

Fakultät Informatik

Hochschule Reutlingen
Alteburgstraße 150
72762 Reutlingen

Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades
Bachelor of Science (B.Sc.)
in Kooperation mit Novatec GmbH

**API Security Testing mit OWASP
Zap und Open API**

Mert Yücel

Studiengang: Wirtschaftsinformatik

Prüfer/in: Prof. Dr. Martin Schmollinger,
Prof. Dr. Wolfgang Blochinger

Betreuer/in: Andreas Falk,
Jan Horak

Beginn am: 1. September 2018

Beendet am: 15. Januar 2019

Kurzfassung

REST-APIs sind heutzutage weit verbreitet und dank ihrer Einfachheit, Skalierbarkeit und Flexibilität werden sie weitgehend als Standardprotokoll für die Web-APIs angesehen. Es scheint plausibel zu sein anzunehmen, dass die Ära der Desktop-basierten Anwendungen kontinuierlich zurückgeht und im Zuge dessen, die Benutzer von Desktop- zu Web- und weiteren mobilen Anwendungen wechseln.

Bei der Entwicklung von REST-basierten Web-Anwendungen wird ein REST-basierter Web Service benötigt, um die Funktionalitäten der Web-Anwendung richtig testen zu können. Da die gängigen Penetrationstest-Werkzeuge für REST-APIs nicht direkt einsatzfähig sind, wird die Sicherheit solcher APIs jedoch immer noch zu selten überprüft und das Testen dieser Arten von Anwendungen ist eine sehr große Herausforderung. Grundsätzlich ist das erstmalige Testen für den Betreiber von Webanwendungen sehr unüberschaubar. Verschiedene Werkzeuge, Frameworks und Bibliotheken sind dazu da, die Testaktivität automatisieren zu können. Die Nutzer wählen diese Dienstprogramme basierend auf ihrem Kontext, ihrer Umgebung, ihrem Budget und ihrem Qualifikationsniveau. Einige Eigenschaften von REST-APIs machen es jedoch für automatisierte Web-Sicherheitsscanner schwierig, geeignete REST-API-Sicherheitstests für die Schwachstellen durchzuführen.

Diese Bachelorarbeit untersucht wie die Sicherheitstests heutzutage realisiert werden und versucht qualitativ-deskriptiv aufzudecken, ob auf solche Sicherheitstests Verlass ist. Es werden verschiedene existierende Tools verglichen, die das Testen von RESTful APIs unterstützen. Dann wird ihre Vor- und Nachteile herausgefunden und gegeneinander abgewägt. Es wird auch Gewissheit verschaffen, wie die technische Schwachstellen(wie z.B. Konzeptionsfehlern, Programmierfehlern und Konfigurationsfehlern) von Webanwendungen dargelegt. Parallel zu den Schwachstellen werden die jeweiligen Gefahren und Angriffspunkte für eine Webanwendung anhand von "OWASP Top 10 - Risiken" erörtert. Es wird noch eine Spring Boot- Anwendung mit Sicherheitslücken entwickelt und wird eine Penetrationstest mit dem Open API 2.0 Plugin von OWASP Zap evaluiert.

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wird noch eine Wegbeschreibung für die Entwicklung von Open API 3.0 Plugin für das Open Source Werkzeug OWASP Zap erstellt, indem die Unterschiede zwischen Open API 2.0 und Open API 3.0 zu zeigen und wird versucht die Fragen zu beantworten, was in Open API 2.0 fehlt, was neu an Open API 3.0 ist und warum soll dieses Plugin entwickelt werden. Am Ende wird versucht raus zu finden, warum REST-Dokumente bei dem Penetrationstest eine sehr große Rolle spielen.

Danksagung

Bla bla..

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Motivation	1
1.2. Zielsetzung	1
1.3. Aufbau der Arbeit	1
2. Grundlagen	3
2.1. Informationssicherheit	3
2.1.1. Grundlagen der IT-Sicherheit	4
2.1.2. Schutzziele	6
2.1.3. Schwachstellen, Bedrohungen, Angriffe	8
2.2. Technologien des Projektes	11
2.2.1. Objektorientierte Programmierung	11
2.2.2. RESTful Web Services	12
2.2.3. Microservice Architekturen	13
2.2.4. Modellbasierte Ansätze für REST-Schnittstellen	14
2.2.5. Open Source Werkzeug OWASP Zap	14
3. Sicherheitsrisiken von Webanwendungen	17
3.1. Schwachstellen	17
3.1.1. OWASP Top 10 Risiken	17
3.1.2. Weitere Risiken	26
4. Penetrationstest	29
4.1. Überblick	29
4.2. Definitionen	29
4.3. Ziele der Penetrationstests	30
4.4. Grundlegendes Konzept	30
4.4.1. Black-Box	31
4.4.2. White-Box	31
4.5. Kriterien für Penetrationstests	31
4.5.1. Vorbereitung	31
4.5.2. Informationsbeschaffung	33
4.5.3. Bewertung der Informationen / Risikoanalyse	33

4.5.4.	Aktive Eindringversuche	33
4.5.5.	Abschlussanalyse / Nacharbeiten / Clean-up	33
4.6.	Ablauf eines OWASP-Testmethodiks	33
4.7.	Manuelle Penetrationstest	33
4.7.1.	ABC	33
4.8.	Automatisierte Penetrationstest	33
4.8.1.	ABC	33
4.9.	Vor- und Nachteile zwischen manuelle und automatisierte Penetrationstest	33
5.	Entwicklung einer Spring-Boot-Webanwendung mit Sicherheitslücken	35
6.	Evaluierung von Open API 2.0 Plugin von OWASP ZAP	37
7.	Vergleich und Bewertung zwischen Open API 2.0 und Open API 3.0	39
8.	Fazit	41
A.	Benutzerhandbuch für das OWASP-Zap RAML Plug-in	43
A.1.	Quellcode	43
A.2.	Abbildungen	43
A.3.	Tabellen	45
A.4.	Abkürzungen	46
A.5.	Definitionen	46
A.6.	Fußnoten	46
A.7.	Verschiedenes	46
Literaturverzeichnis		i

Abbildungsverzeichnis

4.1.	Die akzeptierte Ansätze[Sau16]	30
4.2.	Phase 1 – Vorbereitung des Penetrationstests	32
A.1.	Beispiel-Choreographie	44
A.2.	Beispiel-Choreographie	44
A.3.	Beispiel um 3 Abbildung nebeneinander zu stellen nur jedes einzeln referenzieren zu können. Abbildung A.3b ist die mittlere Abbildung.	45

Tabellenverzeichnis

2.1. Die wichtigsten Funktionen von ZAP	15
A.1. Beispieltabelle	45
A.2. Beispieltabelle für 4 Bedingungen (W-Z) mit jeweils 4 Parameters mit (M und SD). Hinweist: immer die selbe anzahl an Nachkom- mastellen angeben.	45

Verzeichnis der Listings

3.1.	SQL Abfrage Beispiel 1	18
3.2.	Account Balance Query	18
3.3.	Parameter	18
3.4.	Account Balance Query	19
3.5.	XML-Beispiel	21
3.6.	XML-Beispiel 2	21
3.7.	XML-Beispiel 3	22
3.8.	Broken Access Control - Beispiel 1	22
3.9.	XXS-Beispiel 1	23
3.10.	XXS-Beispiel 2	23
3.11.	Unsichere Deserialisierung - Beispiel 1	24
3.12.	Unsichere Deserialisierung - Beispiel 2	24
3.13.	Unsichere Deserialisierung - Beispiel 3	25
3.14.	Den Titel einer entfernten Seite auslesen	26
3.15.	Opferseite	27
3.16.	Hackseite	28
3.17.	CSS	28
A.1.	Istlisting in einer Listings-Umgebung, damit das Listing durch Balken abgetrennt ist	43

Abkürzungsverzeichnis

ER error rate. 45

FR Fehlerrate. 45

IKT Informations- und Kommunikationstechnologie. 3

RDBMS Relational Database Management System. 45

1. Einleitung

Bei \LaTeX werden Absätze durch freie Zeilen angegeben. Da die Arbeit über ein Versionskontrollsystem versioniert wird, ist es sinnvoll, pro *Satz* neue Zeile im .java-Dokument anzufangen. So kann einfacher ein Vergleich von Versionsständen vorgenommen werden.

Die Arbeit ist in folgender Weise gegliedert: In Kapitel 2 werden die Grundlagen dieser Arbeit beschrieben. Schließlich fasst Kapitel 2 die Ergebnisse der Arbeit zusammen und stellt Anknüpfungspunkte vor.

1.1. Motivation

bla bla..

1.2. Zielsetzung

bla bla..

1.3. Aufbau der Arbeit

1. Vorerst werden in Kapitel 2..
2. In einer Anforderungsanalyse in Kapitel 3..
3. Kapitel 4 vermittelt..
4. Es folgt irgendwas in Kapitel 5. In diesem Teil..
5. Kapitel 6 dokumentiert
6. Die Gesamtarbeit..

2. Grundlagen

Im folgenden Kapitel wird auf die verschiedenen Grundlagen eingegangen. Zu Beginn wird ein Überblick über die Informationssicherheit geschaffen und grundlegende Begriffe, Schutzziele, Schwachstellen, Bedrohungen und Angriffe aufgezeigt. Anschließend wird die Sicherheitsrichtlinie und Sicherheitsinfrastruktur vorgestellt. Zuletzt wird ein Überblick über die Technologien des Projektes gegeben.

2.1. Informationssicherheit

”Meine Nachricht für Unternehmen, die sie denken, nicht angegriffen worden ist: Sie suchen nicht hart genug.”

James Snook

Informationssicherheit ist eine wichtige Herausforderung im Bereich der neuen Informationstechnologien. Sie ist heutzutage in nahezu allen Bereichen von zentraler Bedeutung. Die Sicherheit von Informationen, Daten, Geschäften und Investitionen gehören zu den Schlüsselprioritäten und die Verfügbarkeit von Informationen in der richtigen Zeit und Form ist heutzutage in jeder Organisation ein Muss. IT-Sicherheit hat den Zweck, Unternehmen und deren Werte zu schützen, indem sie böswillige Angriffe zu identifizieren, zu reduzieren und zu verhindern.

Das schnelle Wachstum von Webanwendungen hängt zweifellos von der Sicherheit, dem Datenschutz und der Zuverlässigkeit der Anwendungen, Systeme und unterstützenden Infrastrukturen ab. Obwohl IT-Sicherheit heutzutage eine sehr große Rolle in unserem Leben spielt, liegt das durchschnittliche Sicherheitswissen von IT-Fachkräften und Ingenieuren weit hinterher. Das Internet ist jedoch für seine mangelnde Sicherheit bekannt, wenn es nicht genau und streng spezifiziert, entworfen und getestet wird. In den letzten Jahren war es offensichtlich, dass der Bereich der IT-Sicherheit leistungsfähige Werkzeuge und Einrichtungen mit überprüfbaren Systemen und Anwendungen umfassen muss, die die Vertraulichkeit und Privatsphäre in Webanwendungen wahren, welche die Probleme definieren[Fur08, S. 1].

2. Grundlagen

Weil die Realisierung einer lückenlosen Abwehr von Angriffen in der Wirklichkeit nicht möglich ist, inkludieren das Gebiet der IT-Sicherheit hauptsächlich auch Maßnahmen und Vorgehensweise, um die potenziellen Schäden zu vermindern und die Risiken beim Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT)-Systemen zu verringern. Die Angriffsversuche müssen rechtzeitig und mit möglichst hoher Genauigkeit erkannt werden. Dazu muss auf eingetretene Schadensfälle mit geeigneten technischen Maßnahmen reagiert werden. Es sollte klargestellt werden, dass Techniken der Angriffserkennung und Reaktion ebenso zur IT-Sicherheit gehören, wie methodische Grundlagen, um IKT-Systeme so zu entwickeln, dass sie mittels Design ein hohes Maß an Sicherheit bieten. Durch IT-Sicherheit kann eine Möglichkeit geschaffen werden, um die Entwicklung vertrauenswürdiger Anwendungen und Dienstleistungen mit innovativen Geschäftsmodellen, beispielsweise im Gesundheitsbereich, bei Automotive-Anwendungen oder in zukünftigen, intelligenten Umgebungen zu verbinden[Eck13, S. 20–21].

2.1.1. Grundlagen der IT-Sicherheit

2.1.1.1. Offene- und geschlossene Systeme

Ein IT-System besteht aus einem geschlossenen und einem offenen System mit der Fähigkeit zur Speicherung und Verarbeitung von Informationen. Die offenen Systeme (z. B. Windows) sind vernetzte, physisch verteilte Systeme mit der Möglichkeit zum Informationsaustausch mit anderen Systemen[Eck13, S. 22–23]. Tom Wheeler definiert offene Systeme als *”jene Hard- und Software-Implementierungen, die der Sammlung von Standards entsprechen, die den freien und leichten Zugang zu Lösungen verschiedener Hersteller erlauben. Die Sammlung von Standards kann formal definiert sein oder einfach aus De-facto-Definitionen bestehen, an die sich die großen Hersteller und Anwender in einem technologischen Bereich halten”*[Whe13, S. 4].

Ein geschlossenes System (z. B. Datev) baut auf der Technologie eines Herstellers auf und ist mit Konkurrenzprodukten nicht kompatibel. Es dehnt sich auf einen bestimmten Teilnehmerkreis aus und beschränkt ein bestimmtes räumliches Gebiet[Eck13, S. 22–23].

2.1.1.2. Soziotechnische Systeme

IT-Systeme werden in unterschiedliche Strukturen (gesellschaftliche, unternehmerische und politische Strukturen) mit verschiedenem technischen Know-how

und für sehr verschiedene Ziele in Betracht gezogen[Eck13, S. 23]. IT-Sicherheit gewährleistet den Schutz eines soziotechnischen Systems. Darauf folgend ergibt sich dann auch das Ziel der IT Sicherheit. Die Unternehmen bzw. Institutionen und deren Daten sollen gegen Schaden und Bedrohungen geschützt werden[STS18].

2.1.1.3. Information und Datenobjekte

IT-Systeme haben die Funktion Informationen zu speichern und zu verarbeiten. Die Information wird in Form von Daten bzw. Datenobjekten repräsentiert. **Passive Objekte** (z.B. Datei, Datenbankeintrag) haben die Fähigkeit, Informationen zu speichern. **Aktive Objekte** (z.B. Prozesse) haben die Fähigkeit, sowohl Informationen zu speichern als auch zu verarbeiten[Eck13, S. 23]. **Subjekte** sind die Benutzer eines Systems und alle Objekte, die im Auftrag von Benutzern im System aktiv sein können[Eck13, S. 24].

Informatik wird als die Wissenschaft, Technik und Anwendung der maschinellen Verarbeitung, Speicherung, Übertragung und Darstellung von Information identifiziert. **Informationen** sind der abstrakte Gehalt ("Bedeutungsinhalt", "Semantik") eines Dokuments, einer Aussage, Beschreibung, Anweisung oder Mitteilung[Bro13, S. 5] und sie werden durch die Nachrichten übermittelt[BKRS13, S. 18]. Information wird umgangssprachlich sehr oft für Daten verwendet aber es gibt Unterschiede zwischen Daten und Information. Der Mensch bildet die Informationen in Daten ab, indem er die Nachrichten überträgt oder verarbeitet. Die Daten, die maschinell bearbeitbare Zeichen sind, stellen durch die in einer Nachricht enthaltene Information die Bedeutung der Nachricht dar. Auf der Ebene der Daten geschieht die Übertragung oder Verarbeitung, das Resultat wird vom Mensch als Information interpretiert[BSI08].

2.1.1.4. Funktionssicher

In den Sicheren Systemen sollen alle korrekten Spezifikationen korrekt funktioniert werden und eine hohe Zuverlässigkeit und Fehlersicherheit gewährleistet werden. Die Isolierung von der Außenwelt weicht konstant durch die stetig zunehmende Vernetzung jeglicher Systeme mit Informationstechnik auf. Der Zweck von Funktionssicherheit (engl. safety) ist, dass die Umgebung vor dem Fehlverhalten des Systems zu schützen. Bei der Entwicklungsphase müssen systematische Fehler vermieden werden. Durch die Überwachung im laufenden Betrieb müssen die Störungen erkannt werden und solche Störungen müssen eliminiert werden, um einen funktionssicheren Zustand zu erreichen[MHTK15].

2. Grundlagen

2.1.1.5. Informationssicher

Das Hauptziel von Informationssicherheit (engl. security) ist, Informationen zu schützen, die sowohl auf Papier, in Rechnern oder auch in Köpfen gespeichert sind. IT-Sicherheit ist verantwortlich für den Schutz von Werten und Ressourcen und deren Verarbeitung[BSIDI11, S. 81], sowie die Verhinderung von unautorisierter Informationsveränderung- oder gewinnung[Eck13, S. 26].

2.1.1.6. Datensicherheit und Datenschutz

Datensicherheit bedeutet, dass der Zustand eines Systems der Informationstechnik, in dem die Risiken, die im laufenden Betrieb dieses Systems bezüglich von Gefährdungen anwesend sind, durch Maßnahmen auf eine bestimmte Menge eingeschränkt wird. Datenschutz (engl. privacy) hat die Aufgabe, durch den Schutz der Daten, vor Missbrauch in ihren Verarbeitungsphasen der Beeinträchtigung fremder und eigener schutzwürdiger Belange zu begegnen.[Ebe94, S. 14–15].

2.1.1.7. Verlässlichkeit

Verlässlichkeit (engl. dependability) eines Systems bedeutet, dass es keine betrügerischen Zustände akzeptieren und spezifische Funktionen verlässlich funktionieren sollen[Eck13, S. 27].

2.1.2. Schutzziele

2.1.2.1. Authentizität

Bei dem Begriff "Authentizität" handelt es sich um die Authentizität eines Objekts bzw. Subjekts (engl. authenticity), die die Echtheit und Glaubwürdigkeit des Objekts oder Subjekts, die anhand einer eindeutigen Identität und charakteristischen Eigenschaften bestimmt werden kann, umfasst.[Eck13, S. 28].

Erkennung von Angriffen können gewährleistet werden, indem innere Maßnahmen zu vollständig wird, die der Authentizität von Subjekten und Objekten überprüft[Spi85, S. 13], diesbezüglich muss der Beweis erbracht werden, dass eine behauptete Identität eines Objekts oder Subjekts mit dessen Charakteristika übereinstimmt[Eck13, S. 28].

2.1.2.2. Informationsvertraulichkeit

Unter Informationsvertraulichkeit versteht man, dass die zu bearbeitenden Daten nur den Personen zugänglich sind, die auch die Berechtigung hierfür haben. Wenn die Geheimhaltung vernünftig ist, können Schaden entstehen. In jedem einzelnen Unternehmensbereich muss durch vollständige Maßnahmen der unautorisierte Zugriff in interne Datenbestände verhindert werden.[Gor03, S. 205].

2.1.2.3. Datenintegrität

Durch die Integrität wird die Korrektheit von Daten und die korrekten Funktionsweise von Systemen sichergestellt. Wenn der Begriff Integrität auf Daten benutzt wird, bedeutet er, dass die Daten vollständig und unverändert sind. Er wird in der Informationstechnik weiter gefasst und auf "Informationen" angewendet. Der Begriff "Information" wird für Daten angewendet, die nach bestimmten Attributen, wie z. B. Autor oder Zeitpunkt der Erstellung zugeordnet können. Wenn die Daten ohne Erlaubnis verändert werden, bedeuten, dass die Angaben zum Autor verfälscht oder Zeitangaben zur Erstellung manipuliert wurden[BFSI07].

2.1.2.4. Verfügbarkeit

Ein System versichert die Verfügbarkeit (eng. availability), indem authentifizierte und autorisierte Subjekte in der Wahrnehmung ihrer Berechtigungen nicht unautorisiert beeinträchtigt werden können. Wenn in einem System unterschiedliche Prozesse eines Benutzers oder verschiedenen Benutzern gemeinsame Ressourcen zugreifen, kann es zu Ausführungsverzögerungen kommen. Durch normale Verwaltungsmaßnahmen entstehende Verzögerungen werden als keine Verletzung der Verfügbarkeit dargestellt, aber wenn CPU mit einem hoch priorisierten Prozess monopolisiert, diesbezüglich kann absichtlich ein Angriff auf die Verfügbarkeit hervorrufen. Somit kann es plötzlich zu einem hohen Maß an Daten kommen, das zu Stausituationen im Netz führen[Eck13, S. 33].

2.1.2.5. Verbindlichkeit

Verbindlichkeit ist eine Möglichkeit, die eine IT-Transaktion während und nach der Durchführung unzweifelhaft gewährleisten. Durch die Nutzung von qualifizierten digitalen Signaturen kann die Verbindlichkeit gewährleistet werden. Die Dauer

2. Grundlagen

der Zuordenbarkeit ist abhängig von der Aufbewahrung der Logdateien und wird durch den Datenschutz angeordnet[SePe11].

2.1.2.6. Anonymisierung

Nach § 3 Abs. 6 Bundesdatenschutzgesetz bedeutet Anonymisierung, dass *”das Verändern personenbezogener Daten derart, dass die Einzelangaben über persönliche oder sachliche Verhältnisse nicht mehr oder nur mit einem unverhältnismäßig großen Aufwand an Zeit, Kosten und Arbeitskraft einer bestimmten oder bestimmbaren natürlichen Person zugeordnet werden können”*[DsBa18].

2.1.3. Schwachstellen, Bedrohungen, Angriffe

2.1.3.1. Schwachstellen und Verwundbarkeit

Hauptgrund für die Gefährdung der Erreichung der Schutzziele sind **Schwachstellen**. Wenn die Schwachstellen ausgenutzt werden, werden die Interaktionen mit einem IT-System autorisiert, nicht dem definierten Soll-Verhalten. Mittels der Ausnutzung von Schwachstellen kann das IT-System angegriffen werden. Somit kann unberechtigt auf eine Ressource zugegriffen werden[Now11, S. 19–20]. Unter dem Begriff ”Verwundbarkeit” (engl. vulnerability) versteht man, dass eine Schwachstelle existiert, über welche Sicherheitsdienste des Systems unautorisiert modifiziert werden können[Eck13, S. 38].

2.1.3.2. Bedrohungen und Risiko

Unter einer Bedrohung (engl. threat) versteht man die Ausnutzung einer oder mehrerer Schwachstellen oder Verwundbarkeiten, die zu einem Verlust der Datenintegrität, der Informationsvertraulichkeit oder der Verfügbarkeit führen oder die Authentizität von Subjekten gefährden[Eck13, S. 39]. Im Kontext der Informationssicherheit versteht man unter einem Risiko die Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Schadenereignisses und die Höhe des potentiellen Schadens ist[Now11, S. 15].

2.1.3.3. Angriff und Typen von (externen) Angriffen

Personen oder Systeme, die versuchen eine Schwachstelle auszunutzen, werden **Angreifer** genannt. Ein **Angriff** ist dabei der Versuch, ein IT-System unautorisiert zu verändern oder zu nutzen. Dabei wird zwischen aktiven und passiven Angriffen unterschieden. Wenn die Vertraulichkeit durch unberechtigte Informationsgewinnung verletzt wird, wird dies als **passive Angriffe** bezeichnet. **Aktive Angriffe** manipulieren die Daten oder schleusen sie in das System ein, um die Verfügbarkeit und Integrität zu gefährden[Now11, S. 20].

2.1.3.3.1. Hacker und Cracker

Hacker sind technisch erfahrene Personen im Hard- und Softwareumfeld. Sie können Schwachstellen finden, um unbefugt einzudringen oder Funktionen zu verändern[Sch17]. Dieser Begriff wird für kriminelle Personen verwendet, die die Lücken im IT-System finden und dies unerlaubt für kriminelle Zwecke, wie z. B. Diebstahl von Informationen, nutzen[Sill11]. Der sogenannte **Cracker** ist ebenfalls ein technisch sehr erfahrener Angreifer, unterscheidet sich jedoch vom Hacker in der Hinsicht, dass er ausschließlich an seinen eigenen Vorteil denkt oder daran interessiert ist, einer dritten Person zu schaden. Aus diesem Grund geht ein größeres Schadenrisiko für Unternehmen von ihm aus, als von Hackern[Eck13, S. 45].

2.1.3.3.2. Skript Kiddie

Unter dem Begriff "Script-Kiddie" versteht man einen nicht ernsthaften Hacker, der die ethischen Prinzipien professioneller Hacker ablehnt, die das Streben nach Wissen, Respekt vor Fähigkeiten und ein Motiv der Selbstbildung beinhalten. Script Kiddies verkürzen die meisten Hacking-Methoden, um schnell ihre Hacking-Fähigkeiten zu erlangen. Sie machen sich nicht viel Gedanken oder nehmen sich nicht viel Zeit, um Computerkenntnisse zu erwerben, sondern bilden sich schnell aus, um nur das Nötigste zu lernen. Skript-Kiddies können Hacking-Programme verwenden, die von anderen Hackern geschrieben wurden, weil ihnen oft die Fähigkeiten fehlen, eigene zu schreiben. Script Kiddies versuchen, Computersysteme und Netzwerke anzugreifen und Websites zu zerstören. Obwohl sie als unerfahren und unreif angesehen werden, können Skript-Kiddies so viel Computerschaden verursachen wie professionelle Hacker[TSC11].

2. Grundlagen

2.1.3.3.3. Geheimdienste

Die National Security Agency (NSA) ist ein US-Geheimdienst, der für die Erstellung und Verwaltung von Informationssicherung und Signalintelligenz (SIGINT) für die US-Regierung verantwortlich ist. Die Aufgabe der NSA besteht in der globalen Überwachung, Sammlung, Entschlüsselung und anschließenden Analyse und Übersetzung von Informationen und Daten für ausländische Nachrichtendienste und nachrichtendienstliche Zwecke[TNSA14].

2.1.3.3.4. Allgemeine Krimanilität

Spyware: Spyware ist eine Art von Malware (oder "böartige Software"), die Informationen über einen Computer oder ein Netzwerk ohne die Zustimmung des Benutzers sammelt und weitergibt. Es kann als versteckte Komponente echter Softwarepakete oder über herkömmliche Malware-Vektoren wie betrügerische Werbung, Websites, E-Mail, Instant-Messages sowie direkte File-Sharing-Verbindungen installiert werden. Im Gegensatz zu anderen Arten von Malware wird Spyware nicht nur von kriminellen Organisationen, sondern auch von skrupellosen Werbern und Unternehmen, genutzt, um Marktdaten von Nutzern ohne deren Zustimmung zu sammeln. Unabhängig von der Quelle wird Spyware vor dem Benutzer verborgen und ist oft schwer zu erkennen, kann jedoch zu Symptomen wie einer verschlechterten Systemleistung und einer hohen Häufigkeit unerwünschter Verhaltensweisen führen[CPSW12].

Phishing: Phishing ist eine Art von Cyberkriminalität, bei der ein Ziel oder Ziele per E-Mail, Telefon oder SMS von jemandem kontaktiert werden, der sich als legitime Institution ausgibt, um Personen dazu zu bringen, sensible Daten wie persönlich identifizierbare Informationen, Bank- und Kreditkartendetails und Passwörter bereitzustellen. Die Informationen werden dann für den Zugriff auf wichtige Konten verwendet und können zu Identitätsdiebstahl und finanziellen Verlusten führen[PHS17].

Erpressung: Bei der Erpressung geht es sich um Schadsoftware, die in fremde Rechner eindringt, somit wird die Daten auf der Festplatte des fremden Rechners so verschlüsselt, dass diese Daten für den Benutzer nicht mehr verfügbar sind. Danach fordert der Angreifer für die Entschlüsselung der Daten einen Geldbetrag, der über ein Online-Zahlungssystem entrichten ist[Eck13, S. 48].

Bot-Netze: Unter der Begriff "Bot-Netz" versteht man, dass es eine Reihe verbundener Computer, die gemeinsam auf einer Aufgabe (wie z. B. Massenhafte Versand von E-Mails) abgezielt wurden[BN17].

2.2. Technologien des Projektes

Für die Entwicklung des OWASP Zap RAML Plug-In sind verschiedene Technologien erforderlich. Die benötigten Technologien werden in diesem Abschnitt näher erläutert.

2.2.1. Objektorientierte Programmierung

Die objektorientierte Programmierung (OOP) bezieht sich auf eine Art von Computerprogrammierung (Softwaredesign), bei der Programmierer nicht nur den Datentyp einer Datenstruktur definieren, sondern auch die Arten von Operationen (Funktionen), die auf die Datenstruktur angewendet werden können. Auf diese Weise wird die Datenstruktur zu einem Objekt, das sowohl Daten als auch Funktionen enthält. Darüber hinaus können Programmierer Beziehungen zwischen einem Objekt und einem anderen erstellen. Zum Beispiel können Objekte Eigenschaften von anderen Objekten erben[OOP15].

2.2.1.1. Java

Java ist eine universelle Programmiersprache, die von Sun Microsystems entwickelt wurde. Java definiert als objektorientierte Sprache ähnlich wie C ++, wird jedoch vereinfacht, um Sprachfunktionen zu eliminieren, die häufige Programmierfehler verursachen. Die Quellcodedateien (Dateien mit der Erweiterung . java) werden in ein Format namens Bytecode (Dateien mit der Erweiterung . class) kompiliert, das dann von einem Java-Interpreter ausgeführt werden kann. Ein kompilierter Java-Code kann auf den meisten Computern ausgeführt werden, da Java-Interpreter und Laufzeitumgebungen, die als Java Virtual Machines (VMs) bezeichnet werden, für die meisten Betriebssysteme vorhanden sind, einschließlich UNIX, Macintosh OS und Windows[J18].

2.2.2. RESTful Web Services

Representational State Transfer (REST) ist ein Architekturstil, der Einschränkungen wie die einheitliche Schnittstelle angibt, die bei Anwendung auf einen Webdienst wünschenswerte Eigenschaften wie Leistung, Skalierbarkeit und Änderbarkeit hervorbringen, mit denen Services im Web am besten funktionieren. Im REST-Architekturstil werden Daten und Funktionen als Ressourcen betrachtet und der Zugriff erfolgt über URIs. Der REST-Architekturstil beschränkt die Architektur auf eine Client/Server-Architektur und ist so ausgelegt, dass ein zustandsloses Kommunikationsprotokoll (wie z. B. HTTP) verwendet wird. Im REST-Architektur-Stil tauschen Clients und Server Repräsentationen von Ressourcen unter Verwendung einer standardisierten Schnittstelle und eines standardisierten Protokolls aus[RWS13].

Die folgenden Prinzipien sorgen dafür, dass RESTful-Anwendungen einfach, leicht und schnell sind.

Ressourcenidentifikation durch URI: Ein RESTful Webservice macht eine Reihe von Ressourcen verfügbar, die die Ziele der Interaktion mit ihren Clients identifizieren. Ressourcen werden durch URIs identifiziert, die einen globalen Adressierungsraum für die Ressourcen- und Serviceerkennung bereitstellen.

Einheitliche Schnittstelle: Ressourcen werden mit einem festen Satz von vier Operationen zum Erstellen, Lesen, Aktualisieren und Löschen bearbeitet: PUT, GET, POST und DELETE. **PUT** erstellt eine neue Ressource, die mit **DELETE** gelöscht werden kann. **GET** ruft den aktuellen Status einer Ressource in einer Darstellung ab. **POST** überträgt einen neuen Status auf eine Ressource.

Selbstbeschreibende Nachrichten: Ressourcen sind von ihrer Darstellung entkoppelt, sodass auf ihren Inhalt in verschiedenen Formaten wie HTML, XML, Nur-Text, PDF, JPEG, JSON und anderen zugegriffen werden kann. Metadaten über die Ressource sind verfügbar und werden beispielsweise verwendet, um das Zwischenspeichern zu steuern, Übertragungsfehler zu erkennen, das geeignete Repräsentationsformat auszuhandeln und eine Authentifizierung oder Zugriffssteuerung durchzuführen.

Stateful Interaktionen durch Hyperlinks: Jede Interaktion mit einer Ressource ist; Das heißt, Anforderungsnachrichten sind in sich geschlossen. Stateful Interaktionen basieren auf dem Konzept der expliziten Zustandsübertragung. Es gibt verschiedene Techniken, um den Status auszutauschen, z. B. URI-Umschreiben, Cookies und versteckte Formularfelder. Der Zustand kann in Antwortnachrichten eingebettet sein, um auf gültige zukünftige Zustände der Interaktion zu zeigen.

2.2.3. Microservice Architekturen

Microservices sind ein Modularisierungskonzept und dienen dazu, große Softwaresysteme in kleinere Teile zu unterteilen. Sie beeinflussen somit die Organisation und Entwicklung von Softwaresystemen. Microservices können unabhängig voneinander eingesetzt werden. Das heißt, dass Änderungen an einem Microservice unabhängig von Änderungen anderer Microservices in Produktion genommen werden können. Sie können in verschiedenen Technologien implementiert werden und es gibt keine Einschränkung für die Programmiersprache oder die Plattform[Wol16, S. 45–46].

2.2.3.1. Spring Boot

Das Spring Framework, das bereits seit über einem Jahrzehnt besteht, hat sich als Standardframework für die Entwicklung von Java-Anwendungen etabliert.

2.2.3.1.1. Spring MVC Komponente

Das Spring Web MVC-Framework stellt eine Model-View-Controller (MVC) - Architektur und fertige Komponenten bereit, mit denen flexible und lose gekoppelte Webanwendungen entwickelt werden können. Das MVC-Muster führt zu einer Trennung der verschiedenen Aspekte der Anwendung (Eingangslogik, Geschäftslogik und UI-Logik), während eine lose Kopplung zwischen diesen Elementen bereitgestellt wird[MVC12].

- Das Modell kapselt die Anwendungsdaten und besteht im Allgemeinen aus POJO (Plain Old Java Object).
- Die Ansicht ist verantwortlich für das Rendern der Modelldaten und generiert im Allgemeinen HTML-Ausgabe, die der Browser des Clients interpretieren kann.
- Der Controller ist verantwortlich für die Verarbeitung von Benutzeranforderungen und das Erstellen eines geeigneten Modells und übergibt es an die Ansicht zum Rendern.

2.2.3.1.2. Spring Rest Docs

Spring REST Docs verwendet Snippets, die von Tests erstellt wurden, die mit Spring MVCs Testframework, Spring WebTestClient von WebFlux oder REST Assured 3 geschrieben wurden. Dieser Test-Driven-Ansatz hilft dabei, um die Genauigkeit der Service-Dokumentation zu gewährleisten. Das Ziel von Spring REST Docs ist es, Dokumentationen für RESTful Services zu erstellen, die genau und lesbar sind. Bei der Dokumentation eines RESTful Services geht es hauptsächlich um die Beschreibung seiner Ressourcen. Zwei wichtige Teile der Beschreibung jeder Ressource sind die Details der HTTP-Anforderungen, die sie verbraucht, und die HTTP-Antworten, die sie erzeugt[Wil18].

2.2.4. Modellbasierte Ansätze für REST-Schnittstellen

Für viele verschiedene Einsatzgebiete gibt es verschiedenen Modellierungssprachen für die Erstellung und Beschreibung von REST-Schnittstellen. In diesem Abschnitt werden auf die Sprachen OpenAPI und RAML eingegangen.

2.2.4.1. Open API (Swagger)

OpenAPI (früher Swagger) ist ein API-Beschreibungsformat für REST-APIs. Mit einer OpenAPI-Datei kann das gesamte API beschrieben werden[Swa17];

- Verfügbare Endpunkte (/user) und Vorgänge für jeden Endpunkt (GET /user, POST /user),
- Ein- und Ausgabe für jede Operation,
- Authentifizierungsmethoden,
- Kontaktinformationen, Lizenzen, Nutzungsbedingungen und andere Informationen.

2.2.5. Open Source Werkzeug OWASP Zap

Der OWASP Zed Attack Proxy (ZAP) ist eines der beliebtesten kostenlosen Sicherheitstools der Welt und wird von Hunderten von internationalen Freiwilligen aktiv gepflegt. Es hilft automatisch bei der Entwicklung und beim Testen von Anwendungen Sicherheitslücken in Webanwendungen zu finden. Es ist auch ein großartiges Werkzeug für erfahrene PenTester für manuelle Sicherheitstests[OZ18].

2.2. Technologien des Projektes

Funktion	Beschreibung
Intercepting Proxy	ZAP ermöglicht alle Anforderungen, die an eine Web-App gestellt werden und alle Antworten abzufangen und zu prüfen. Unter anderem können dadurch auch AJAX calls abgefangen werden.
Spider	Spider können neue URLs auf Webseiten entdecken und aufrufen. Der Spider in ZAP überprüft alle gefundenen Links auf Sicherheitsprobleme.
Automatischer, aktiver Scan	ZAP kann automatisiert Web-Apps auf Sicherheitslücken überprüfen und Angriffe durchführen. Diese Funktion dürfen nur für eigene Webanwendungen genutzt werden.
Passiver Scan	Mit passiven Scans werden Webanwendungen überprüft, aber nicht angegriffen.
Forced Browse	ZAP kann testen, ob bestimmte Verzeichnisse oder Dateien auf dem Webserver geöffnet werden können.
Fuzzing	Mit dieser Technik werden ungültige und unerwartete Anfragen an den Webserver gesendet.
Dynamic SSL Certificates	ZAP kann SSL-Anfragen entschlüsseln. Dazu verwendet das Tool den Man-in-the-Middle-Ansatz.
Smartcard und Client Digital Certificates Support	ZAP kann Smartcard-gestützte Webanwendungen testen, sowie TLS-Handshakes prüfen, zum Beispiel zwischen Mail-Servern.
WebSockets	Mit WebSockets lassen sich auch Anwendungen testen, die eine einzige TCP-Verbindung für die bidirektionale Kommunikation nutzen.
Plug-n-Hack	Diese Technologie wurde von Mozilla entwickelt, um festzulegen, wie Sicherheitstools wie ZAP mit Browsern zusammenarbeiten können, um optimale Sicherheitstests durchzuführen.
Powerful REST based API	Webentwickler können eine eigene grafische Oberfläche für ZAP entwickeln, um das Tool dem eigenen Unternehmen anzupassen.
Add-Ons und Erweiterungen	In ZAP lassen sich Erweiterungen integrieren, sowie Vorlagen für bestimmte Tests. Dazu steht ein eigener Shop zur Verfügung

Tabelle 2.1.: Die wichtigsten Funktionen von ZAP

Quelle: Entnommen aus Security Insider:

<https://www.security-insider.de/sicherheit-fuer-webanwendungen-mit-zed-attack-proxy-a-728630/>

3. Sicherheitsrisiken von Webanwendungen

In diesem Kapitel wird die Sicherheit von Webanwendungen anhand von Bedrohungen, Schwachstellen und Angriffen analysiert. Aufgrund der offensichtlichen Sicherheitslücke wurden verschiedene Testmethoden eingeführt, um die zugrunde liegenden Sicherheitsrisiken der Anwendung kritisch zu bewerten. Ein solcher Versuch wurde von OWASP unternommen, um das Top-Ten-Projekt voranzubringen und das Bewusstsein für Anwendungssicherheit bei verschiedenen Organisationen zu erhöhen. Das Projekt konzentriert sich nicht auf vollständige Anwendungssicherheitsprogramme, sondern bietet eine notwendige Grundlage für die Integration von Sicherheit durch sichere Codierungsprinzipien und -praktiken.

3.1. Schwachstellen

Eine lückenlose Sicherheit ist in der IT nicht machbar, weil jede verwendete Anwendung manche Schwachstellen beinhalten kann, die bis jetzt noch keiner gefunden hat.

3.1.1. OWASP Top 10 Risiken

3.1.1.1. Injection

Injektion-Schwachstellen wie SQL-, NoSQL-, OS- und LDAP-Injection treten auf, wenn nicht vertrauenswürdige Daten als Teil eines Befehls oder einer Datenabfrage von einem Interpreter verarbeitet werden[OWA17, S. 6]. Der Angreifer sendet einfache textbasierte Angriffe, die die Syntax des Zielinterpreters missbrauchen. Fast jede Datenquelle kann einen Injection-Vektor darstellen, einschließlich interner Quellen. Injection-Schwachstellen tauchen auf, wenn eine Anwendung nicht vertrauenswürdige Daten an einen Interpreter weiterleitet. Sie sind weit verbreitet, besonders in veraltetem Code. Sie finden sich in SQL-, LDAP-, XPath und NoSQL-Anfragen, in Betriebssystembefehlen sowie in XML, SMTP-Headern, Parametern, etc. Injection-Schwachstellen lassen sich durch Code-Prüfungen einfach, durch externe Tests aber in der Regel nur schwer entdecken. Angreifer setzen dazu Scanner und Fuzzer ein. Injection kann zu Datenverlust oder -verfälschung, Fehlen von Zurechenbarkeit oder Zugangssperre führen. Unter Umständen kann es zu einer vollständigen Systemübernahme kommen[OWA17, S. 7].

Mögliche Angriffsszenarien:

3. Sicherheitsrisiken von Webanwendungen

Szenario 1[Ver16]:

Stellen Sie sich vor, ein Entwickler muss die Kontonummern und Salden für die aktuelle Benutzer-ID anzeigen:

Listing 3.1 SQL Abfrage Beispiel 1

```
String accountBalanceQuery =
"SELECT accountNumber, balance FROM accounts WHERE account_owner_id = "
+ request.getParameter("user_id");

try
{
Statement statement = connection.createStatement();
ResultSet rs = statement.executeQuery(accountBalanceQuery);
    while (rs.next()) {
        page.addRow(rs.getInt("accountNumber"),
            rs.getFloat("balance"));
    }
} catch (SQLException e) { ... }
```

Im Normalbetrieb kann der Benutzer mit der ID 984 angemeldet sein und die URL besuchen:

https://bankingwebsite/show_balances?user_id=984

Dies bedeutet, dass accountBalanceQuery am Ende wie bei dem Listing 3.2 aussehen würde.

Listing 3.2 Account Balance Query

```
SELECT accountNumber, balance FROM accounts WHERE account_owner_id = 984
```

Dies wird an die Datenbank übergeben, und die Konten und Salden für Benutzer 984 werden zurückgegeben, indem auf der Seite neue Zeilen hinzugefügt werden, um sie anzuzeigen.

Der Angreifer kann den Parameter user_id so ändern, dass er wie bei der Listing 3.3 interpretiert wird:

Listing 3.3 Parameter

```
0 OR 1=1
```

Und dies führt dazu;

Wenn diese Abfrage (Listing 3.4) an die Datenbank übergeben wird, werden alle von ihr gespeicherten Kontonummern und Salden zurückgegeben und auf die Seite werden alle Zeilen hinzugefügt, um sie anzuzeigen. Der Angreifer kennt nun die Kontonummern und Salden aller Benutzer.

Listing 3.4 Account Balance Query

```
SELECT accountNumber, balance FROM accounts WHERE account_owner_id = 0 OR 1=1
```

3.1.1.2. Fehler in Authentifizierung und Session-Management

Anwendungsfunktionen, die die Authentifizierung und das Session-Management umsetzen, werden oft nicht korrekt implementiert. Dies erlaubt es Angreifern Passwörter oder Session-Token zu kompromittieren oder die Schwachstellen so auszunutzen, dass sie die Identität anderer Benutzer annehmen können[OWA17, S. 6]. Angreifer nutzen Lücken bei der Authentifizierung oder im Sessionmanagement (z.B. ungeschützte Nutzerkonten, Passwörter, Session-IDs), um sich eine fremde Identität zu verschaffen. Obwohl es sehr schwierig ist, ein sicheres Authentifizierungs- und Session-Management zu implementieren, setzen Entwickler häufig auf eigene Lösungen. Diese haben dann oft Fehler bei Abmeldung und Passwortmanagement, bei der Wiedererkennung des Benutzers, bei Timeouts, Sicherheitsabfragen usw. Das Auffinden dieser Fehler kann sehr schwierig sein, besonders wenn es sich um individuelle Implementierungen handelt. Diese Fehler führen zur Kompromittierung von Benutzerkonten. Ein erfolgreicher Angreifer hat alle Rechte des Opfers. Privilegierte Zugänge sind oft Ziel solcher Angriffe[OWA17, S. 8].

Mögliche Angriffsszenarien:

Szenario 1:

Eine Flugbuchungsanwendung fügt die Session-ID in die URL ein[OWA17, S. 8]:

```
http://example.com/sale/saleitems;jsessionid=2P00C2JSNDLPSKHCJUN2JV?dest=Hawaii
```

Ein authentifizierter Anwender möchte dieses Angebot seinen Freunden mitteilen. Er versendet obigen Link per E-Mail, ohne zu wissen, dass er seine Session-ID preisgibt. Nutzen seine Freunde den Link, können sie seine Session sowie seine Kreditkartendaten benutzen.

Szenario 2:

Anwendungs-Timeouts sind falsch konfiguriert. Ein Anwender benutzt einen öffentlichen PC, um die Anwendung aufzurufen. Anstatt die „Abmelden“-Funktion zu benutzen, schließt der Anwender nur den Browser. Der Browser ist auch eine Stunde später noch authentifiziert, wenn ein potentieller Angreifer ihn öffnet[OWA17, S. 8].

3.1.1.3. Verlust der Vertraulichkeit sensibler Daten

Viele Anwendungen schützen sensible Daten, wie Kreditkartendaten oder Zugangsinformationen nicht ausreichend. Angreifer können solche nicht angemessen geschützten Daten auslesen oder modifizieren und mit ihnen weitere Straftaten, wie beispielsweise Kreditkartenbetrug, oder Identitätsdiebstahl begehen. Vertrauliche Daten benötigen zusätzlichen Schutz, wie z.B. Verschlüsselung während der Speicherung oder Übertragung sowie besondere Vorkehrungen beim Datenaustausch mit dem Browser[OWA17, S. 6]. Angreifer brechen i.d.R. nicht die Verschlüsselung selbst. Stattdessen stehlen sie Schlüssel, führen Seiten-Angriffe aus oder stehlen Klartext vom Server, während der Übertragung oder aus dem Browser des Kunden heraus. Fehlende Verschlüsselung vertraulicher Daten ist die häufigste Schwachstelle. Die Nutzung von Kryptographie erfolgt oft mit schwacher

3. Sicherheitsrisiken von Webanwendungen

Schlüsselerzeugung und -verwaltung und der Nutzung schwacher Algorithmen, insbesondere für das Password Hashing. Browser Schwachstellen sind verbreitet und leicht zu finden, aber nur schwer auszunutzen. Ein eingeschränkter Zugriff lässt externer Angreifer Probleme auf dem Server i.d.R. nur schwer finden und ausnutzen. Fehler kompromittieren regelmäßig vertrauliche Daten. Es handelt sich hierbei oft um sensitive Daten wie personenbezogene Daten, Benutzernamen und Passwörter oder Kreditkarteninformationen[OWA17, S. 9].

Mögliche Angriffsszenarien:

Szenario 1:

Eine Anwendung verschlüsselt Kreditkartendaten automatisch bei der Speicherung in einer Datenbank. Das bedeutet aber auch durch SQL-Injection erlangte Kreditkartendaten in diesem Fall automatisch entschlüsselt werden. Die Anwendung hätte die Daten mit eine Public Key verschlüsseln sollen und nur nachgelagerte Anwendungen und nicht die Webanwendung selbst hätten die Daten mit dem Private Key entschlüsseln dürfen[OWA17, S. 9].

Szenario 2:

Eine Webseite schützt die authentisierten Seiten nicht mit SSL. Der Angreifer stiehlt das Sitzungs-cookie des Nutzers durch einfaches Mitlesen der Kommunikation (z.B. in einem offenen WLAN). Durch Wiedereinspielen dieses Cookies übernimmt der Angreifer die Sitzung des Nutzers und erlangt Zugriff auf die privaten Daten des Nutzers[OWA17, S. 9].

3.1.1.4. XML External Entities (XXE)

Viele ältere oder schlecht konfigurierte XML-Prozessoren werten externe Entitätsverweise in XML-Dokumenten aus. Wenn bei der Verarbeitung solcher Dokumente nicht berücksichtigt werden, wird eine unberechtigte Befehlsausführung den Abfluss interner Informationen riskiert[OWA17, S. 6]. Der Angreifer können anfällige XML-Prozessoren ausnutzen, wenn sie XML hochladen oder feindliche Inhalte in ein XML-Dokument aufnehmen können, um anfälligen Code, Abhängigkeiten oder Integrationen auszunutzen. Viele ältere XML-Prozessoren erlauben standardmäßig die Angabe einer externen Entität, eines URI, der dereferenziert und während der XML-Verarbeitung ausgewertet wird. Static Application Security Testing kann dieses Problem durch Untersuchen der Abhängigkeiten und der Konfiguration erkennen. Diese Fehler können verwendet werden, um Daten zu extrahieren, eine Remote-Anforderung vom Server auszuführen, interne Systeme zu scannen, einen Denial-of-Service-Angriff durchzuführen sowie andere Angriffe auszuführen[OWA17, S. 10].

Mögliche Angriffsszenarien:

Szenario 1:

Der Angreifer versucht, Daten vom Server zu extrahieren[OWA17, S. 10]:

Szenario 2:

Ein Angreifer testet das private Netzwerk des Servers, indem er die obige Entity-Zeile wie folgt ändert[OWA17, S. 10]:

Szenario 3:

Ein Angreifer versucht einen Denial-of-Service-Angriff, indem er eine möglicherweise endlose Datei einfügt[OWA17, S. 10]:

Listing 3.5 XML-Beispiel

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<!DOCTYPE foo [
<!ELEMENT foo ANY >
<!ENTITY xxe SYSTEM "file:///etc/passwd" >]>
<foo>\&xxe;</foo>
```

Listing 3.6 XML-Beispiel 2

```
<!ENTITY xxe SYSTEM "https://192.168.1.1/private" >]>
```

3.1.1.5. Broken Access Control

Einschränkungen, was authentifizierte Benutzer tun dürfen, werden häufig nicht ordnungsgemäß durchgesetzt. Angreifer können diese Mängel ausnutzen, um auf nicht autorisierte Funktionen und Daten zuzugreifen[OWA17, S. 6]. Die Nutzung der Zugriffskontrolle ist eine Kernkompetenz von Angreifern. Static Application Security Testing (SAST)-Tools können das Fehlen einer Zugriffskontrolle erkennen, können jedoch nicht überprüfen, ob sie funktionsfähig ist, wenn sie vorhanden ist. Schwachstellen der Zugriffskontrolle treten häufig auf, da keine automatisierte Erkennung und keine effektiven Funktionstests durch Anwendungsentwickler vorhanden sind. Die Erkennung der Zugriffskontrolle ist normalerweise nicht für automatisierte statische oder dynamische Tests geeignet. Die technische Auswirkung besteht darin, dass Angreifer als Benutzer oder Administrator fungieren, indem sie jeden Datensatz erstellen, darauf zugreifen, aktualisieren oder löschen[OWA17, S. 11].

Mögliche Angriffsszenarien:

Szenario 1:

Die Anwendung verwendet unverifizierte Daten in einem SQL-Aufruf, der auf Kontoinformationen zugreift[OWA17, S. 11]:

Ein Angreifer modifiziert einfach den "acct" Parameter im Browser, um die gewünschte Kontonummer zu senden. Wenn dies nicht ordnungsgemäß überprüft wurde, kann der Angreifer auf das Konto eines Benutzers zugreifen.

`http://example.com/app/accountInfo?acct=notmyacct`

Szenario 2:

Ein Angreifer zwingt einfach zu Ziel-URLs. Für den Zugriff auf die Administrationsseite sind Administratorrechte erforderlich. Wenn ein nicht authentifizierter Benutzer auf eine Seite zugreifen kann, ist dies ein Fehler. Wenn ein nicht-Administrator auf die Verwaltungsseite zugreifen kann, ist dies auch ein Fehler[OWA17, S. 11].

3.1.1.6. Sicherheitsrelevante Fehlkonfiguration

Sicherheit erfordert die Festlegung und Umsetzung einer sicheren Konfiguration für Anwendungen, Frameworks, Applikations-, Web- und Datenbankserver sowie deren Plattformen. Sicherheits-

3. Sicherheitsrisiken von Webanwendungen

Listing 3.7 XML-Beispiel 3

```
<!ENTITY xxe SYSTEM "file:///dev/random" >]>
```

Listing 3.8 Broken Access Control - Beispiel 1

```
pstmt.setString(1, request.getParameter('acct'));  
ResultSet results = pstmt.executeQuery( );
```

einstellungen müssen definiert, umgesetzt und gewartet werden, die Voreinstellungen sind oft unsicher. Des Weiteren umfasst dies auch die regelmäßige Aktualisierung aller Software[OWA17, S. 6]. Angreifer benutzen Standardkonten, inaktive Seiten, ungepatchte Fehler, ungeschützte Dateien und Verzeichnisse etc., um unautorisierten Zugang zum oder Kenntnis über das Zielsystem zu erlangen. Sicherheitsrelevante Fehlkonfiguration kann auf jeder Ebene der Anwendung, inkl. Plattform, Web- und Anwendungsserver, oder Datenbank vorkommen. Die Zusammenarbeit zwischen Entwicklern und Administratoren ist wichtig, um eine sichere Konfiguration aller Ebenen zu gewährleisten. Automatisierte Scanner können oft fehlende Sicherheitspatches, Fehlkonfigurationen, Standardkonten, nicht benötigte Dienste, usw. erkennen. Diese Fehler geben Angreifern häufig unautorisierten Zugriff auf Systemdaten oder -funktionalitäten. Manchmal führen sie zur kompletten Kompromittierung des Zielsystems[OWA17, S. 12].

Mögliche Angriffsszenarien:

Szenario 1:

Die Administratorkonsole mit Standardkonto wurde automatisch installiert und nicht entfernt. Angreifer entdecken dies, melden sich über das Standardkonto an und kapern das System[OWA17, S. 12].

Szenario 2:

Directory Listings wurden nicht deaktiviert. Angreifer nutzen dies, um in den Besitz aller Dateien zu kommen. Sie laden alle existierenden Java-Klassen herunter, dekompile diese und entdecken einen schwerwiegenden Fehler in der Zugriffskontrolle[OWA17, S. 12].

Szenario 3:

Die Konfiguration des Anwendungsserver erlaubt es, Stack Traces an Benutzer zurückzugeben. Dadurch können potentielle Fehler im Backend offengelegt werden. Angreifer nutzen zusätzliche Informationen in Fehlermeldungen aus[OWA17, S. 12].

Szenario 4:

Der Applikationsserver wird mit Beispielapplikationen ausgeliefert, die auf dem Produktivsystem nicht entfernt wurden. Diese Beispielapplikationen besitzen bekannte Sicherheitsschwachstellen, die Angreifer ausnutzen können um den Server zu kompromittieren[OWA17, S. 12].

3.1.1.7. Cross-Site Scripting (XSS)

XSS-Schwachstellen treten auf, wenn eine Anwendung nicht vertrauenswürdige Daten entgegennimmt und ohne entsprechende Validierung oder Umkodierung an einen Webbrowser sendet. XSS

erlaubt es einem Angreifer Scriptcode im Browser eines Opfers auszuführen und somit Benutzersitzungen zu übernehmen, Seiteninhalte zu verändern oder den Benutzer auf bösartige Seiten umzuleiten[OWA17, S. 6]. Der Angreifer sendet textbasierte Angriffsskripte, die Eigenschaften des Browsers ausnutzen. Fast jede Datenquelle kann einen Angriffsvektor beinhalten, auch interne Quellen wie Datenbanken. XSS ist die am weitesten verbreitete Schwachstelle in Webanwendungen. XSS Schwachstellen treten dann auf, wenn die Anwendung vom Benutzer eingegebene Daten übernimmt, ohne sie hinreichend zu validieren und Metazeichen als Text zu kodieren. Es gibt drei Typen von XSS Schwachstellen:

- Persistent
- nichtpersistent/reflektiert und
- DOM-basiert (lokal)

Die meisten XSS-Schwachstellen sind verhältnismäßig einfach mit Hilfe von Tests oder Code-Analyse zu erkennen.[OWA17, S. 13].

Angreifer können Skripte im Browser des Opfers ausführen und die Session übernehmen, Webseiten erstellen, falsche Inhalte einfügen, Benutzer umleiten, den Browser des Benutzers durch Malware übernehmen.[OWA17, S. 13].

Mögliche Angriffsszenarien:

Szenario 1:

Die Anwendung übernimmt nicht vertrauenswürdige Daten, die nicht auf Gültigkeit geprüft oder escaped werden, um folgenden HTML-Code zu generieren:[OWA17, S. 13]:

Listing 3.9 XXS-Beispiel 1

```
(String) page += "<input name='creditcard' type='TEXT'
value='" + request.getParameter("CC") + "'>";
```

Der Angreifer ändert den Parameter 'CC' in seinem Browser auf[OWA17, S. 13]:

Listing 3.10 XXS-Beispiel 2

```
<script>document.location=
http://www.attacker.com/cgi-bin/cookie.cgi?
foo='+document.cookie</script>
```

Dadurch wird die Session-ID des Benutzers an die Seite des Angreifers gesendet, so dass der Angreifer die aktuelle Benutzersession übernehmen kann. Beachten Sie bitte, dass Angreifer XSS auch nutzen können, um jegliche CSRF-Abwehr der Anwendung zu umgehen. A8 enthält weitere Informationen zu CSRF[OWA17, S. 13].

3. Sicherheitsrisiken von Webanwendungen

3.1.1.8. Unsichere Deserialisierung

Unsichere Deserialisierung führt häufig zur Remote-Code-Ausführung. Selbst wenn Deserialisierungsfehler keine Remotecodeausführung zur Folge haben, können sie zum Ausführen von Angriffen verwendet werden, einschließlich Wiedergabeangriffe, Injektionsangriffe und Angriffe auf erweiterte Rechte[OWA17, S. 6]. Die Ausnutzung der Deserialisierung ist schwierig, da die Standard-Exploits selten ohne Änderungen oder Anpassungen des zugrunde liegenden Exploit-Codes funktionieren. Dieses Problem ist in den Top 10 enthalten und basiert auf einer Branchenumfrage und nicht auf quantifizierbaren Daten. Einige Tools können Deserialisierungsfehler erkennen, aber es wird häufig menschliche Hilfe benötigt, um das Problem zu überprüfen. Es wird erwartet, dass die Prävalenzdaten für Deserialisierungsfehler zunehmen werden, wenn Werkzeug entwickelt werden, um sie zu identifizieren und zu beheben. Die Auswirkungen von Deserialisierungsfehlern können nicht unterschätzt werden. Diese Fehler können zu Remote-Code-Execution-Angriffen führen, einer der schwerwiegendsten Angriffe, die möglich sind[OWA17, S. 13].

Mögliche Angriffsszenarien:

Szenario 1:

Ein PHP-Forum verwendet die PHP-Objektserialisierung, um ein SSuper-Cookie zu speichern, das die Benutzer-ID, die Rolle, den Kennwort-Hash und den anderen Status des Benutzers enthält[OWA17, S. 13]:

Listing 3.11 Unsichere Deserialisierung - Beispiel 1

```
(String) page += "<input name='creditcard' type='TEXT'
value='" + request.getParameter("CC") + "'>";
```

Der Angreifer ändert den Parameter 'CC' in seinem Browser auf:

Listing 3.12 Unsichere Deserialisierung - Beispiel 2

```
a:4:{i:0;i:132;i:1;s:7:"Mallory";i:2;s:4:"user";
i:3;s:32:"b6a8b3bea87fe0e05022f8f3c88bc960";}
```

Ein Angreifer ändert das serialisierte Objekt, um sich Administratorrechte zu gewähren:

Listing 3.13 Unsichere Deserialisierung - Beispiel 3

```
a:4:{i:0;i:1;i:1;s:5:"Alice";i:2;s:5:"admin";  
i:3;s:32:"b6a8b3bea87fe0e05022f8f3c88bc960";}
```

3.1.1.9. Nutzung von Komponenten mit bekannten Schwachstellen

Komponenten wie z.B. Bibliotheken, Frameworks oder andere Softwaremodule werden meistens mit vollen Berechtigungen ausgeführt. Wenn eine verwundbare Komponente ausgenutzt wird, kann ein solcher Angriff zu schwerwiegendem Datenverlust oder bis zu einer Serverübernahme führen. Applikationen, die Komponenten mit bekannten Schwachstellen einsetzen, können Schutzmaßnahmen unterlaufen und so zahlreiche Angriffe und Auswirkungen ermöglichen[OWA17, S. 6]. Ein Angreifer erkennt Komponenten mit Schwachstellen mittels Scan oder manueller Analyse. Er passt den Exploit an und führt den Angriff aus. Bei tief eingebetteten Komponenten ist dies schwieriger. So gut wie jede Anwendung ist von diesem Problem betroffen, da die meisten Entwicklungs-Teams wenig darauf achten, dass die benutzten Komponenten bzw. Bibliotheken aktuell sind. Häufig kennen sie nicht einmal alle Komponenten, oder machen sich keine Gedanken über deren Version. Die rekursive Abhängigkeit von weiteren Bibliotheken verschlechtert die Situation weiter. Die ganze Bandbreite von Schwachstellen ist möglich, inkl. Injection, Fehler in der Zugriffskontrolle, XSS usw. Die Auswirkungen können von minimal bis hin zur vollständigen Übernahme des Servers und der Daten reichen[OWA17, S. 15].

Mögliche Angriffsszenarien:

Szenario 1:

Die durch Schwachstellen in Komponenten verursachten Lücken können von minimalen Risiken bis zu ausgeklügelter Malware führen, die für gerichtete Angriffe geeignet ist. Die Komponenten laufen meist mit allen Anwendungsrechten, wodurch ein Mangel in jeder Komponente schwerwiegend sein kann[OWA17, S. 15].

3.1.1.10. Insufficient Logging & Monitoring

Insufficient Logging und Monitoring in Kombination mit fehlender oder ineffektiver Integration mit Vorfallreaktionen ermöglicht Angreifern, um weitere Systeme anzugreifen und die Daten zu manipulieren, zu extrahieren oder zu zerstören[OWA17, S. 6]. Angreifer verlassen sich auf das Fehlen von Überwachung und rechtzeitiger Reaktion, um ihre Ziele zu erreichen, ohne entdeckt zu werden. Eine Strategie, um zu bestimmen, ob Sie eine ausreichende Überwachung haben, besteht darin, die Protokolle nach dem Durchdringungstest zu untersuchen. Die Handlungen der Tester sollten ausreichend protokolliert werden, um zu verstehen, welche Schäden sie verursacht haben. Die meisten erfolgreichen Angriffe beginnen mit der Prüfung auf Schwachstellen[OWA17, S. 16].

Mögliche Angriffsszenarien:

Szenario 1:

Eine Open Source-Projektforumsoftware, die von einem kleinen Team betrieben wurde, wurde mit

3. Sicherheitsrisiken von Webanwendungen

einem Fehler in der Software gehackt. Die Angreifer konnten das interne Quellcode-Repository mit der nächsten Version und den gesamten Foreninhalt löschen. Obwohl die Quelle wiederhergestellt werden konnte, führte das Fehlen von Überwachung, Protokollierung oder Alarmierung zu einem viel schlimmeren Verstoß. Das Forumssoftwareprojekt ist aufgrund dieses Problems nicht mehr aktiv[OWA17, S. 16].

Szenario 2:

Ein Angreifer verwendet Scans für Benutzer, die ein allgemeines Kennwort verwenden. Sie können alle Konten mit diesem Passwort übernehmen. Für alle anderen Benutzer hinterlässt dieser Scan nur ein falsches Login. Nach einigen Tagen kann dies mit einem anderen Passwort wiederholt werden[OWA17, S. 16].

3.1.2. Weitere Risiken

Die OWASP Top 10 zeigt die zehn wichtigsten Risiken für Webanwendungen, aber es gibt noch weiteren Risiken, die bei der Entwicklung und dem Betrieb von Webanwendungen beachtet werden sollten. Im dem folgenden Abschnitt werden weitere Risiken erläutert.

3.1.2.1. Zugriff auf entfernte Dateien

Wenn `allow_url_fopen` in der `php.ini` aktiviert ist, können HTTP- und FTP-URLs bei den meisten Funktionen benutzt werden, die einen Dateinamen als Parameter benötigen. Hinzukommend können URLs in `include-`, `include_once-` und `require-`Anweisungen verwendet werden. Exemplarisch kann damit eine Datei auf einem anderen Webserver erreicht und benötigten Daten analysiert werden. Diese Daten können zur Abfrage einer Datenbank benutzt werden[ZED08].

Szenario 1:

Listing 3.14 Den Titel einer entfernten Seite auslesen

```
<?php
$datei = fopen ("http://www.example.com/", "r");
if (!$datei) {
    echo "<p>Datei konnte nicht geoeffnet werden.\n";
    exit;
}
while (!feof ($datei)) {
    $zeile = fgets ($datei, 1024);
    /* Funktioniert nur, wenn Titel und title-Tags in einer Zeile stehen */
    if (preg_match ("@<title>(.*?)</title>@i", $zeile, $treffer)) {
        $title = $treffer[1];
        break;
    }
}
fclose($datei);
?>
```

Eine Datei auf einem FTP-Server kann geschrieben werden, wenn man als Benutzer mit entsprechenden Zugriffsrechten angemeldet. Auf diesem Weg können nur neue Dateien angelegt werden. Um sich statt als 'anonymous' als anderer Benutzer anzumelden, muss ein Benutzername (und möglicherweise ein Passwort) innerhalb der URL angegeben werden, wie z.B. 'ftp://benutzer:passwort@ftp.example.com/pfad/zur/datei'. Die selbe Syntax kann verwendet werden, um auf Dateien via HTTP zuzugreifen, wenn diese eine Basic-Authentifizierung benötigen[ZED08].

3.1.2.2. Clickjacking

Clickjacking ist der Versuch, den Nutzer dazu zu bringen, auf schädliche Links zu klicken, die sich in scheinbar harmlosen Videos, Bildern oder Artikeln verstecken. Nutzer können über einen "überlagerten" Link auf eine infizierte Webseite oder Spams weitergeleitet werden. Beim Clickjacking kann ein Nutzer auch dazu gebracht werden, unwissentlich Werbung oder schädliche Inhalte auf seiner Social Media-Seite zu posten[Avi16].

Szenario 1:

Bei diesem HTML-Code gibt es nur ein Formular mit einem Absenden-Button. Wenn man auf diesen Button drückt, wird die Aktion "dotransfer" ausgeführt, indem der Benutzer zur Anschauung weitergeleitet wird[CJ13].

Listing 3.15 Opferseite

```
<html>
  <head>
    <title>Opferseite</title>
  </head>
  <body>
    <form action="/dotransfer" method="post" />
      <input type="hidden" value="1000" name="amount" />
      <input type="hidden" value="[RND-ID]" name="csrftoken" />
      <input type="submit" value="submit" />
    </form>
  </body>
</html>
```

Durch unten geschriebene HTML-Code wird eine zweite Seite erstellt, welche die erste Seite einbindet[CJ13].;

Es wird jetzt noch ein wenig CSS gebraucht, um das Iframe halbdurchsichtig zu machen, und den clickme Button über den Absenden-Button des Iframes zu legen[CJ13].

3. Sicherheitsrisiken von Webanwendungen

Listing 3.16 Hackseite

```
<html>
  <head>
    <title>Hack</title>
  </head>
  <body>
    <button id="clickme"/>Gewinne ein Smartphone</button>
    <iframe src="http://opferseite.de/inittransfer.html"
      id="frame"/><iframe>
  </body>
</html>
```

Listing 3.17 CSS

```
#clickme {
  position: absolute;
  top: 0px;
  left: 0px;
  color: #ff0000;
}

#frame {
  width: 100%;
  height: 100%;
  opacity: 0.5;
}
```

Im Endeffekt sieht der Benutzer nur noch den Button mit der Aufschrift „Gewinn ein Smartphone“. Darüber liegt jedoch das unsichtbare Iframe. Möchte der Benutzer den Gewinn ergattern betätigt er nicht den Gewinnbutton, sondern den Absenden-Button im Iframe, da dieser über dem Gewinn-Button liegt. Damit wird die Aktion im Hintergrund ausgeführt, und der Hacker hat seinen Ziel erreicht[CJ13].

4. Penetrationstest

4.1. Überblick

Sicherheit ist eines der größten Probleme von Informationssystemen. Penetrationstests sind eine wichtige Sicherheitsbewertungsmethode und eine effektive Methode zur Beurteilung der Sicherheitslage eines bestimmten Informationssystems. In vielen Webanwendungen verbergen sich verschiedene Sicherheitslücken, die dem Betreiber nicht wahrnehmbar sind. Mittels dieser Sicherheitslücken entsteht ein großes Sicherheitsrisiko, weil ein Angreifer unter Umständen eine Lücke findet, die ihm unautorisierten Zugriff auf das System gewährt. Um dieses Risiko zu vermindern, werden Penetrationstests durchgeführt.

Der Umfang eines Penetrationstests kann von einzelnen Anwendungen bis zu unternehmensweiten Angriffen stark variieren. Ein Penetrationstest, der häufig mit einem Schwachstellenscan oder einer Schwachstellenanalyse verwechselt wird, versucht nicht nur, Schwachstellen zu finden, sondern sie auch in vollem Umfang auszunutzen. Dies bedeutet, dass ein Penetrationstester zwar mit der Suche nach einer Schwachstelle beauftragt werden kann, dass er jedoch alle entdeckten Schwachstellen verwendet und weiterhin ein System angreift, um mögliche zusätzliche Schwachstellen zu ermitteln[NSS+06].

4.2. Definitionen

Bei einem Penetrationstest handelt es sich um die Sicherheit der IT-Systeme durch Bedrohungen von Angreifern inwiefern gefährdet ist bzw. ob die IT-Sicherheit durch die Sicherheitsmaßnahmen gewährleistet ist. Es werden unterschiedliche Methoden bei einem Penetrationstest verwendet, die auch von einem Angreifer durchgeführt würde. [BSI03, S. 5–6]. Ein Penetrationstest für Webanwendungen konzentriert sich nur auf die Bewertung der Sicherheit einer Webanwendung. Der Prozess beinhaltet eine aktive Analyse der Anwendung auf Schwachstellen, technische Fehler oder Verwundbarkeit. Alle gefundenen Sicherheitsprobleme werden dem Systembetreiber zusammen mit einer Bewertung der Auswirkungen und häufig mit einem Vorschlag zur Milderung oder einer technischen Lösung vorgelegt[MKC+08, S. 46].

In Bezug auf Penetrationstests gibt es eine Vielzahl von Definitionen. Nach dem von Bacudio[BYCJ11] und Ke[KYA09] definierten Penetrationstest handelt es sich um eine Reihe von Aktivitäten zur Ermittlung und Ausnutzung von Sicherheitsschwächen. Es ist ein Sicherheitstest, bei dem versucht wird, Sicherheitsmerkmale eines Systems zu umgehen[WTS03]. Osborne definiert einen Penetrationstest als einen Test, mit dem sichergestellt wird, dass Gateways, Firewalls und Systeme entsprechend konzipiert und konfiguriert sind, um vor unberechtigtem Zugriff oder dem Versuch zu schützen, Dienste zu stören[Os06].

4.3. Ziele der Penetrationstests

Da es kein System gibt, das weder jetzt noch in der Zukunft zu 100% sicher ist, besteht eines der Hauptziele der Penetrationstests darin, zu prüfen, wie sicher ein System ist, dh wie unsicher es aus der Sicht eines Hackers ist. Um detaillierter zu erklären, werden Penetrationstests verwendet, um Lücken in der Sicherheitslage zu identifizieren, Exploits zu verwenden, um in das Zielnetzwerk zu gelangen, und dann Zugriff auf vertrauliche Daten zu erhalten[Yeo13].

National Institute of Standards and Technology legt nahe, dass Penetrationstests auch zur Bestimmung von Folgendem nützlich sein können[SSCO08]:

- Wie gut das System reale Angriffsmuster toleriert. (How well the system tolerates real world attack patterns.)
- Die wahrscheinliche Komplexität, die ein Angreifer benötigt, um das System erfolgreich zu beeinträchtigen.
- Zusätzliche Gegenmaßnahmen, die Bedrohungen gegen das System abschwächen könnten.
- Fähigkeit der Verteidiger, Angriffe zu erkennen und angemessen zu reagieren.

4.4. Grundlegendes Konzept

Penetrationstests können auf verschiedene Arten durchgeführt werden. Der häufigste Unterschied ist das Wissen über die Implementierungsdetails der getesteten Systeme, die dem Tester zur Verfügung gestellt wurden. Die weithin akzeptierten Ansätze sind Black-Box-, White-Box- und Gray-Box-Tests.



Abbildung 4.1.: Die akzeptierte Ansätze[Sau16]

4.4.1. Black-Box

Black-Box-Tests beziehen sich auf das Testen eines Systems ohne spezifische Kenntnisse der internen Abläufe des Systems, keinen Zugriff auf den Quellcode und keine Kenntnisse der Architektur[Cor07]. Dem Tester wird nichts über das Netzwerk oder die Umgebung des Ziels mitgeteilt[Til04]. Wenn es sich um einen Black-Box-Test handelt, kann dem Tester eine Webseite oder IP-Adresse zugewiesen werden, und er soll die Website so knacken, als wäre er ein böswilliger Hacker von außen[WN05]. Aufgrund des Mangels an internem Anwendungswissen kann das Aufdecken von Fehlern und / oder Schwachstellen jedoch erheblich länger dauern. Black-Box-Tests müssen gegen laufende Instanzen von Anwendungen ausgeführt werden. Daher ist Black-Box-Tests normalerweise auf dynamische Analysen wie das Ausführen von automatisierten Scan-Tools und manuelle Penetrationstests beschränkt[Cor07]. In Black-Box-Sicherheitstests können Hacker verschiedener Fertigungsstufen wie z. B. Skript-Kiddies, Mid-Level-Hacker oder Elite-Hacker[Pro18].

4.4.2. White-Box

Die White-Box-Tests werden auch als interne Tests bezeichnet. Bei diesem Ansatz simulieren Tester einen Angriff als eine Person, die über vollständige Kenntnisse der zu testenden Infrastruktur verfügt, häufig Betriebssystemdetails, IP-Adressschema und Netzwerklayouts, Quellcode und möglicherweise sogar einige Kennwörter[AH11]. Durch den vollständigen Zugriff auf diese Informationen können Fehler und Schwachstellen schneller entdeckt werden als mit der Test- und Fehlermethode des Black-Box-Tests. Darüber hinaus können Sie sicher sein, eine umfassendere Testabdeckung zu erhalten, indem Sie genau wissen, was Sie testen müssen. Aufgrund der Komplexität der Architekturen und des Umfangs des Quellcodes führt das White-Box-Testen jedoch zu Herausforderungen, wie die Test- und Analysebemühungen am besten ausgerichtet werden können. Zur Unterstützung von White-Box-Tests sind normalerweise Fachwissen und Tools erforderlich, z. B. Pentesting-Tool, Debugger und Quellcode-Analysatoren[Cor07].

4.5. Kriterien für Penetrationstests

Bei einem Penetrationstest gibt es eine Vielzahl von verschiedenen Zielsetzungen, die vor dem Test festgelegt werden müssen. Somit kann bei einem Penetrationstest ein realistischer Angriff simuliert werden, aber auch ein Angriff von Insidern, die das Firmennetzwerk von ihrer täglichen Arbeit sehr gut kennen. Hierfür gibt es verschiedene Kriterien, die vor einem Test berücksichtigt werden müssen. Im Nachfolgenden werden diese Kriterien nach der Studie für Penetrationstests des BSI[BSI03] beschrieben.

4.5.1. Informationsbasis

Bei der Informationsbasis muss entschieden werden, wie viel Information der Tester über das anzugreifende Ziel erhalten soll. Hier unterscheidet man zwischen Black-Box- und White-Box-Test. Bei einem Black-Box-Test bekommt der Tester nur sehr wenig bis zu keiner Information über das Angriffsziel. Dieser Test simuliert einen realistischen Angriff, da der Tester sich erst mit dem zu

4. Penetrationstest

testenden System auseinandersetzen muss, um Details zu recherchieren, wie zum Beispiel welche Dienste mit welchen Versionsnummern dort laufen. Dies ist für den Tester sehr aufwendig und zeitintensiv. Im Gegensatz zu einem Black-Box-Test bekommt der Tester bei einem White-Box-Test mehr Informationen zu dem Angriffsziel. Ein solcher Test soll zeigen, wie weit ein Insider mit sehr viel Wissen über die IT-Infrastruktur des Unternehmens in das Ziel eindringen kann. Hierfür bekommt der Tester den vollen Umfang an Informationen wie IP-Adressen, verwendete Netzwerkprotokolle und den Source Code von Anwendungen, die auf dem Zielsystem laufen[BSI03, S. 13-14].

4.5.2. Aggressivität

Die Aggressivität eines Penetrationstests wird in passiv, vorsichtig, abwägend und aggressiv unterteilt. Bei einer passiven Aggressivitätsstufe werden die gefundenen Schwachstellen nur dokumentiert, aber nicht weiter ausgenutzt. Wird jedoch der vorsichtige Ansatz gewählt, werden Schwachstellen nur dann ausgenutzt, wenn ein Systemausfall aufgrund des Angriffs ausgeschlossen werden kann. Bei diesem Ansatz werden auch nur Angriffsmethoden gewählt, die sehr ressourcenschonend sind. Bei einem Test mit Aggressivitätsgrad "abwägend" wird versucht, das Zielsystem nur so zu testen, dass eine Beeinträchtigung des Systems unwahrscheinlich ist, jedoch aber vorkommen kann. Schon vor dem Test wird abgewägt wie wahrscheinlich es ist, erfolgreich zu sein und welche Konsequenzen entstehen können. Die letzte Aggressivitätsstufe ist aggressiv. Hierbei werden alle möglichen Schwachstellen ohne Rücksicht auf die Verfügbarkeit der Systeme getestet. Bei einem solchen Test kann es passieren, dass auch andere Systeme bis hin zur ganzen IT-Infrastruktur ausfallen können[BSI03, S. 14].

4.5.3. Umfang

Bei einem Penetrationstest sollten immer alle Systeme auf Schwachstellen untersucht werden. Liegt der Fokus nur auf bestimmten Komponenten, besteht weiterhin die Gefahr, dass es ein Einfalltor in das interne Netz gibt. Bekommt ein Angreifer einmal unerlaubten Zugriff in das innere Netz, bieten sich noch mehr Möglichkeiten, weitere Systeme zu befallen. Jedoch ist ein vollständiger Penetrationstest bei sehr großen Netzen nicht in kurzer Zeit machbar. Daher liegt der Fokus oft auf besonders gefährdeten Komponenten wie Systeme, die direkt an das Internet angebunden sind oder sehr sensible Daten enthalten. Daher existieren somit neben dem vollständigen Test auch der fokussierte- und der begrenzte Penetrationstest. Der fokussierte Test wird oft angewandt, wenn neue Systeme oder Anwendungen betrieben werden, um ein gleichmäßiges Sicherheitsniveau zu schaffen. Bei einem begrenzten Test liegt der Fokus auf einem bestimmten Teil der Infrastruktur[BSI03, S. 14-15].

4.5.4. Vorgehensweise

Die Vorgehensweise unterscheidet sich hauptsächlich in einem verdeckten und einem offensichtlichen Test. Das Ziel eines verdeckten Penetrationstests ist es, Sicherheitsanwendungen wie ein Intrusion Detection System (IDS) auf die Wirksamkeit zu prüfen oder auch die Mitarbeiter einer

Organisation mittels Social Engineering zu testen. Bei einem verdeckten Test wird nur auf Methoden gesetzt, welche vom System nicht als Angriff gewertet werden. Fällt die Entscheidung jedoch auf einen offensichtlichen Test, so können je nach dem anzugreifenden System offensichtliche Sicherheitstests wie SQL-Injection oder Portscans durchgeführt werden[BSI03, S. 15].

4.5.5. Technik

Ein weiteres wichtiges Kriterium bei einem Penetrationstest ist die Technik. Soll ein realer Angriff von einem Cyberkriminellen simuliert werden, wird der Penetrationstest meist über das Netzwerk durchgeführt. Jedoch gibt es auch andere Einfallstore, die getestet werden sollten. Hat ein Angreifer zum Beispiel physischen Zugriff auf ein System, könnte es leichter fallen, bestimmte Schwachstellen auszunutzen, die über das Netzwerk wegen einer existierenden Firewall nicht ausnutzbar sind. Des Weiteren besteht auch die Möglichkeit, Mitarbeiter des Unternehmens mit einem Social Engineering Angriff zur Herausgabe von Zugangsdaten zu bringen[BSI03, S. 15-16].

4.5.6. Ausgangspunkt

Der Ausgangspunkt bei einem Penetrationstest beschreibt, von wo der Angriff gestartet wird. Die meisten Organisationen betreiben eine Firewall, um den Zugriff nur auf gewisse Dienste zu unterbinden. Daher ist es oft schwer, das dahinterliegende System anzugreifen. Aus diesem Grund konzentriert sich ein Penetrationstest von außen auf die Konfiguration der eingesetzten Firewall, um zu testen, ob diese Konfigurationsfehler enthält, die es einem externen Angreifer ermöglicht, in das Innere eines Netzes einzudringen. Es ist aber auch wichtig, den Penetrationstest von innen durchzuführen, da hier in vielen Fällen keine Firewall übergangen werden muss, um die laufenden Dienste und Anwendungen auf ihre Sicherheit zu überprüfen. Ein Test von innen kann zeigen, wie gefährlich eine Schwachstelle in der Firewall wäre oder welche Möglichkeiten sich für einen Innetäter bieten würden[BSI03, S. 16-17].

4.6. Ablauf eines Penetrationstest

4.6.1. Vorbereitung

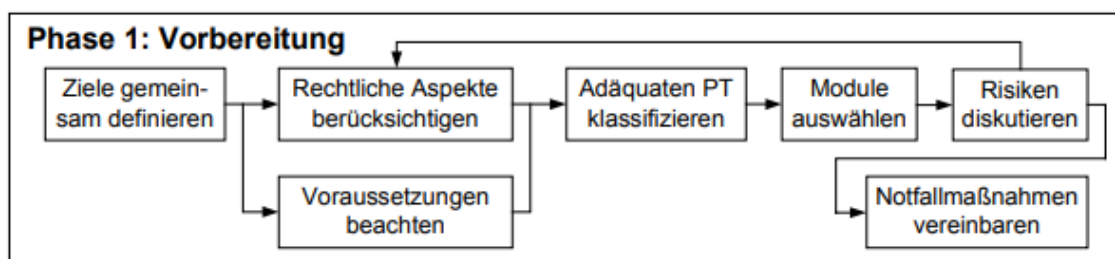


Abbildung 4.2.: Phase 1 – Vorbereitung des Penetrationstests

4. Penetrationstest

[BSI03, S. 100-101].

4.6.2. Informationsbeschaffung

[BSI03, S. 102-103].

4.6.3. Bewertung der Informationen / Risikoanalyse

[BSI03, S. 103-104].

4.6.4. Aktive Eindringversuche

[BSI03, S. 104-105].

4.6.5. Abschlussanalyse / Nacharbeiten / Clean-up

[BSI03, S. 105-106].

4.7. Ablauf eines OWASP-Testmethodiks

4.8. Manuelle Penetrationstest

4.8.1. ABC

4.9. Automatisierte Penetrationstest

4.9.1. ABC

4.10. Vor- und Nachteile zwischen manuelle und automatisierte Penetrationstest

5. Entwicklung einer Spring-Boot-Webanwendung mit Sicherheitslücken

Hier wird der Hauptteil stehen. Falls mehrere Kapitel gewünscht, entweder mehrmals `\chapter` benutzen oder pro Kapitel eine eigene Datei anlegen und `ausarbeitung.tex` anpassen.

6. Evaluierung von Open API 2.0 Plugin von OWASP ZAP

Hier wird der Hauptteil stehen. Falls mehrere Kapitel gewünscht, entweder mehrmals `\chapter` benutzen oder pro Kapitel eine eigene Datei anlegen und `ausarbeitung.tex` anpassen.

LaTeX-Hinweise stehen in ??.

7. Vergleich und Bewertung zwischen Open API 2.0 und Open API 3.0

Hier wird der Hauptteil stehen. Falls mehrere Kapitel gewünscht, entweder mehrmals `\chapter` benutzen oder pro Kapitel eine eigene Datei anlegen und `ausarbeitung.tex` anpassen.

LaTeX-Hinweise stehen in ??.

8. Fazit

Hier bitte einen kurzen Durchgang durch die Arbeit.

A. Benutzerhandbuch für das OWASP-Zap RAML Plug-in

Probleme kann man niemals
mit derselben Denkweise
lösen, durch die sie
entstanden sind.

(Albert Einstein)

Pro Satz eine neue Zeile. Das ist wichtig, um sauber versionieren zu können. In LaTeX werden Absätze durch eine Leerzeile getrennt.

Folglich werden neue Absätze insbesondere *nicht* durch Doppelbackslashes erzeugt. Der letzte Satz kam in einem neuen Absatz.

A.1. Quellcode

Listing A.1 zeigt, wie man Programmlistings einbindet. Mittels `\lstinputlisting` kann man den Inhalt direkt aus Dateien lesen.

Quellcode im `<listing />` ist auch möglich.

A.2. Abbildungen

Die Abbildung A.1 und A.2 sind für das Verständnis dieses Dokuments wichtig. Im Anhang zeigt ?? auf Seite ?? erneut die komplette Choreographie.

Es ist möglich, SVGs direkt beim Kompilieren in PDF umzuwandeln. Dies ist im Quellcode zu `latex-tipps.tex` beschrieben, allerdings auskommentiert.

Listing A.1 `lstlisting` in einer Listings-Umgebung, damit das Listing durch Balken abgetrennt ist

```
<listing name="second sample">  
  <content>not interesting</content>  
</listing>
```

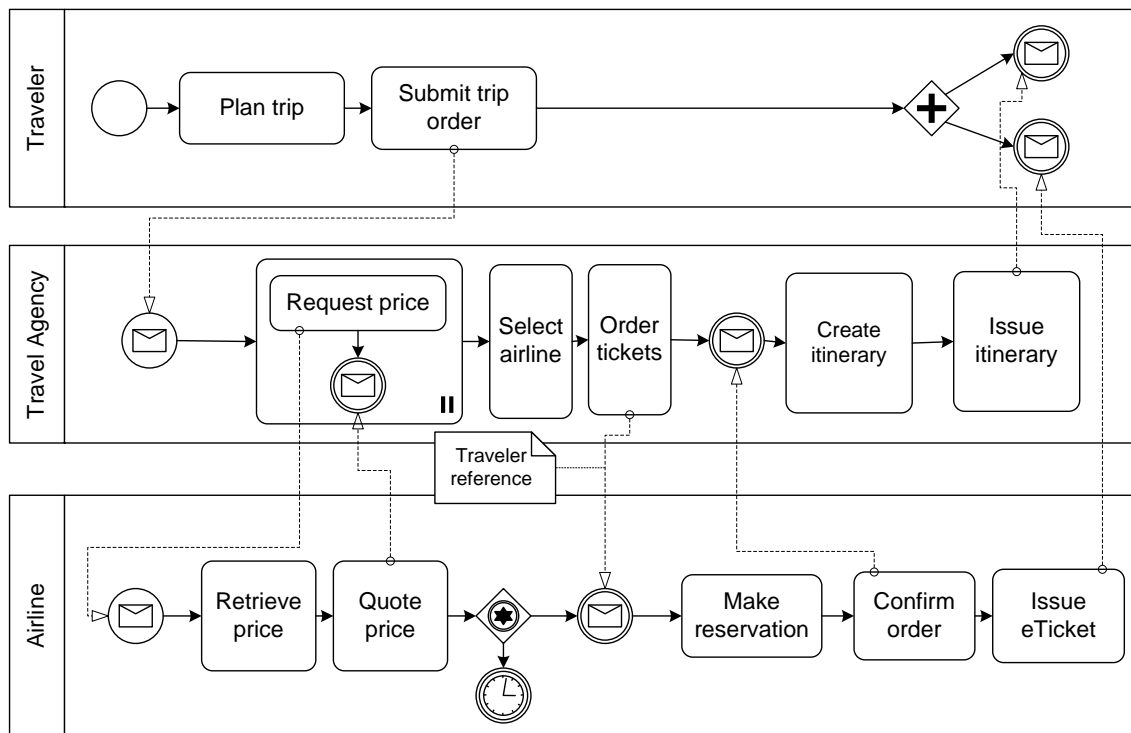


Abbildung A.1.: Beispiel-Choreographie

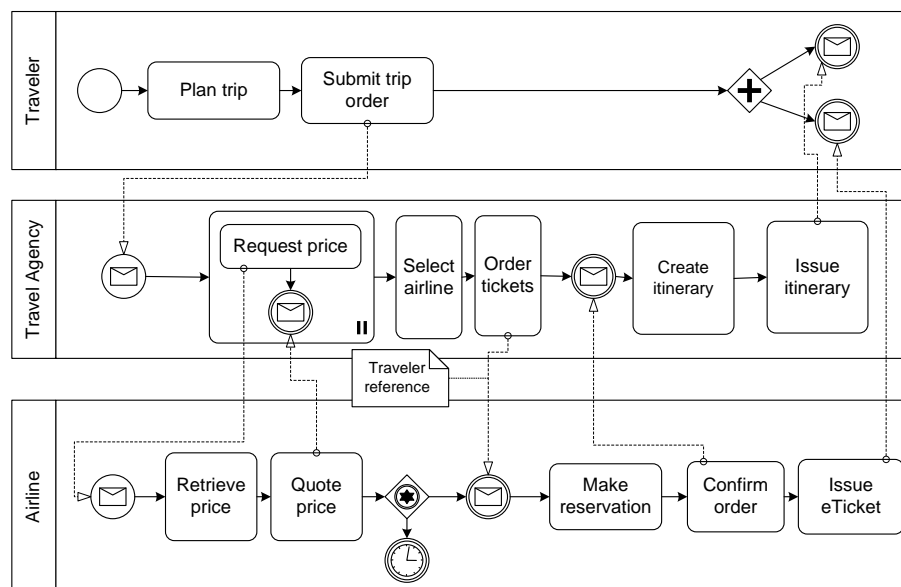


Abbildung A.2.: Die Beispiel-Choreographie. Nun etwas kleiner, damit \textwidth demonstriert wird. Und auch die Verwendung von alternativen Bildunterschriften für das Verzeichnis der Abbildungen. Letzteres ist allerdings nur Bedingt zu empfehlen, denn wer liest schon so viel Text unter einem Bild? Oder ist es einfach nur Stilsache?

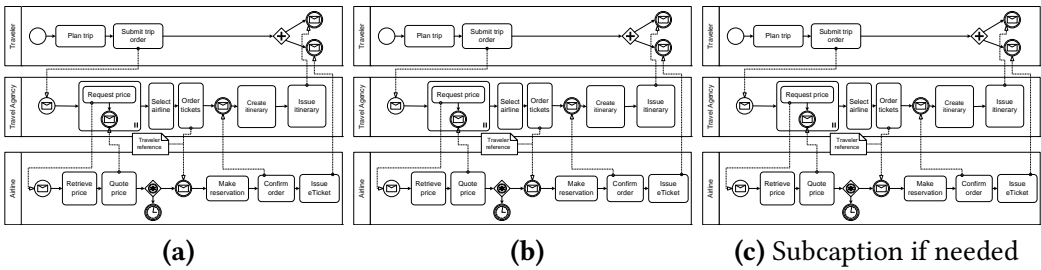


Abbildung A.3.: Beispiel um 3 Abbildung nebeneinander zu stellen nur jedes einzeln referenzieren zu können. Abbildung A.3b ist die mittlere Abbildung.

zusammengefasst		Titel
Tabelle	wie	in
tabsatz.pdf	empfohlen	gesetzt
Beispiel	ein schönes Beispiel für die Verwendung von „multirow“	

Tabelle A.1.: Beispieltabelle – siehe <http://www.ctan.org/tex-archive/info/german/tabsatz/>

A.3. Tabellen

Tabelle A.1 zeigt Ergebnisse und die Tabelle A.1 zeigt wie numerische Daten in einer Tabelle repräsentiert werden können.

Bedingungen	Parameter 1		Parameter 2		Parameter 3		Parameter 4	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
W	1,1	5,55	6,66	,01				
X	22,22	0,0	77,5	,1				
Y	333,3	,1	11,11	,05				
Z	4444,44	77,77	14,06	,3				

Tabelle A.2.: Beispieltabelle für 4 Bedingungen (W-Z) mit jeweils 4 Parameters mit (M und SD). Hinweist: immer die selbe anzahl an Nachkommastellen angeben.

A.4. Abkürzungen

Beim ersten Durchlauf betrug die Fehlerrate (FR) 5. Beim zweiten Durchlauf war die FR 3. Die Pluralform sieht man hier: error rates (ERs). Um zu demonstrieren, wie das Abkürzungsverzeichnis bei längeren Beschreibungstexten aussieht, muss hier noch Relational Database Management Systems (RDBMS) erwähnt werden.

Mit `\gls{...}` können Abkürzungen eingebaut werden, beim ersten Aufrufen wird die lange Form eingesetzt. Beim wiederholten Verwenden von `\gls{...}` wird automatisch die kurz Form angezeigt. Außerdem wird die Abkürzung automatisch in die Abkürzungsliste eingefügt. Mit `\glspl{...}` wird die Pluralform verwendet. Möchte man, dass bei der ersten Verwendung direkt die Kurzform erscheint, so kann man mit `\glsunset{...}` eine Abkürzung als bereits verwendet markieren. Das Gegenteil erreicht man mit `\glsreset{...}`.

Definiert werden Abkürzungen in der Datei *content ausarbeitung.tex* mithilfe von `\newacronym{...}{...}{...}`.

Mehr Infos unter: <http://tug.ctan.org/macros/latex/contrib/glossaries/glossariesbegin.pdf>

A.5. Definitionen

Definition A.5.1 (Title)

Definition Text

Definition A.5.1 zeigt ...

A.6. Fußnoten

Fußnoten können mit dem Befehl `\footnote{...}` gesetzt werden¹. Mehrfache Verwendung von Fußnoten ist möglich indem man zu erst ein Label in der Fußnote setzt `\footnote{\label{...}}{...}` und anschließend mittels `\cref{...}` die Fußnote erneut verwendet¹.

A.7. Verschiedenes

Ziffern (123 654 789) werden schön gesetzt. Entweder in einer Linie oder als Minuskel-Ziffern. Letzteres erreicht man durch den Parameter `osf` bei dem Paket `libertine` bzw. `mathpazo` in `fonts.tex`.

KAPITÄLCHEN werden schön gesperrt...

I. Man kann auch die Nummerierung dank `paralist` kompakt halten

¹Diese Fußnote ist ein Beispiel.

II. und auf eine andere Nummerierung umstellen

Literaturverzeichnis

- [AH11] S. Ali, T. Herivato. *BackTrack 4: Assuring Security by Penetration Testing*. Packt Publishing, 2011 (zitiert auf S. 31).
- [Avi16] Avira. *Clickjacking*. 2016. URL: <https://www.avira.com/de/security-term/t/clickjacking/id/11> (zitiert auf S. 27).
- [BFSI07] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. *Glossar und Begriffsdefinitionen*. 2007. URL: https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/ITGrundschutz/ITGrundschutzKataloge/Inhalt/Glossar/glossar_node.html (zitiert auf S. 7).
- [BKRS13] J. Blieberger, J. Klasek, A. Redlein, G.-H. Schildt. *Informatik*. Springer-Verlag, 2013 (zitiert auf S. 5).
- [BN17] M. von Symantec. *Was ist ein Botnet?* 2017. URL: <https://de.norton.com/internetsecurity-malware-what-is-a-botnet.html> (zitiert auf S. 11).
- [Bro13] M. Broy. *Informatik Eine grundlegende Einführung: Band 1: Programmierung und Rechnerstrukturen*. Bd. 1. Springer-Verlag, 2013 (zitiert auf S. 5).
- [BSI03] „Studie - Durchführungskonzept für Penetrationstests“. In: *Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik* (2003) (zitiert auf S. 29, 31).
- [BSI08] Bildungsstandards Informatik. *Information und Daten*. 2008. URL: https://www.informatikstandards.de/index.htm?section=standards&page_id=10 (zitiert auf S. 5).
- [BSIDI11] „Internet-Sicherheit: Einführung, Grundlagen, Vorgehensweise“. In: *Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik* (2011) (zitiert auf S. 6).
- [BYCJ11] A. G. Bacudio, X. Yuan, B.-T. B. Chu, M. Jones. „An overview of penetration testing“. In: *International Journal of Network Security & Its Applications* 3 (2011) (zitiert auf S. 29).
- [CJ13] *Was ist Clickjacking?* 2013. URL: <https://technik.blogbasis.net/was-ist-clickjacking-06-04-2013> (zitiert auf S. 27, 28).

- [Cor07] D. Cornell. *Web application testing: The difference between black, gray and white box testing*. 2007. URL: <https://searchsoftwarequality.techtarget.com/tip/Web-application-testing-The-difference-between-black-gray-and-white-box-testing> (zitiert auf S. 31).
- [CPSW12] Cyberpedia. *What is Spyware?* 2012. URL: <https://www.paloaltonetworks.com/cyberpedia/what-is-spyware> (zitiert auf S. 10).
- [DsBa18] Datenschutzbeauftragter. *Pseudonymisierung – was ist das eigentlich?* 2018. URL: <https://www.datenschutzbeauftragter-info.de/pseudonymisierung-was-ist-das-eigentlich/> (zitiert auf S. 8).
- [Ebe94] J. Eberspächer. „Sichere Daten, sichere Kommunikation“. In: *Secure Information, Secure Communication. Datenschutz und Datensicherheit in Tele-kommunikations-und Informationssystemen. Privacy and Information Security in Communication and Information Systems*, Berlin, Heidelberg, New York (1994) (zitiert auf S. 6).
- [Eck13] C. Eckert. *IT-Sicherheit: Konzepte-Verfahren-Protokolle*. Walter de Gruyter, 2013 (zitiert auf S. 4–10).
- [Fur08] S. Furnell. *Securing information and communications systems: Principles, technologies, and applications*. Artech House, 2008 (zitiert auf S. 3).
- [Gor03] W. Gora. *Handbuch IT-Sicherheit: Strategien, Grundlagen und Projekte*. Addison-Wesley, 2003 (zitiert auf S. 7).
- [J18] V. Beal. *Java*. 2018. URL: <https://www.webopedia.com/TERM/J/Java.html> (zitiert auf S. 11).
- [KYA09] J.-K. Ke, C.-H. Yang, T.-N. Ahn. „Using w3af to achieve automated penetration testing by live DVD/live USB“. In: *Proceedings of the 2009 International Conference on Hybrid Information Technology*. ACM, 2009, S. 460–464 (zitiert auf S. 29).
- [MHTK15] N. Menz, P. Hoepner, J. Tiemann, F. Koußen. „Safety und Security aus dem Blickwinkel der öffentlichen IT“. In: *Kompetenzzentrum Öffentliche IT* (2015) (zitiert auf S. 5).
- [MKC+08] M. Meucci, E. Keary, D. Cuthbert et al. „OWASP Testing Guide, v3“. In: *OWASP Foundation* 16 (2008) (zitiert auf S. 29).
- [MVC12] T. Point. *Spring - MVC Framework*. 2012. URL: https://www.tutorialspoint.com/spring/spring_web_mvc_framework.htm (zitiert auf S. 13).

-
- [Now11] T. Nowey. „Einleitung“. In: *Konzeption eines Systems zur überbetrieblichen Sammlung und Nutzung von quantitativen Daten über Informationssicherheitsvorfälle*. Springer, 2011 (zitiert auf S. 8, 9).
- [NSS+06] S. Northcutt, J. Shenk, D. Shackleford, T. Rosenberg, R. Siles, S. Mancini. *Penetration testing: Assessing your overall security before attackers do*. SANS Institute Reading Room, 2006 (zitiert auf S. 29).
- [OOP15] V. Beal. *OOP – Object Oriented Programming*. 2015. URL: https://www.webopedia.com/TERM/O/object_oriented_programming_OOP.html (zitiert auf S. 11).
- [Osb06] M. Osborne. *How to cheat at managing information security*. Elsevier, 2006 (zitiert auf S. 29).
- [OWA17] OWASP. „OWASP Top 10“. In: *The Ten Most Critical Web Application Security Risks*. Creative Commons, 2017 (zitiert auf S. 17, 19–26).
- [OZ18] OWASP. *OWASP Zed Attack Proxy Project*. 2018. URL: https://www.owasp.org/index.php/OWASP_Zed_Attack_Proxy_Project (zitiert auf S. 14).
- [PHS17] Phishing.org. *What is Phishing?* 2017. URL: <http://www.phishing.org/what-is-phishing> (zitiert auf S. 10).
- [Pro18] K. Prole. *White Box, Black Box, and Gray Box Vulnerability Testing: What’s the Difference and Why Does It Matter?* 2018. URL: <https://codedx.com/2018/01/black-white-and-gray-box-vulnerability-testing-code-dx-blog/> (zitiert auf S. 31).
- [RWS13] O. Docs. *What Are RESTful Web Services?* 2013. URL: <https://docs.oracle.com/javaee/6/tutorial/doc/gijqy.html> (zitiert auf S. 12).
- [Sau16] L. Saunois. *Black box, grey box, white box testing: what differences?* 2016. URL: <https://www.nbs-system.com/en/blog/black-box-grey-box-white-box-testing-what-differences/> (zitiert auf S. 30).
- [Sch17] P. Schmitz. *Was ist ein Hacker?* 2017. URL: <https://www.security-insider.de/was-ist-ein-hacker-a-596399/> (zitiert auf S. 9).
- [SePe11] Oliver Wege. *Verbindlichkeit*. 2011. URL: <https://www.secupedia.info/wiki/Verbindlichkeit> (zitiert auf S. 8).
- [Sill11] P. M. D. H. Siller. *Hacker – Definition*. 2011. URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/hacker-53395> (zitiert auf S. 9).
- [Spi85] P. P. Spies. „Datenschutz und Datensicherung im Wandel der Informationstechnologien“. In: *Datenschutz und Datensicherung im Wandel der Informationstechnologien*. Springer, 1985 (zitiert auf S. 6).

- [SSCO08] K. Scarfone, M. Souppaya, A. Cody, A. Orebaugh. „Technical guide to information security testing and assessment“. In: *NIST Special Publication* 800.115 (2008), S. 2–25 (zitiert auf S. 30).
- [STS18] Eric Weis. *Was ist der Unterschied zwischen IT Sicherheit und Informationssicherheit*. 2018. URL: <https://www.brandmauer.de/blog/it-security/unterschied-it-sicherheit-und-informationssicherheit> (zitiert auf S. 5).
- [Swa17] Swagger. *What Is OpenAPI?* 2017. URL: <https://swagger.io/docs/specification/about/> (zitiert auf S. 14).
- [Til04] J. S. Tiller. *The ethical hack: a framework for business value penetration testing*. CRC Press, 2004 (zitiert auf S. 31).
- [TNSA14] Techopedia. *National Security Agency (NSA)*. 2014. URL: <https://www.techopedia.com/definition/15146/national-security-agency-nsa> (zitiert auf S. 10).
- [TSC11] Techopedia. *Script Kiddie*. 2011. URL: <https://www.techopedia.com/definition/4090/script-kiddie> (zitiert auf S. 9).
- [Ver16] Veracode. *Sql Injection Cheat Sheet and Tutorial*. 2016. URL: <https://www.veracode.com/security/sql-injection> (zitiert auf S. 18).
- [Whe13] T. Wheeler. *Offene Systeme: ein grundlegendes Handbuch für das praktische DV-Management*. Springer-Verlag, 2013 (zitiert auf S. 4).
- [Wil18] A. Wilkinson. *Spring REST Docs*. 2018. URL: <https://docs.spring.io/spring-restdocs/docs/2.0.2.RELEASE/reference/html5/> (zitiert auf S. 14).
- [WN05] A. Whitaker, D. P. Newman. *Penetration testing and network defense*. Cisco Press, 2005 (zitiert auf S. 31).
- [Wol16] E. Wolff. *Microservices: flexible software architecture*. Addison-Wesley Professional, 2016 (zitiert auf S. 13).
- [WTS03] J. Wack, M. Tracy, M. Souppaya. *Guideline on Network Security Testing (NIST Special Publication 800-42)*. 2003 (zitiert auf S. 29).
- [Yeo13] J. Yeo. „Using penetration testing to enhance your company’s security“. In: *Computer Fraud & Security* 2013.4 (2013) (zitiert auf S. 30).
- [ZED08] PHP.NET. *Zugriff auf entfernte Dateien*. 2008. URL: <http://php.net/manual/de/features.remote-files.php> (zitiert auf S. 26, 27).

Alle URLs wurden zuletzt am 10.01.2019 geprüft.

Erklärung

Ich versichere, diese Arbeit selbstständig verfasst zu haben. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt und alle wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken übernommene Aussagen als solche gekennzeichnet. Weder diese Arbeit noch wesentliche Teile daraus waren bisher Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens. Ich habe diese Arbeit bisher weder teilweise noch vollständig veröffentlicht. Das elektronische Exemplar stimmt mit allen eingereichten Exemplaren überein.

Ort, Datum, Unterschrift