

Security for Systems Engineering 22S – VO 04: Web Application Security

Florian Fankhauser, Christian Brem
ESSE



Einführung in Web Application Security

Typische Komponenten einer modernen Web-Applikation

Arten von Web-Servern

Hyper Text Transfer Protocol (HTTP)

Aufbau

Session Management

Authentifizierung

Beispiele für Sicherheitslücken

Google Hacking

Ausblick: Browser Security

Literatur

- Vor vielen Jahren waren Websites noch einfach – nahezu keine Interaktion, keine Formulare, statische Seiten
- Heute: Steigende Anzahl von neu entwickelten, komplexen Web-Applikationen, Single Page Websites, viel Interaktion
- Mailclients (z.B. Roundcube, Horde), Studierendenverwaltungssysteme (z.B. TISS), Cloud-basierte Speicherdienste (z.B. Dropbox, SkyDrive), Social Media. . .
- Großer Funktionsumfang/Hohe Komplexität bei Web-Applikationen, z.B. durch JavaScript, HTML5
- Web-Technologie nicht nur im Web – auch z.B. bei Apps, auf SIP-Telefonen etc.
- Hohe Anzahl an unterschiedlichen, unkontrollierbaren Clients

Typische Komponenten einer modernen Web-Applikation

- Webserver
- Uniform Resource Locator (URL) incl. Protokoll, evtl. Username/Passwort, Server-Adresse, Server-Port, Pfad, Query String, incl. Encoding
- Hyper Text Transfer Protocol (HTTP)
- Hyper Text Markup Language (HTML) in unterschiedlichen Versionen mit unterschiedlichem Funktionsumfang
- Cascading Style Sheets (CSS)
- Client-Side-Scripting (z.B. JavaScript)

(Vergleiche siehe auch Zalewski, The Tangled Web)

- Nicht-HTML-Daten, z.B. Bilder, Videos, Extensible Markup Language (XML)
- Unterschiedliche Browser (z.B. Seamonkey, Firefox, Chromium, Safari, Edge) auf unterschiedlichen Plattformen (PC, Tablet, Smartphone, . . .)
- Plugins/Addons

(Vergleiche Zalewski, The Tangled Web)

Arten von Web-Servern

- Statische Web-Server: Anzeige statischer Inhalte (ursprüngliche Idee des WWW)
- Dynamische Web-Server:
 - Statische und dynamische Inhalte
 - Oftmals Anbindung an möglicherweise mehrere Datenbanken oder File-Server
 - Verschiedene Web-Applikationen können auf einem Server in Betrieb sein
- Reverse-Proxy: serviert oft mehrere Web-Server, befindet sich zwischen Client und Web-Server
- Beispiele für Web-Server: Apache HTTP Server, Apache Tomcat, Microsoft IIS, lighttpd, nginx

Beispiel eines HTTP-GET-Requests

GET / HTTP/1.1

Host: security.inso.tuwien.ac.at

User-Agent: Mozilla/5.0 (X11; Linux i686; rv:28.0) \\
Gecko/20100101 SeaMonkey/2.25

Accept: text/html, application/xhtml+xml, \\
application/xml;q=0.9, */*;q=0.8

Accept-Language: en-us, en;q=0.7, de;q=0.3

Accept-Encoding: gzip, deflate

DNT: 1

Connection: keep-alive

Beispiel einer HTTP-Response

HTTP/1.1 200 OK

Date: Thu, 03 Apr 2014 16:30:17 GMT

Server: Apache

Last-Modified: Thu, 03 Apr 2014 06:19:05 GMT

ETag: "f-13df-4f61d60c74840"

Accept-Ranges: bytes

Content-Encoding: gzip

Content-Length: 2033

Keep-Alive: timeout=5, max=100

Connection: Keep-Alive

Content-Type: text/html

HTTP-Request-Methoden GET, POST, PUT, DELETE

- GET: Parameter werden in der URL mitgegeben
- POST: Parameterübergabe mittels HTTP-Payload
- PUT: ermöglicht Datenupload am Server
- DELETE: Löschen von Server-Ressourcen

(Vergleiche <https://tools.ietf.org/html/rfc2616>)

HTTP-Request-Methoden OPTIONS, HEAD, TRACE

- OPTIONS: Abfragen der HTTP-Methoden, die der Server unterstützt
- HEAD: Retourniert nur HTTP-Header
- TRACE: Alle Änderungen (z.B. durch Reverse-Proxy) am HTTP-Request nachvollziehbar
- Best Practise: Sämtliche nicht verwendete HTTP-Methoden abschalten, vor allem OPTIONS, TRACE, PUT, DELETE

(Vergleiche <https://tools.ietf.org/html/rfc2616>)

HTTP ist stateless → Session-Management erfolgt z.B. über Cookies, Hidden-Form-Fields, URL-Parameter, HTTP Header Tokens

- Client-seitige Sessions vs. Server-seitige Sessions
- HTTP-Header: Cookie oder Authorization-Header (z.B. non-persistent Cookies, JSON Web Tokens)
- URL-Parameter: in der URL angegeben mit "parameter=wert", mehrere Parameter mit & separiert
- Hidden-Form-Fields: nicht sichtbar im HTML-Code, durch Source-Code-Analyse auffindbar (`<input type="hidden" name="Name" value="Wert">`)
- AngreiferInnen können Session-IDs möglicherweise ausspionieren und manipulieren (z.B. Session-Analyse)

HTTP-Authentifizierung – Basic

- Authentifizierung erfolgt über Benutzername und Passwort, separiert mittels ":"
- Verwendung von Base64-Encoding
- Beispiel:
 - Server: WWW-Authenticate: Basic realm="ESSE"
 - Client: Authorization: Basic c2VjdXJlLXVzZXI6ZXNzZQ==
 - `$ echo "c2VjdXJlLXVzZXI6ZXNzZQ==" | base64 -d`
`secure-user:esse`
- Credentials werden (so gut wie) im Klartext übertragen!

(Vergleiche <https://tools.ietf.org/html/rfc2617>)

HTTP-Authentifizierung – Digest: Beispiel

- Authentifizierung erfolgt über Digesting der Credentials mittels MD5

- *Server*

```
WWW-Authenticate: Digest realm="ESSE",  
nonce="tN0/HCj2BAA=8fd115d3a77df5be9b6008c1cbc1a9f22855559b",  
algorithm=MD5, domain="/rest/", qop="auth"
```

- *Client*

```
Authorization: Digest username="secure-user",  
realm="ESSE",  
nonce="tN0/HCj2BAA=8fd115d3a77df5be9b6008c1cbc1a9f22855559b",  
uri="/rest/", algorithm=MD5,  
response="eb88d1862f75c82ebe60304d5a3780c5", qop=auth,  
nc=00000001, cnonce="0dbe5538b34a56b1"
```

(Vergleiche <https://tools.ietf.org/html/rfc2617>)

HTTP-Authentifizierung – Digest: Berechnung

- `HA1 = echo -n "secure-user:ESSE:esse" | md5sum`
→ `b1e68fa8b6a0ab3d4833ab0a3c54e02f`
- `HA2 = echo -n "GET:/rest/" | md5sum`
→ `f7c603b6955bd38ef4a3283e89c57f7d`
- `Response = echo -n`
`"HA1:nonce:nonceCount:clientNonce:qop:HA2" | md5sum`
- `Response = echo -n`
`"b1e68fa8b6a0ab3d4833ab0a3c54e02f:tN0/HCj2BAA=8fd115d3a77`
`df5be9b6008c1cbc1a9f22855559b:00000001:0dbe5538b34a56b1:auth:`
`f7c603b6955bd38ef4a3283e89c57f7d" | md5sum`
→ `eb88d1862f75c82ebe60304d5a3780c5`

(Vergleiche <https://tools.ietf.org/html/rfc2617>)

Beispiele für Cookies

```
domain / readable by all machines in a given domain / path / secure /
  expiration / name / value
```

```
www.tuwien.ac.at    FALSE / FALSE 0
```

```
  fe_typo_user    d23c126a081555a51fc9a13e076b93fc
```

```
iu.zid.tuwien.ac.at FALSE / TRUE  0
```

```
  apps            -76-
```

```
iu.zid.tuwien.ac.at FALSE / TRUE  1428101315
```

```
  zidToken        af5e513d98e5fe3b54393d72bbfafa58ad5a2672.394c305.3366761
```

```
tiss.tuwien.ac.at  FALSE / FALSE 0
```

```
  TISS_AUTH       e8c9c83ecbad4238b3a4cff00a8e3dbd4dbeef3c9510951b390b62ea4bbf368
```

```
tiss.tuwien.ac.at  FALSE / FALSE 1427406716
```

```
  _tiss_session   51c639f6685f053f78df77b9f4e14c40
```

```
$ curl -s -I 'https://tiss.tuwien.ac.at/' | grep -i cook
```

```
Set-Cookie: TISS_LANG=de; path=/; expires=Sat, 26-Mar-2016 20:58:33 GMT
```

```
Set-Cookie: _tiss_session=f63a533dc1db1e1c178156d779e58346; path=/;
```

```
  expires=Thu, 26-Mar-2015 22:28:33 GMT; HttpOnly
```

- Spezifiziert in RFCs
 - RFC 7519: JSON Web Token (JWT)
 - RFC 7515: JSON Web Signature (JWS)
- Aufbau
 - Header
 - Payload
 - Signatur
- Vordefinierte und eigene Claim Namen bei Payload
- Verwendung in Cookies oder als Authorization-Header bei HTTP mit eigenen Vor- und Nachteilen

Beispiel für ein JWT: JSON Web Token

- Header: `{"typ": "JWT", "alg": "HS256"}` → JSON Web Token, Hash-based Message Authentication Code (HMAC) SHA-256
- Payload/JWT Claims: `{"iss": "joe", "exp": 1551984189, "http://example.com/is_root": true}`
- Signatur: `HMACSHA256(BASE64URL(UTF8(Header)) + '.' + BASE64URL(UTF8(Payload)), secret-key)`
- `eyJ0eXAiOiJKV1QiLA0KICJhbGciOiJIUzI1NiJ9.eyJpc3MiOiJqb2UiLA0KICJleHAiOiJleHAiOjEzMDA4MTkzODAsDQogImh0dHA6Ly9leGFtcGxlLmNvbS9pc19yb290Ijp0cnVlfQ.dBjftJeZ4CVP-mB92K27uhbUJU1p1r_wW1gFWF0EjXk`

(Vergleiche RFC 7519, RFC 7515)

OWASP Top 10 2013

- A1: Injection
- A2: Broken Authentication and Session Management
- A3: Cross Site Scripting (XSS)
- A4: Insecure Direct Object References
- A5: Security Misconfiguration
- A6: Sensitive Data Exposure
- A7: Missing Function Level Access Control
- A8: Cross Site Request Forgery (CSRF)
- A9: Using Components With Known Vulnerabilities
- A10: Unvalidated Redirects and Forwards

(Vergleiche https://owasp.org/www-pdf-archive/OWASP_Top_10_-_2013.pdf)

OWASP Top 10 2017

- *A1: Injection*
- *A2: Broken Authentication*
- *A3: Sensitive Data Exposure*
- A4: XML External Entities
- *A5: Broken Access Control*
- *A6: Security Misconfiguration*
- A7: Cross Site Scripting (XSS)
- A8: Insecure Deserialization
- *A9: Using Components With Known Vulnerabilities*
- A10: Insufficient Logging & Monitoring

(Vergleiche <https://owasp.org/www-project-top-ten/2017/>)

OWASP Top 10 2021

- *A01 Broken Access Control*
- *A02 Cryptographic Failures*
- *A03 Injection*
- A04 Insecure Design
- *A05 Security Misconfiguration*
- *A06 Vulnerable and Outdated Components*
- *A07 Identification and Authentication Failures*
- A08 Software and Data Integrity Failures
- *A09 Security Logging and Monitoring Failures*
- A10 Server Side Request Forgery (SSRF)

(Vergleiche <https://owasp.org/Top10/>)

Beispiele für Sicherheitslücken

- Aus den OWASP Top 10-Sicherheitslücken werden nun ausgewählte Sicherheitslücken vorgestellt
- Auch „alte“ Sicherheitslücken müssen nicht unbedingt geschlossen sein nach Jahren (z.B. CVE-2011-2461)
- Meistens gibt es weitere Gefahren/Maßnahmen als die, die heute vorgestellt werden
- Weitere Sicherheitslücken und auch fortgeschrittenere Formen für vorgestellte Sicherheitslücken vorhanden
- → weitere LVAs der ESSE besuchen :)

- Vorgehen: Kommandos werden an einen Interpreter geschickt und in einer Art und Weise ausgeführt wie es nicht vorgesehen ist
- SQL-Injection, Command-Injection, Template-Injection, XML-Injection, XPath-Injection etc.
- Gefahren, z.B.:
 - Datenbankeinträge können manipuliert, ausgelesen oder gelöscht werden
 - Unautorisierte Zugriffe auf das Betriebssystem sind möglich
 - Verursachung von Software-Abstürzen, DOS
 - Port-Scanning

- Alle Eingaben validieren!
 - Blacklists
 - (besser) Whitelists
- Verwendung von Prepared-Statements
- Vermeidung von BenutzerInneneingaben in Templates
- Minimale Zugriffsrechte pro BenutzerIn

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<!DOCTYPE accounts SYSTEM "accounts.dtd">
<accounts>
  <account>
    <username>e123456</username>
    <pwd>hash(deem*ohG1oor)</pwd>
    <perms>r</perms>
  </account>
</accounts>
```


Durchgeführte XML-Injection

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<!DOCTYPE accounts SYSTEM "accounts.dtd">
<accounts>
  <account>
    <username>e123456</username><pwd>hash(deem*ohG1oor)</pwd>
    <perms>rw</perms></account><account><username>e654321
  </username>
  <pwd>deem*ohG1oor</pwd>
  <perms>r</perms>
</account>
</accounts>
```

- XPath dient zum Zugriff auf ein XML-Dokument
- XPath-Injection ist ähnlich der SQL-Injection

```
authenticated = "//account[username/text()=' " +  
    $username +  
    "' AND pwd/text()=' " + hash($pwd) + "']"
```

Username: `attack' OR 1=1 OR '1'='1`

Password: `successful`

```
authenticated = "//account[username/text()='attack' OR 1=1  
    OR  
    '1'='1' AND pwd/text()='hash(successful)']"
```

Cryptographic Failures

- Durch Fehler im Bereich von Kryptographie oder unzureichende Kryptographie führen oft zur Preisgabe von Informationen
- Gefahr:
 - AngreiferIn hat Zugriff auf sensible Daten
- Maßnahmen:
 - Bewerten von Informationsobjekten (Risiko-/Bedrohungsanalyse)
 - Verhinderung der Speicherung nicht erforderlicher Daten
 - Verschlüsselung mit sicheren Algorithmen
 - Verwendung von komplexen Schlüsseln (z.B. 2048 Bit) bzw. Salt
 - Verschlüsselte Daten und Schlüssel separat speichern
 - Schlüssel schützen

Insufficient Transport Layer Protection

- *Siehe auch VO Netzwerk-Sicherheit*
- Unverschlüsselte Übertragung von (sensiblen) Inhalten
- Moderne Browser zeigen unverschlüsselte Websites als unsicher an
- Gefahr:
 - AngreiferIn kann vertrauliche Informationen mitlesen oder verändern (z.B. Kreditkartennummern, Passwörter)
- Maßnahmen:
 - Verwendung von Transport Layer Security (TLS)
 - Verschlüsseln und Signieren der Daten vor der Übertragung
 - Setzen des Secure-Flags bei Cookies
 - HTTP Strict Transport Security (HSTS)

Abgelaufene Zertifikate sind [doch k]ein Sicherheitsproblem!

(Beispiel in Vorlesung)

Identification and Authentication Failures/Broken Authentication and Session Management

- Zur Erinnerung: HTTP ist ein stateless Protokoll, das Session-Informationen verwendet, um Statusinformationen zu speichern
- Gefahr:
 - Session-Hijacking (z.B. Firesheep)
 - Benutzer-Accounts übernehmen inkl. Funktionen wie z.B. Passwort ändern, Sicherheitsfrage, Passwort vergessen, etc.
 - Unsichere Session-Verwaltung (z.B. unzureichend zufällige Session IDs)

- Verwendung von TLS und Sicherstellung, dass die Session-ID durch TLS geschützt ist
- Gute, zufällige Session-IDs
- Sicherstellen, dass ein Logout wirklich die Session terminiert
- Logout prinzipiell mittels Logout-Button durchführen, nicht nur Browser schließen
- Logout nach passender, definierter inaktiver Zeit von BenutzerInnen

Identification and Authentication Failures: Beispiel

(Beispiel in Vorlesung)

Failure to Restrict URL Access (Broken Access Control)

- Typische Fehler:
 - Es werden nur bestimmte Links und Menü-Punkte angezeigt, die anderen werden versteckt (Security by Obscurity)
 - Presentation Layer Access Control: Keine Überprüfung am Server
- Gefahr:
 - AngreiferIn ruft Funktionen auf, für die er/sie nicht berechtigt ist
 - `www.insecure-site.invalid/[user|admin]/getAccntData`
- Maßnahmen:
 - Für jede URL sicherstellen, dass BenutzerInnenzugriff erlaubt ist
 - Auf bestimmten Seiten Zugriff verbieten (z.B. Config-Dir)
 - Rollenbasiertes Zugriffsmodell
- → Missing Function Level Access Control

Insecure Direct Object References (Broken Access Control)

- Ähnlich zu *Failure to Restrict URL Access*
- Typische Fehler:
 - Es wird direkt über eine vorhersehbare ID auf Objekte zugegriffen
 - Es werden nur bestimmte Objekte angezeigt, die anderen werden versteckt
 - Kontrolle nur am Presentation-Layer: Keine Überprüfung auf Server-Seite
- Gefahr:
 - AngreiferIn wird ähnliche Nummern ausprobieren:
 - `www.insecure-server.invalid?account=100`
 - `www.insecure-server.invalid?account=102`

Insecure Direct Object References: Maßnahmen

- Keine direkte Referenz auf Objekte
- Verwendung von zufälligen, temporären Mapping-Values, z.B.
 - Statt ?account=100 → ?account=8w9e9fgi
 - Statt ?file=accounting.xls → ?file=119347
- Überprüfung der Objekt-Referenzen auf: Formatierung, ob der/die BenutzerIn die Berechtigung hat zuzugreifen, etc.

Unvalidated Redirects and Forwards

- Häufig erfolgen Weiterleitungen von Web-Applikationen zu anderen Webseiten, Zieladresse wird oft unter Verwendung von BenutzerInneneingaben bestimmt
- Gefahr:
 - AngreiferIn kann dadurch das Opfer auf Malware- oder Phishing-Seiten weiterleiten
 - `http://example.org/redirect.php?url=http://evil.org`
 - Umgehung von Autorisierungsmechanismen
- Maßnahmen:
 - Möglichst keine URLs bestehend aus BenutzerInnen-Parametern für Redirects verwenden
 - Eingabevalidierung

Unvalidated Redirects and Forwards: Beispiel

(Beispiel in Vorlesung)

Security Misconfiguration

- Sicherheit von Web-Applikationen hängt auch von darunterliegenden Software-Schichten ab, z.B. aktuelle Patches, Services, Ports, etc.
- Gefahr:
 - Ausnützen von Sicherheitslücken, da keine Patches installiert
 - Default-Accounts aktiv, Standard-Passwörter
 - Auslesen und Verändern von Daten, DoS
 - Fehlende Härtungen
 - Kein Senden von Security-Headern
- Maßnahmen:
 - Hardening-Prozess definieren
 - Regelmäßiges Scanning und Auditing der Konfiguration(en)
 - Sicheres Softwaredesign

Security Misconfiguration: Beispiel

(Vergleiche <https://twitter.com/BernhardGeyer/status/1051507700616650753>)

Vulnerable and Outdated Components

- Immer wieder Sicherheitslücken in unterschiedlichster Software – offensichtlich auch Software-Komponenten, die im Web verwendet werden
- Gefahr:
 - Bekannte Sicherheitslücken können auf Grund oft freier Verfügbarkeit (unbemerkt) ausgenutzt werden – für unterschiedlichste Angriffe
- Maßnahmen:
 - Security im gesamten Lebenszyklus berücksichtigen – Analyse, Design, Implementierung, Test, Betrieb → zeitnahe Installation von Patches

- Über Google können Webseiten mit Schwachstellen ermittelt werden
- Websites mit potenziellen MySQL SQL Injection
`inurl:"php?id" "You have an error in your SQL syntax"`
- Oracle-Applikationen ermitteln
`intitle:iSQL intitle:Release inurl:isqlplus`
- Fehlerhafte Konfigurationen
`filetype:inc intext:mysql_connect`
- Web Cams `intitle:axis intitle:"video server"`
- Jenkins mit offener Admin-Schnittstelle
`intitle:"Dashboard [Jenkins]" intext:"Manage Jenkins"`
- Weitere Suchbegriffe siehe auch <https://www.exploit-db.com/google-hacking-database/>

Ausblick: Browser Security

- Immer mehr Funktionalität, z.B. VoIP, Video,...
- Sicherheitslücken durch Software (Patches, Plugins, ...)
- Unterschiedliche Browser reagieren unterschiedlich auf gleiche Anfragen
- Beispiele für Sicherheitsmechanismen von Browsern
 - Same-Origin
 - Security Policies für Cookies
 - Blocken von Ports (z.B. Port 110)
 - XSS-Schutz
- Sandboxen
- Zugriff auf lokale Files

Beispiele für Tools und Programmiersprachen für Sicherheitstests

- Python
- Metasploit
- curl
- Web Developer
- Tamper Data
- Burp
- sqlmap
- Nikto
- DirBuster

- <https://www.owasp.org/>
 - OWASP Top 10 Project
 - OWASP Testing Guide
 - OWASP Web Goat Project
- Martin Burkhart. Gut behütet: OWASP API Security Top 10, 2020.
<https://heise.de/-4660904>
- Michal Zalewski. *The Tangled Web: A Guide to Securing Modern Web Applications*. No Starch Press, San Francisco, CA, USA, 1. Auflage, 2011. ISBN 1593273886, 9781593273880

- Roy T. Fielding, James Gettys, Jeffrey C. Mogul, Henrik Frystyk Nielsen, Larry Masinter, Paul J. Leach, und Tim Berners-Lee. Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1, 1999. <https://www.ietf.org/rfc/rfc2616.txt>
- John Franks, Phillip M. Hallam-Baker, Jeffery Hostetler, Scott D. Lawrence, Paul J. Leach, Ari Luotonen, und Lawrence C. Stewart. HTTP Authentication: Basic and Digest Access Authentication, 1999. <https://www.ietf.org/rfc/rfc2617.txt>
- Michael B. Jones, John Bradley, und Nat Sakimura. JSON Web Token (JWT), 2015b. <https://tools.ietf.org/rfc/rfc7519.txt>

- Michael B. Jones, John Bradley, und Nat Sakimura. JSON Web Signature (JWS), 2015a. <https://tools.ietf.org/rfc/rfc7515.txt>

- Grundlagen von Web-Applikationen
- Hyper Text Transfer Protocol (HTTP)
 - Protokoll
 - Authentifizierung
 - Session Management
- Unterschiedliche Sicherheitslücken basierend auf OWASP Top 10, z.B.
 - Broken Authentication and Session Management
 - Insecure Direct Object References
 - Failure to Restrict URL Access
- Google Hacking, Browser Security
- IT-Sicherheit kann nicht einzeln betrachtet werden

Vielen Dank!

<https://security.inso.tuwien.ac.at/>

