



Fakultät Informatik

**Bewertung bekannter
Ad-hoc-Routing-Protokolle zur
prototypischen Realisierung einer
mobilen Messenger-Applikation**

Wissenschaftliches Schreiben im Studiengang Informatik

vorgelegt von

Jan-Eric Gedicke

Matrikelnummer 3653446

Erstgutachter: Marcus Fiebig

Zweitgutachter:

© 2025

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung (evtl noch etwas umschreiben)	1
2	Vorstellung der Siemens AG (noch umschreiben)	2
3	Vorstellung meiner Fachabteilung (noch umschreiben)	3
4	Vorstellung meiner Fachabteilung (noch umschreiben)	4
5	Projekt Smart Factory-Anlage	5
5.1	Projekt Smart Factory-Anlage: Aufgabenstellung (evtl noch umschreiben)	5
5.2	Projekt Smart Factory-Anlage: Zielsetzung	6
5.2.1	Station 1: Modulares Produktionssystem (umschreiben)	7
5.2.2	Station 2: Abfüllung (geschrieben)	7
5.2.3	Station 3: Quality Gate (geschrieben)	7
5.2.4	Station 4: Kommissionierbahnen (geschrieben)	7
5.2.5	Station 5: Eckstation (geschrieben)	8
5.2.6	Station 6: Recycling (geschrieben)	8
5.2.7	Netzwerkverbund (geschrieben)	8
5.3	Projekt SmartFactory-Anlage: Projektorganisation (geschrieben)	9
5.4	Projekt SmartFactory-Anlage: Projektverlauf (umschreiben)	10
6	Literaturverzeichnis	12
7	Textzusammenfassung	14

1 Einleitung (evtl noch etwas umschreiben)

Dieser Praktikumsbericht dokumentiert mein Praxissemester bei der Siemens AG. Als dualer Student bei Siemens bin ich sowohl meiner Fachabteilung (DI CS SD EH FA 2), als auch der SPE (Siemens Professional Education), also einer Ausbildungsabteilung, zugewiesen. Mein Praxissemester umfasst daher zwei praktische Projekte, eines in meiner Abteilung und eines der Ausbildungsabteilung, welche ich begleiten durfte. In meiner Fachabteilung "Expert House" (DI CS SD EH FA 2), war ich Teil der Weiterentwicklung der Smart Factory-Anlage, einer für Studierende konzipierten Trainings- und Automatisierungsanlage zur Simulation einer Flaschenabfüllungsproduktion. Während meiner Zeit in der Ausbildungsabteilung habe ich das Projekt "BersiBot", die Programmierung eines Roboters mit KI-Bildererkennung und Webseitensteuerung, begleitet. Die spezifischen Aufgabenstellungen, Ziele, das Projektmanagement, der Projektverlauf und die erreichten Ergebnisse des Projekts „SmartFactory- Anlage“ sind Hauptgegenstand dieses Berichts. Auf das Projekt "BersiBot" werde ich in diesem Bericht nicht gesondert eingehen, da es gerade im Hinblick auf das Projektmanagement und die allgemeine Vorgehensweise sehr starke Überschneidungen beider Projekte gibt und die SmartFactory-Anlage das deutlich umfangreichere Projekt ist.

textitAd Hoc Network based Android Messaging Apps [12]

2 Vorstellung der Siemens AG (noch umschreiben)

Siemens wurde 1847 von Werner Siemens und Georg Halske als „Telegraphen Bau-Anstalt von Siemens und Halske“ in Berlin gegründet. In den darauffolgenden Jahren expandierte die Firma in weitere Standorte in Russland und England und erschloss neue Geschäftsfelder, wie z.B. der Elektrifizierung der Eisenbahn. In den 1930er Jahren kamen unter anderen Sparten elektrische Haushaltsgeräte, Wärme und Heizungskonzepte und Medizintechnik hinzu. Heute sind die Bereiche Digital Industries, Smart Infrastructure und Healthineers, die nach Anzahl der Mitarbeiter größten Segmente des Unternehmens. Die Siemens AG mit ihren aktuell 320.000 Mitarbeitern konnte im Geschäftsjahr 2022/23 einen Umsatz von rund 77,8 Millionen Euro erzielen und dabei einen Nettogewinn von 8,5 Millionen Euro erwirtschaften.

3 Vorstellung meiner Fachabteilung (noch umschreiben)

Ich bin in der Abteilung Expert House eingestellt. Diese gehört zum Kundenservice der Digital Industries – Sparte des Siemens AG. Das Expert House dient dazu, Siemens – Kunden fachliche Spezialisten für ihre eigenen Projekte zur Verfügung zu stellen. Innerhalb des Expert House gibt es unterschiedliche Fachbereiche, darunter den Bereich Process Automation, sowie Factory Automation, welchem ich annehöre. Typische Tätigkeitsbereiche der Factory Automation sind zum Beispiel die Programmierung und Inbetriebnahme einer Automatisierungsanlage für den Kunden oder die Entwicklung von kundenspezifischer Software. Der Factory Automation Bereich wird aufgrund es fachlichen Umfangs noch ein weiteres Mal in nummerierte Gruppen unterteilt. Meine Gruppe, 2, beschäftigt sich vor Allem mit der Entwicklung von Cloud Services und Edge Anwendungen. Allerdings werden Mitarbeiter auch über die eigentlichen Aufgabenbereiche ihrer Gruppe hinaus eingesetzt.

4 Vorstellung meiner Fachabteilung (noch umschreiben)

Ich bin in der Abteilung Expert House eingestellt. Diese gehört zum Kundenservice der Digital Industries – Sparte des Siemens AG. Das Expert House dient dazu, Siemens – Kunden fachliche Spezialisten für ihre eigenen Projekte zur Verfügung zu stellen. Innerhalb des Expert House gibt es unterschiedliche Fachbereiche, darunter den Bereich Process Automation, sowie Factory Automation, welchem ich annehöre. Typische Tätigkeitsbereiche der Factory Automation sind zum Beispiel die Programmierung und Inbetriebnahme einer Automatisierungsanlage für den Kunden oder die Entwicklung von kundenspezifischer Software. Der Factory Automation Bereich wird aufgrund es fachlichen Umfangs noch ein weiteres Mal in nummerierte Gruppen unterteilt. Meine Gruppe, 2, beschäftigt sich vor Allem mit der Entwicklung von Cloud Services und Edge Anwendungen. Allerdings werden Mitarbeiter auch über die eigentlichen Aufgabenbereiche ihrer Gruppe hinaus eingesetzt.

5 Projekt Smart Factory-Anlage

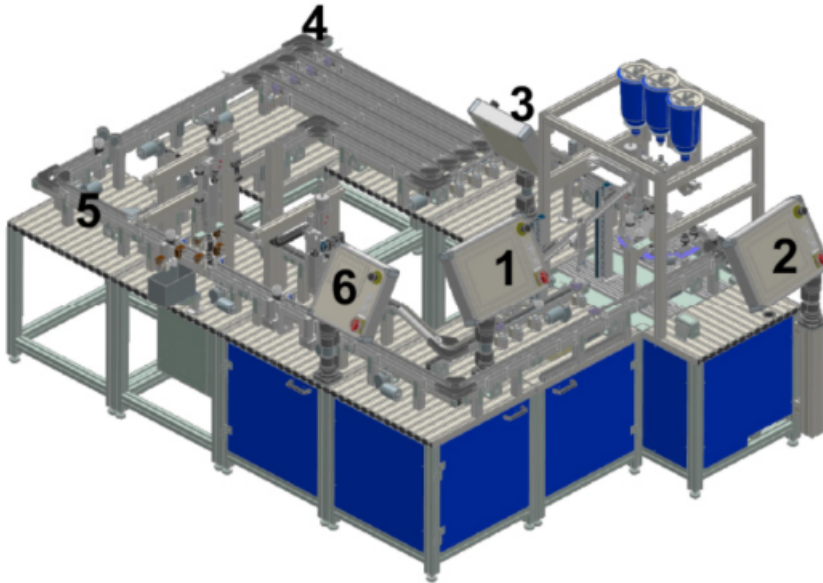


Abbildung 1: Stationen der SmartFactory-Anlage⁸

5.1 Projekt Smart Factory-Anlage: Aufgabenstellung (evtl noch umschreiben)

Die SmartFactory-Anlage ist eine speziell für Schulungszwecke konzipierte Automatisierungsanlage, die von der Abteilung Expert House entwickelt wurde. Sie beinhaltet verschiedene Produkte aus dem Siemens-Produktkatalog wie zum Beispiel speicherprogrammierbare Steuerungen, Lichtsensoren und Motoren. Meine Aufgabe bestand darin, zusammen mit 18 weiteren Studierenden die Weiterentwicklung für diese Anlage durchzuführen. Dies umfasste sowohl die vollständige Ausbesserung von Bugs, als auch das Testen der Robustheit der Software. Die Software wurde nach dem ISA-88-Standard umgesetzt und alle Erweiterungen sollen auch nach diesem hinzugefügt werden. Zur Programmierung war die Siemens-Automatisierungssoftware „TIA-Portal“ zur Verwendung vorgegeben. Eine weitere Anforderung war es, die umfassenden Dokumentationsunterlagen in Form von Word-Dokumenten für nachfolgende Studierende auszubessern

und gegebenenfalls mit den neuen Funktionen zu erweitern. Die Nutzung des ISA-88-Standard soll gewährleisten, dass die Anlage ohne einen Ansprechpartner aus unserem Projektteam weiterentwickelbar ist. (evtl auf aufteilung unit,em,cm eingehen?)

5.2 Projekt Smart Factory-Anlage: Zielsetzung

Das Ziel am Ende des Praxissemesters war es, die funktionsfähige SmartFactory-Anlage Weiterzuentwickeln, ihre Robustheit zu erhöhen und dies zu präsentieren. Dafür muss für jedes Anlagenmodul bekannte Fehler und offene Punkte aus der LOP abgearbeitet werden, sowie bei der Erkennung neuer Fehler, diese zur LOP hinzugefügt werden. Desweiteren müssen die Bedingungen des Projektowners, eine einheitliche HMI-Schnittstelle und eine leichte Bedienung der Anlage umgesetzt werden.

(Maybe auf zyklische Kommunikation und Bugfixes eingehen? Teil der Zielsetzung?: Bei der SmartFactory-Anlage handelt es sich um eine Übungs- und Testanlage zu Ausbildungszwecken und dem Testen von Prototypen. Sie simuliert eine Flaschenabfüllungsproduktion in einem kleinen Format und soll Auszubildenden mit vielen Produkten aus dem Siemens-Katalog vertraut machen. Die Anlage ist daher in sechs Anlagenmodule unterteilt, von der Materialzuführung bis hin zum abschließenden Recycling, jedes mit verschiedenen Schwerpunkten aber ähnlicher Hardware. Hardwaretechnisch sind alle Anlagen mit einer Siemens- Simatic S7-1500 Speicherprogrammierbaren Steuerung, sowie einem Siemens- HMI, einem Touchscreen für Statusmeldungen und Benutzereingaben und Transportbändern ausgestattet. Desweiteren sind an einigen Stationen pneumatisch betreibende Greifern und RFID-Schreib-Lesegeräte verbaut. Die Anlage läuft iterativ. Im Falle der Anlage bedeutet dies, dass am Ende des Kreislaufes, nach dem Recycling, die Flaschen, Deckel und Kugeln wieder für die erneute Verarbeitung bereitgestellt werden, damit sie erneut abgefüllt werden können. Die Anlage kann über drei Betriebsmodi, Einrichtungs-, Hand- und Automatikbetrieb und zwei Betriebsarten, Modular- und Inselbetrieb über das stationszugehörigen HMI gesteuert werden. Im Einrichtungsbetrieb kann der Bediener uneingeschränkt alle Anlagenteile bewegen, auch wenn dies zu mechanischen Fehlern führen könnte. Der Handbetrieb ermöglicht es, einzelne Funktionen, die sich aus der Ansteuerung mehrerer Aktoren zusammensetzen auszuführen, beispielsweise das Befüllen einer Flasche oder das Entleeren eines Bandes. Im Automatikbetrieb soll die Anlage vollständig automatisiert laufen und nur im Fehlerfall oder zum Anlegen eines Auftrags einen Bediener erfordern. Im Folgenden wird der Ablauf der verschiedenen Stationen der Anlage im Automatikbetrieb erläutert.)

noch Teil der Zielsetzung?

Maybe als Kurzbeschreibung der Anlage?

5.2.1 Station 1: Modulares Produktionssystem (umschreiben)

Das Modulare Produktionssystem nimmt Flaschen und Deckel von der Recycling-Anlage entgegen und stellt diese auf Anforderung der Abfüllstation zur Verfügung. Sie leitet nur weiße Deckel weiter, während deckel mit einer anderen farbe aussortiert werden. Deckel mit unlesbaren RFID-Tag sollen grundsätzlich aussortiert werden. Sollte eine Anforderung der Abfüllstation erfolgen, wird die angegebene Anzahl der Flaschen gesendet und bei Anforderung ein Deckel auf die befüllte Flasche gesetzt.

5.2.2 Station 2: Abfüllung (geschrieben)

Die Abfüllstation hat die Aufgabe, Flaschen mit einer vorgegebenen Anzahl von Kugeln zu befüllen. Diese Anzahl wird durch die Erstellung von Aufträgen am HMI festgelegt. Hier kann zum Beispiel der Prozentsatz der Kugelfarbe (bei einem Maximum von 250 Kugeln) oder ein Absolutwert für die Anzahl der Kugeln festgelegt werden. Für das abfüllen, hat die Abfüllung drei Container mit jeweils, roten, blauen und gelben Kugeln. Außerdem kann die Anzahl der abzufüllenden Flaschen angegeben werden. Diese Anzahl wird per `Ön-DemandTCP`-Verbindung an das modulare Produktionssystem gesendet. Die danach von dem modulare Produktionssystem gesendeten Flaschen werden durch einen Drehteller an verschiedenen Verarbeitungsstationen bewegt. Als erstes wird die Flasche mit des Auftrages angegebenen Anzahl an Kugeln befüllt. Dann wird ein Deckel von dem modulare Produktionssystem angefordert. Der Deckel wird danach mit einen drehbaren Greifer verschraubt und an der nächsten Station wird der Deckel mit einem RFID-Tag beschrieben. Der RFID-Tag enthält Datum und Uhrzeit der Abfüllung, sowie welcher Auftrag abgefüllt wurde.

5.2.3 Station 3: Quality Gate (geschrieben)

Das Quality Gate soll wie der Name sagt, die Auftragsdaten auf dem RFID-Tag mit dem Inhalt der Flasche abgleichen. Hierzu soll ein Farbsensor dienen, der die farbliche Zusammensetzung prüft. Sollte die farbliche Zusammensetzung übereinstimmen, wird der RFID-Tag der Flasche mit "Gut" beschrieben, sollte sie aber nicht übereinstimmen wird der RFID-Tag mit "„Ausschuss" beschrieben.

5.2.4 Station 4: Kommissionierbahnen (geschrieben)

Die Kommissionierbahnen sollen die vom Quality-Gate ankommenden Flaschen nach Auftragsnummer sortieren, hierzu wird zu beginn der RFID-Tag gelesen und die Flasche auf eine von vier Bahnen sortiert. Fehlerhafte Flaschen werden direkt über ein

Ausschussband an die nächste Station weitergegeben. Sollte die Flasche “In Ordnung” sein, wird sie auf eine von vier Bändern sortiert. (ein auftrag pro band). Die sortierten Flaschen sollen so lange in der Station gehalten werden, bis der entsprechende Auftrag abgeschlossen wurde oder der Bediener ein manuelles Entleeren der Bänder anfordert.

5.2.5 Station 5: Eckstation (geschrieben)

Das Feature der Eckstation ist, zwei Laufbänder, die wie hochklappbare Brücken funktionieren. Das Hochklappen ermöglicht es, einen Schaltschrank in der Mitte der Anlage zu erreichen. Das Hochklappen der Laufbänder soll unterbunden werden, wenn noch Flaschen auf dem Laufband sind. Dies erfordert das Tracken der Flaschenanzahl und einen Stopper, um den Zulauf der Flaschen bei hochgeklappten Laufbändern zu verhindern und das Hochklappen bei vollem Laufband zu verhindern. Ist das Laufband voll, wird der Zulauf durch den Stopper verhindert.

5.2.6 Station 6: Recycling (geschrieben)

Die Recyclingstation recycelt alle ankommenden Flaschen, also alle aus erfolgreich erfüllten Aufträgen und alle aussortierten Flaschen. Der Flaschendeckel wird mit einem Greifer entfernt und auf ein anderes Laufband gesetzt. Danach wird die Flasche angehoben und die Kugeln über einem Trichter entfernt. Die Kugeln werden daraufhin mit einem Farbsortierer und Luftdruck in die farblich übereinstimmenden Container an der Abfüllung geschossen, und die Flasche wird auf das Laufband zum modularen Produktionssystem gesetzt.

5.2.7 Netzwerkverbund (geschrieben)

Alle Anlagenteile sind mit Ethernet mit dem Einschaltschrank verbunden und bilden damit ein Subnetz. Dies ermöglicht eine effiziente und stabile Kommunikation zwischen den verschiedenen Stationen der Anlage und ermöglicht das senden und empfangen von Daten. Die gesamte Kommunikation der Anlage erfolgt “On-Demand” und passiert dadurch nur wenn sie von einer anderen Station angefordert wird. Dies minimiert unnötigen datenverkehr und trägt dadurch zur Reduzierung der verbrauchten Ressourcen bei.

5.3 Projekt SmartFactory-Anlage: Projektorganisation (geschrieben)

Das Projektteam besteht aus ... Informatikstudenten und ... Elektro- und Informationstechnikstudenten sowie drei Fachbetreuern. Diese haben uns als "Product Owner" im Projekt unterstützt und geleitet.

Das gesamte Projekt wurde auf Scrum basierend durchgeführt. Allerdings wurde, wie in Abschnitt 1, "Einleitung", erläutert, sowohl bei uns, den Informatikern, als auch bei den Elektro- und Informationstechnikern, die Phase im Expert House durch die SPE-Phase unterbrochen, dies allerdings zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Dadurch wurde in den ersten acht Wochen von allen gemeinsam am Projekt gearbeitet, in den folgenden acht Wochen nur von den Elektro- und Informationstechnikern, und in den letzten acht Wochen ausschließlich von uns Informatikern.

Dies führte dazu, dass an den Übergabepunkten große und kleine Änderungen klar an die "Nachfolger" übergeben werden mussten. Gleichzeitig war es essenziell, die Dokumentation stets auf dem aktuellen Stand zu halten, um eine reibungslose Weiterarbeit zu ermöglichen.

Dies passte gut, da wir unser Team mit Scrum organisiert haben. Dadurch stimmten wir uns gemeinsam, Betreuer und Auszubildende, in Daily-Meetings ab. Wir arbeiteten in Zwei-Wochen-Sprints, die jeweils mit einer Vorstellung der Ergebnisse an die Stakeholder endeten. Eine zentrale Rolle spielte die "List of Open Points" (LOP), die zur Dokumentation von bestehenden Fehlern und Mängeln genutzt wurde.

Die LOP war in Dringlichkeitsstufen unterteilt:

- **Sehr wichtig:** Prozessbeendende Fehler oder solche, die mechanische Schäden verursachen könnten.
- **Mittel:** Fehler, die den Prozess nicht vollständig stoppen, aber zu Fehlern in der Verarbeitung von Flaschen führen.
- **Niedrig:** Fehler mit geringeren Auswirkungen, z. B. das Herausfallen einer Kugel bei der Initialisierung der Abfüllstation.

Die Stakeholder legten diese Prioritäten fest. Für jeden Sprint suchten sich die Verantwortlichen der jeweiligen Station die wichtigsten Aufgaben mit der höchsten Priorität heraus und arbeiteten diese ab.

Gerade zu bearbeitende Aufgaben und bereits abgeschlossene wurden in ein Kanban-Board eingetragen. Dies half, den Fortschritt zu visualisieren und machte in den Daily-Meetings deutlich, welche Aufgaben eventuell vom Plan abwichen. Dadurch konnten

notwendige Anpassungen schnell besprochen und vorgenommen werden, um weiterhin das Projektziel in der gegebenen Zeit zu erreichen.

Obwohl wir uns nicht strikt an Scrum hielten, ergab dieser Ansatz aus unserer Sicht Sinn. Der Überblick über die aktuellen Aufgaben war so deutlich besser, und die Verständlichkeit in den Meetings wurde durch die Visualisierung wesentlich erleichtert.

Das Kanban-Board wurde in folgende Bereiche unterteilt:

- **Aufgaben:** Hier befinden sich alle Aufgaben, die im aktuellen Sprint erledigt werden müssten, mit denen sich aber noch niemand befasst hat.
- **In Bearbeitung:** Hier wurden die aktuell bearbeiteten Aufgaben gesammelt.
- **Internes Review:** Wurde eine Aufgabe abgeschlossen, wurde das Ergebnis zunächst durch einen weiteren Studierenden überprüft.
- **Ready for Review:** Eine von einem Studierenden als in Ordnung befundene Aufgabe wird noch ein weiteres Mal durch einen Betreuer geprüft.
- **Nacharbeiten:** Wurde eine durchgeführte Aufgabe entweder von einem Betreuer oder einem Studierenden als nicht in Ordnung befunden, oder es traten im Projektverlauf Probleme damit auf, ist sie in diesem Bereich zu finden.
- **Erledigt:** In diesem Bereich befinden sich schließlich komplett abgeschlossene Aufgaben.

5.4 Projekt SmartFactory-Anlage: Projektverlauf (umschreiben)

"Begriffsklärung „TIA Portal“:"

Im nachfolgenden Abschnitt wird das TIA-Portal mehrfach thematisiert. Dabei handelt es sich um die Entwicklungsumgebung für alle Automatisierungsprodukte von Siemens [2].

Die Prozesslogik für SPS (Speicherprogrammierbare Steuerungen) kann in unterschiedlichen Programmiersprachen, unter anderem FUP, AWL und SCL, programmiert werden. Die SmartFactory-Anlage sollte bedarfsgerecht in FUP (Funktionsplan) und SCL (Structured Control Language) programmiert werden. Da es sich bei einer PLC um ein Echtzeitsystem handelt, welches zyklisch arbeitet, müssen bei der Programmierung einige Aspekte berücksichtigt werden. Hierzu stehen folgende Konzepte zur Verfügung:

- **Funktion:** Vergleichbar mit einer Methode, beispielsweise in C#. Eine Funktion kann Übergabeparameter verarbeiten und darauf basierende Ausgabewerte berechnen. Allerdings werden die Ausgabewerte in jedem Programmzyklus neu berechnet und sind somit nicht persistent.
- **Funktionsbaustein:** Bietet die gleiche Funktionalität wie eine Funktion, mit dem Unterschied, dass Daten über einen Zyklus hinaus gespeichert werden.
- **Datenbaustein:** In einem Datenbaustein werden für das Programm notwendige Daten persistent gespeichert. Bei der Erstellung eines Funktionsbausteins wird ebenfalls ein Datenbaustein für dessen Daten angelegt.
- **User Defined Datatype (UDT):** Ein vom Programmierer festlegbarer Datentyp.

6 Literaturverzeichnis

- [1] Ikram Ali, Yong Chen, Mohammad Faisal, and Meng Li. *Efficient and Provably Secure Schemes for Vehicular Ad-Hoc Networks*. Springer, 2022.
- [2] Liam Bee. *PLC and HMI development with Siemens TIA Portal: develop PLC and HMI programs using standard methods and structured approaches with TIA Portal V17*. Packt Publishing, Limited, 2022. Preface.
- [3] Driss Benhaddou and Ala Al-Fuqaha (Hrsg.). *Wireless Sensor and Mobile Ad-Hoc Networks: Vehicular and Space Applications*. Springer, 2015.
- [4] S. Chatterjee and S. Das. Ant colony optimization based enhanced dynamic source routing algorithm for mobile ad-hoc network. *Information Sciences*, 295:67–90, 2015.
- [5] Ana Juan Ferrer. *Beyond Edge Computing: Swarm Computing and Ad-Hoc Edge Clouds*. Springer Nature, 2023.
- [6] William Roshan Quadros (Hrsg.), editor. *Proceedings of the 20th International Meshing Roundtable*. Springer-Verlag, 2011.
- [7] X. Li, A. Nayak, I. Ryl, and D. Simplot. On secure mobile ad hoc routing. *Ad Hoc & Sensor Wireless Networks*, 4(3):229–254, 2007.
- [8] Xiang-Yang Li, Symeon Papavassiliou, and Stefan Ruehrup (Hrsg.). Ad-hoc, mobile, and wireless networks: 11th international conference, adhoc-now 2012, belgrade, serbia, july 9-11, 2012. In *Ad-hoc, Mobile, and Wireless Networks: 11th International Conference, ADHOC-NOW 2012*. Springer, 2012.

- [9] Muhammad Zeeshan Shakir, Muhammad Ali Imran, Khalid A. Qaraqe, Mohamed-Slim Alouini, and Athanasios V. Vasilakos (Hrsg.). *Energy Management in Wireless Cellular and Ad-hoc Networks*, volume 50 of *Studies in Systems, Decision and Control*. Springer, 2016.
- [10] Prachee Singh, Yatindra Kumar Srivastava, Rahul, and Shelja Sharma. Ad hoc network based android messaging apps. *Department of Computer Science & Engineering, Galgotias College of Engineering & Technology and School of Engineering & Technology, Sharda University*, pages 1249–1253, 2013.
- [11] J. H. Song, V. W. S. Wong, and V. C. M. Leung. Efficient on-demand routing for mobile ad hoc wireless access networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 22(7):1374–1383, 2004.

1

¹[4], [11], [6], [10], [9], [8], [3], [5], [1]

7 Textzusammenfassung

Im Artikel *A Survey of Secure Mobile Ad Hoc Routing Protocols* wird gezeigt, dass Sicherheitsaspekte bei Ad-hoc-Routing-Protokollen für mobile Netzwerke eine zentrale Rolle spielen und in welchen Situationen Ad-hoc-Routing sogar internetbasierten Messenger-Applikationen überlegen ist [7, S. 1]. Der Artikel beschreibt die gängigsten Ad-hoc-Routing-Protokolle, AODV, DSR, OLSR, TORA, ihre Einteilung in reaktiv (on-demand), proaktiv (table-driven) und eine hybride Version beider, ihre grobe Verhaltensweise [7, S. 2] sowie die Sicherheitsbedrohungen, denen sie durch Angriffe wie Black-Hole-, Wormhole- oder Sybil-Angriffe ausgesetzt sind, und welche Methoden geeignet sind, diese Schwachstellen zu beheben [7, S. 4-11].

Einige Methoden sind kryptografische Verfahren, Intrusion Detection Systems (IDS) und Trust-basierte Mechanismen und es wird darauf eingegangen, inwiefern sie die Sicherheit erhöhen können, ohne die Leistung des Netzwerks signifikant zu beeinträchtigen [7, S. 7].

Das Besondere an diesem Textausschnitt ist die systematische Analyse bestehender Sicherheitslücken und die Diskussion potenzieller Lösungen für mobile Ad-hoc-Netzwerke [7, S. 9]. Nach wie vor offen ist das Problem, unter welchen Bedingungen neue Sicherheitsmechanismen implementiert werden können, die sowohl skalierbar als auch effizient sind [7, S. 12]. Folgende Fragen lässt Abusalah et al. jedoch offen: Wie können zukünftige Protokolle nicht nur sicher, sondern auch ressourcenschonend gestaltet werden, um den Einsatz in realen Anwendungen wie mobilen Messenger-Applikationen zu ermöglichen?

Darüber hinaus wird die Bedeutung von Vertrauen in der Sicherheit von MANETs hervorgehoben. Die Autoren betonen, dass Vertrauen eine wachsende Rolle spielt, insbesondere in offenen Umgebungen, in denen unbekannte Geräte jederzeit dem Netzwerk beitreten oder es verlassen können [7, S. 13]. Schließlich wird darauf hingewiesen, dass bestehende Verschlüsselungsmechanismen oft zu ressourcenintensiv sind und daher nicht immer praktikable Lösungen darstellen [7, S. 14]. Die Arbeit schließt mit der Empfehlung, zukünftige Forschungen auf die Entwicklung leichterer und effizienterer Sicherheitsmechanismen zu konzentrieren.

Ein weiterer wichtiger Aspekt, den die Autoren hervorheben, ist die Notwendigkeit, Ad-hoc-Netzwerke an spezifische Anwendungsszenarien anzupassen, um eine optimale

Balance zwischen Sicherheit und Leistung zu gewährleisten. Dabei wird auch auf die Bedeutung von Synergien zwischen Routing-Protokollen und Sicherheitsmechanismen eingegangen, um Bedrohungen proaktiv zu adressieren. Schließlich wird argumentiert, dass eine stärkere Integration von Lernmechanismen in Routing-Protokolle einen vielversprechenden Ansatz für die zukünftige Entwicklung darstellen könnte [7, S. 15].