IT-Sicherheit

- Sicherheit vernetzter Systeme -

Kapitel 6: Netzwerksicherheit

Inhalt

- Schwächen des IP Protocolls
- IPSec Sicherheitserweiterung des IP-Protokolls
  - Authentication Header (AH)
  - Encapsulation Security Payload (ESP)
  - Anwendungsbeispiele
  - Schlüsselverteilung mit IKE (Internet Key Exchange)
- Firewall Klassen
  - Paketfilter
  - Applikationsfilter
  - Verbindungs-Gateway
- Firewall Architekturen
  - Single Box
  - Screened Host
  - (Multiple) Screened Subnet(s)

IP: Gefahren und Schwächen

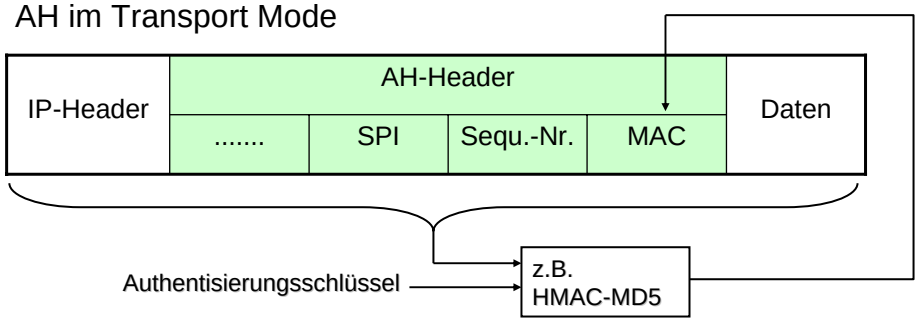
- Vertraulichkeit:
  - Mithören einfach möglich
  - Man-in-the-middle Attack
  - Verkehrsflußanalyse
- Integrität:
  - Veränderung der Daten
  - Session Hijacking
  - Replay Angriffe
- Authentisierung:
  - IP-Spoofing
- Lösung: IPSec (Sicherheitserweiterungen für IP)
  - Integraler Bestandteil von IPv6
  - Als Erweiterungs-Header auch in IPv4 einsetzbar

IPSec Überblick

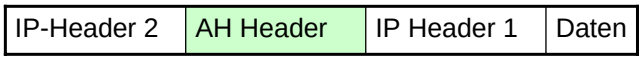
- IP Authentication Header (AH)
  - Integrität des verbindungslosen Verkehrs
  - Authentisierung des Datenursprungs (genauer des IP Headers)
  - Optional: Anti-Replay Dienst
- IP Encapsulation Security Payload (ESP)
  - Vertraulichkeit (eingeschränkt auch für den Verkehrsfluss)
  - Integrität
  - Authentisierung (der Security Association)
  - Anti-Replay Dienst
- Jeweils zwei verschiedene Betriebsmodi:
  - Transport Mode
  - Tunnel Mode

Authentication Header (AH)

- AH im Transport Mode

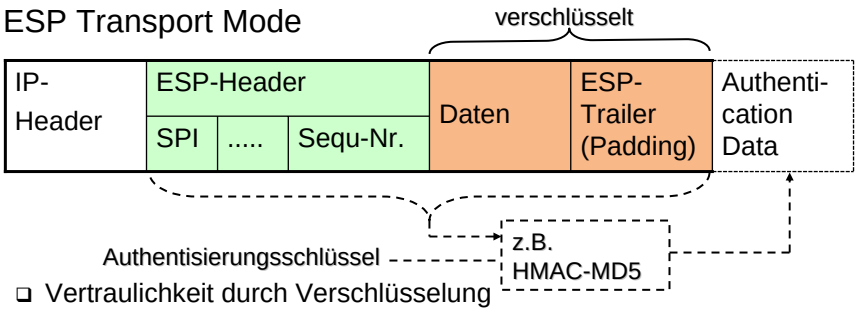


  - Integrität durch MAC
  - Authentisierung durch gemeinsamen Schlüssel
  - Anti-Replay durch gesicherte Sequenznummer
- AH im Tunnel Mode

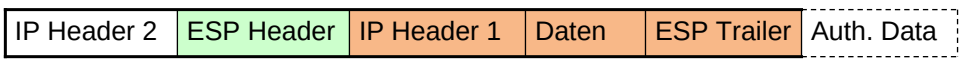


Encapsulation Security Payload (ESP)

- ESP Transport Mode



  - Vertraulichkeit durch Verschlüsselung
  - Integrität durch MAC (optional)
  - Authentisierung durch HMAC (optional)
  - Anti-Replay durch gesicherte Sequenznummer (optional)
- ESP Tunnel Mode



  - Anti-Traffic Analysis durch verschlüsselten IP Header 1

Einschub: US-CERT Alert SA07-024A

- Apple QuickTime Update for RTSP Vulnerability Systems affected:
  - Apple QuickTime on MacOS X and Windows
  - iTunes and other components using QuickTime
- Description
  - vgl. TA07-005A
- Impact: (depends on product or component)
  - Remote Code Execution
- Solution:
  - Mac OS X users should install Apple Security Update 2007-001
  - Users of previous versions of QuickTime should upgrade to QuickTime 7.1.3 and then install Apple Software Update. You can find Apple Software Update in the Start menu under All Programs.

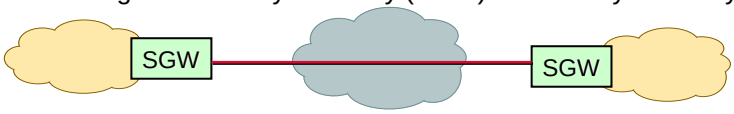
Einschub: US-CERT Alert TA07-024A

- Cisco IOS is Affected by Multiple Vulnerabilities
- Systems affected:
  - Cisco network devices running IOS in various configurations
- Description
  - Memory leak in TCP stack
  - Cisco IOS fails to properly prcoess certain packets containing a crafted IP option
  - Cisco IOS fails to properly process specially crafted IPv6 packets
- Impact:
  - DoS
  - Remote Code Execution
- Solution:
  - Update
- Workaround: Cisco has published a workaround

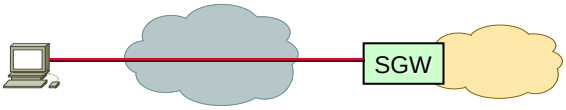
IPSec Anwendungsszenarien

- AH und ESP können kombiniert verwendet werden
- Auch Tunnel und Transport Mode können kombiniert werden

- Mögliche Einsatzszenarien
  - Kopplung von verschiedenen Unternehmensstandorten
    Verbindung von Security Gateway (SGW) zu Security Gateway

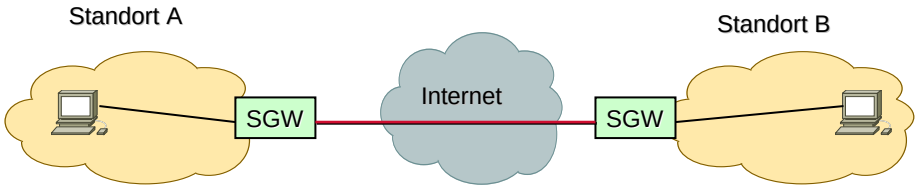


  - Telearbeitsplätze; Remote Access („Road Warrior“)
    Endsystem zu SGW



  - End-to-End

Szenario Standortvernetzung



- Mögliche Anforderungen:
  - Authentisierung SGW-to-SGW oder End-to-End
  - Integritätssicherung SGW-to-SGW oder End-to-End
  - Anti-Replay
  - Vertraulichkeit auch im internen Netz
  - SGW realisiert auch FW Funktionen
  - Verwendung privater IP-Adressen in den Standorten
  - Verschattung interner Netzstrukturen

Protokollkombinationen

- AH Tunnel Mode am Security Gateway
  - Integritätssicherung
  - Authentisierung SGW to SGW
  - Private Adressen im internen Netz
- ESP Tunnel Mode am Security Gateway
  - Vertraulichkeit (auch der privaten Adressen)
- AH Transport am Endsystem / ESP Transport am SGW
  - Integritätssicherung
  - Authentisierung End to End
  - Vertraulichkeit ab SGW
  - Private Adressen nicht möglich

IP Header	ESP Header	AH Header	Daten	ESP Trailer

Protokollkombinationen (2)

- ESP Transport am Endsystem, AH Transport am SGW
  - Vertraulichkeit End to End
  - Authentisierung SGW to SGW
  - Private Adressen nicht möglich
  - SGW kann nicht mehr filtern (wegen Verschlüsselung)

IP Header	AH Header	ESP Header	Daten	ESP Trailer

- AH Transport am Endsystem / ESP Tunnel am SGW
  - Integritätssicherung
  - Authentisierung End to End
  - Vertraulichkeit ab SGW
  - Private Adressen möglich

IP Header 2	ESP Header	IP Header 1	AH Header	Daten	ESP Trailer

IPSec Security Association (SA)

- Inhalt einer SA
  - IPSec Protocoll Modus (Tunnel oder Transport)
  - Parameter (Algorithmen, Schlüssel, Initialisierungsvektor,...)
  - Lebensdauer der SA
  - Sequenznummernzähler mit –Overflow
  - Anti-Replay-Window
  - .....
- Identifikation einer SA:
  - Security Parameter Index (SPI); 32 Bit Zahl
  - Ziel-Adresse
  - Verwendetes Protocol (AH, ESP)
- D.h. in jede Richtung wird eine eigene SA vereinbart
- Jeder IPSec Teilnehmer hält eine Security Parameter Database (SPD) mit SAs

IPSec Schlüsselaustausch über IKE

- IKE (Internet Key Exchange)
- Verwendet UDP (Port 500)
- Setzt funktionierende CA voraus
- 2 Phasen
  - Phase 1: Aufbau einer **IKE SA**
    - Main Mode: 6 Nachrichten
    - Quick Mode: 3 Nachrichten
  - Phase 2: Aufbau einer **IPSec SA mit Schlüsselaustausch**
    - Quick Mode: 3 Nachrichten
  - Ein Phase 1 Kanal kann für mehrere Phase 2 Exchanges verwendet werden

Einschub: Diffie-Hellman Schlüsselaustausch

- Ermöglicht den sicheren Austausch eines Schlüssels über einen unsicheren Kanal:
- Primzahl p und eine primitive Wurzel g (mod p) dürfen öffentlich bekannt gemacht werden

- Alice wählt ein x aus [1..p-1]
- Bob wählt ein y aus [1..p-1]
- Alice schickt $A = g^x \bmod p$ an Bob
- Bob schickt $B = g^y \bmod p$

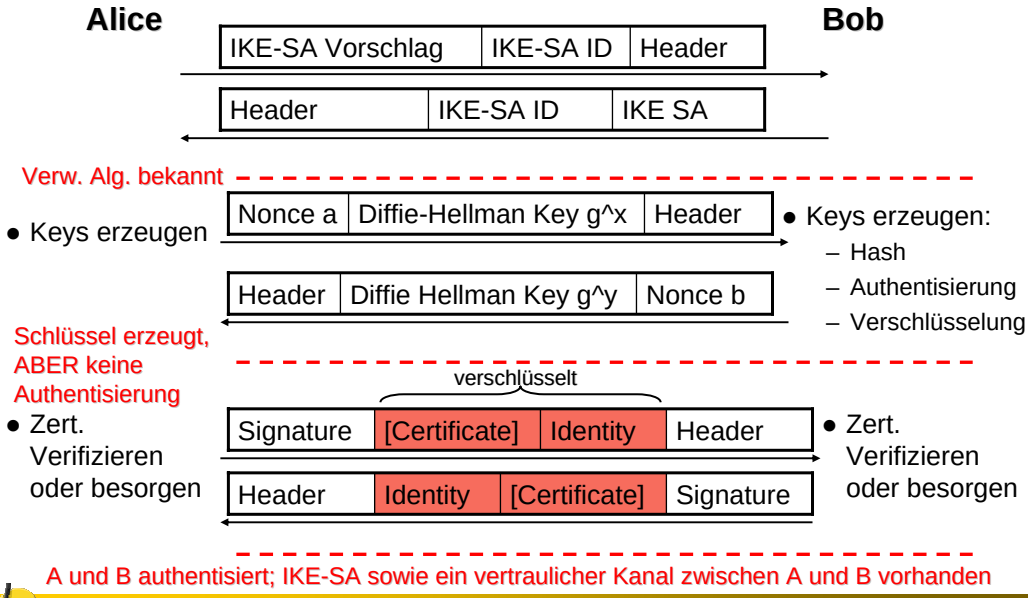
- Beide verwenden den folgenden Schlüssel:

$$Key = A^y = (g^x)^y = g^{xy} = (g^y)^x = B^x \pmod{p}$$

IPSec Schlüsselaustausch über IKE

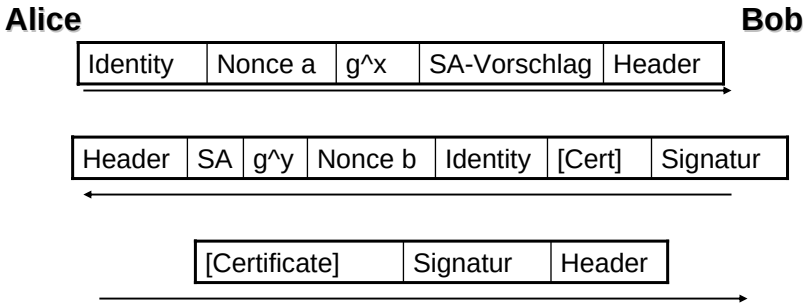
- 2 Phasen
  - Phase 1: Aufbau einer **IKE SA**
    - Main Mode: 6 Nachrichten
    - Quick Mode: 3 Nachrichten
  - Phase 2: Aufbau einer **IPSec SA mit Schlüsselaustausch**
    - Quick Mode: 3 Nachrichten
  - Ein Phase 1 Kanal kann für mehrere Phase 2 Exchanges verwendet werden

IKE Phase 1: Main Mode



IKE Phase 1: Aggressive Mode

- Ziel: Höhere Performance durch Verringerung der Nachrichten



- 3 Nachrichten anstelle von 6
- ABER: keine Vertraulichkeit
  - Preisgabe von Identitäten und damit
  - Verkehrsflussanalyse möglich

IKE Phase 1: Generierung der Schlüssel

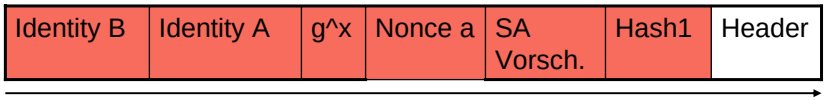
- Erzeugung der Schlüssel für das IKE Protokoll:
  - Master Schlüssel:
    SKEYID = Hash (Nonce a, Nonce b, g^(xy))
  - Schlüssel für das Hash Verfahren
    SKEYID_d = Hash (SKEYID, g^(xy), Nonce a, Nonce b, 0)
  - Authentisierungsschlüssel
    SKEYID_a = Hash (SKEYID, SKEYID_d, g^(xy), Nonce a, Nonce b, 1)
  - Verschlüsselungsschlüssel:
    SKEYID_e = Hash (SKEYID, SKEYID_a, g^(xy), Nonce a, Nonce b, 2)

IPSec Schlüsselaustausch über IKE

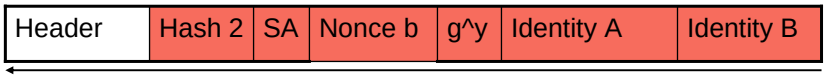
- 2 Phasen
  - Phase 1: Aufbau einer **IKE SA**
    - Main Mode: 6 Nachrichten
    - Quick Mode: 3 Nachrichten
  - Phase 2: Aufbau einer **IPSec SA mit Schlüsselaustausch**
    - Quick Mode: 3 Nachrichten
  - Ein Phase 1 Kanal kann für mehrere Phase 2 Exchanges verwendet werden

IKE Phase 2: Quick Mode

- Ziel: Aushandlung einer IPSec SA u. Schlüsselaustausch

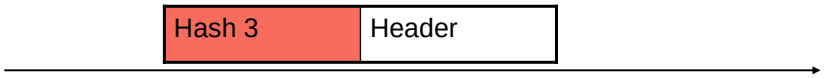


  - Hash 1 = Hash (SKEYID_a, Message-ID, SA, Nonce a, g^x)



  - Hash 2 = Hash (SKEYID_a, Nonce a, Message-ID, SA, Nonce b, g^y)

Schlüssel und Verfahren vereinbart für A -> B und B -> A Kommunikation



  - Hash 3 = Hash (SKEYID_a, , Message-ID, SA, Nonce a, Nonce b)

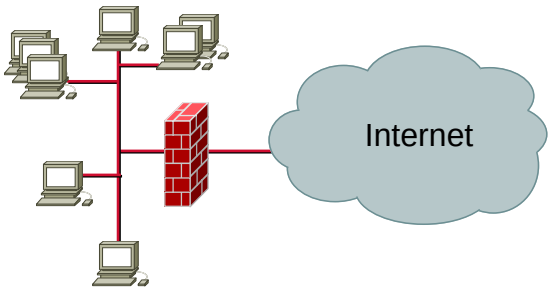
Acknowledgement

IKE Phase 2: Generierung der Schlüssel

- Ein Phase 1 Kanal kann für mehrere Phase 2 Aushandlungen verwendet werden, d.h.
  - Parameter der Phase 2 können unabhängig von Phase 1 gewählt werden
  - Z.B. Nonce a der Phase 1 ist nicht dasselbe wie Nonce a der Phase 2
- In Phase 2 können bspw. IPSec Schlüssel vereinbart werden
  - Schlüssel von A nach B:
    KEYMAT_AB = Hash (SKEYID, g^(xy), Protocol, SPI_B, Nonce a, Nonce b)
  - Schlüssel von B nach A:
    KEYMAT_BA = Hash (SKEYID, g^(xy), Protocol, SPI_A, Nonce a, Nonce b)

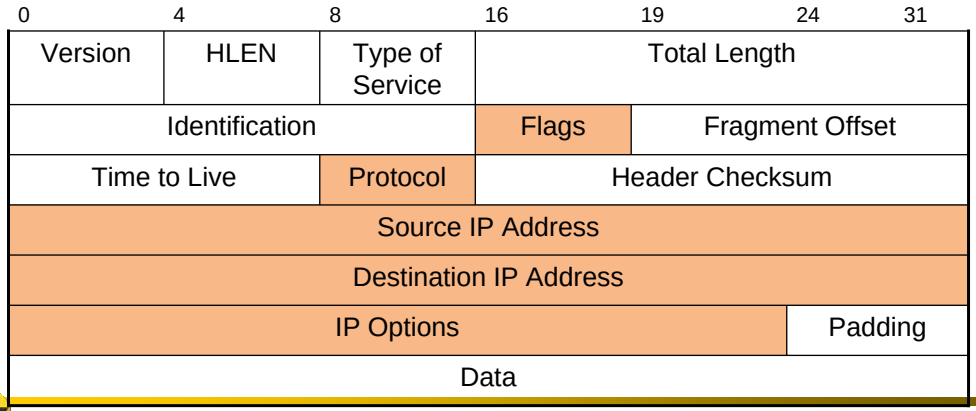
Firewall-Techniken

- Firewall:
  - Besteht aus einer oder mehreren Hard- und Softwarekomponenten
  - Koppelt zwei Netze als kontrollierter Netzübergang
  - Gesamter Verkehr zwischen den Netzen läuft über die Firewall (FW)
  - Realisiert Sicherheitspolicy bezüglich Zugriff, Authentisierung, Protokollierung, Auditing,....
  - Nur Packete die Policy genügen werden „durchgelassen“
- Klassen:
  - Paketfilter
  - Applikationsfilter (Application Level Gateway)
  - Verbindungs-Gateway (Circuit Level Gateway)
  - Kombinationen daraus



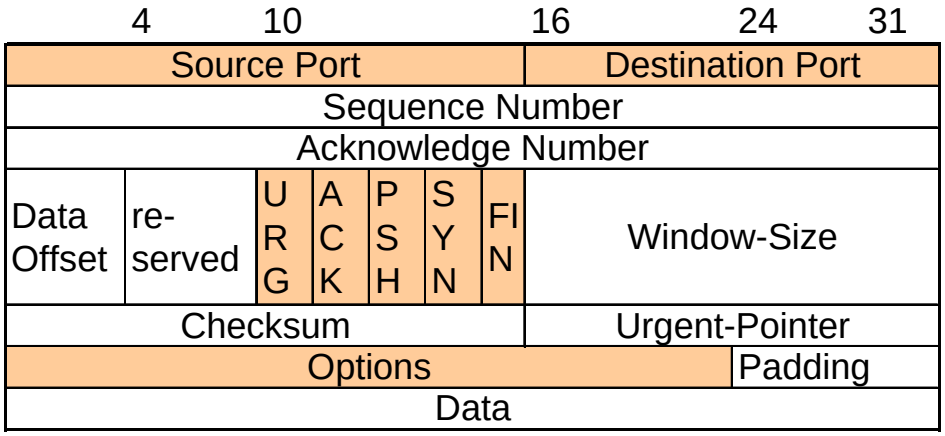
Paketfilter

- Filtern auf OSI Schichten 3 und 4
- Filter-Informationen aus den Protokollpaketen
- Im folgenden Beispielhaft TCP / IP
- IP Paket:



Packetfilter: TCP-Paketformat

- Bei Packetfilter-FW nur Regeln über Felder der Packet-Header möglich!



FW für TCP/IP : Granularität der Filter

- Schicht 3: wesentliche Filter-Kriterien:
  - Quell-
  - Zieladresse
  - Protokoll der Transportschicht (z.B. TCP, ICMP, UDP,... Vgl. `/etc/protocols`)
- FW auf IP-Basis kann damit Endsysteme filtern (erlauben, verbieten)
- IP-Spoofing u.U. erkennbar, falls:
  - Packet mit interner Quell-Adresse
  - kommt an externem FW-Interface an
- Keine Filterung auf Ebene der Dienste möglich
- Schicht 4: wesentliches Filter-kriterium:
  - Quell- sowie
  - Zielport
  - Flags
- Über Port-Nr. werden Well-Known Services identifiziert;
  z.B. Port 23 = Telnet
  (vgl. `/etc/services`)
- Allerdings nur Konvention; OS setzt diese nicht automatisch durch
- Weitere Konventionen:
  - privilegierte Ports (Ports < = 1023) für Systemdienste
  - Ports > 1023 für jeden nutzbar
- Flags zum Verbindungsauf- und –abbau (vgl. Kap. 3 SYN Flooding)

Packetfilter: Filterregeln

- Grundsätzliche Ansätze:
  1. Alles was nicht explizit verboten ist, wird erlaubt.
  2. Alles was nicht explizit erlaubt ist, wird verboten.
- Reihenfolge der Regeln wichtig:
  - Regel die zuerst zutrifft wird ausgeführt („feuert“)
  - Daher im Fall 2. letzte Regel immer: alles verbieten
- Statische Paketfilterung
  - Zustandslos
  - Pakete werden unabhängig voneinander gefiltert
- Dynamische Paketfilterung (Statefull Inspection)
  - Zustandsabhängig
  - FW filtert abhängig vom Zustand des Protokoll-Automaten
- Grundsatz: KISS
  Keep it Small and Simple

Packetfilter-Regeln: Beispiele

- Statischer Paketfilter:
  - Ausgehender Telnet Verkehr erlaubt,
  - Eingehender Telnet Verkehr verboten

Regel	Source	Destina-tion	Proto-col	Source Port	Dest. Port	Flags	Action
1	<intern>	<extern>	TCP	>1023	23	Any	Accept, Log
2	<extern>	<intern>	TCP	23	>1023	!SYN	Accept
3	Any	Any	Any	Any	Any	Any	Drop, Log

- Dynamischer Packetfilter

Regel	Source	Destina-tion	Proto-col	Source Port	Dest. Port	Action
1	<intern>	<extern>	TCP	>1023	23	Accept, Log
2	Any	Any	Any	Any	Any	Drop, Log

Bewertung Packetfilter

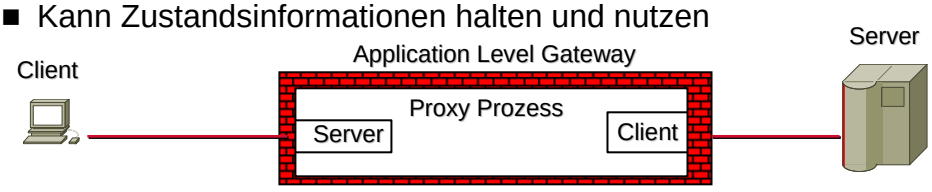
- Einfach und preiswert
- Effizient
- Gut mit Router-Funktionalität kombinierbar (Screening Router)
  - Integrität der Header Informationen nicht gesichert; alle Felder können relativ einfach gefälscht werden
  - Grobgranulare Filterung
  - Keine inhaltliche Analyse bei freigegebenen Diensten
  - Statische Strategie: Damit Problem bei Diensten, die Ports dynamisch aushandeln (z.B. Videokonferenz-Dienst)
  - Abbildungsproblematik: Policy auf konkrete FW-Regeln
  - Erstellung einer Filtertabelle nicht triviale Aufgabe
    - Korrektheit ?
    - Vollständigkeit ?
    - Konsistenz ?

Weitere Firewall-Techniken auf Schicht 3/4

- Network Adress Translation (NAT)
  - Intern werden andere Adressen („private IP-Adr.“) oder Ports als extern verwendet
  - FW macht Adress/Port-Umsetzung
  - Statisch oder dynamisch
- Masquerading
  - Alle ausgehenden Pakete erhalten Adresse der FW
  - Gesamtes internes Netz wird verborgen
- Anti-Spoofing
  - Binden von FW-Regeln an bestimmte Interfaces (ingress, egress)
  - Wenn an externem Interface ein Packet mit interner Quell-Adresse ankommt muss dieses gefälscht sein

Applikationsfilter (Application Level Gateway)

- Filtern auf Schicht 7 (Anwendungsschicht)
- Analyse des Anwendungsschichtprotokolls u. d. Protokolldaten
- Für **jeden** Dienst, jedes Protokoll eigener Filter Prozess (auch als **Proxy** bezeichnet) erforderlich
- Interner Client muss sich i.d.R. am Proxy authentisieren
- Proxy trennt Verbindung zwischen Client und Server
- Nach außen erscheint immer nur die Adresse des Application Level Gateways; völlige Entkoppelung von internem und externem Netz
- Kann Zustandsinformationen halten und nutzen



Proxies

- Für viele Standarddienste verfügbar (z.B. HTTP, Telnet, FTP,..)
- Problematisch für „proprietäre“ Dienste (SAP R3, Lotus Notes,....)
- Beispiel eines HTTP Proxies: Squid
  - Umfangreiche Access Conrol Listen (ACL) möglich:
    - Quell- / Zieladresse
    - Domains
    - Ports
    - Protokolle
    - Protokoll-Primitive (z.B. FTP `put`, HTTP `POST`)
    - Benutzernamen
  - Benutzerauthentisierung am Proxy
  - Zusätzlich Caching-Funktionalität
  - Beispiel:
    - `acl SSL_PORT port 443` (Definition von SSL Ports)
      `acl AUTH proxy_auth REQUIRED` (Benutzerauthentisierung)
      `http_access deny CONNECT !SSL_PORT` (Alle Verbindungen zu einem anderen Port außer SSL verbieten)

Bewertung Applikationsfilter

- Feingranulare, dienstspezifische Filterung
- Umfangreiche Logging Möglichkeit und damit Accounting
- Zustandsbehaftet
- Inhaltsanalyse (damit z.B. Filterung aktiver Inhalte möglich)
- Benutzerauthentisierung und benutzerabhängige Filterung
- Entkopplung von internem und externem Netz
- Möglichkeit der Erstellung von Nutzungsprofilen

- Möglichkeit der Erstellung von Nutzungsprofilen
- Jeder Dienst braucht eigenen Proxy
- Sicherheit der Proxy Implementierung??
- Problem von Protokollschwächen bleibt bestehen

Verbindungs-Gateway (Circuit Level Gateway)

- Filtert auf Schicht 7; spezielle Ausprägung des Application Level Gateway
- Circuit Level Gateway stellt generischen Proxy dar
- Nicht auf einzelne Dienste zugeschnitten, allgemeiner „Vermittler“ von TCP/IP Verbindungen
- Trennt Verbindung zwischen Client und Server
- Benutzerauthentisierung am Gateway möglich
- Bsp. `Socks`:
  - Socks-Server filtert den TCP/IP Verkehr
  - Alle Verbindungen der Clients müssen über Socks-Server laufen
  - Daher Modifikation der Clients erforderlich (SOCKSifing)
  - Filtert nach: Quelle, Ziel, Art des Verbindungsaufbaus (z.B. Initiierung oder Antwort), Protokoll, Benutzer

Bewertung Verbindungs-Gateway

- Anwendungsunabhängige Filterung
- Ein Proxy für alle Dienste
- Umfangreiche Logging Möglichkeit und damit Accounting
- Zustandsbehaftet
- Benutzerauthentisierung und benutzerabhängige Filterung
- Entkopplung von internem und externem Netz
- Möglichkeit der Erstellung von Nutzungsprofilen

- Möglichkeit der Erstellung von Nutzungsprofilen
- I.d.R. keine Filterung nach Dienstprimitiven möglich
- Sicherheit der Proxy Implementierung??
- I.d.R. Modifikation der Clients erforderlich

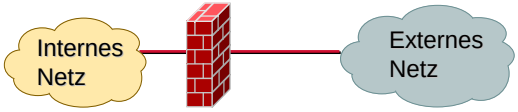
Firewall Architekturen

- Kombinationen von FW Komponenten und deren Anordnung wird als FW Architektur bezeichnet

- Single Box Architektur
  - Screening Router
  - Dual Homed Host
- Screened Host
- Screened Subnet
- Multiple Sceened Subnets

Single Box Architektur

- FW als einziger Übergang ins interne Netz
  - Router (Screening Router) übernimmt FW Funktionalität (i.d.R: Packetfilter)
  - „normaler“ Rechner mit 2 Netzwerk-Interfaces (Dual Homed Host)

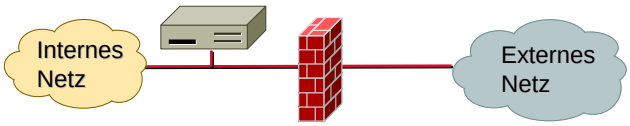


- Billige und einfache Lösung
- Single Point of Administration
- I.d.R. gute Performance (falls nur Packetfilter eingesetzt wird)

- Wenig flexibel
- Single Point of Failure

Screened Host

- FW (**Bastion Host**) liegt im internen Netz (nur 1 Interface)
- Verkehr von außen wird über Screening Router (vor-) gefiltert und i.d.R. zum Bastion Host geleitet
- Bastion Host kann Aplication Level Gateway oder Circuit Level Gateway realisieren

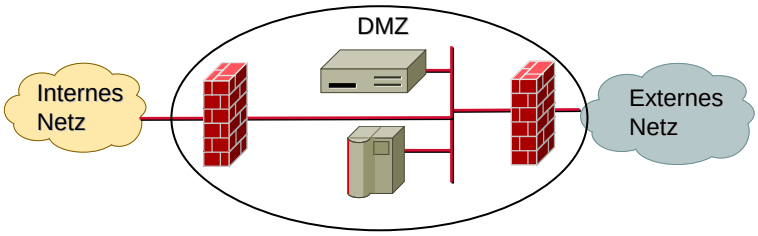


- Trennung von Packet- und Applikationsfilter
- Vorfilterung des externen Verkehrs
- Hohe Flexibilität

- Packete können immer noch direkt in internes Netz gelangen

Screened Subnet

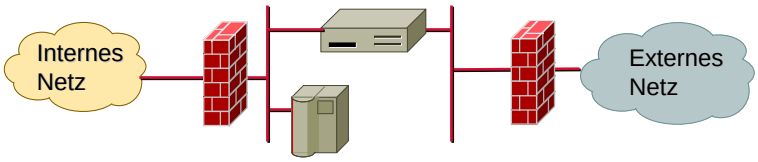
- FW Komponenten liegen in einem eigenen Subnetz (Perimeter Subnet) auch demilitarisierte Zone (DMZ) genannt
- Schutz der DMZ sowohl nach innen als nach außen durch Paketfilter
- Erweiterung der DMZ um dezidierte Server, z.B. WWW



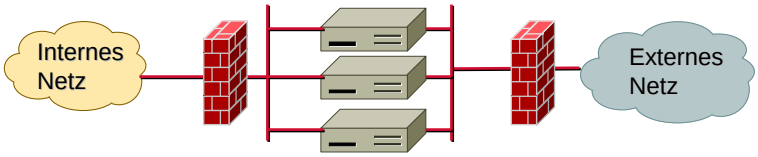
- Keine direkte Verbindung von extern nach intern mehr möglich
- Zusätzlicher Grad an Sicherheit
- Interner Router/FW schützt vor Internet und ggf. vor DMZ

Multiple Screened Subnet

- Verwendung zweier Perimeter Subnets getrennt durch Dual Homed Host



- Verwendung mehrerer Bastion Hosts (Redundanz)



Möglichkeiten und Grenzen von Firewall-Arch.

- Abgestufte Sicherheitskontrollen (vom Einfachen zum Komplexen)
- Möglichkeiten effizienter Protokollierung
- Möglichkeiten der Profilbildung

- Problem der Fehlkonfiguration
- Umfangreiche Kenntnisse erforderlich
- Trügerische Sicherheit
- Erheblicher Administrationsaufwand
- Tunnel-Problematik
  - Anwendungsprotokolle werden z.B. über HTTP getunnelt
  - FW kann dies nicht erkennen

Praktikum IT-Sicherheit

1. Grundlagen von TCP/IP Netzwerken
2. Gefährudungspotentiale, Hacking und Schutzmaßnahmen
3. Paketfilter Firewall
4. Verschlüsselung und Virtuelle Private Netze
5. Sicherheit von Diensten in TCP
   - DNS
   - Mail
   - FTP
   - WWW
   - SSH
6. Application Level Gateways
7. Circuit Level Gateways
8. Intrusion Detection

Wie geht's weiter?

- Lehrveranstaltungen an unserer LFE:
- Praktikum IT-Sicherheit
- FoPra / SEP
- Diplomarbeit
- HiWi Tätigkeit