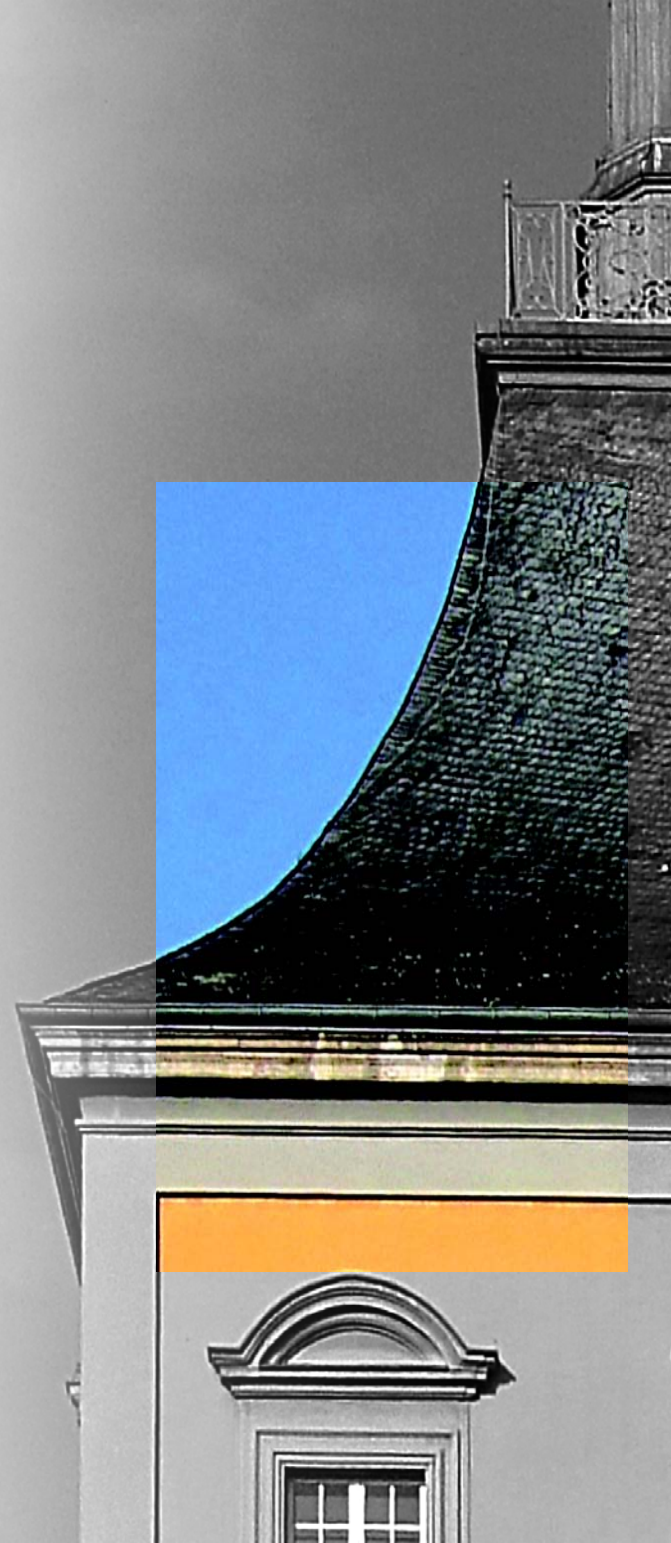
UNIVERSITÄT BONN

VORLESUNG

NETZWERKSICHERHEIT

SOMMERSEMESTER 2023

MO. 14-16 UHR



UNIVERSITÄT BONN

KAPITEL 8

SSH

UNIVERSITÄT BONN

HISTORIE

remote shell (rsh)

- 1977 als Teil der BSD-Remote-Utils veröffentlicht
- TCP-Port 514
- Authentifikation über
  - Gewählten Benutzernamen und
  - IP-Port-Kombination des anfragenden Rechners
- Übertragung im Klartext

  Kerberos war möglich, damit auch Verschlüsselung, aber Export eingeschränkt

Weitere Tools:

- rcp (= remote copy)
- rlogin (=remote login)
- rexec (=remote execute)

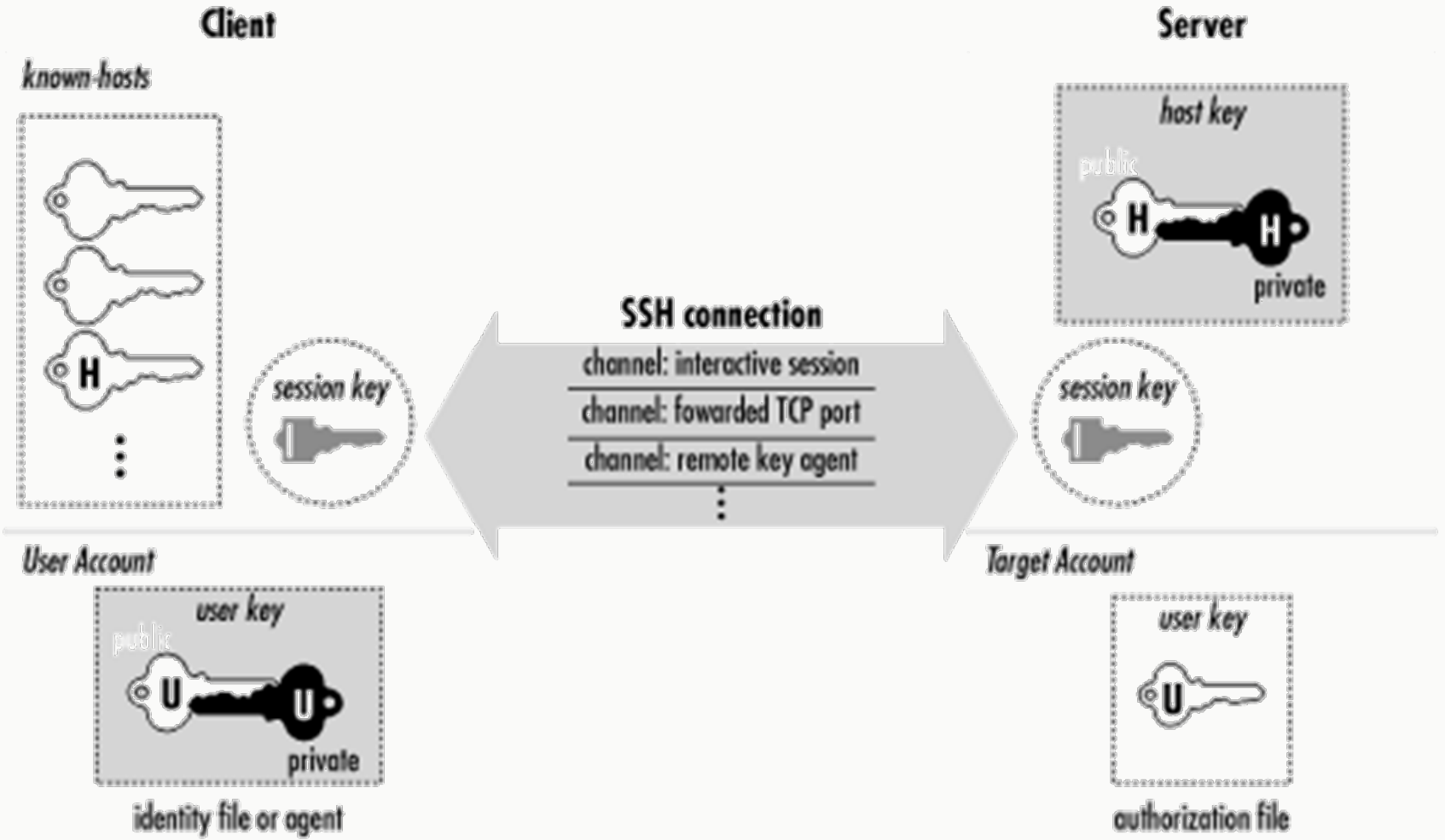
UNIVERSITÄT BONN

HISTORIE

secure shell (ssh)

- Protokoll und Werkzeug
- TCP-Port 22
- Version 1 im Jahre 1995 als sichere Alternative zu den r-tools entwickelt
- Erst Open-Source, anschließend als kommerzielles Produkt vermarktet
- Protokoll-Version SSH-2 bereits 1996 veröffentlicht
- RFC 4251 erst im Januar 2006 veröffentlicht

SSH-ARCHITEKTUR



UNIVERSITÄT BONN

SSH-2

Im Gegensatz zu SSH-1 gibt es 3 Protokolle(-Teile)

- SSH Transport Layer Protocol (SSH-TRANS)
- SSH Authentication Protocol (SSH-AUTH)
- SSH Connection Protocol (SSH-CONN)

SSH TRANSPORT LAYER PROTOCOL

Funktionen SSH-TRANS

- Server-Authentifikation
- Algorithmus-Aushandlung

- Austausch des Sitzungsschlüssels
- Verschlüsselung
- Integrität
- Sitzungs-ID (Perfect Forward Secrecy mit ephemeral DH)
  - Ephemeral RSA verursacht deutlich höhere Kosten!

UNIVERSITÄT BONN

SSH TRANSPORT LAYER PROTOCOL

Server-Authentifikation

- Fingerabdruck des öffentlichen Schlüssels eines PK-Schlüsselpaares
  - Schlüssel wird vom Server an den Client gesendet
  - Client speichert den “Host-Key” in der Datei ~/.ssh/known_hosts
    - Unterschiedliche Formate der Known-Hosts-Datei

```
192.168.153.101 ecdsa-sha2-nistp256 AAAAE2VjZHNhLXNoYTItbmlzdHAyNTYAAAA
```

    - Ohne Eintrag oder bei Änderung des Host-Keys gibt es eine Warnung

```
The authenticity of host 'localhost (127.0.0.1)' can't be established.
ECDSA key fingerprint is SHA256:9uKyQ8p01MrghLVm84XQBNBtAT2nDYfKPkgYhBc8ycI.
Are you sure you want to continue connecting (yes/no/[fingerprint])? yes
Warning: Permanently added 'localhost' (ECDSA) to the list of known hosts.
Password:
```

    - Wie lässt sich auf dem Server der Host-Key-Fingerabdruck bestimmen?

```
[matze@tschita] ~ $ ssh-keygen -l -f /etc/ssh/ssh_host_ecdsa_key.pub
256 SHA256:9uKyQ8p01MrghLVm84XQBNBtAT2nDYfKPkgYhBc8ycI root@tschita (ECDSA)
```

    - Abschalten der Überprüfung des Host-Keys

```
[matze@tschita] ~ $ ssh -oStrictHostKeyChecking=no localhost
Warning: Permanently added 'localhost' (ECDSA) to the list of known hosts.
Password:
```

SSH TRANSPORT LAYER PROTOCOL

Server-Authentifikation

- Welche Methoden zur Server-Fingerprint-Prüfung gibt es noch?
  - Hinterlegen des Fingerprints im DNS
  - Erstellen der Hostkeys für den DNS-Eintrag

```
[matze@tschita] ~ $ ssh-keygen -r localhost
localhost IN SSHFP 1 1 a39aac708632c51b748107af1d0ec97eca2ba890
localhost IN SSHFP 1 2 1420a8bddfe5be92818bdfb36ac09264867027c9d840910bd34c05ffa6270832
localhost IN SSHFP 2 1 d6d3f71d2e7ac4908cd9d79b1cf62bae1b929b59
localhost IN SSHFP 2 2 a54c01e182d23adcb88cd4597d1c3382e1204b73a9ec1dba3f3180186ccbe21b
localhost IN SSHFP 3 1 afebd4f79d771fa6250b35eaec9f2393a3bfeba9
localhost IN SSHFP 3 2 3b1d2f1f5eecd9cdf8c0c7bd809809daf975b70f6472d7651800e96157191f7c
localhost IN SSHFP 4 1 945f1f158c8ee5def001f457b163ba93d335d99e
localhost IN SSHFP 4 2 0b73bf2e92974ac52e0364945770026610917c1718f6ddd75a06c92fb82591e5
```

  - Was bedeuten die Zahlen?

1	2	3	4	5	6
RSA	DSA	ECDSA	ED25519	-	ED448

1	2
SHA-1	SHA-256

(rfc4255, rfc7479, rfc8709)

SSH TRANSPORT LAYER PROTOCOL

Server-Authentifikation

- DNS-SSH-Fingerprint-Überprüfung im Client aktivieren (z.B. mit OpenSSH ab Version 6.6)
  - In der Config:

    ```
    VerifyHostKeyDNS yes
    ```

  - Auf der Kommandozeile

    ```
    ssh -o VerifyHostKeyDNS=yes hostname
    ```

- Manuelle Prüfung (z.B. mit dig)

  ```
  dig hostname sshfp +dnssec +multi
  ```

SSH TRANSPORT LAYER PROTOCOL

Algorithmus-Aushandlung

- Clientseitig: ssh –c <cipher spec>

```
The supported ciphers are:

      3des-cbc
      aes128-cbc
      aes192-cbc
      aes256-cbc
      aes128-ctr
      aes192-ctr
      aes256-ctr
      aes128-gcm@openssh.com
      aes256-gcm@openssh.com
      chacha20-poly1305@openssh.com

The default is:

      chacha20-poly1305@openssh.com,
      aes128-ctr,aes192-ctr,aes256-ctr,
      aes128-gcm@openssh.com,aes256-gcm@openssh.com
```

SSH AUTHENTICATION PROTOCOL

- Funktionen SSH-AUTH
  - Annahme: SSH-TRANS war erfolgreich
    - Server authentifiziert
    - Sichere Verbindung aufgebaut
    - Sitzungs-ID erzeugt
  - Clientauthentifikation
    - Publickey
    - Passwort
    - Hostbasiert

SSH AUTHENTICATION PROTOCOL

- Publickey
  - Erzeugung:

SSH AUTHENTICATION PROTOCOL

- Publickey
  - Erzeugung:

```
[matze@tschita] ~ $ ssh-keygen -t ed25519
Generating public/private ed25519 key pair.
Enter file in which to save the key (/home/matze/.ssh/id_ed25519):
Enter passphrase (empty for no passphrase):
Enter same passphrase again:
Your identification has been saved in /home/matze/.ssh/id_ed25519
Your public key has been saved in /home/matze/.ssh/id_ed25519.pub
The key fingerprint is:
SHA256:YGhlYfNKAj7SCvOHEFn6t39/qFzby6HSCmDU8JnNwp8 matze@tschita
The key's randomart image is:
+--[ED25519 256]--+
|.oo . *.         |
|.= . X B         |
|* + = @ +        |
|.B = + = .       |
|. + = . E        |
|   + o           |
|     . .  ....   |
|      . oo.o=..  |
|       ..+=+.+.  |
+----[SHA256]-----+
```

SSH AUTHENTICATION PROTOCOL

- Publickey
  - Erzeugung:
  - Typen: dsa | ecdsa | ecdsa-sk | ed25519 | ed25519-sk | rsa
  - Zuordnung (~/.ssh/authorized_keys)

```
[matze@tschita] ~ $ echo "ssh-ed25519 AAAAC3NzaC1lZDI1NTE5AAAAINvXSs2L7FIGZPyceF1Dvt3rQ8DXYLV
```

  - Nutzung:

```
[matze@tschita] ~ $ ssh -i .ssh/id_ed25519 localhost
[matze@tschita] ~ $
```

UNIVERSITÄT BONN

RANDOMART?

Optische Hostkey-Verifikation

```
[matze@tschita] ~ $ ssh -o VisualHostKey=yes localhost
Host key fingerprint is SHA256:9uKyQ8p01MrghLVm84XQBNBtAT2nDYfKPkgYhBc8ycI
+---[ECDSA 256]---+
|++o=oBoo          |
|+E* + O o         |
| = = = X          |
|. o X + +         |
| . B * oS         |
|  . = *. .        |
|   o =  . .       |
|    o o. .        |
|      .+.         |
+----[SHA256]-----+
Password:
```

SSH AUTHENTICATION PROTOCOL

Passwort

- Das Benutzerpasswort ist dem Benutzer auf dem Server zugeordnet (z.B. über passwd in /etc/shadow)
- Überprüfung im Hintergrund meist mit Plugable Authentication Module (PAM)
- SSH-Login mit Passwort-Prompt

```
[matze@tschita] ~ $ ssh localhost
Password:
Password:
[matze@tschita] ~ $
```

SSH AUTHENTICATION PROTOCOL

- Hostbasiert
  - Authentifikation anhand der IP-Adresse und der Host-Keys
  - Host-Keys der Clients müssen auf dem Server hinterlegt werden (/etc/ssh/ssh_known_hosts)
  - Host-E
  - Aktivie

```
tschita ~ # ssh-keyscan localhost | tee -a /etc/ssh/ssh_known_hosts
# localhost:22 SSH-2.0-OpenSSH_8.3
# localhost:22 SSH-2.0-OpenSSH_8.3
# localhost:22 SSH-2.0-OpenSSH_8.3
# localhost:22 SSH-2.0-OpenSSH_8.3
# localhost:22 SSH-2.0-OpenSSH_8.3
localhost ssh-rsa AAAAB3NzaC1yc2EAAAADAQABAAABAQDaOnhoOr2JbFbkkSDGkx
ZF+kepMGu0olHOLL14rYyQcAjeYzt7FkJtLEip/17VcHK7vr+0qtfutphmvQP4G4CHo4
wPFJfynwm38zkzDSDtHJchImEfe++/wc6sCLnldVahZ9
localhost ecdsa-sha2-nistp256 AAAAE2VjZHNhLXNoYTItbmlzdHAyNTYAAAAIbm
localhost ssh-ed25519 AAAAC3NzaC1lZDI1NTE5AAAAIPXMRF2cVQ86gEH7kWcFpv
```

/etc/ssh/ssh_config

```
HostbasedAuthentication yes
EnableSSHKeysign yes
```

/etc/ssh/sshd_config

```
HostbasedAuthentication yes
# Change to yes if you don't trust ~/.ssh/known_hosts for
# HostbasedAuthentication
#IgnoreUserKnownHosts no
# Don't read the user's ~/.rhosts and ~/.shosts files
#IgnoreRhosts no
```

UNIVERSITÄT BONN

SSH CONNECTION PROTOCOL

- Funktionen SSH-CONN
  - Kompression
  - TCP-Port-Weiterleitung (inkl. X-Weiterleitung)
  - Authentifikations-Agent-Weiterleitung
  - Interaktive Sitzungen
  - Entfernte Programmausführung
  - Flusskontrolle
  - Pseudo-Terminals
  - Terminal-Nutzung (Modi, Fenstergröße)
  - Signal-Weitergabe

SSH CONNECTION PROTOCOL

- Kompression
  - Datenstrom wird komprimiert
    - Geringere Bandbreite
    - Höhere Last auf Server- und Clientseite

- TCP-Port-Weiterleitung (inkl. X-Weiterleitung)
  - Lokale-Weiterleitungen

```
[matze@tschita] ~ $ ssh -L <bind_addr>:<port>:<target>:<port>
```

  - Remote-Weiterleitungen

```
[matze@tschita] ~ $ ssh -R <bind_addr>:<port>:<target>:<port>
```

  - Dynamischer Proxy (SOCKS)

```
[matze@tschita] ~ $ ssh -D <port>
```

UNIVERSITÄT BONN

SSH CONNECTION PROTOCOL

- Authentifikations-Agent-Weiterleitung

```
[matze@tschita] ~ $ eval $(ssh-agent)
Agent pid 21785
[matze@tschita] ~ $ ssh-add .ssh/id_ed25519
Enter passphrase for .ssh/id_ed25519:
Identity added: .ssh/id_ed25519 (matze@tschita)
[matze@tschita] ~ $ ssh -A -i .ssh/id_ed25519 172.17.0.2
matze@2f0c939fc33f:~$ ssh-add -l
256 SHA256:QbyH65JAd62mzwjWP4zDEesx3Z73rCn9eR0yq/xkZ0o matze@tschita (ED25519)
matze@2f0c939fc33f:~$ ls .ssh/
authorized_keys
matze@2f0c939fc33f:~$ git clone git@git.cs.uni-bonn.de:wuebbel/netzwerksicherheit.git
Cloning into 'netzwerksicherheit'...
The authenticity of host 'git.cs.uni-bonn.de (131.220.6.90)' can't be established.
ECDSA key fingerprint is SHA256:NhGbk13IQhgZ2WfD1Fd7HJk+cJUWJZ+WWqrbxGqol0c.
Are you sure you want to continue connecting (yes/no/[fingerprint])? yes
Failed to add the host to the list of known hosts (/home/matze/.ssh/known_hosts).
remote: Enumerating objects: 209, done.
remote: Counting objects: 100% (209/209), done.
remote: Compressing objects: 100% (159/159), done.
remote: Total 209 (delta 87), reused 112 (delta 40), pack-reused 0
Receiving objects: 100% (209/209), 74.69 MiB | 1.74 MiB/s, done.
Resolving deltas: 100% (87/87), done.
matze@2f0c939fc33f:~$
```

SSH CONNECTION PROTOCOL

- Interaktive Sitzungen
- Entfernte Programmausführung

```
[matze@tschita] ~ $ ssh -A -i .ssh/id_ed25519 google.com hostname -f
google.com
```

- Pseudo-Terminals
  - Standard: wie aufrufendes Terminal (ssh -T aus / ssh –t erzwungen)
  - Notwendig für SSH-Control-Channel / Escape-Sequenzen

```
matze@2f0c939fc33f:~$ ~?
Supported escape sequences:
 ~.    - terminate connection (and any multiplexed sessions)
 ~B    - send a BREAK to the remote system
 ~C    - open a command line
 ~R    - request rekey
 ~V/v  - decrease/increase verbosity (LogLevel)
 ~^Z   - suspend ssh
 ~#    - list forwarded connections
 ~&    - background ssh (when waiting for connections to terminate)
 ~?    - this message
 ~~    - send the escape character by typing it twice
(Note that escapes are only recognized immediately after newline.)
```

SSH VERWENDEN

- Jeder Benutzer kann seine eigene SSH-Client-Konfiguration unterhalten
  - ~/ .ssh/config

```
Host google.com
        Hostname google.com
        User matze
        Port 1234
        IdentityFile ~/.ssh/keys.d/google.com
        LocalForward 8443 localhost:443
        LocalForward 7767 localhost:7767
        LocalForward 3389 192.168.122.160:3389
```

  - Umfangreiche Konfigurationen aufteilen
    - Include conf.d/*.conf

SSH-KASKADEN

Jump-Hosts (SSH über SSH)

- Beispiel Uni-Rechner (SSH-Hosts hera/zeus.cs.uni-bonn.de)
- Zugriff auf internen Lab-Rechner von hera/zeus aus?

```
Host hera
        HostName hera.cs.uni-bonn.de
        User wuebbel
        IdentityFile ~/.ssh/keys.d/hera.cs.uni-bonn.de

Host jh_itsec
        HostName itsec.cs.uni-bonn.de
        User wuebbel
        IdentityFile ~/.ssh/keys.d/itsec.cs.uni-bonn.de
        ProxyJump hera
```

```
[matze@tschita] ~/.ssh $ ssh jh_itsec
Last login: Sun Jul 12 22:37:44 2020 from hera.informatik.uni-bonn.de
-bash-4.1$
-bash-4.1$ exit
Abgemeldet
Connection to itsec.cs.uni-bonn.de closed.
```

- Kaskaden: SSH via Jump via Jump via Jump via Jump….

SSH-VPN

- „Tunnel“-Modus (TUN-Device)
  - Server-Konfiguration anpassen

```
PermitRootLogin prohibit-password
PermitTunnel yes
```

  - SSH-Verbindung aufbauen (-w <LocalDevice>:<RemoteDevice> | any)

```
tschita ~ # ssh -v -w any root@jh_itsec
```

  - Lokal-Device konfigurieren

```
tschita ~ # ifconfig tun0 up
tschita ~ # ip addr add 10.10.20.1/32 peer 10.10.20.2 dev tun0
```

  - Remote-Device konfigurieren

```
[root@apis ~]# ip addr add 10.10.20.2/32 peer 10.10.20.1 dev tun0
[root@apis ~]# ifconfig tun0 up
```

  - Routen anpassen, IP-Forwarding , Firewall-Settings (SNAT)

```
[root@apis ~]# route -n
Kernel IP Routentabelle
Ziel            Router          Genmask         Flags Metric Ref    Use Iface
10.10.20.1      0.0.0.0         255.255.255.255 UH    0      0        0 tun0
```

SSH-BENUTZER EINSCHRÄNKEN

- Benutzerrechte einschränken (z.B. Jump only)
  - Betroffene Benutzer in einer Gruppe jumpssh
  - /etc/ssh/sshd_config

```
Match Group jumpssh
  AllowAgentForwarding no
  AllowTcpForwarding yes
  X11Forwarding no
  PermitTunnel no
  GatewayPorts no
  ForceCommand echo 'This account can only be used for ProxyJump (ssh -J)'
```

  - Einschränkung in Datei authorized_keys

```
command="/usr/bin/whoami",no-port-forwarding,no-X11-forwarding,no-agent-forwarding,no-pty
ssh-ed25519 AAAAC3NzaC11ZDI1NTE5AAAAINvXSs2L7FIGZPyceF1Dvt3rQ8DXYLVwSOVJOod7D9sz user@host
```

SSH-BENUTZUNG

SCP

- Secure Copy

SFTP

- Secure File Transfer (nicht zu Verwechseln mit FTPs)

Viele Werkzeuge verwenden SSH „im Hintergrund“

- rsync

```
[matze@tschita] /tmp/v1 $ rsync -v -e ssh -r matze@google.com:/home/matze/.ssh ./
receiving incremental file list
.ssh/
.ssh/authorized_keys

sent 47 bytes  received 226 bytes  546.00 bytes/sec
total size is 95  speedup is 0.35
```

- git clone (haben wir schon gesehen)
- SSHfs (FUSE-Dateisystem für Linux)

SSH-SECURITY

Konfiguration eines SSH-Servers

- Ist der Betrieb notwendig?
  - Ja, SSH ist Mittel der Wahl zur Fernwartung von Servern
- Muss sich ein Root-Benutzer anmelden?
  - Nein, bzw. lässt sich der Root-Login auf einen Login mit Zertifikat beschränken
- Welche Rechte haben „einfache“ Nutzer?
  - Gedanke an „Privilege Escalation“
  - Kommandos einschränken, z.B. über eine Custom-Shell / ForceCommand
- Bruteforce-Angriffe gegen SSH
  - Port-Wechsel (Nicht-Standard-Port ist fast komplette Mitigation)
  - Fail2Ban („Ein Tropfen auf den heißen Stein“)
  - SSH-Bruteforce-Mirroring (als „Gegenangriff“ bei Port-Wechsel)

UNIVERSITÄT BONN

ENDE

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Fragen?

Nächste Vorlesung:

- Montag, 10.07.2023 – 14 Uhr

Nächste Übung:

- Dienstag, 4. Juli 2023 – 16 Uhr
- Abgabe des Übungszettels 10 bis morgen – 16 Uhr