

Björn Butzin, Frank Golatowski

# **Abbau von Nutzbarkeitshürden für den Einsatz von effektiven Sicherheitsmechanismen in der Gebäudeautomation der Zukunft**

F 3139

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2020

ISBN 978-3-7388-0451-5

Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

[www.irb.fraunhofer.de/tauforschung](http://www.irb.fraunhofer.de/tauforschung)

# Abbau von Nutzbarkeitshürden für den Einsatz von effektiven Sicherheitsmechanismen in der Gebäudeautomation der Zukunft

## Endbericht

Stand: 31.12.2018

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.

(Aktenzeichen: SWD-10.08. 7-16.11)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

Bearbeiter: M.Sc. Björn Butzin

Projektleiter: Dr. Frank Golatowski

# 1 Inhalt

1	Inhalt.....	2
2	Einführung .....	4
2.1	Ziel des Forschungsvorhabens.....	4
2.2	Zu lösende Probleme.....	4
2.3	Begründung .....	4
2.4	Arbeits- / Zeitplan.....	5
2.5	Untersuchungsmethodik .....	5
2.6	Erwarteter Nutzen .....	5
3	Grundlagen .....	6
3.1	Gebäudeautomation .....	6
3.2	Sicherheit (Security) .....	8
3.2.1	Grundbegriffe .....	9
4	Angriffsszenarien und Schutzziele.....	10
4.1	Bedrohungen .....	10
4.2	Motivationen für vorsätzliche Handlungen.....	12
4.3	Verursacher und Angriffsmöglichkeiten.....	13
4.4	Bedrohungsanalyse .....	16
4.5	Risiken.....	19
4.6	Risikoanalyse .....	20
4.7	Schutzziele .....	20
5	Stand der Technik.....	23
5.1	Gebäudeautomation .....	23
5.1.1	BACnet .....	23
5.1.2	KNX .....	50
5.1.3	Lon .....	53
5.1.4	Zigbee .....	54
5.1.5	enOcean.....	55
5.1.6	DALI.....	56
5.1.7	Zusammenfassung.....	57
5.2	Web und IoT Technologien.....	57
5.2.1	Hypertext Transfer Protocol .....	58
5.2.2	CoAP .....	59
5.2.3	MQTT .....	60
5.2.4	DPWS .....	61

5.2.5	OPC-UA .....	63
5.3	Technologieunabhängiger Schutz von Anlagen .....	63
5.3.1	Bedrohungsanalyse .....	63
5.3.2	Netzwerk Segmentierung.....	63
5.3.3	Fernzugriff .....	64
5.4	Verwandte Projekte .....	66
5.4.1	Test-Frameworks.....	68
6	Assistierendes Sicherheitsframework .....	69
6.1	Bedrohungsanalyse von Gebäudeautomationssystemen durch die Verwendung des Building Information Models .....	69
6.1.1	Motivation.....	69
6.1.2	Building Information Modeling .....	70
6.1.3	Bedrohungsmodellierung.....	72
6.1.4	Konzept.....	74
6.1.5	Implementierung.....	79
6.2	BACnet Security Implementation und Evaluation.....	81
6.2.1	Einleitung.....	81
6.2.2	Grundlagen Performanceanalyse.....	83
6.2.3	Konzept.....	87
6.2.4	Umsetzung und Ergebnisse .....	98
6.2.5	Evaluation.....	119
6.3	Evaluation zur Verwendung von CoAP in BACnet/IT mit Out-of-Band Authentifizierung ..	128
6.3.1	Einführung .....	128
6.3.2	Stand der Technik.....	129
6.3.3	Verwandte Arbeiten .....	133
6.3.4	Konzept.....	136
6.3.5	Realisierung .....	145
6.3.6	Evaluation.....	163
6.3.7	Zusammenfassung, Einschränkungen und Ausblick.....	168
7	Zusammenfassender Leitfaden .....	171
8	Studentische Arbeiten.....	175
9	Literaturverzeichnis.....	176