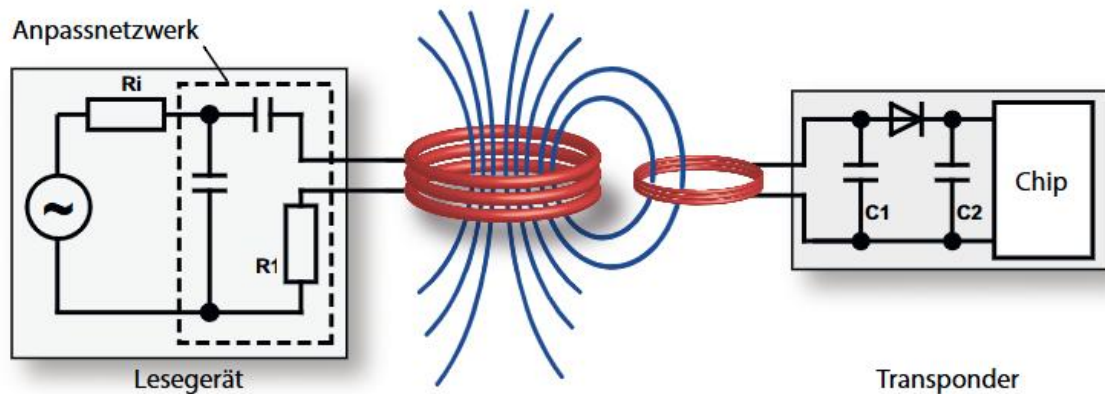


Abbildung 6: Energieversorgung des Transponders durch das Magnetische Feld, was vom Lesegerät erzeugt wird.

Quelle: RFID Handbuch, Grundlegende Funktionsweise; 3.2.1 Induktive Kopplung.

Wenn das Lesegerät Daten an den Transponder senden will, erzeugt es sein magnetisches Nahfeld und moduliert den 13,56-MHz-Träger per ASK. Die so veränderte Feldamplitude wird über die induktive Kopplung übertragen. Der Transponder demoduliert das Signal und wertet die erhaltenen Daten aus und legt diese in seinen Speicher des Chips ab.

Will man nun Daten vom Transponder zum Lesegerät senden und der Transponder befindet sich im magnetischen Wechselfeld der Antenne des Lesegerätes, so entzieht dieser dem Feld Energie. Die dadurch hervorgerufene Rückwirkung des Transponders auf die Antenne des Lesegerätes lässt sich als transformierte Impedanz (Lastenwiderstand oder Spannung) in der Antennenspule des Lesegerätes darstellen. Das Ein- und Ausschalten eines Lastwiderstands an der Transponderantenne bewirkt die Impedanz Änderung, der daraus resultierenden Spannungswechsel wird der Trägeramplitude ebenfalls mittels Amplitudenmodulation (ASK) aufgetragen. Die Daten werden als Binäre Amplitude abgebildet (s.h. Abb.7).

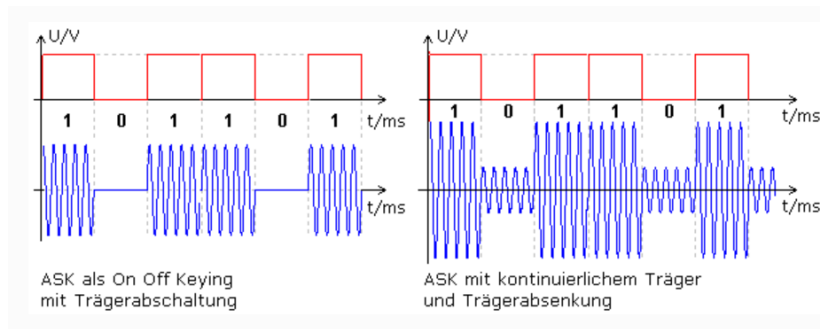


Abbildung 7: Beispielhafte Codierung durch „Amplitude Shift Keying“ Verfahren, mit Trägeramplitude.
Quelle: <https://www.elektroniktutor.de/signalkunde/ask.html>; 1 Abs.

Diese Form der Datenübertragung wird als Lastmodulation bezeichnet. (Finkenzeller, 2015, S.47ff)

Zur Rückgewinnung der Daten im Lesegerät wird die an der Leseantenne abgegriffene Spannung gleichgerichtet. Dies entspricht der sog. Demodulation. Verlässt der Transponder das Nahfeld, also den entsprechenden Wirkbereich, geht mit dem Übergang ins Fernfeld auch die induktive Kopplung zwischen Lesegerät und Transponder verloren. Eine Lastmodulation ist im Fernfeld daher nicht mehr möglich. (Finkenzeller, 2015, S.119)

2.3 NFC – Funktionsweise

Auf den ersten Blick wirkt Near Field Communication (NFC) wie eine eigenständige Funktechnik mit Ähnlichkeiten zu Bluetooth, weil sie eine drahtlose Datenschnittstelle zwischen Geräten bereitstellt. Technisch ist NFC jedoch HF-RFID-basiert. Es nutzt induktive Kopplung, Lastmodulation und die Betriebsrollen „Initiator“ und „Target“. Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal zur klassischen RFID-Nutzung ist, dass NFC nicht zwingend aus einem separaten Lese-/Schreibgerät und einem passiven Transponder bestehen muss. Stattdessen können zwei NFC-fähige Geräte direkt miteinander kommunizieren. Dabei übernimmt eines die Rolle des NFC-Initiators (startet und steuert die Kopplung), das andere die Rolle des NFC-Targets (antwortet). NFC unterscheidet dabei zwischen Active-Mode (beide Geräte erzeugen abwechselnd ein Feld) und Passive-Mode (nur der Initiator erzeugt das Feld). Da sich der Prototyp dieser Arbeit ausschließlich auf den Passive-Mode stützt, wird im Folgenden nur dieser detailliert betrachtet.

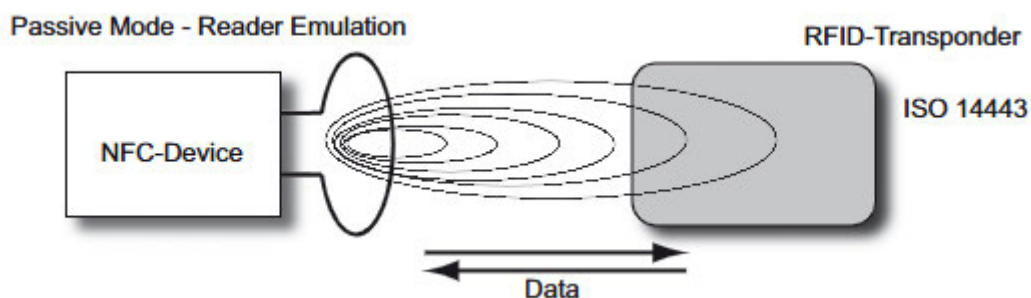


Abbildung 8: Reader Emulation im passiven Mode
Quelle: RFID Handbuch, Grundlegende Funktionsweise; 3.4. Near field communication.

Im Passive-Mode bei der sog. „Reader/Writer-Modus“ oder auch Reader Emulation genannt, erzeugt der NFC-Initiator ein magnetisches Nahfeld und überträgt Daten an das NFC-Target durch Amplitudenmodulation (ASK) des Trägers. Nach einem Datenblock bleibt das Feld eingeschaltet (unmoduliert), damit das Target antworten kann. Es schaltet seine elektrische Last im Takt der zu sendenden Bits, hierfür wird also die erwähnte Lastmodulation verwendet. So werden messbare Änderungen im Feld des Initiators erzeugt. Der Initiator demoduliert diese Änderungen aus der Amplitude und rekonstruiert die Bitfolge.

Dieses Verhalten entspricht funktional der bekannten Reader-Emulation, Downlink (Lesegerät zu Transponder) via ASK auf dem Träger, Uplink (Transponder zu Lesegerät) via Lastmodulation und ASK. (Josef Langer & Michael Roland, 2010, S.99-100)

Ein praktischer Vorteil des Passive-Mode ist die Rollenflexibilität. In vielen Implementierungen können Geräte die Rollen aushandeln und wechseln. Ein energiearmes Gerät kann z. B. gezielt die Target-Rolle übernehmen, weil das Antworten per Lastmodulation deutlich energieärmer ist als selbst ein Feld zu erzeugen. Darüber hinaus kann ein NFC-Interface in der Target-Rolle nicht nur mit einem zweiten NFC-Interface kommunizieren, sondern auch kompatible passive Transponder aus dem RFID-Universum mit Energie versorgen, lesen und je nach Berechtigung beschreiben (Reader-/Reader-Emulation-Mode). Umgekehrt kann ein NFC-Gerät in Gegenwart eines klassischen Lesegeräts selbst wie eine kontaktlose Chipkarte auftreten (Card-Emulation-Mode) und so Daten als passiver Transponder per Lastmodulation austauschen z. B. beim Bezahlen über das „Wallet“ oder für Tickets im ÖPNV. (Finkenzeller, 2015, S.75-76)

Wird ein NFC-fähiges Gerät in die Nähe eines kompatiblen RFID-Lesegeräts gebracht, kann es die Rolle des NFC-Targets übernehmen und per Lastmodulation mit dem Lesegerät kommunizieren. Aus Sicht des Lesers verhält sich das Gerät dann, wie eine kontaktlose Chipkarte man spricht vom „Card-Emulation-Mode“. In vielen Implementierungen wird dieser Modus direkt vom NFC-Chipsatz bzw. einem Secure Element gesteuert und ist damit weitgehend unabhängig von der übrigen Gerätesoftware. Daraus folgt, dass der Card-Emulation-Mode auch bei gesperrtem oder teilweise ausgeschaltetem Gerät funktionieren. Insofern das Lesegerät das Gerät induktiv mitversorgt. Für Mobiltelefone bedeutet das, dass z. B. Ticket- oder Zahlungstokens durch den Card Emulation Mode ausgelesen werden könnten. (Josef Langer & Michael Roland, 2010, S.100-101)

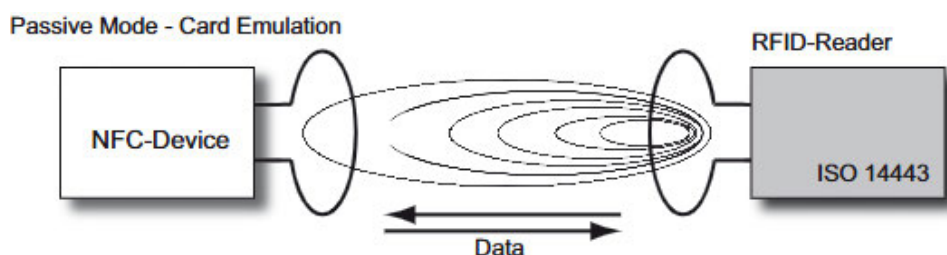


Abbildung 9: „Card Emulation“ im passive Mode

Quelle: RFID Handbuch, Grundlegende Funktionsweise; 3.4. Near field communication.

2.4 QR – Funktionsweise (Codierung, Scan-Pipeline, Fehlertoleranz, Sicherheit/Phishing-Risiko)

Ein QR-Code ist grundsätzlich ein zweidimensionaler, optischer Datenträger, der die Daten in schwarzen und weißen Modulen speichert.



Abbildung 10: Klassischer QR-Code
Quelle: Eigene Darstellung

Er gehört zur Gruppe der Matrixcodes und besteht aus weißen und schwarzen Quadraten, welche die Codierung im Binärsystem darstellen. In einem QR-Code können 4096 alphanumerische oder aber auch 7089 numerische Zeichen kodiert werden. Bei herkömmlichen Barcodes sind es nur maximal 20 Zeichen. Ein QR-Code gliedert sich in eine Datenzone (Encoding Region, ER) und in Funktionsmuster (Function Patterns, FP). Zu diesen Funktionsmustern zählen die Positionsmarken, das Zeit-/Takt-gitter, der Separator und die Ausrichtungszeichen. Sie erleichtern das Auffinden und Einlesen des Codes, während die eigentlichen Nutzdaten in der Encoding-Region abgelegt sind.

Feste Strukturmerkmale wie Finder-, Timing- und Alignment-Pattern ermöglichen das Auffinden, Ausrichten und Entzerren im Kamerabild. Auffällig an QR-Codes sind die Ecken, wo in 3 Ecken des Codes jeweils ein Finder Pattern sitzt. Das Finderpattern hat die Aufgabe die Hauptposition zu markieren. Der Separator ist die weiße Linie die, Horizontal und Vertikal, den Datenbereich der Hauptmarkierungen (Finder Patterns, FP) abtrennt. Die gestrichelte Linie ist ebenfalls vertikal und horizontal, sie dient als Zeitraster (Timing Pattern, TP). Das hat zur Folge das, die Anordnung die zentrale Koordinate jeder Zelle im QR-Code identifiziert und so mittels deren Position der Synchronisation dient. Die Ausrichtungsmuster (Alignment Patterns, AP) dienen dazu Verzerrungen beim Einscannen der QR-Codes auszugleichen. Die Anzahl der AP hängt von der Version des Codes ab. Es existieren Fehlerkorrektur-Stufen, die je nach Bedarf, Datenkapazität gegen Robustheit abwägen. Für die zuverlässige Erkennung ist eine „Quiet Zone“ (meist vier Modulbreiten freier Rand) erforderlich. (Uitz & Harnisch, 2012, S. 340-341).

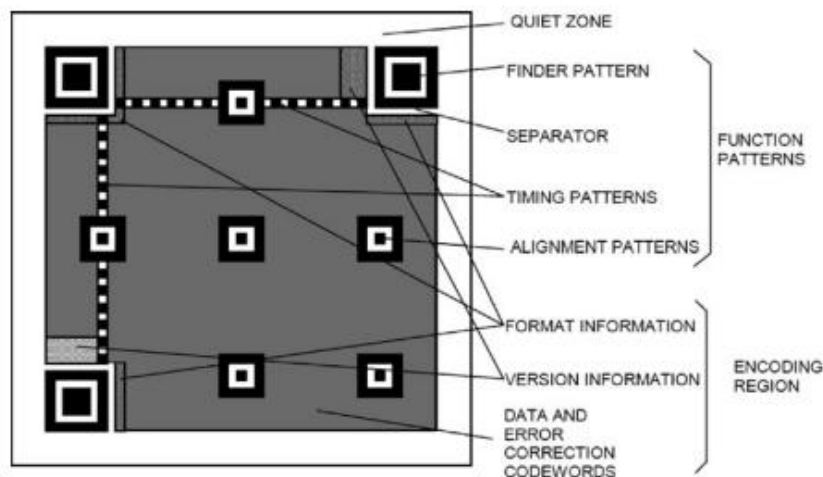


Abbildung 11: Aufbau des QR-Codes

Quelle: Screenshot aus Informatik-Spektrum Artikel: Der QR-Code - aktuelle Entwicklungen und Anwendungsbereiche; Abb 3.

Der Ablauf vom Bild zur Aktion folgt einer einfachen Pipeline. Die Kamera erfasst ein Bild bzw. Videoframes, die Software führt Vorverarbeitungsschritte wie Graustufen, Binarisierung und Kontrastanhebung durch, lokalisiert anhand der Finder-Pattern den Code, korrigiert Perspektive und Verzerrung mittels Alignment Pattern, liest die Module aus und rekonstruiert die Nutzdaten unter Anwendung der Fehlerkorrektur. Typischer Nutzinhalt ist eine URL/URI, nach der Erkennung wird dem Nutzer eine Vorschau oder ein Bestätigungsdialog angeboten, der zur Zielseite führt. Die Erkennungsqualität hängt dabei von Licht, Kontrast, Größe/Abstand, Schärfe/Bewegung und einer sauberen Quiet Zone ab. Ausreichende physische Code-Größe, in Relation zur typischen Scandistanz, sowie eine helle, reflexarme Präsentation sind in der Praxis besonders wichtig für die Funktionsfähigkeit.

Die Fehlertoleranz erlaubt das Lesen trotz Verschmutzung oder Teilabdeckung. Je höher der Fehlerkorrektur-Level, desto stärker die Robustheit. Als Folge der Robustheit wird die zur Verfügung stehende Nutzdatenmenge reduziert. Branding-Elemente wie ein Firmenlogo im Code sind möglich, solange kritische Muster respektiert und die Grenzen der gewählten Fehlerkorrektur eingehalten werden. Sicherheitsseitig liegt das Hauptrisiko in der Umleitung auf unerwünschte oder manipulierte Ziele (Phishing, überklebte Codes etc.). Wirksam sind klare Absender- und Zieltransparenz (erkennbare Domain, HTTPS, kurze Vorschautext wie z.B. „führt zu: ...“), stabile Links ohne kryptische Ketten von Weiterleitungen, sowie physische Schutzmaßnahmen vor Ort wie Laminierung, Rahmen und Beleuchtung.

Praxisrelevant ist außerdem die Unterscheidung zwischen „statischen“ QR-Codes (fester Direktlink) und „dynamischen“ Varianten mit nachträglich änderbarem Redirect-Ziel. Der Vorteil dynamischer QR-Codes besteht darin, dass der ursprüngliche Code nicht neu gedruckt werden muss – das Ziel kann nachträglich über die Weiterleitung geändert werden in dem man sich bei einem entsprechenden

Dienstleister (meistens dort, wo man den QR-Code generiert hat) anmeldet und die neue Ziel URL angibt. So kann der Code nahtlos weiter benutzt werden.

Neben dem Standard-QR existieren Micro-QR für sehr kleine Flächen sowie herstellerspezifische Erweiterungen (z. B. Frame-QR/iQR).

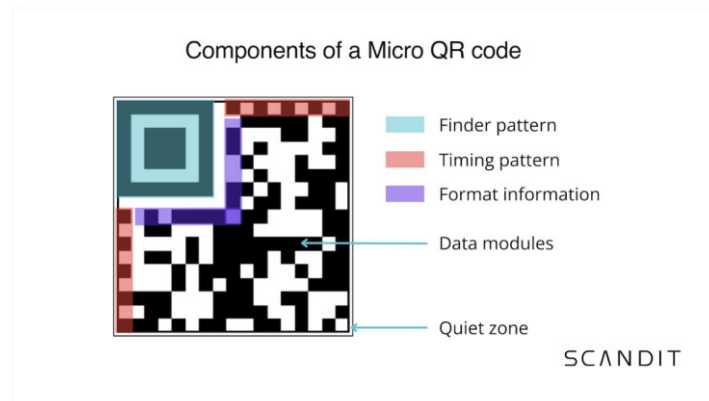


Abbildung 12: Micro QR-Code

Quelle: <https://www.scandit.com/products/barcode-scanning/symbologies/micro-qr-code/>; Abs. How a Micro QR Code works.

Als weitere Möglichkeiten bieten sich diverse 2D-Codes an bspw. die 2D-Data Matrix (kompakt, stark in Industrie/Medizin) oder der Aztec QR-Code. Der Aztec QR-Code wird häufig im Ticketing für Fahrkarten verwendet. Ebenso bieten sich klassische 1D-Barcodes wie z. B. der EAN im Einzelhandel an. Insgesamt eignet sich der QR-Einstieg besonders für mittellange Distanzen, unter der Voraussetzung guter Sichtbedingungen und ausreichender Größe. (ISO/IEC 18004:2024(en), 2024, Introduction)

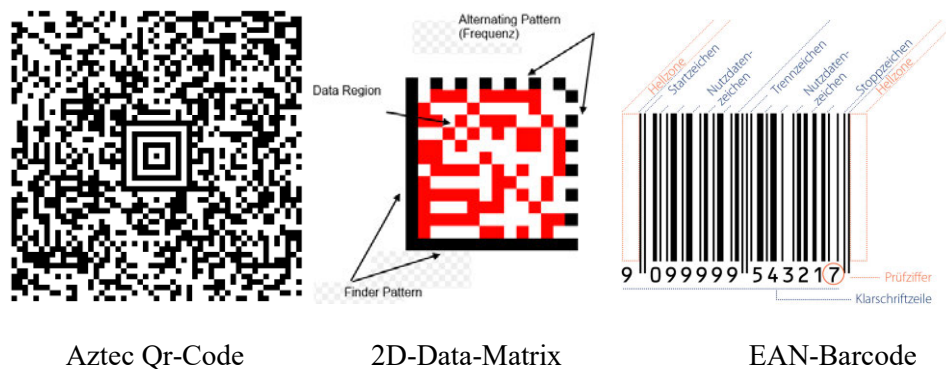


Abbildung 13: Verschiedene Arten von 2D und 1D Codes

Bild-Quellen: Wikipedia Beiträge; s.h Bild-Quellenverzeichnis („Atec Code“, „2D-Data-Matrix“, „EAN-Barcode“)

2.5 Eingabemethoden im Vergleich: NFC, QR-Code, Touchdisplays (Exkursion Taste, Touch.)

2.5.1 NFC

Bei einer Interaktion mittels NFC-Technologie erfolgt der Einstieg durch einen kurzen Tap mittels Smartphone auf einen passiven RFID-Tag. Auf diesem Tag ist ein gespeicherter Datensatz (z. B. eine URL). Es öffnet sich auf dem Smartphone unmittelbar eine Zielseite. Dadurch ist die Interaktion „proximity-basiert“ und typischerweise schrittarm (NFC Trigger → Seite → Aktion). Der schrittarme Charakter solcher NFC-Interaktionen zeigt sich auch in aktuellen Anwendungskontexten, wo ebenfalls das Geben eines Feedbacks untersucht wurde (Beisecker & Schlereth, 2024, S. 638 ff.). „Als Proximity-based Services bezeichnet man Dienste, die darauf basieren, dass man sich in physikalisch räumlicher Nähe zu einem bestimmten Objekt befindet.“ (*Barton T. et al., 2016, S.28*).

Die Programmierung bzw. „Kodierung“ des RFID-Tags erfolgt dabei über eine NFC-Writer-App (z. B. NFC Tools aus dem App Store). In der Anwendung wird ein Datensatz vom Typ „URL/URI“ angelegt und mit der gewünschten Zieladresse befüllt. Anschließend wird der Datensatz durch das Schreiben auf den passiven RFID-Tag übertragen und dort dauerhaft gespeichert. Beim späteren Tap liest das Smartphone diesen Datensatz aus.

2.5.2 QR-Code

Die Interaktion mit QR-Codes erfolgt durch Scannen eines optischen Musters, das üblicherweise eine URL oder andere Informationen kodiert. Diese Kodierung kann vorgenommen werden, indem die gewünschte URL in einen „QR-Code Generator“ z.B. im Web hochgeladen wird. Diese URL wird in einen Data-Matrix Code gewandelt und kann als Bild genutzt werden. Der Nutzer scannt den QR-Code mit der Kamera seines Smartphones oder eines anderen Gerätes und das System erkennt das Muster, dekodiert es und öffnet die entsprechende Ziel-URL oder führt eine definierte Aktion aus. QR-Codes bestechen besonders durch ihre Distanzfähigkeit, da sie in vielen Bereichen eingesetzt werden können, z. B. auf Plakaten, Displays oder in Printmedien, wodurch sie ein breites Spektrum an Interaktionen ermöglichen.

2.5.3 Touchdisplay

Touchdisplays sind stationäre Interaktionsflächen im Raum. Sie ermöglichen direkte Eingaben am Gerät (Tippen, Wischen, Gesten) und eignen sich besonders dann, wenn umfangreichere Inhalte angezeigt oder mehrschrittige Eingaben durchgeführt werden sollen. Gleichzeitig bringen sie notwendige betriebliche Anforderungen mit sich. Es wird dedizierte Hardware vor Ort benötigt (Display, Halterung/Terminal, ggf. Rechner oder Mediaplayer), eine permanente Stromversorgung sowie regelmäßige Pflege und Wartung durch eine Reinigung der Glasoberfläche, Software-Updates, Austausch verschlissener Komponenten ist von Nöten. Für den zuverlässigen Einsatz sind zudem

Netzwerkanbindung und Content-Pflege notwendig, damit Inhalte aktuell bleiben. Im öffentlichen bzw. halböffentlichen Raum kommen Rahmenbedingungen hinzu wie z.B. Umgebungslicht und Spiegelungen, welche die Lesbarkeit der Anwendung beeinträchtigen können.

2.5.4 Anforderungen und Sicherheitsaspekte an die untersuchten Technologien

Bei allen drei Technologien entsteht Sicherheit und Vertrauen vor allem durch Transparenz. Je klarer Absender und Ziel der Interaktion erkennbar sind, desto höher ist die Akzeptanz. (*Kizilcec, 2016, S. 1 Introduction*) Bei QR und NFC ist die Ziel-URL zentral. Eine erkennbare Domain mit gültigem HTTPS Zertifikat sowie eine kurze Vorschau vor dem Öffnen, senken das Risiko von Fehlklicks und Abbrüchen. Hilfreich sind zudem Branding-Elemente direkt am Einstieg wie Logo, klare Mikro-Texte wie „Scan/Tap führt zu ...“, damit der Zweck der Aktion sofort verständlich ist. Grundsätzlich sollten komplexe Weiterleitungsketten vermieden werden und URL-Shortener sparsam eingesetzt werden, um Misstrauen zu reduzieren.

Bei Touchdisplays entsteht Vertrauen vor allem über sichtbares, konsistentes Design, sofortige Rückmeldungen (z. B. visuelles/akustisches Feedback etc. „Produkt erfolgreich dem Warenkorb hinzugefügt“) und den Kontext vor Ort. Ein gepflegtes Terminal, klare Beschilderung und eine ruhige, gut beleuchtete Umgebung vermitteln dem Nutzer Seriosität. Außerdem gilt es die Einsicht durch dritte bei der Eingabe zu vermeiden (*Linda Little et.al., 2005, S. 256 ff.*). So kann es gelingen, dem Nutzer ein besonders hohes Sicherheitsgefühl zu vermitteln. Erhöhte Sichtschutzmaßnahmen (Bildschirmwinkel, Abstand) und eine kurze Interaktionszeit können dieses Sicherheitsgefühl zusätzlich erheblich steigern. Aus Datenschutzsicht helfen knappe Hinweise („Es werden keine personenbezogenen Daten erfasst“) und minimale Eingaben, denn der Nutzer soll so wenig Daten wie möglich eingeben müssen. Der Endkunde soll nur die Daten, die für den Zweck wirklich notwendig sind, eingeben müssen.

Aktuelle Smartphones unterstützen QR-Erkennung in der Kamera-App weitgehend standardmäßig. NFC-Lesen und Beschreiben von sog. RFID-Tags wird von vielen aktuellen Geräten bereits seit mehreren Jahren unterstützt, die tatsächliche Abdeckung hängt jedoch vom Gerätemodell und Betriebssystemstand ab. Für Touchdisplays spielt die Standort-/Strom- und Hardwareverfügbarkeit die Hauptrolle.

Interaktion	Reichweite/Distanz	Betriebsaufwand	Hardware vor Ort	Diebstahlsicher	Kosten
NFC (Tap)	-	++	+	-	++
QR (Scan)	++	+	++	++	++
Touchdisplay	--	--	--	++	--
Legende:	Sehr Gut/positiv ++	Neutral/mittel o	sehr schlecht/negativ --		
	Gut/positiv +	schlecht/negativ -			

Abbildung 14: Vergleich von Interaktionstechnologien: NFC, QR und Touchdisplays
Quelle: Eigene Darstellung

2.6 Bekannte Einsatzbereiche von RFID- und NFC-Systemen

RFID-Systeme sowie die RFID-basierte NFC-Technologie werden in sehr unterschiedlichen Anwendungskontexten eingesetzt, von kundenbezogenen Interaktionen im öffentlichen Raum bis hin zur industriellen Fertigung. Die folgenden Praxisbeispiele zeigen zwei typische Einsatzformen: (1) einen NFC-basierten Touchpoint im Mobilitätskontext und (2) ein RFID-Identifikationssystem in der Automobilproduktion. Dadurch wird deutlich, wie unterschiedlich die Systeme hinsichtlich Reichweite, Datenverarbeitung und Systemarchitektur ausgestaltet sein können.

Praxisbeispiel 1: NFC-Touchpoint im Mobilitätskontext (Deutsche Bahn)

Ein anschauliches Beispiel für einen RFID-/NFC-basierten Touchpoint ist das Touchpoint-Prinzip im Reiseverkehr der Deutschen Bahn. Dabei befindet sich am Touchpoint ein passiver Transponder, der von einem NFC-fähigen Mobiltelefon ausgelesen wird. Nach dem Auslesen werden die Informationen an eine Anwendung bzw. an ein Hintergrundsystem übergeben, das die eigentliche Verarbeitung übernimmt (z. B. Ein- oder Ausbuchung einer Fahrt sowie Zuordnung des Start- oder Zielpunkts). Der Touchpoint selbst dient damit primär als physischer Identifikationspunkt, während die Logik und Datenverarbeitung im nachgelagerten digitalen System stattfinden (*Finkenzeller, 2015, S.645-646*)



Abbildung 15: Touchpoint – passiver RFID-Transponder
Quelle: RFID-Handbuch, 2015, S.646

Genau dieses Grundprinzip entspricht auch dem Aufbau des in dieser Arbeit entwickelten Systems. Ein im Aufsteller integrierter, passiver RFID-Transponder wird durch ein NFC-fähiges Smartphone ausgelesen, und die eigentliche Verarbeitung erfolgt anschließend in einer Webanwendung mit

angebundener Datenhaltung. Der physische Touchpoint fungiert somit als Auslöser der Interaktion, während die Anwendungslogik im Backend umgesetzt wird.

Praxisbeispiel 2: RFID in der industriellen Fertigung (Automobilmontage)

Neben der in dieser Arbeit entwickelten NFC-basierten RFID-Anwendung existieren zahlreiche weitere Einsatzbereiche von RFID-Systemen. RFID zeichnet sich dabei insbesondere durch seine flexible Einsetzbarkeit aus, da Systeme je nach Anforderungen (z. B. Reichweite, Transpondertyp oder Lesepunkte) angepasst werden können. Ein wichtiges Anwendungsfeld ist die industrielle Fertigung, in der RFID zur Identifikation und Prozesssteuerung eingesetzt wird.

Im Werk Dingolfing von BMW wurden Karosserien in der Montage, der 7er und 5er Baureihen, an Identifikationspunkten erfasst und mit typspezifischen Daten verknüpft. Hierzu wurden Transponder an den Karosserien angebracht, die an verschiedenen Stationen durch Lesegeräte erkannt und ausgelesen wurden. Im System befanden sich rund 3000 Transponder im Umlauf und etwa 70 Lesegeräte waren an den Identifikationspunkten der Montage installiert. Die eingesetzten Transponder waren batteriegestützt und für eine Lebensdauer von etwa 8 Jahren sowie eine Reichweite von bis zu 4 m ausgelegt. Beim Erreichen des Lesebereichs wurden Daten automatisch gelesen und bei Bedarf aktualisiert und die Transponder neu beschrieben. (Finkenzeller, 2015, S.691 ff.)



Abbildung 16: Industrielle Fertigung – aktiver RFID-Transponder an Motorhaube.
Quelle: RFID-Handbuch, 2015, S.691

3 Prototyp & Implementierung (Womit wird IAS gebaut?)

Dieses Kapitel beschreibt die technische Realisierung der entwickelten Anwendung und dokumentiert die Umsetzung der zentralen Komponenten, vom interaktiven Aufsteller als Touchpoint über die Webanwendung bis hin zur Auswertung im Dashboard. Im Fokus stehen dabei die konkrete Softwarearchitektur, die eingesetzten Technologien und deren Zusammenspiel im Gesamtsystem sowie die Design-Guidelines des RFID-Aufstellers. Zusätzlich wird die Datenhaltung als Bestandteil des Tech-Stacks berücksichtigt. Erfasste Interaktions- und Feedbackdaten werden in einer MySQL-Datenbank persistiert und bilden die Grundlage für die spätere Analyse und Visualisierungen der Antworten.

Die Implementierung wird entlang der wesentlichen Bausteine erläutert. Frontend-Teile zur Darstellung und User Experience, serverseitige Logik zur Verarbeitung, Validierung und Steuerung, sowie die datengetriebene Darstellung im Dashboard. Dabei wird nachvollziehbar gemacht, wie Konfigurationsdatei, Routing, Logging und Persistenz zusammenwirken und wie sich die Lösung technisch so aufbauen lässt, dass sie für unterschiedliche Kundenkontexte erweiterbar bleibt.

Methodisch wird ein pragmatisches, iteratives Vorgehen gewählt, wie es für Prototypen üblich ist. Dabei orientiert sich die Umsetzung an Prinzipien agiler Softwareentwicklung. Funktionen werden nach und nach ergänzt, anhand der Anforderungen überprüft und anschließend verfeinert. Als leitende Prinzipien werden insbesondere KISS (**Keep It Simple and Stupid**) und eine modulare Struktur genutzt, um Komplexität zu begrenzen und die Wartbarkeit zu verbessern. Dadurch entsteht eine praxisnahe Implementierung, deren Aufbau und Entscheidungen in diesem Kapitel transparent begründet werden.

3.1 Systemfluss / Design Guidelines (NFC-Aufsteller, Web-App, Datenbank, Dashboard)

Der Systemfluss folgt einem linearen, gut abgrenzbaren Ablauf: Tap/Scan → Tracking → Feedback → Speicherung → Auswertung. Der NFC-/QR-Touchpoint dient ausschließlich als Einstieg in die digitale Interaktion. Die eigentliche Steuerung erfolgt serverseitig über eine schlanke Routingschicht, die eingehende Parameter validiert, den passenden Kundenkontext lädt und anschließend in den korrekten Anwendungszweig weiterleitet. Die Feedback-Seite bildet die Interaktionsoberfläche für Endkunden ab und erfasst die Antworten über ein Formular. Die Verarbeitung und Persistenz der Antworten erfolgt serverseitig. Als Datenbasis wird eine MySQL-Datenbank genutzt, die die strukturierten Feedbackdaten dauerhaft speichert. Für die Analyse stehen diese Daten anschließend im Dashboard zur Verfügung, wo sie aggregiert und visualisiert werden (z. B. Kennzahlen zur Interaktion sowie Auswertungen je Fragetyp).

3.1.1 Verwendeter Tech-Stack und Begründung der Auswahl

Die technische Umsetzung basiert auf einem bewusst schlanken, weit verbreiteten Stack. Serverseitig PHP für Routing, Validierung, Verarbeitung und Datenzugriffe, sowie MySQL als Datenbank.

Clientseitig werden HTML/CSS/JavaScript für die UI und Interaktion eingesetzt. Visualisierungen im Dashboard werden über eine JavaScript-Charting-Bibliothek (Chart.js) erzeugt. Die Wahl dieses Stacks begründet sich insbesondere durch robuste Verfügbarkeit im Hosting-Umfeld, hohe Kompatibilität und geringe Betriebskomplexität. PHP/MySQL sind in typischen Webhostings standardmäßig verfügbar und ermöglichen eine kostengünstige direkte Umsetzung ohne zusätzliche Infrastruktur.

3.1.2 Design-Guidelines für den NFC-Aufsteller (Prototyp)

Der RFID-Aufsteller als physischer Touchpoint soll Aufmerksamkeit erzeugen, die Interaktion eindeutig anleiten und Vertrauen in den Nutzungsvorgang schaffen (*Karpavičė et al., 2023, S. 581–582*). Die folgenden Gestaltungsrichtlinien leiten sich aus etablierten Prinzipien der Usability, Interaktionsgestaltung und visuellen Kommunikation ab.

Eine kontrastreiche Farbgestaltung unterstützt die Sichtbarkeit und Lesbarkeit des Aufstellers, insbesondere unter wechselnden Umgebungsbedingungen. Die prominente Platzierung des NFC-Symbols folgt dem Prinzip einer klaren visuellen Hierarchie und dient als eindeutiger Signifier für die erwartete Interaktion. Eine knappe Handlungsaufforderung reduziert den kognitiven Aufwand und unterstützt die schnelle Nutzung im Vorbeigehen. Ergänzend können Branding-Elemente und ein professionell geordnetes Layout die wahrgenommene Glaubwürdigkeit und Seriosität des Touchpoints erhöhen.

Eine auffällige Grundfarbe (Grün/Türkis) erhöht die Sichtbarkeit im Umfeld und unterstützt die schnelle Erkennung als Interaktionsangebot. Hohe Kontraste (z. B. Weiß auf Türkis) verbessern die Lesbarkeit auch bei wechselnden Lichtverhältnissen. (*Peter Bühler et.al., 2017, S.81*)

(1) Eindeutige visuelle Hierarchie und Positionierung.

Das zentrale NFC-Symbol wird prominent platziert, damit die Nutzerintention ohne Lesen verstanden wird. Die Anordnung folgt dem Prinzip: Erkennen → Verstehen → Handeln (Icon zuerst, Text als Bestätigung). Ebenso sollten die Elemente zueinander schlüssig positioniert werden und eine visuelle Verbindung zueinander haben. (*Robin Williams, 2014, S.13 ff.*)

(2) Klare Handlungsaufforderung (Call-to-Action) durch Design

Ein kurzer, eindeutiger Hinweistext reduziert kognitive Last und beschleunigt die Interaktion (z. B. „Smartphone einfach gegenhalten“). Der Text sollte bewusst knapp bleiben, da die Nutzung häufig „im Vorbeigehen“ erfolgt. Eine anregende Kreisform und kontrastreiche Farben untermauern das zentrale NFC-Symbol. (*Robin Williams, 2014, S.13 ff.*)

(3) Vertrauen und Transparenz durch Branding-Elemente

Ein sichtbares Logo sowie eine konsistente Gestaltung durch ein wiederholendes Logo (z. B.

unten rechts) unterstützen Seriosität und Wiedererkennung. In Kombination mit einer ruhigen Typografie und geordneten Layoutflächen signalisiert der Aufsteller „offizielle“ und kontrollierte Interaktion. (Robin Williams, 2014, S.13 ff.)

(4) Positionierung der Elemente für schnelle Orientierung.

Oben kann eine Marken-/Claim-Zeile (z. B. „Interaktion neu gedacht“) den Kontext setzen, während die Interaktionszone (NFC-Symbol) zentral als Hauptanker fungiert. Sekundäre Informationen (Logo/Herstellerhinweis) werden in Randbereiche gelegt, um die Kernaktion nicht zu überlagern. (Robin Williams, 2014, S.13 ff.)



Abbildung 17: Design Guidelines RFID-Aufsteller
Quelle: Eigene Darstellung

3.2 Implementierung der Software

Das Programm wird im Folgenden als Flussdiagramm dargestellt. Der Startpunkt wird durch das Scannen des NFC bzw. Barcodes erreicht, der die Start-URL und die kundenspezifischen Parameter übergibt. Das Programm erfasst und zählt den Aufruf für spätere statistische Auswertungen und leitet den Endkunden im Anschluss auf die Ziel-URL, die z.B. ein Feedbackbogen sein könnte. Zur begrifflichen Abgrenzung wird im Folgenden zwischen Kunden als Betreibern der Softwarelösung (z. B. Unternehmen/Filialen) und Endkunden/Nutzern als Personen unterschieden, die den RFID-Aufsteller verwenden und den Fragebogen ausfüllen.

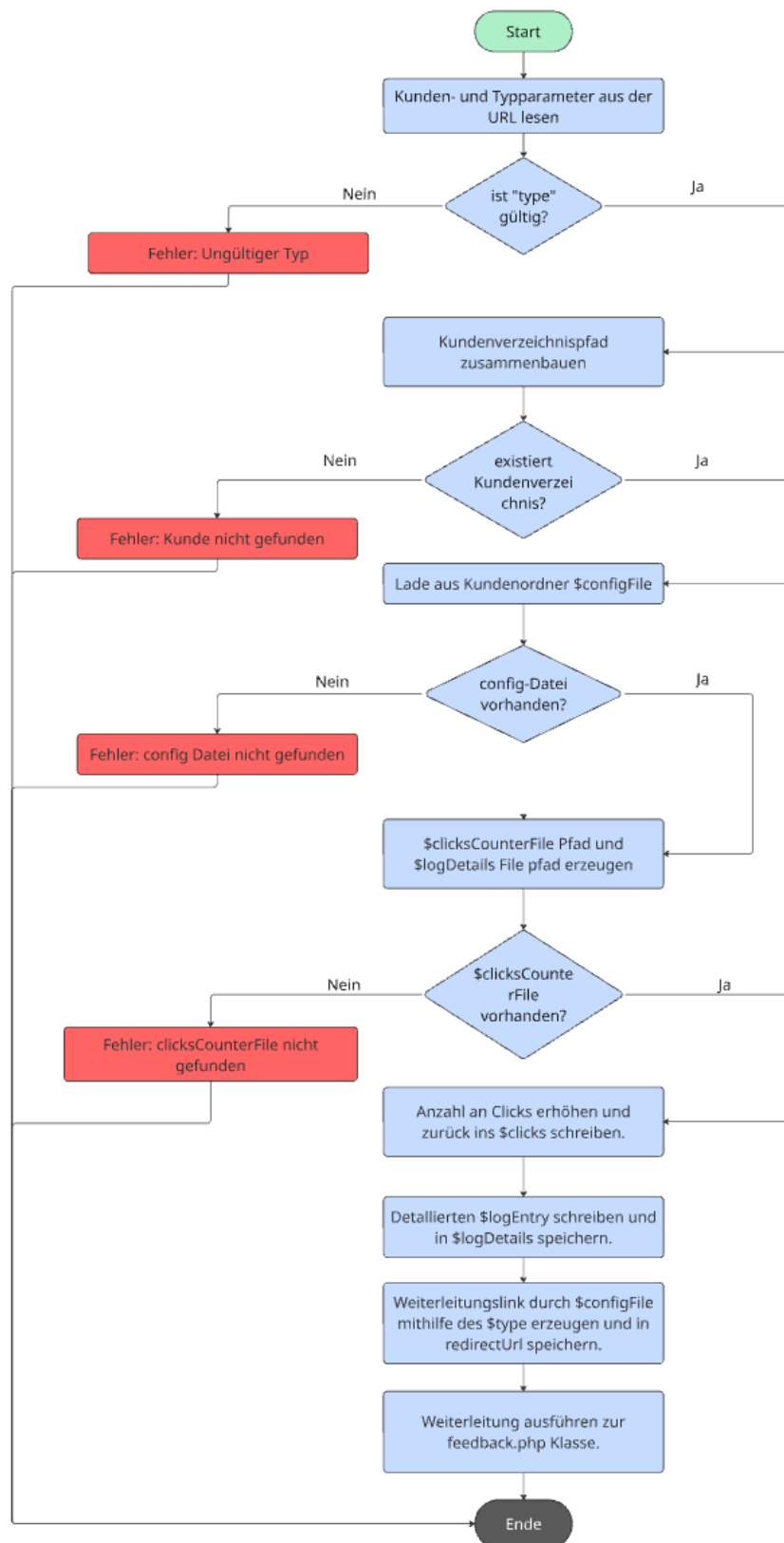


Abbildung 18: tracking.php – Flowchart
Quelle: Eigene Darstellung

3.2.1 Zentraler Einstieg und Router - tracking.php

In der Software fungiert das PHP-Skript `tracking.php` als zentraler Einstiegspunkt, sobald ein Nutzer den NFC-Link (oder optional den QR-Link) auslöst. Hierbei ist zu beachten, dass der Link, der sich auf dem RFID-Chip befindet, ein modifizierter Link mit den Parametern `$customer` und `$type` ist. Das Skript liest die URL-Parameter, prüft ihre Gültigkeit und ordnet die Anfrage einem Kundenkontext zu. Auf Basis des `$customer` Wertes wird der entsprechende Kundenordner auf dem Webserver ermittelt, und die sich im Kundenordner befindende `config.php` wird geladen und steht dem Skript umgehend zur Verfügung. Sollte es zu Fehlern kommen, so könnten diese protokolliert werden, um später genauere Fehleranalysen zu betreiben.

Diese Konfigurationsdatei liefert die für den Aufruf notwendigen Pfade (z. B. Aufrufzähler- und Logdateien) sowie die Zieladresse für die Weiterleitung. Die Daten werden in einem assoziativen PHP-Array als Key-Value-Mapping abgelegt. Ist der `$type` zulässig (z. B. in unserem Fall „feedback“), erhöht das Skript zunächst den Klickzähler und schreibt einen kompakten Logeintrag mit Zeitstempel, Kundenkennung und Typ in die Logdetailsdatei. Anschließend erzeugt es aus der Konfiguration die Ziel-URL und leitet den Nutzer in den passenden Anwendungszweig weiter. Die Klickzählerdatei ist in dieser Arbeit faktisch ein Tap-Zähler. Jedes Mal, wenn in der physischen Welt der Aufsteller vom Endkunden per NFC mit dem Smartphone gescannt wird, wird dies als ein „Klick“ gezählt. Die Software trackt diese Kennzahl und misst so, wie hoch die Interaktion der zugrundeliegenden Kampagne ist.

Fehlerfälle, etwa ein unbekannter `$type`, ein nicht vorhandener Kundenordner oder eine fehlende Konfigurationsdatei, werden abgefangen und führen zu einer kontrollierten Fehlermeldung, ohne interne Systemdetails preiszugeben. Auf diese Weise wirkt `tracking.php` als schlanker Router. Es koppelt den physischen Tap am Aufsteller zuverlässig an den richtigen logischen Pfad in der Webanwendung und schafft zugleich eine messbare Spur (Klickzählung) für die spätere Auswertung auf dem Dashboard. Ergänzend sorgt das Skript dafür, dass Robustheit und Nachvollziehbarkeit gewahrt bleiben.

Zähler- und Logschreibvorgänge erfolgen geordnet, ungültige Parameter werden frühzeitig verworfen, und alle relevanten Schritte wie z.B. Konfigurationsdatei laden, Tap zählen, Tap loggen und weiterleiten an die Ziel-URL, sind klar getrennt. Das macht den Einstieg performant, weil nur wenige, kurze Operationen pro Aufruf nötig sind und Dateizugriffe mit Abbruchsbedingungen sauber koordiniert werden. Das System bleibt erweiterbar, da die Routingschicht type-basiert arbeitet und neue Zweige für weitere Kampagnen (z. B. „classic“ für eine einfache Weiterleitung) lediglich per Konfiguration und Zielskript ergänzt werden müssen. Die Lösung ist betriebsstabil, weil eine strikte Eingabevalidierung des Links, Fehlerhandling und Logs, Fehlersituationen kontrolliert abfangen und transparent nachvollziehbar machen.

3.2.2 Fragebogen für Endkunden - feedback.php

Die feedback.php Seite bildet den eigentlichen Fragebogen ab, den Endkunden nach dem Tap mit ihrem Smartphone, auf den NFC-Aufsteller (oder optionalen QR-Scan), sehen.

The image shows a mobile app interface for a feedback form titled "Feedback für Botique Padel Club". The form is displayed on a smartphone screen with a light gray background. It contains several sections of questions and input fields. At the bottom, there is a blue button labeled "Absenden".

Feedback für Botique Padel Club

Was hat Ihnen gefehlt in unserem Padel Club?

Hätten Sie Interesse an einem Padel Training mit Lehrer ?
☐ Ja ☐ Nein

Was fehlt Ihnen am meisten in unserer Filiale in Mundsburg?
☐ Chill Area (mit Sofa und Getränken.)
☐ Mitgliedschaft im Botique Club, dass man mtl. zahlt und günstiger Spielen kann.
☐ Schließfächer in den Umkleiden.
☐ Ergebnistafeln wie beim Tennis.

Wofür steht Padel für Sie?

Wettbewerbssport Afterwork-Freizeitausgleich
Bewegte-Pause mit Kollegen. Spaß und Hobby

Wie oft würden Sie gerne im Monat Padel spielen?
☐ Ich spiele nur wenn ich eingeladen werde.
☐ 1-2
☐ 2-3
☐ 4-5
☐ Ich könnte mir sogar öfter vorstellen

Was möchten Sie unserem Team noch mitteilen?

Würden Sie uns wieder Beuschen?
☐ Ja
☐ Nein

Wenn nicht wieso ? Ihre Meinung ist uns wichtig.

Ihre Alterskategorie
☐ 20-30
☐ 30-40
☐ 40-50
☐ >50

Ihr Geschlecht
☐ männlich
☐ weiblich
☐ divers

Absenden

Abbildung 19: feedback.php – Smartphone Ansicht
Quelle: Eigene Darstellung

Die Seite ist konsequent für Kurz-Interaktionen und speziell für Smartphones gestaltet. Sie bietet eine klare Orientierung, wenige Schritte, große Touch-Ziele und eine eindeutige Bestätigung am Ende. Der Aufruf übernimmt den Parameter \$customer aus dem „Redirect-Link“ von tracking.php, sodass unmittelbar der kundenspezifische Kontext bekannt ist. Auf Basis dieses Parameters lädt die Anwendung die zugehörige config.php aus dem Kundenordner. Die Konfigurationsdatei liegt als assoziatives Array (Key-Value-Mapping) vor und stellt insbesondere den Einleitungstext (feedbackIntroText) sowie die Liste der Fragen (feedbackQuestions) bereit. Dadurch wird der

Fragebogen zur Laufzeit dynamisch aufgebaut und Inhalte können je Kunde über das config.php File gepflegt werden.

Zu Beginn zeigt die Seite ein kurzes Lade-Overlay mit dem Intro-Text, dass als Orientierung dient und sanft ausblendet, sobald die Oberfläche bereit ist. Ein dezentes Hintergrundvideo rahmt den Bildschirm, ohne die Eingabe zu stören. Im Hauptbereich rendert die Seite eine Überschrift mit dem Kundennamen und ein Formular, dass per POST an submit_feedback.php gesendet wird. Nach dem Senden werden die Daten in einer MySql DB, für den Kunden persistiert. In einem Hidden-Feld wird der Kontext eingetragen und leitet den Parameter \$customer weiter (zur eindeutigen Zuordnung im Backend).

Grundsätzlich werden die Fragen in einer foreach Schleife aus feedbackQuestions erzeugt und in ein Hybrid-Template (HTML mit PHP-Ausdrücken) eingefügt. Jeder Eintrag besitzt einen Fragetext und einen Typ, der die passenden Eingabeelemente bestimmt.

Die Fragetypen werden im Folgenden anhand von Beispielen aus der Trendsportart “Padel“ exemplarisch erläutert und skizziert. Zugleich wird damit veranschaulicht, wie eine mögliche Feedbackerhebung im Rahmen einer Marktforschung gestaltet sein könnte.

Für (1) **Freitext (Typ text)** wird ein kompaktes <textarea> mit required eingesetzt.

Was hat Ihnen gefehlt in unserem Padel Club?

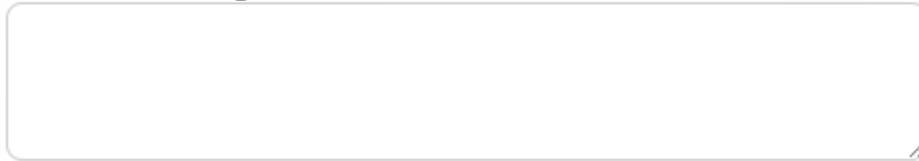


Abbildung 20: Typ = Freitext
Quelle: Eigene Darstellung

(2) **Ja/Nein-Fragen (Typ yesno)** nutzen zwei Radio-Buttons.

Hätten Sie Interesse an einem Padel Training mit Lehrer ?

☐ Ja ☐ Nein

Abbildung 21: Typ = yes/no
Quelle: Eigene Darstellung

(3) **Einfachauswahl (Typ choice)** wird über Radio-Buttons mit vordefinierten Optionen realisiert.

Ihre Alterskategorie

- ☒ 20–30
☐ 30–40
☐ 40–50
☐ >50

Abbildung 22: Typ = choice

Quelle: Eigene Darstellung

Die (4) **Skala (Typ scale)** verwendet einen Range-Slider von 1 bis 10 mit Live-Anzeige des aktuellen Werts.

Wie gut hat Ihnen der Besuch in unsere Padelhalle gefallen?



9 /10

Abbildung 23: Typ = scale

Quelle: Eigene Darstellung

(5) **Mehrfachauswahl (Typ multichoice)** setzt Checkboxen ein und sammelt die Auswahl in einem Array.

Wie oft würden Sie gerne im Monat Padel spielen ?

- ☐ Ich spiele nur wenn ich eingeladen werde.
- ☐ 1-2
- ☐ 2-3
- ☐ 4-5
- ☐ Ich könnte mir sogar öfter vorstellen

Abbildung 24: Typ = multichoice

Quelle: Eigene Darstellung

(6) **Text-Mehrfachauswahl (Typ text_multichoice)** kombiniert Checkbox-Optionen mit einem optionalen Zusatzfeld. Ein Subtext kann hier als kurzer Hinweis erscheinen.

Würden Sie uns wieder Besuchen ?

- ☐ Ja
- ☐ Nein

Wenn nicht wieso ? Ihre Meinung ist uns wichtig.

Abbildung 25: Typ = text_multichoice

Quelle: Eigene Darstellung

Die (7) **Cloud (Typ cloud)** erlaubt das Antippen visuell dargestellter Antwortmöglichkeiten aus einer Art „Wolke von Begriffen“. Die gewählten Begriffe werden in ein Hidden-Feld als kommasetrennte Liste geschrieben.

Wofür steht Padel für Sie?

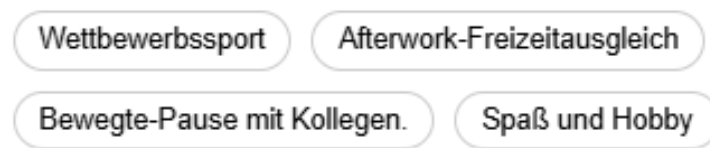


Abbildung 26: Typ = Cloud
Quelle: Eigene Darstellung

Eine schlanke JavaScript-Logik unterstützt die Interaktionen. (1) Beim Cloud-Typ markiert eine toggleTag-Funktion gewählte Tags und synchronisiert das Hidden-Feld. (2) Beim Skalen-Typ aktualisiert ein oninput-Handler die numerische Anzeige. (3) Das Lade-Overlay blendet beim window.load-Ereignis weich aus.

Das visuelle Layout wird über eine separate CSS-Datei gesteuert. Mobile-relevante Meta-Angaben (Viewport) sind so gesetzt, dass Zoomsprünge vermieden werden und Bedienelemente genügend Fläche bekommen. Insgesamt bleibt die Oberfläche ruhig, kontrastreich und auf wenige, eindeutige Aktionen fokussiert.

Mit „Absenden“ übergibt die Seite die Antworten an submit_feedback.php. Die \$name-Attribute der Felder spiegeln die Frage-Indizes wider (z. B. answers[3], answers[6]...), sodass sich Antworten serverseitig zuverlässig zuordnen lassen. Ein einzelner Wert bei choice/yesno/scale, Listen bei multichoice/cloud, kombiniert bei text_multichoice.

Fehlende Pflichtangaben werden clientseitig geblockt. Die Datenerfassung folgt dem Prinzip der Datensparsamkeit. Es werden nur Antworten und minimaler Kontext (Kunde) verarbeitet. Personenbezogene Daten sind nicht erforderlich.

Das Zusammenspiel von feedback.php mit tracking.php ist klar getrennt. Tracking.php identifiziert den Kundenkontext, zählt den Tap und leitet weiter zu feedback.php. Feedback.php stellt die Interaktion bereit und erfasst die Antworten des Endkunden. Diese Trennung erhöht Wartbarkeit und Erweiterbarkeit. Neue Kampagnen für die Endkunden entstehen ausschließlich durch neue Konfigurationen. Neue Fragetypen lassen sich als zusätzliche Render-Zweige ergänzen. Die Speicherung oder Rückmeldung erfolgen zentral in submit_feedback.php. So bleibt der gesamte „Tap-to-Feedback“-Prozess kurz, verständlich und robust. Von der Orientierung über die Eingabe bis zur Bestätigung.

3.2.3 Das Analysedashboard - dashboard.php

Die Seite dashboard.php bildet die visuelle Auswertungsseite des Systems. Sie richtet sich an Betreiber der Marktforschung und Kunden der Analysesoftware. Dashboard.php stellt die über tracking.php sowie feedback.php gesammelten Interaktions- und Feedbackdaten mithilfe des dashboard.js Skripts in einem

gemeinsamen Dashboard dar. Das Dashboard hat die Aufgabe, die Rohdaten zu strukturieren, statistisch auszuwerten und übersichtlich zu visualisieren.

Der Seitenaufruf erfolgt im Kontext eines bestimmten Kunden, der über den Parameter \$customer identifiziert wird. Der Kunde muss sich durch ein Login verifizieren und kann dann auf dieser Basis das Dashboard aufrufen.

Als Datenbasis dient die Logdetailsdatei, die wie erwähnt bereits während des Tracking- und Feedback-Prozesses erzeugt werden. Die Zählerdatei wird beim Laden des Dashboards direkt eingelesen und liefert die Gesamtkennzahl der Scans. Dies wird als zentrale Key-Performance-Indicator (KPI) im oberen Bereich der Oberfläche angezeigt wird.

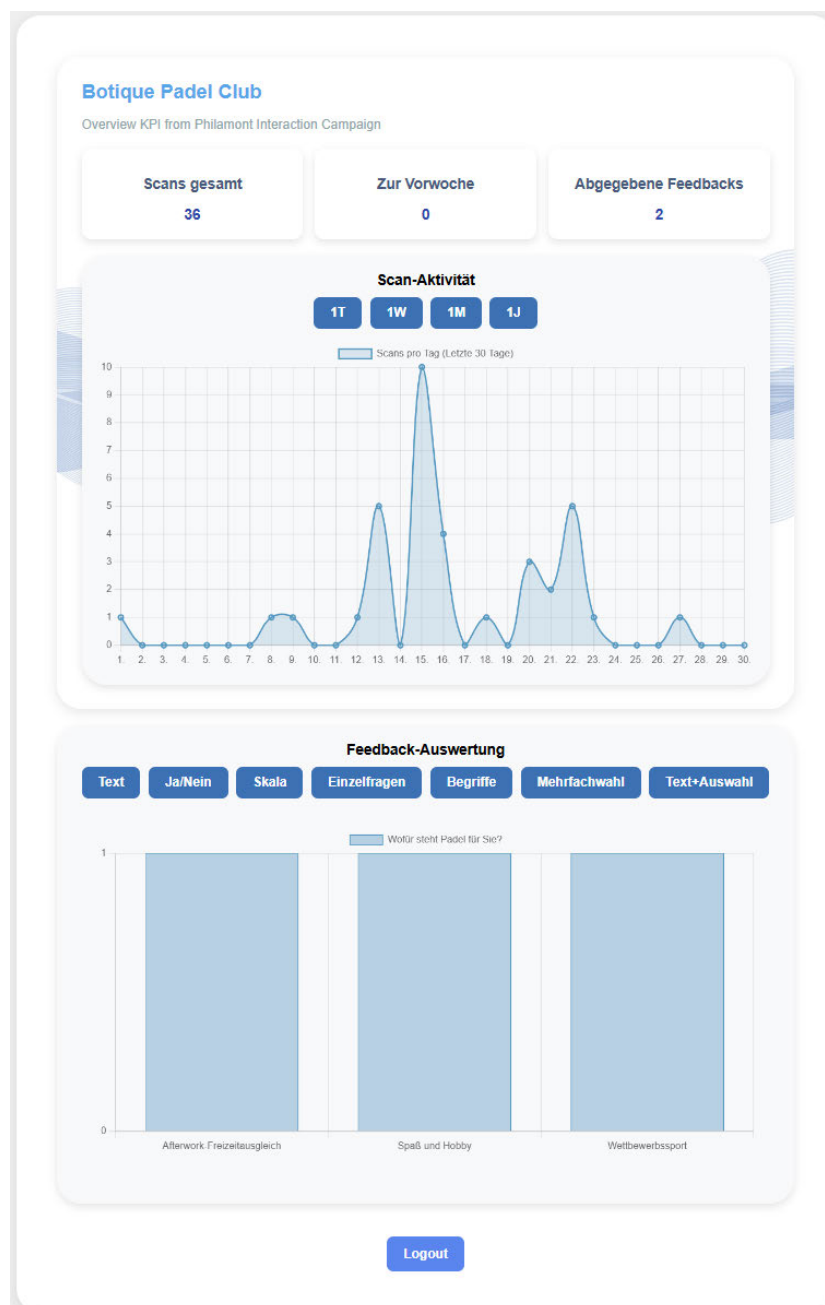


Abbildung 27: Gesamtes Dashboard
Quelle: Eigene Anwendung

Die detaillierten Logdaten werden in einem weiteren Schritt zeilenweise analysiert. Jede Logzeile repräsentiert einen einzelnen Scan und dient als Grundlage für die Auswertungen.

Ein zentrales Element der Auswertung ist die sogenannte Wochenstatistik. Hierfür wird zunächst ein assoziatives Array vorbereitet, das als „key“ das Tagesdatum erhält. Als „value“ einen Eintrag mit einem Zähler (count) und einer Stundenliste (hours). Anschließend werden die Logzeilen analysiert. Aus dem Zeitstempel jeder Zeile wird das Datum und die Stunde extrahiert und dem entsprechenden Tagen als „value“ zugeordnet. Pro Scan wird der Tageszähler erhöht und die Stunde der Interaktion gespeichert. Auf diese Weise entsteht eine kompakte Wochenübersicht, die sowohl die Anzahl der Scans pro Tag als auch deren zeitliche Verteilung abbildet. Die Daten werden anschließend in Arrays transformiert und für die Darstellung mithilfe von Javascript über die dashboard.js Datei vorbereitet.

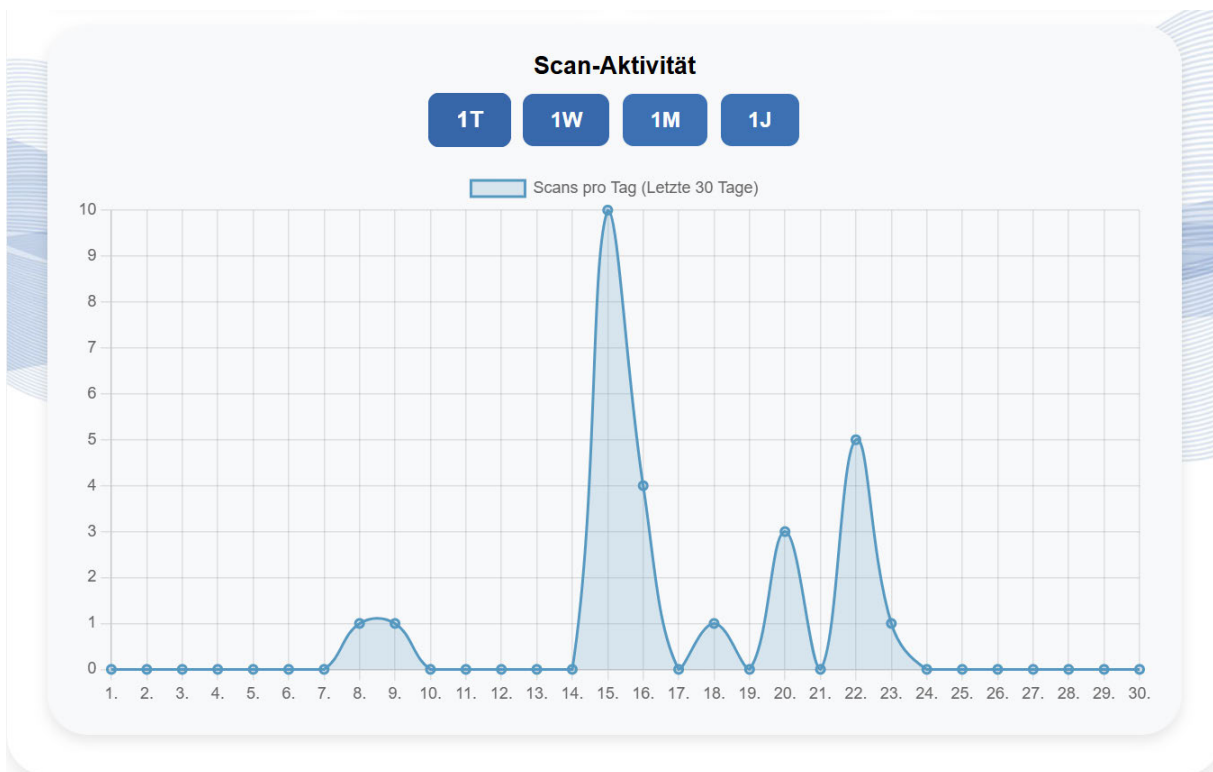


Abbildung 28: Gemessene Aufrufe der letzten 30 Tage im Dashboard
Quelle: Eigene Anwendung

Erweiterte Zeit- und Nutzerauswertungen

Neben der Wochenstatistik gibt es weitere Charts die, die Interaktion der Marktanalyse erfassen. Dazu zählen unter anderem Scans im aktuellen Monat sowie im aktuellen Jahr. Zusätzlich wird ein Stundenverlauf für den aktuellen Tag berechnet. Ein weiterer Schwerpunkt sind die KPI's. Hier gibt es Auswertung wie z.B. der Vergleich zwischen aktueller und vorheriger Kalenderwoche der Interaktion. Hierzu werden Zeitmarken für den Wochenbeginn der aktuellen und der letzten Woche berechnet. Auf Basis der jeweiligen Zähler wird eine Differenz sowie eine prozentuale Veränderung zur Vorwoche

berechnet. Diese Kennzahl wird prominent im Dashboard dargestellt und dient als Indikator für steigende oder fallende Interaktionsraten.

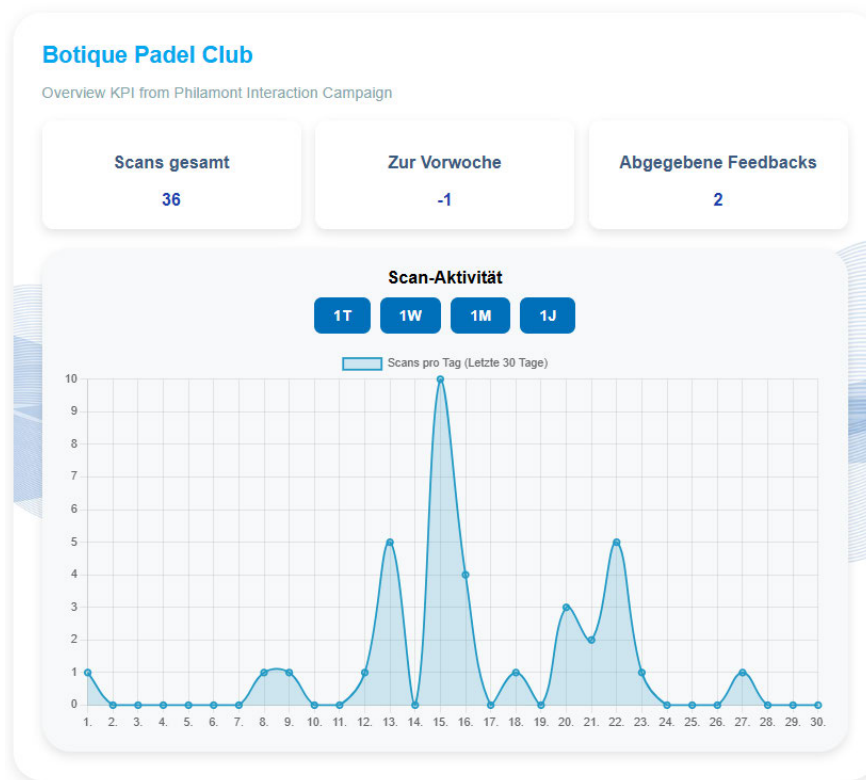


Abbildung 29: Ein Aufruf weniger als zur Vergangenen Woche
Quelle: Eigene Anwendung

Visualisierung und Frontend-Integration

Die serverseitigen php Variablen werden als JSON-kodierte Werte an die Dashboard.js Datei übergeben, um später im Frontend bei Erstellung der Charts korrekt angezeigt zu werden. Die Visualisierung erfolgt mithilfe der JavaScript-Bibliothek Chart.js. Über eine Schaltflächenleiste kann der Betreiber zwischen verschiedenen Zeitaufösungen (Tag, Woche, Monat, Jahr) wechseln, ohne dass ein erneuter Seitenaufruf notwendig ist. Die Diagramme reagieren dynamisch auf die Auswahl und bieten so eine flexible Analyse der Scan-Aktivität.

Ergänzend zur Scan-Statistik enthält das Dashboard einen separaten Bereich zur Feedback-Auswertung. Dadurch bleiben Scan-Tracking und Feedback-Analyse logisch getrennt, werden jedoch in einer gemeinsamen Oberfläche zusammengeführt.

Im Feedbackbereich wird für die verschiedenen Fragetypen jeweils eine passende Darstellungsform bereitgestellt. Texteingaben werden dabei in einer übersichtlichen Auflistung dargestellt. Andere Fragetypen werden anhand von Balkendiagrammen mit passenden, individuellen Labels visualisiert oder könnten perspektivisch als Kombination aus Textantworten und Balkendiagrammen ausgegeben. Die Auswahl der Darstellung erfolgt typabhängig und unterstützt eine schnelle, intuitive Auswertung der erhobenen Feedbackdaten.

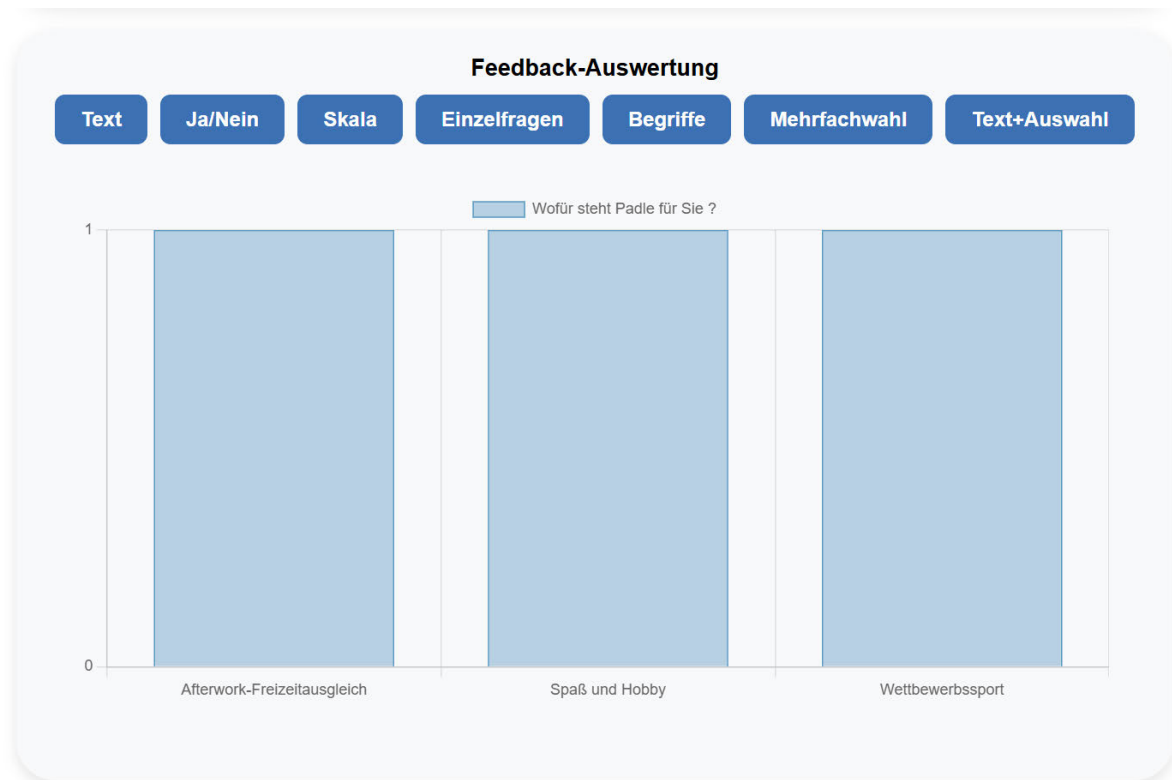


Abbildung 30: Balkendiagramm – Auswertung Typ Cloud (Feedbackabgabe einer Person mit den drei Auswahlen: „Afterwork-Freizeitausgleich“, „Spaß und Hobby“, „Wettbewerbssport“)
Quelle: Eigene Anwendung

Insgesamt stellt dashboard.php das zentrale Kontroll- und Auswertungsinstrument des Systems dar. Es transformiert rohe Interaktionsdaten in verständliche Kennzahlen. Des Weiteren wird dem Nutzer der Software ermöglicht, neben der Interaktion, auch das Feedback von Endkunden auszuwerten.

4 Problemstellung & Forschungsfragen

Viele alltagsnahe Interaktionen erfolgen „im Vorbeigehen“. Personen haben nur wenige Sekunden, um eine Mini-Aufgabe zu starten und abzuschließen wie z. B. ein kurzes Feedback, Check-in, Infoabruf, Google Bewertung, Kontaktdaten auszutauschen und vieles mehr. In solchen Situationen entscheidet eine niedrige Einstiegshürde, über Erfolg oder Abbruch. Gleichzeitig müssen Lösungen, für die Betreiber der Marktforschung bzw. Feedbackerhebung, wirtschaftlich und lukrativ sein (Einrichtung, Pflege, Ausfälle, Kosten).

Vor diesem Hintergrund werden zwei Einstiege vergleichend betrachtet, der NFC-Tap und der QR-Scan. Touchdisplays dienen als vergleichbare Referenz, werden aber nicht empirisch getestet. Das zentrale Anwendungsszenario ist ein „Tap-to-Feedback“-Flow. Ein Aufsteller triggert auf dem Smartphone eine Web-Interaktion bis zur Bestätigung.

Aus dieser Problemstellung werden in diesem Kapitel konkrete Forschungsfragen abgeleitet und der Problemkontext der kurzen Alltagsinteraktionen näher beleuchtet. Ziel ist eine entscheidungsorientierte Einordnung „Welche Eingabe passt wann?“ und klare Gestaltungsempfehlungen für schnelle, verständliche Flows in Vorbegeh-Situationen.

4.1 Problemkontext: Kurze Alltagsinteraktionen & Vergleichskriterien

Ein zentrales Problem im vorliegenden Anwendungskontext ist die Erhebung von Feedback durch Endkunden, die im Alltag meist nur ein sehr kurzes Zeitfenster für eine Interaktion haben. Gerade in Situationen wie beim Verlassen eines Geschäfts, auf dem Weg durch öffentliche Bereiche oder im Vorbeigehen an einem QR-Code oder Touchpoint muss die Interaktion sofort verständlich, schnell und reibungslos funktionieren. Bereits kleine Hürden im Einstieg können dazu führen, dass die Interaktion abgebrochen und kein Feedback abgegeben wird (Abdul Razak et al., 2024, S. 213 ff.).

Kurze Interaktionen treten typischerweise in Shops/Filialen, auf Campus- und Behördenflächen, bei Events, im ÖPNV, auf Kulturevents sowie in der Gastronomie auf. In diesen Anwendungskontexten stellt die digitale Erfassung von Kundeninteraktionen eine besondere Herausforderung dar, da die Förderung von Mitsprache sowie weitere digitale Kontaktpunkte (z. B. Google-Bewertungen oder kurze Service-Rückmeldungen) in der Praxis häufig an Zeitmangel, fehlender Aufmerksamkeit oder Einstiegshürden scheitern. Gerade hierfür sind niedrighschwellige und verlässliche Einstiegsmöglichkeiten sehr entscheidend.

Wie bereits in Kapitel 2.5.4 anhand der Tabelle dargestellt wurde, gibt es zahlreiche Faktoren, die bei einem Interaktions- und Zugangssystem (IAS) berücksichtigt werden müssen.

Im Ergebniskapitel wird anhand der Studie aufgezeigt, inwieweit die untersuchten Interaktionsformen diese Problemstellungen adressieren können. Dabei wird ausgewertet, welcher Einstieg unter den betrachteten Bedingungen besonders nutzerfreundlich und zuverlässig funktioniert und damit die Erhebung von Feedback in kurzen Alltagssituationen wirksam unterstützt.

Im weiteren Verlauf der Arbeit und zur Vorbereitung der Evaluation, wird der Fokus auf drei zentrale Vergleichskriterien gelegt:

Usability: Dauer vom Einstieg der Interaktion (Tab oder Scan) über die Aktion (Ausfüllen eines Formulars) bis zur Bestätigung (Absenden des Feedbacks).

Verständlichkeit/Nutzbarkeit: Die Interaktion soll für Endkunden sofort verständlich, schnell und ohne zusätzliche Hürden nutzbar sein. Bewertet wird dabei insbesondere, ob der Einstieg (Tap/Scan) reibungslos gelingt und die Interaktion insgesamt als einfach sowie zeitgemäß wahrgenommen wird.

Wiederverwendbarkeit: Beschreibt die Bereitschaft der Nutzenden, die jeweilige Interaktionsmethode auch künftig in vergleichbaren Alltagssituationen erneut zu verwenden.

4.2 Forschungsfragen

Im Rahmen der Evaluation wird untersucht, wie Nutzende die Interaktion mit dem System über NFC im Vergleich zur QR-Code-Interaktion wahrnehmen. Der Fokus liegt dabei auf drei zentralen Aspekten: der Usability (gemessen mit der System Usability Scale, SUS), der wahrgenommenen Nutzbarkeit im Interaktionsablauf (z. B. Einfachheit und Aufwand) sowie der Wiederverwendungsabsicht als Indikator für Akzeptanz. Da jede Testperson beide Interaktionsvarianten durchläuft, lassen sich Unterschiede direkt innerhalb derselben Stichprobe vergleichen. Auf dieser Grundlage werden im Folgenden die drei Forschungsfragen formuliert und untersucht.

F1: Usability-Vergleich (SUS)

Forschungsfrage:

Unterscheidet sich die wahrgenommene Usability der Interaktion über NFC im Vergleich zur Interaktion über QR-Code (gemessen mit der System Usability Scale, SUS)?

Da jede Person beide Interaktionsarten nutzt, lässt sich die wahrgenommene Usability direkt innerhalb derselben Stichprobe vergleichen. Die SUS bietet dafür ein etabliertes, standardisiertes Messinstrument, das sich gut eignet, um Unterschiede in der Bedienbarkeit zwischen zwei Varianten sichtbar zu machen. Der Vergleich zeigt, welche Einstiegs-Technologie aus Nutzersicht insgesamt „besser funktioniert“.

F2: Wahrgenommene Nutzbarkeit im Ablauf (Einfachheit/Friktion)

Forschungsfrage:

Welche Interaktionsmethode (NFC oder QR-Code) wird von Nutzenden als einfacher und weniger aufwendig wahrgenommen (z. B. geringere Interaktionshürden im Ablauf)?

Auch wenn beide Methoden auf dieselbe Zielseite führen, unterscheiden sie sich im Einstieg (Tap vs. Kamera-Scan) und können dadurch unterschiedlich „reibungslös“ wirken. Diese wahrgenommene Friktion beeinflusst, ob Nutzer die Interaktion als intuitiv, schnell und problemlos erleben. Die Frage ist relevant, weil gerade Kurzinteraktionen im Vorbeigehen stark von minimalem Aufwand und klarer Nutzbarkeit abhängen.

F3: Wiederverwendungsabsicht (Akzeptanz)

Forschungsfrage:

Welche Interaktionsmethode (NFC oder QR-Code) führt zu einer höheren Bereitschaft, die Interaktion künftig erneut zu nutzen?

Neben der reinen Bedienbarkeit ist entscheidend, ob Nutzende die Methode auch in Zukunft freiwillig wieder einsetzen würden. Die Wiederverwendungsabsicht ist ein praxisnaher Indikator für Akzeptanz und langfristige Nutzbarkeit im Alltag. Für den Einsatz im Feld (z. B. am PoS) ist diese Frage besonders relevant, da wiederholte Nutzung den tatsächlichen Mehrwert des Systems bestimmt.

Angenommene Hypothesen:

H1 (Usability / SUS):

Es wird angenommen, dass die Interaktion über NFC eine höhere SUS-Gesamtpunktzahl erzielt als die Interaktion über QR-Code. Begründet wird dies damit, dass NFC typischerweise einen direkteren, schrittärmeren Einstieg ermöglicht (Tap statt Kamera öffnen, ausrichten und scannen). Dadurch wird der Interaktionsbeginn als intuitiver und weniger fehleranfällig wahrgenommen, was sich in einer besseren Usability-Bewertung niederschlagen sollte.

H2 (Wahrgenommene Nutzbarkeit / Aufwand & Einfachheit):

Es wird angenommen, dass Nutzende die NFC-Variante als einfacher, schneller und weniger aufwendig wahrnehmen als die QR-Code-Variante. NFC reduziert die notwendige Handlungskette und erfordert in der Regel keine visuelle Erfassung oder korrekte Ausrichtung des Codes. Damit sinkt die wahrgenommene Friktion im Ablauf, was die Nutzbarkeit im Nutzungskontext positiv beeinflussen sollte.

H3 (Wiederverwendungsabsicht / Akzeptanz):

Es wird angenommen, dass die Wiederverwendungsabsicht bei der NFC-Interaktion höher ausfällt als bei der QR-Code-Interaktion. Wenn die Interaktion als reibungslos, schnell und verlässlich erlebt wird, steigt die Wahrscheinlichkeit, dass Nutzende sie künftig erneut nutzen würden. NFC sollte daher aufgrund des geringeren Aufwands und der unmittelbareren Nutzungserfahrung eine höhere Akzeptanz und Wiederverwendungsbereitschaft erzeugen. Methodik & Studiendesign

5 Methodik, Studiendesign und Evaluation (SUS-Studie: NFC vs. QR)

5.1 Zielsetzung

Ziel der Studie ist der Vergleich zweier Interaktionsarten (NFC vs. QR-Code) hinsichtlich (1) wahrgenommener Usability (SUS), (2) wahrgenommener Nutzbarkeit/Friktion im Ablauf und (3) Wiederverwendungsabsicht. Alle Teilnehmenden durchlaufen beide Bedingungen, sodass Unterschiede innerhalb derselben Personen verglichen werden können. Teilnehmende & Setting (Labor/Feld, Anzahl, Dauer)

5.2 Studiendesign

Die Studie folgt einem Within-Subjects-Design, in dem jede Testperson beide Interaktionsvarianten durchläuft. Die unabhängige Variable ist die Interaktionsmethode (NFC vs. QR). Als abhängige Variablen werden (1) der SUS-Score je Bedingung (0–100), (2) Zusatzitems zur wahrgenommenen Friktion im Ablauf (Einfachheit/Schnelligkeit/Aufwand) sowie (3) die Wiederverwendungsabsicht je Bedingung erhoben. Ergänzend wird vor Beginn einmalig (4) eine Selbsteinschätzung zur Erfahrung mit NFC bzw. QR abgefragt. Um mögliche Reihenfolgeeffekte (z. B. Lerneffekte oder Gewöhnung) zu reduzieren, wird ein Counterbalancing eingesetzt: Eine Gruppe startet mit NFC und wechselt anschließend zu QR (Gruppe A: NFC → QR), während die andere Gruppe die umgekehrte Reihenfolge durchläuft (Gruppe B: QR → NFC). Die Zuteilung zu den Gruppen erfolgt dabei entweder alternierend (jede zweite Person) oder zufällig.

Die Durchführung findet in einem normalen Raum der Hochschule unter üblichen Lichtverhältnissen (Tageslicht) statt. Die Teilnehmenden nutzen ihre eigenen Smartphones (iOS/Android). Geplant ist eine Stichprobe von ca. 15 bis 25 Personen im Sinne eines Convenience Samples. Vor Beginn wird erfasst, ob NFC auf dem jeweiligen Gerät grundsätzlich verfügbar ist und ob bereits Erfahrungen mit NFC- oder QR-Interaktionen bestehen.

Für den Versuchsaufbau kommen zwei Aufsteller zum Einsatz. Aufsteller 1 dient als Übungsinteraktion und soll die Teilnehmenden an das Prinzip „Scan/Tap -> Seite öffnet sich“ heranführen, ohne dass dabei Messwerte erhoben werden. Sowohl der NFC-Tag als auch der QR-Code führen hierbei auf eine Seite mit einem Bild bzw. einer kurzen Bestätigungsmeldung („Du hast mich erfolgreich gescannt – danke, dass du Marco bei seiner Bachelorarbeit hilfst.“). Aufsteller 2 bildet den eigentlichen Studienteil ab. Der RFID-Chip führt zur SUS-Umfrage für die NFC-Interaktion, der QR-Code zur SUS-Umfrage für die QR-Interaktion. Die Erhebung erfolgt über die entwickelte Webanwendung, wobei die SUS-Items in

beiden Bedingungen identisch und standardisiert als 5-stufige Likert-Skala dargestellt werden (1–5).

5.3 Ablaufprotokoll

Zu Beginn werden die Teilnehmenden begrüßt und erhalten eine kurze Einweisung zum Zweck der Studie, zur erwarteten Dauer sowie zur Freiwilligkeit der Teilnahme. Anschließend folgt eine Übungsinteraktion mit Aufsteller 1, um das Prinzip „Scan/Tap → Seite öffnet sich“ ohne Messung einzuüben: Die Teilnehmenden scannen dabei einmal per NFC und einmal per QR (Reihenfolge beliebig). Ziel dieser Übungsphase ist es, den Einstieg zu erklären und mögliche Bedienhürden vorab abzubauen. Danach beginnt der eigentliche Studienteil mit Aufsteller 2. In Bedingung 1 nutzen die Teilnehmenden – abhängig von der Gruppenzuteilung (A/B) – entweder NFC oder QR, führen den Scan/Tap aus, öffnen die Umfrage und beantworten anschließend SUS sowie die Zusatzitems. In Bedingung 2 wird anschließend die jeweils andere Interaktionsmethode durchgeführt, woraufhin erneut SUS und Zusatzitems beantwortet werden.

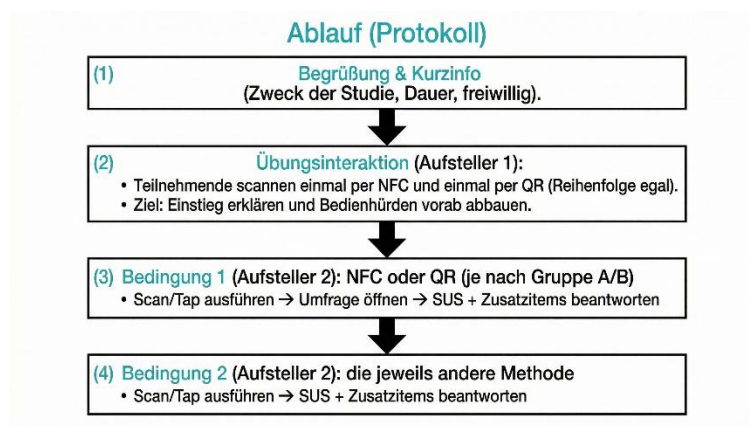


Abbildung 31: Ablauf-Protokoll Studie
Quelle: Eigene Darstellung

5.4 Studie & Fragen

Für die Erhebung der Usability wird in der Studie die System Usability Scale (SUS) eingesetzt. Die SUS ist ein standardisiertes Fragebogeninstrument mit 10 Aussagen (Items), das die subjektiv wahrgenommene Gebrauchstauglichkeit (UX) eines Systems erfasst. Der Begriff „Item“ bezeichnet dabei eine einzelne Aussage innerhalb eines Fragebogens, die von den Teilnehmenden bewertet wird. In dieser Studie wird die SUS je Interaktionsmethode separat erhoben, um zwei getrennte Usability-Werte zu erhalten. Einen für NFC und einen für QR-Code. Dadurch lassen sich die Ergebnisse innerhalb derselben Stichprobe direkt miteinander vergleichen.

Die Befragung ist in zwei inhaltlich identische Blöcke gegliedert, die sich lediglich in der referenzierten Interaktionsmethode unterscheiden:

Block A (NFC nach der NFC-Interaktion):

SUS (10 Items) zur Bewertung der Interaktion über NFC (Tap)

F2-Items (2 Items) zur wahrgenommenen Friktion/Nutzbarkeit im Ablauf („schnell“, „unkompliziert“)

F3-Item (1 Item) zur Wiederverwendungsabsicht („würde wieder nutzen“)

Block B (QR nach der QR-Interaktion):

SUS (10 Items) zur Bewertung der Interaktion über QR-Code (Scan)

F2-Items (2 Items) zur Friktion/Nutzbarkeit („schnell“, „unkompliziert“)

F3-Item (1 Item) zur Wiederverwendungsabsicht

Alle Items werden auf einer fünfstufigen Likert-Skala beantwortet. Die Skalenpunkte sind einheitlich definiert als: 1 = stimme gar nicht zu, 2 = stimme eher nicht zu, 3 = neutral, 4 = stimme eher zu, 5 = stimme voll zu. Die SUS-Items sind dabei bewusst abwechselnd positiv und negativ formuliert, um Antworttendenzen zu reduzieren.

Zur Berechnung des SUS-Ergebniswerts wird pro Block ein standardisiertes Scoring angewendet. Zunächst werden die Antworten in Teilwerte umgerechnet: Bei den positiv formulierten SUS-Items (1, 3, 5, 7, 9) wird jeweils (Antwort – 1) berechnet. Bei den negativ formulierten SUS-Items (2, 4, 6, 8, 10) wird jeweils (5 – Antwort) berechnet. Anschließend werden alle zehn Teilwerte aufsummiert. Die Summe wird mit 2,5 multipliziert. Dadurch entsteht pro Interaktionsmethode ein SUS-Score zwischen 0 und 100, wobei höhere Werte eine bessere wahrgenommene Usability ausdrücken. Auf Basis dieser beiden Scores (SUS - NFC und SUS - QR) wird abschließend die zentrale Forschungsfrage (F1) beantwortet, indem die Usability-Bewertungen der beiden Interaktionsarten miteinander verglichen werden.

5.4.1 Fragen

Block A: NFC (nach der NFC-Interaktion)

Die folgenden Aussagen beziehen sich auf die Interaktion über NFC (Tap). Bitte bewerten Sie Ihre Erfahrung.“

F1- Usability-Vergleich / SUS - 10 Items (NFC)

1. „Ich denke, dass ich diese Interaktionsmethode (NFC) häufig nutzen würde.“

2. „Ich fand die Interaktionsmethode (NFC) unnötig komplex.“
3. „Ich fand die Interaktionsmethode (NFC) einfach zu benutzen.“
4. „Ich denke, ich würde die Unterstützung einer technischen Person benötigen, um die Interaktionsmethode (NFC) nutzen zu können.“
5. „Ich fand, dass die einzelnen Schritte gut aufeinander abgestimmt waren.“
6. „Ich fand, dass es zu viele Unstimmigkeiten gab.“
7. „Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Menschen sehr schnell lernen würden, mit dieser Interaktionsmethode (NFC) umzugehen.“
8. „Ich fand die Interaktionsmethode (NFC) sehr umständlich.“
9. „Ich fühlte mich bei der Nutzung der Interaktionsmethode (NFC) sicher.“
10. „Ich musste viele Dinge lernen, bevor ich mit der Interaktionsmethode (NFC) loslegen konnte.“

F2 - Friktion/Nutzbarkeit (NFC) (2 Items)

11. „Der Einstieg über NFC war schnell und unkompliziert.“
12. „Die Interaktion über NFC wirkte auf mich modern und zeitgemäß.“

F3 - Wiederverwendungsabsicht (NFC) (1 Item)

13. „Ich kann mir gut vorstellen, NFC in Alltagssituationen für ähnliche Interaktionen zu nutzen.“

Block B: QR (nach der QR-Interaktion)

„Die folgenden Aussagen beziehen sich auf die Interaktion über QR-Code (Scan). Bitte bewerten Sie Ihre Erfahrung.“

F1 - Usability-Vergleich / SUS - 10 Items (QR)

1. „Ich denke, dass ich diese Interaktionsmethode (QR-Code) häufig nutzen würde.“
2. „Ich fand die Interaktionsmethode (QR-Code) unnötig komplex.“
3. „Ich fand die Interaktionsmethode (QR-Code) einfach zu benutzen.“
4. „Ich denke, ich würde die Unterstützung einer technischen Person benötigen, um die Interaktionsmethode (QR-Code) nutzen zu können.“
5. „Ich fand, dass die einzelnen Schritte gut aufeinander abgestimmt waren.“
6. „Ich fand, dass es zu viele Unstimmigkeiten gab.“
7. „Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Menschen sehr schnell lernen würden, mit dieser Interaktionsmethode (QR-Code) umzugehen.“
8. „Ich fand die Interaktionsmethode (QR-Code) sehr umständlich.“

9. „Ich fühlte mich bei der Nutzung der Interaktionsmethode (QR-Code) sicher.“
10. „Ich musste viele Dinge lernen, bevor ich mit der Interaktionsmethode (QR-Code) loslegen konnte.“

F2 - Friktion/Nutzbarkeit (QR) (2 Items)

11. „Der Einstieg über QR-Code war schnell und unkompliziert.“
12. „Die Interaktion über QR-Code wirkte auf mich modern und zeitgemäß.“

F3 - Wiederverwendungsabsicht (QR) (1 Item)

13. „Ich kann mir gut vorstellen, QR-Codes in Alltagssituationen für ähnliche Interaktionen zu nutzen.“

6 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der durchgeführten Vergleichsstudie zwischen NFC und QR-Code dargestellt. Ziel der Evaluation war es, die beiden Interaktionsformen hinsichtlich Usability, wahrgenommener Nutzbarkeit im Ablauf sowie Wiederverwendungsabsicht zu vergleichen. Insgesamt nahmen 20 Personen an der Studie teil. Um Reihenfolgeeffekte zu reduzieren, wurde ein Counterbalancing eingesetzt. Gruppe A bestand aus 10 Personen und durchlief zuerst die NFC-Interaktion und anschließend die QR-Code-Interaktion. Gruppe B bestand ebenfalls aus 10 Personen und bearbeitete die Bedingungen in umgekehrter Reihenfolge.

Die Auswertung erfolgt entlang der in Kapitel 4 formulierten Forschungsfragen und Hypothesen. Da jede Testperson beide Interaktionsvarianten durchlief, konnten die Einschätzungen direkt innerhalb derselben Stichprobe gegenübergestellt werden. Neben der SUS-Analyse, deren Scorewerte von 0 (sehr schlechte Usability) bis 100 (sehr gute Usability) reichen, wurden die Zusatzitems auf einer 5-stufigen Likert-Skala erhoben (1 = stimme gar nicht zu, 5 = stimme voll zu).

6.1 Ergebnisse zu F1 / H1: Usability-Vergleich anhand der SUS

Die erste Forschungsfrage lautete, ob sich die wahrgenommene Usability der Interaktion über NFC im Vergleich zur Interaktion über QR-Code unterscheidet. Zur Beantwortung dieser Frage wurde für beide Varianten die System Usability Scale (SUS) ausgewertet. Dabei wurden ausschließlich die ersten zehn Items des Fragebogens berücksichtigt.

Die Auswertung zeigt einen deutlichen Unterschied zugunsten von NFC. Für die NFC-Interaktion ergab sich ein durchschnittlicher SUS-Wert von 86,38 Punkten, während die QR-Code-Interaktion einen durchschnittlichen SUS-Wert von 75,88 Punkte erreichte. Daraus ergibt sich eine Differenz von 10,50 SUS-Punkten zugunsten der NFC-Variante. Die getrennte Betrachtung der Gruppen A und B diente ergänzend der Kontrolle möglicher Reihenfolgeeffekte. Dabei zeigten beide Gruppen unabhängig von

der Reihenfolge – also unabhängig davon, ob mit der NFC- oder der QR-Interaktion begonnen wurde – dieselbe Tendenz zugunsten der NFC-Interaktion.

Damit wird Hypothese H1 durch die erhobenen Daten gestützt. Die NFC-Interaktion wurde von den Teilnehmenden insgesamt als benutzerfreundlicher wahrgenommen als die QR-Code-Interaktion. Dieses Ergebnis spricht dafür, dass der direkte Einstieg per Tap im Vergleich zum Kamera- und sichtbasierten QR-Scan als reibungsloser und intuitiver erlebt wurde. Gleichzeitig zeigt das Ergebnis, dass beide Varianten grundsätzlich nutzbar waren, NFC im direkten Vergleich jedoch die deutlich höhere Usability-Bewertung erhielt. Diese Einordnung wird durch aktuelle Studien gestützt, in denen NFC als direkter Einstieg in digitale Bewertungs- und Feedbackprozesse eingesetzt wurde und zugleich die Bedeutung klar sichtbarer NFC-Touchpoints hervorgehoben wird (*Karpavičė et al., 2023, S. 581–582; Abdul Razak et al., 2024, S. 213ff.*).

6.2 Ergebnisse zu F2 / H2: Wahrgenommene Nutzbarkeit im Ablauf

Die zweite Forschungsfrage bezog sich auf die wahrgenommene Nutzbarkeit im Ablauf, insbesondere auf Einfachheit, Friktion und den unmittelbaren Interaktionseinstieg. Hierfür wurden ergänzend zur SUS zwei Zusatzitems ausgewertet, die sich auf den Einstieg in die jeweilige Interaktion bezogen.

Für die NFC-Interaktion ergab sich bei den Zusatzitems zur Nutzbarkeit ein durchschnittlicher Mittelwert von 4,80 Punkten, während die QR-Code-Interaktion einen Mittelwert von 3,85 Punkten erreichte. Damit zeigte sich deutlich, dass NFC im Ablauf als einfacher, unmittelbarer und insgesamt reibungsloser wahrgenommen wurde als der Einstieg über QR-Code.

Damit wird auch Hypothese H2 durch die erhobenen Daten gestützt. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die NFC-Interaktion im Einstieg und im wahrgenommenen Ablauf weniger Hürden erzeugt und somit als alltagstauglicher erlebt wird. Gerade im Kontext kurzer Interaktionen im Vorbeigehen ist dieser Aspekt besonders relevant, da bereits kleine technische oder kognitive Hürden dazu führen können, dass eine Interaktion nicht durchgeführt oder frühzeitig abgebrochen wird.

6.3 Ergebnisse zu F3 / H3: Wiederverwendungsabsicht

Die dritte Forschungsfrage untersuchte, welche Interaktionsform zu einer höheren Wiederverwendungsabsicht führt. Diese wurde über ein separates Zusatzitem erfasst, das die Bereitschaft der Teilnehmenden abbildet, die jeweilige Interaktionsmethode auch in ähnlichen Alltagssituationen künftig erneut zu nutzen.

Für die NFC-Interaktion ergab sich hierbei ein Mittelwert von 4,35 Punkten, für die QR-Code-Interaktion ein Mittelwert von 4,00. Damit weist auch die Wiederverwendungsabsicht auf einen Vorteil der NFC-Variante hin. Hypothese H3 wird somit ebenfalls gestützt.

Dieses Ergebnis zeigt, dass NFC nicht nur im unmittelbaren Nutzungserlebnis besser bewertet wurde, sondern auch eine höhere Bereitschaft zur erneuten Nutzung auslöst. Für den praktischen Einsatz ist dies besonders relevant, da eine Interaktion nicht nur einmalig funktionieren, sondern auch in ähnlichen Alltagssituationen wiederholt akzeptiert und genutzt werden soll. Die Wiederverwendungsabsicht stellt damit einen wichtigen Indikator für die langfristige Akzeptanz des Systems dar.

6.4 Zusammenfassende Einordnung der Ergebnisse

Zusammenfassend zeigt die Evaluation, dass NFC in der vorliegenden Studie gegenüber QR-Code insgesamt vorteilhafter bewertet wurde. Besonders deutlich wird dies in der SUS-Auswertung, bei der NFC mit 86,38 Punkten einen deutlich höheren Mittelwert erreichte als QR mit 75,88 Punkten. Damit wurde Hypothese H1 bestätigt und die Annahme gestützt, dass NFC im Kontext kurzer, alltagsnaher Interaktionen als besonders benutzerfreundlich wahrgenommen wird.

Auch in Bezug auf die wahrgenommene Nutzbarkeit im Ablauf sowie die Wiederverwendungsabsicht zeigen sich klare Vorteile zugunsten von NFC. Mit einem Mittelwert von 4,80 gegenüber 3,85 bei der Nutzbarkeit und 4,35 gegenüber 4,00 bei der Wiederverwendungsabsicht wurde deutlich, dass NFC im Vergleich zu QR-Code als reibungsloser, alltagstauglicher und wiederverwendungsfähiger eingeschätzt wurde.

Kriterium	NFC	QR	Differenz
SUS	86,38	75,88	10,5
Nutzbarkeit	4,8	3,85	0,95
Wiederverwendungsabsicht	4,35	4	0,35

Abbildung 32: Ergebnis Score SUS und Zusatzitems

Quelle: Eigene Darstellung

Diese Einordnung wird durch eine Studie zu NFC-fähigen Produktverpackungen gestützt, in der etwas mehr als ein Drittel der Teilnehmenden stark zustimmte, künftig mit NFC zu interagieren, wenn sie die Technologie auf einer Verpackung erkennen (*Karpavičė et al., 2023, S. 582*).

Die Resultate stützen damit den in Kapitel 4 beschriebenen Problemkontext. Gerade bei Endkunden, die nur wenig Zeit für eine Interaktion haben, scheint ein unmittelbarer und schrittärmer Zugang über NFC-Vorteile gegenüber einem QR-basierten Einstieg zu bieten. Die Studie legt somit nahe, dass NFC insbesondere für kurze, niedrigschwellige digitale Interaktionen ein hohes Potenzial bereitstellt.

7 Ausblick: NFC als Baustein zukünftiger Interaktionslösungen

Zum Ende dieser Arbeit zeigt sich, dass NFC eine vielseitige und praxisrelevante Technologie für digitale Kurzinteraktionen darstellt. Obwohl NFC im Endkundenkontext bisher noch nicht so flächendeckend verbreitet ist wie QR-Codes oder klassische Touchdisplays, bietet die Technologie ein hohes Potenzial für zukünftige Interaktionslösungen. Insbesondere die direkte, schrittarme Nutzung durch einen kurzen Tap mit dem Smartphone schafft ein intuitives und modernes Interaktionsgefühl.

Ein wesentlicher Vorteil von NFC liegt im Interaktionskomfort. Im Vergleich zu QR-Codes entfällt das Öffnen der Kamera sowie das Ausrichten und Erfassen eines Codes. Gegenüber Touchdisplays bietet NFC zudem Vorteile in Bezug auf Hygiene, da keine gemeinsame Eingabefläche berührt werden muss. Gerade in öffentlich zugänglichen Bereichen oder im Einzelhandel kann dies die Nutzungsbereitschaft erhöhen und die Hemmschwelle für eine Interaktion senken.

Darüber hinaus überzeugt NFC auch aus wirtschaftlicher Sicht durch geringe Betriebs- und Wartungskosten, insbesondere bei passiven Transpondern, die ohne eigene Stromversorgung auskommen. Dadurch eignet sich NFC nicht nur für einzelne Pilotanwendungen, sondern auch für eine skalierbare Nutzung in unterschiedlichen Einsatzfeldern. Neben industriellen Anwendungen, in denen RFID-Systeme bereits etabliert sind, zeigt sich auch im Einzelhandel, in der Marktforschung, im Eventbereich oder in servicebezogenen Kundenkontaktpunkten ein relevantes Potenzial.

Besonders im halböffentlichen Raum kann sich NFC als hybride Ergänzung zu bestehenden Interaktionsformen lohnen. Gerade dort, wo schnelle und unmittelbare Kurzinteraktionen erforderlich sind, kann NFC den Einstieg vereinfachen und gegenüber QR-Codes Vorteile bieten. QR-Codes behalten dabei weiterhin ihre Berechtigung, insbesondere in Szenarien mit größerer Distanz, in denen sie ihre Stärken ausspielen können. NFC eignet sich hingegen vor allem für gezielte Nahbereichsinteraktionen mit einem besonders direkten Interaktionsgefühl, wie die Ergebnisse der Studie belegten.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass NFC eine technisch robuste und zugleich nutzerfreundliche Grundlage für zukünftige Interaktionssysteme darstellt. Hinzu kommen geringe Betriebskosten, da insbesondere passive NFC-Transponder ohne eigene Stromversorgung auskommen. Gleichzeitig ermöglicht NFC eine ressourcenschonende Interaktion zwischen Endkunden und Software, da das Smartphone der Nutzenden bereits als Eingabe- und Ausgabegerät dient und somit kein separates Display auf Betreiberseite erforderlich ist. Dies hat zur Folge, dass sich der Bedarf an stationären Touchdisplays insbesondere bei einfachen Kurzinteraktionen reduzieren kann. Dadurch können sowohl die Nutzungserfahrung als auch die wirtschaftliche Effizienz verbessert und der ökologische Fußabdruck beim verstärkten Einsatz von NFC verringert werden. Für Betreiber bietet sich damit die Möglichkeit, kundennahe Ziele wie Feedbackerhebung für Marktforschung oder andere Interaktionsprozesse kostengünstig, modern und innovativ umzusetzen.

Literaturverzeichnis

- Abdul Razak et al., 2024, Visitor Experience Map and NFC-Based Scoring for Data-Driven Exhibition Enhancement, Emerging Science Journal, <https://doi.org/10.28991/ESJ-2024-08-01-015>, 27.04.2026
- Alrawad, Mahmaod et al., 2023, Examining the influence of trust and perceived risk on customers' intention to use NFC mobile payment system, Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100070>, 28.04.2026
- Barton T. et al., 2016, Mobile Anwendungen im Unternehmen, Springer Nature, <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-12010-8>, 14.12.2025
- Beisecker, Sven; Schlereth, Christian, 2024, Offering prosocial incentives on-top: Do they sweeten the deal or poison the well?, Psychology & Marketing, Wiley, <https://doi.org/10.1002/mar.21941>, 01.05.2026
- Finkenzeller, Klaus, 2015, RFID-Handbuch : Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC, Carl Hanser Verlag, <https://www.hanser-elibrary.com/doi/book/10.3139/9783446444393>, 02.01.2026
- ISO, 2020, Ergonomics of human-system interaction — Part 110: Interaction principles, <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:9241:-110:ed-2:v1:en> 13.12.2025
- ISO/IEC 18004:2024(en), 2024, <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso-iec:18004:ed-4:v1:en>, 13.12.2025
- Josef Langer & Michael Roland, 2010, Anwendungen und Technik von Near Field Communication (NFC), Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, <https://katalog.haw-hamburg.de/vufind/Record/165026528X?sid=23866266>, 02.01.2026
- Karpavičė, Justina et al., 2023, Experimental approaches to NFC-enabled packaging for UX/CX of physical artefacts: A technology maturity study, Procedia Computer Science, Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.326>, 27.04.2026
- Kizilcec, 2016, How much information? Effects of transparency on trust in an algorithmic interface, Association for Computing Machinery (ACM) <https://rene.kizilcec.com/wp-content/uploads/2016/01/kizilcec2016information.pdf>,

08.02.2026

Little L. et al., 2005, International Journal of Human Computer Studies, Elsevier,

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581905000674?ref=cra_js_challeng&fr=RR-1, 14.12.2025

Müller J. et al., 2010, Requirements and Design Space for Interactive Public Displays, Association for Computing Machinery, <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1873951.1874203>, 13.12.2025

Peter Bühler et al., 2017, Visuelle Kommunikation, Springer Verlag,

<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-53770-1>, 18.04.2026

Robin Williams, 2014, The Non-Designer's Design Book, Pearson Education,

https://www.google.de/books/edition/The_Non_Designer_s_Design_Book/gUWPBQAAQBAJ?hl=de&gbpv=0, 18.04.2026

Thomas Geis & Guido Tesch, 2023, Basiswissen Usability und User Experience, 2. Auflage,

dpunkt.verlag, <https://www.assets.dpunkt.de/leseproben/13988/Kapitel%202.pdf>, 12.12.2025

Uitz I., & Harnisch, M., 2012, Der QR-Code - aktuelle Entwicklungen und Anwendungsbereiche,

Informatik-Spektrum, <https://link.springer.com/article/10.1007/s00287-012-0608-5>,

22.12.2025

Bild-Quellen

„Amplitude Key Shifting“ Verfahren: <https://www.elektroniktutor.de/signalkunde/ask.html>

19.01.2026

Aztec-Code: <https://de.wikipedia.org/wiki/Aztec-Code>, 29.12.2025

Data-Matrix: <https://de.wikipedia.org/wiki/Datamatrixcode>, 29.12.2025

EAN-Barcode: https://de.wikipedia.org/wiki/European_Article_Number, 29.12.2025

Finkenzeller, Klaus, 2015, RFID-Handbuch : Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC, Carl Hanser Verlag,

<https://www.hanser-elibrary.com/doi/book/10.3139/9783446444393>, 02.01.2026

Müller J. et al., 2010, Requirements and Design Space for Interactive Public Displays, Association for Computing Machinery, <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1873951.1874203>, 13.12.2025

Uitz I., & Harnisch, M., 2012, Der QR-Code - aktuelle Entwicklungen und Anwendungsbereiche,

Informatik-Spektrum, <https://link.springer.com/article/10.1007/s00287-012-0608-5>,

22.12.2025

Anhang

Zum Code: Das vollständige GitHub-Repository ist unter folgendem Link abrufbar:

[GitHub-Repository](#)

Eigenständigkeitserklärung

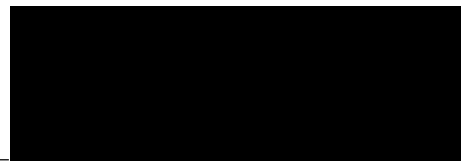
Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel:

Entwicklung und Evaluation einer NFC-gestützten Softwareanwendung zur Erfassung und Auswertung von Kundenfeedback.

Ich erkläre, dass ich die Arbeit selbständig und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln verfasst habe. Alle Passagen, die ich wörtlich aus der Literatur oder aus anderen Quellen, wie z. B. Internetseiten, übernommen habe, habe ich deutlich als Zitat mit Angabe der Quelle kenntlich gemacht. KI-gestützte Tools habe ich ausschließlich dazu verwendet, Formulierungen sprachlich abzurunden, Rechtschreibung und Grammatik zu prüfen sowie vereinzelt Grafiken zur eigenen Darstellung zu erstellen.

15.05.2026

Datum



Unterschrift