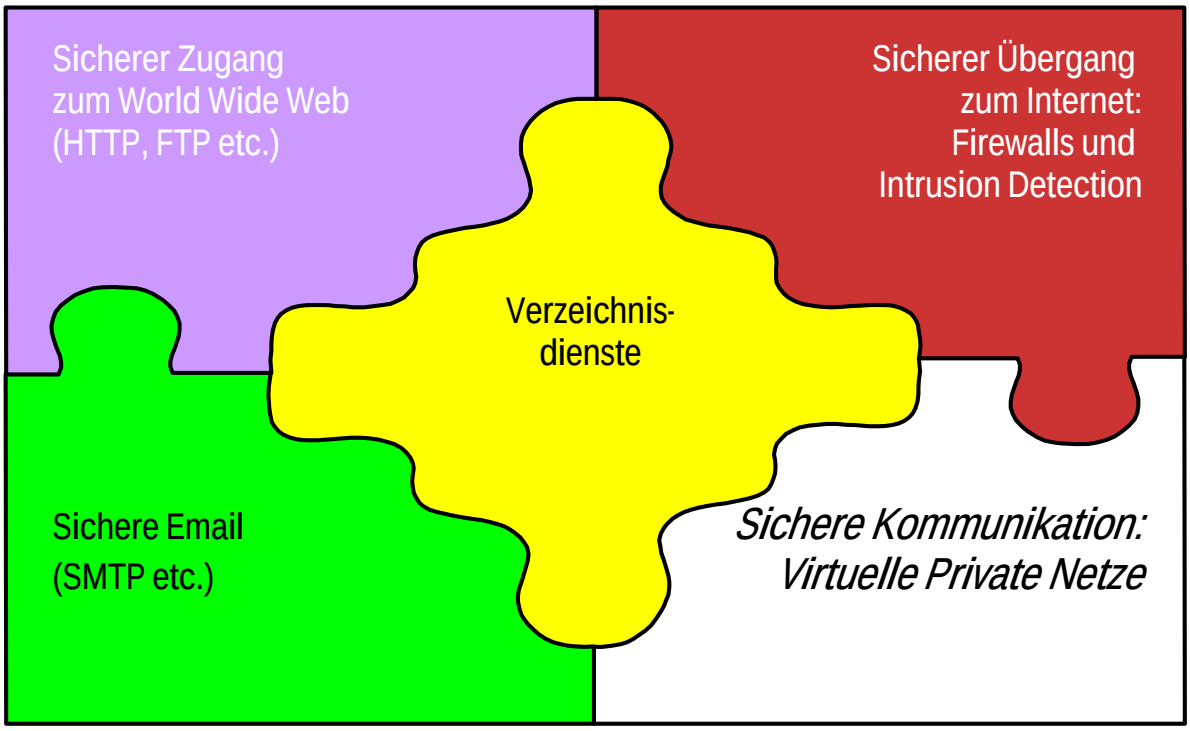
Design und Realisierung von E-Business- und Internet-Anwendungen

„Virtuelle Private Netze“
Teil 1

Dr. Michael Nerb et al.,
Prof. Dr. Heinz-Gerd Hegering
SoSe 2005

Virtuelle Private Netze
Einordnung in den Teil „Grundlagen“



Virtuelle Private Netze

Inhalte dieses Teils (verteilt auf zwei Termine)

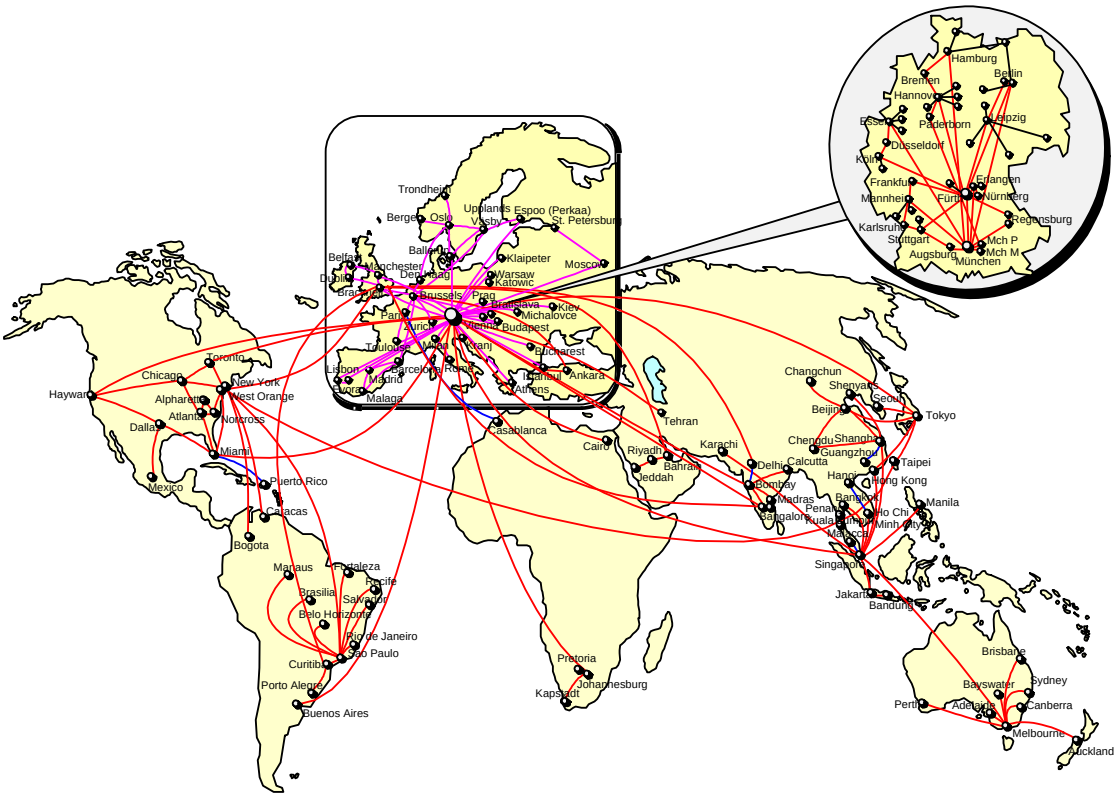
Virtuelle Private Netze
- Beispiel eines VPN‘s
- Begriffsdefinition und Charakteristika von VPN‘s
- Anforderungen und Klassifikation von VPN‘s

Technologien für Internet-basierte VPN‘s
- Layer-2 Technologien
- Layer-3 Technologien
- Layer-4-7 Technologien

VPN‘s in Weitverkehrnetzen
- Cell, Frame und Label Switching
- MPLS basierende VPN‘s
- QoS in MPLS-Netzen

Beispiel

Corporate Network eines Großkonzerns



Beispiel
Mengengerüst (Auszug)

Lokationen:

- Präsenz in 85 Ländern
- Anbindung von > 290 Standorten (davon ca. 150 in Deutschland)
- > 2.500 Liegenschaften

Leitungen:

- > 200 Leitungen in Deutschland
- > 100 Internationale „Leased Lines“
- > 2.500 „Local Loops“ und Zubringerleitungen

Technologien:

- Ca. 220 StrataCom, ca. 2.200 Cisco Router
- 200 TK-Anlagen mit > 23.000 Teilnehmeranschlüssen
- > 800 angeschlossene LAN‘s mit > 30.000 managed objects

Virtuelle Private Netze – ein schillernder Begriff
Ein paar Definitionsmöglichkeiten...

Cisco Systems:

- “Connectivity deployed on a shared infrastructure with the same policies as a private network”

RFC 2828 (Internet Security Glossary):

- „A restricted-use, logical computer network that is constructed from the system resources of a relatively public, physical network,
- often by using encryption, and often by tunneling links of the virtual network across the real network.“

Wired Magazine (Februar 1998):

- “The wonderful thing about virtual private networks is that its myriad definitions give every company a fair chance that its existing product is actually a VPN…”

Virtuelle Private Netze
Charakteristika

Virtual:
- Eine „logische“ Struktur
- Statisch oder dynamisch
- Unterschiedliche Technologien und Techniken zur Virtualisierung

Private:
- Beschränkter Zugang und Zugriff, „Closed User Groups“
- Mandantenfähigkeit
- Sicherstellung von Authentifizierung, Integrität, Vertraulichkeit

Network:
- Strukturen auf Basis einer „gesharten“ Infrastruktur, z.B.:
  (In zunehmendem Maße) über das „Internet“
  Aber auch Datennetze (z.B. Frame Relay, ATM, MPLS)
- Tunneling oder Tagging
- Transparent oder „Nicht-Transparent“ für Benutzer

Virtuelle Private Netze
Kundenanforderungen

Wirtschaftlichkeit:
- Kostengünstige Lösungen
- Hohe Flächenabdeckung, Einbettung von mobilen Benutzern

Sicherheit und Qualität:
- vergleichbar einem privaten Netz (z.B. auf Basis „leased lines“)
- Flexible, individuelle Quality of Service (QoS), Bandbreiten-Management

Interoperabilität und Integration in Geschäftsprozesse:
- Gesicherte Übergänge zu Internet / Intranet / Extranet
- Zugriff auf Unternehmensdaten und –anwendungen
- Verwendung vorhandener Adressen und Adressierungsschemata
- Transparenz (bzw. einfache Anwendung) für Benutzer

Klassifikation
VPN‘s nach Organisation und Nutzungsformen

Intranet VPN:

- Internes Netz einer Organisation/Firma
- Verbindet z.B. Zentrale, Niederlassungen, Außenstellen, etc.
- Intranet ist über Firewalls usw. vom Internet abgeschottet

Extranet VPN:

- Kopplung von Firmen (z.B. B2B)
- Bindet Zulieferer, Partner o.ä. an das Intranet einer Firma
- Beispiele: Supply Chain Management, Online-Ordering o.ä.

Remote Access VPN:

- bindet mobile Nutzer („Road warriors“), Heimarbeitsplätze etc. an das Intranet an (z.B. über das Internet oder Dial-In)
- Beispiele: Teleworker, Field Service o.ä.

Klassifikation
VPN‘s nach Kommunikations-Endpunkten

„Site-to-Site“:

- Quasi-Standverbindung zwischen den Standorten
- Transparent für die Benutzer/Applikationen
- Typischerweise bei Intranet/Extranet

„End-to-Site“:

- Erfordert VPN-Software auf dem Client, ist aber für die Benutzer/Applikationen sonst transparent
- Nur mit Virenscanning und Personal Firewall zu empfehlen
- Typischerweise bei Remote Access VPN

„End-to-End“:

- Höchste Sicherheit, da Daten durchgehend verschlüsselt
- Kein „typisches“ Einsatzszenario, aber gut geeignet für Web-basierte Anwendungen

Klassifikation
VPN‘s nach OSI-Schichtenmodell

Layer-2 Technologien:
- L2F, PPTP, L2TP, L2Sec

Layer-3 Technologien:
- IPSec

Layer-4-7 Technologien:
- SSH, SSL/TLS, SSL-VPN‘s

VPN-Technologien in WAN‘s
- Virtuelle Verbindungen in Frame Relay Netzen
- Virtuelle Pfade und Kanäle in zellbasierten Netzen (z.B. ATM)
- Multiprotokoll Label Switching (MPLS)

Vertiefung der VPN‘s erfolgt anhand dieser Klassifikation

Layer-2 Technologien
Einordnung und Überblick

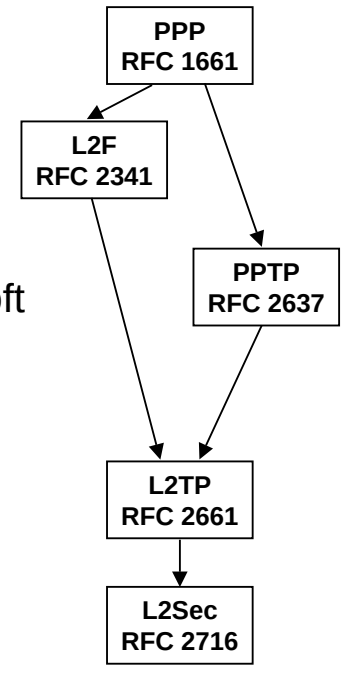
PPP: Point to Point Protocol
- Authentifizierung (PAP,CHAP), Kompression

L2F: Layer 2 Forwarding, Cisco Systems
- Keine Authentifizierung, keine Verschlüsselung

PPTP: Point to Point Tunneling Protocol, v.a. Microsoft
- Authentifizierung z.B. durch MS-CHAPv2
- Verschlüsselung über MPPE (RFC2118)

L2TP: Layer 2 Tunneling Protocol
- Keine Verschlüsselung -> z.B. IPSec erforderlich

L2Sec: Layer 2 Security („SSL over L2TP“)
- Authentifizierung und Verschlüsselung auf Basis von SSLv3 Mechanismen



Tunneling
Beschreibung des Mechanismus

Realisierung einer Schicht (N+1) Kommunikationsbeziehung über ein Schicht (N) Trägernetz

Tunnel damit oft vergleichbar (mit Nutzung) einer (virtuellen) Verbindung

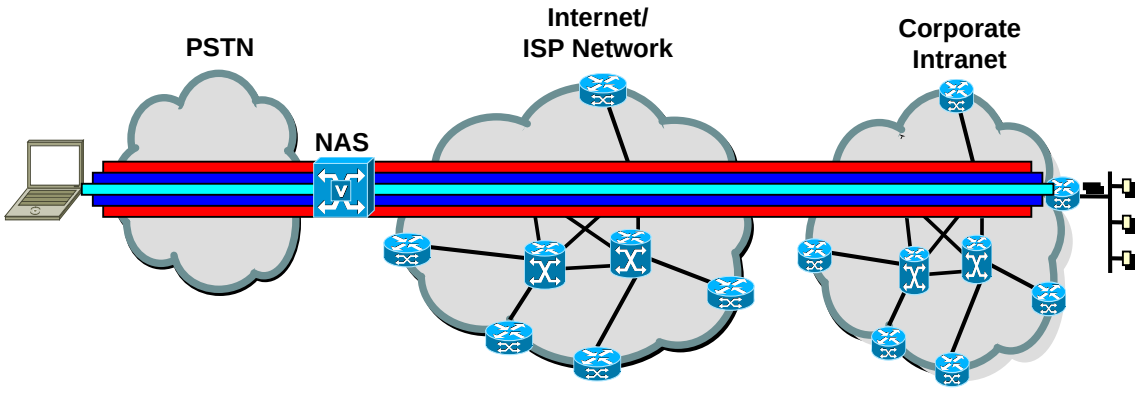
Bestandteile des Tunnelmechanismus:

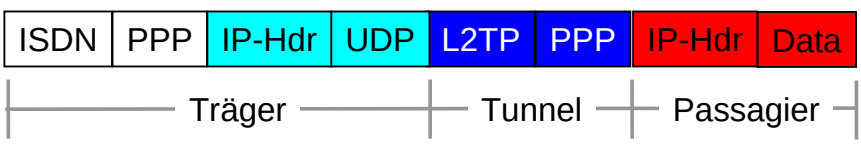
- Passagier-Protokoll (passenger protocol)
- Tunnel-Protokoll (encapsulating protocol)
- Träger-Protokoll (carrier protocol)

Kann dazu führen, dass der OSI-Stack etwas „durcheinander gewürfelt“ wird, z.B.:

- Ein PPTP Protokoll (Schicht 2) wird über IP (Schicht 3) geführt
- IP wird in IP eingebettet

Tunneling für Layer-2 Technologien
Beispiel: End-to-Site





Layer-2 Mechanismen
Zusammenfassung

Wirtschaftlichkeit:

- Trägerprotokoll ist IP
- Kostengüstige Realisierungsmöglichkeiten für kleine Umgebungen

Sicherheit:

- Schwache/keine Mechanismen zur Authentifizierung, Integrität und Vertraulichkeit
- Keine (starke) Kryptografie zur Verschlüsselung (Ausnahme: L2Sec)

Interoperabilität und Integration in Geschäftsprozesse:

- Unabhängigkeit vom Trägernetz durch Tunneling
- Durch Trägerprotokoll IP hohe Interoperabilität und Integration
- Hohe Verbreitung durch Microsoft PPTP

Aber auch:

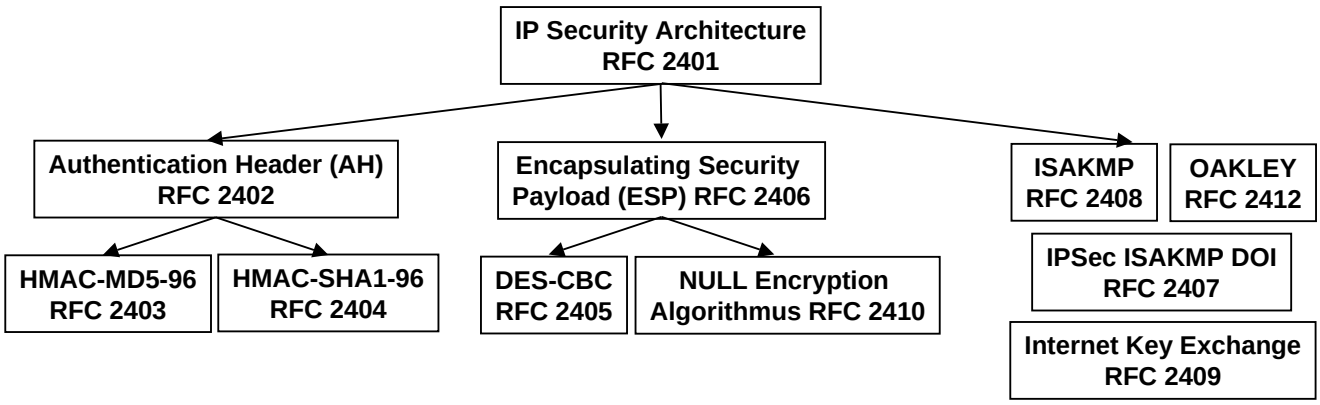
- Quality of Service?
- Mangelnde Sicherheit erfordert Einsatz anderer Mechanismen!

Layer-3 Technologien
IPSec – Einordnung und Überblick

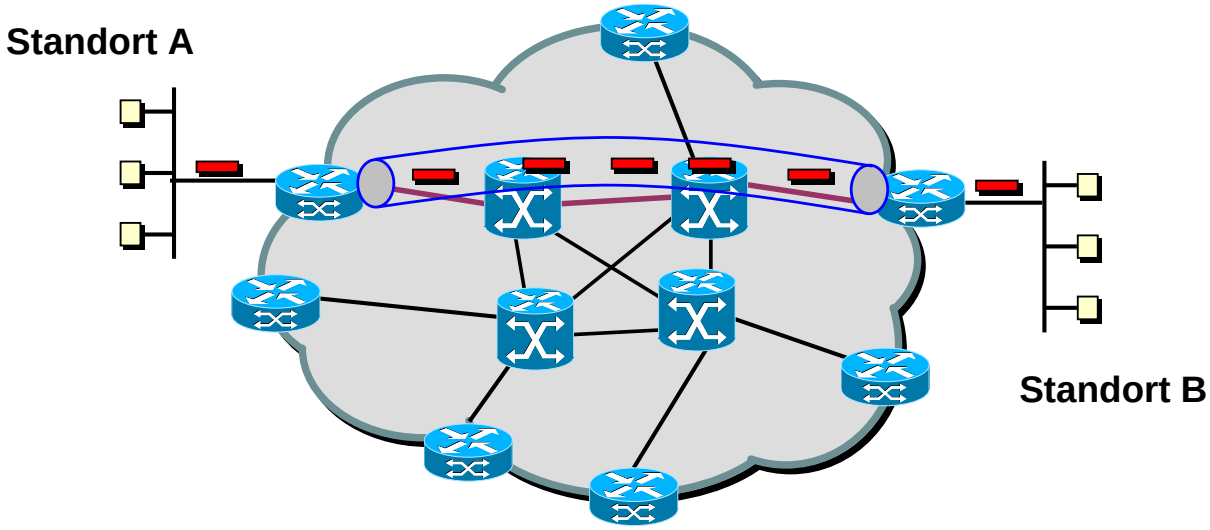
IETF Working Group (WG) „IPSec“

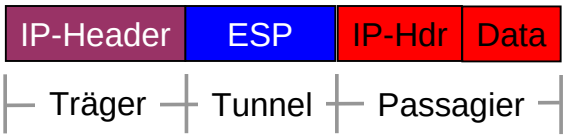
Framework für Sicherheitsfunktionen auf OSI-Layer 3

- Authentication Header (AH)
- Encapsulating Security Payload (ESP)
- Management von Sicherheitsassoziationen und Schlüsseln



Tunneling für Layer-3 Technologien
Beispiel: Site-to-Site zwischen zwei Standorten





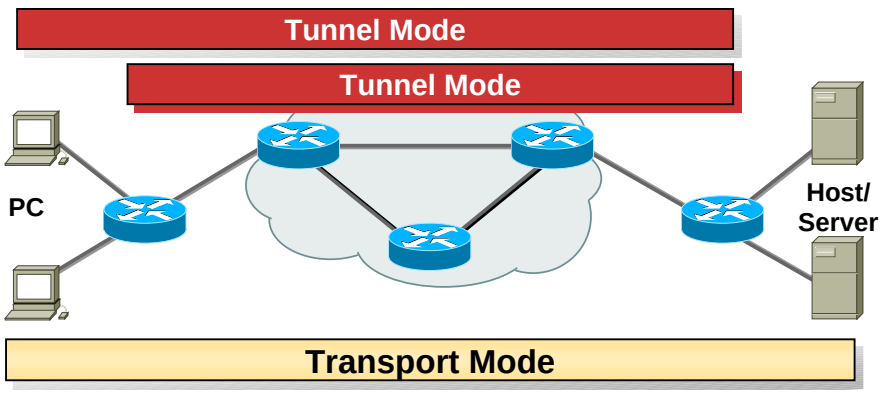
IPSec – Funktionen und Protokolle
Transport- und Tunnel-Modus

Tunnel-Modus:

- Komplettes IP-Paket wird gekapselt (inkl. IP Header)
- Anwendung: „Site-to-Site“ oder „End-to-Site“

Transport-Modus:

- Nur IP-Daten („Payload“) werden gekapselt
- IP-Header mit IP-Adressen bleibt erhalten
- Anwendung für „End-to-End“



IPSec – Funktionen und Protokolle
AH und ESP

Authentication Header (AH):

- Protokoll zur Sicherstellung von Integrität und Authentizität
- Kryptographische Prüfsumme (Hash) über IP Paket (MD5, SHA1)

Encapsulating Security Payload (ESP):

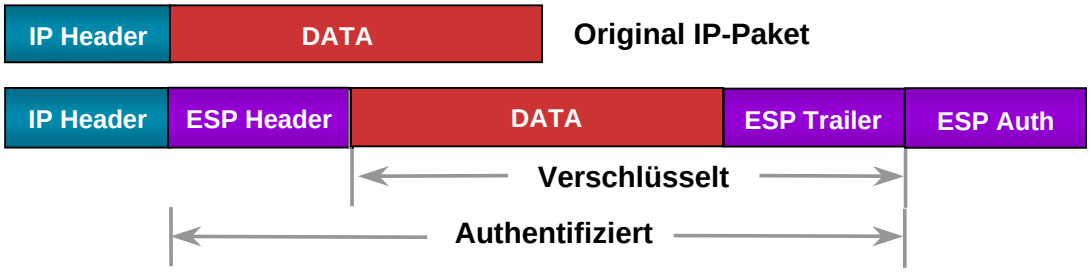
- Protokoll zur Sicherstellung von Vertraulichkeit und Authentizität
- Verschlüsselung des IP-Pakets oder Payload (DES, 3DES, Blowfish, RC4, ...)

AH und ESP können sowohl im Tunnel- als auch im Transport Modus verwendet werden

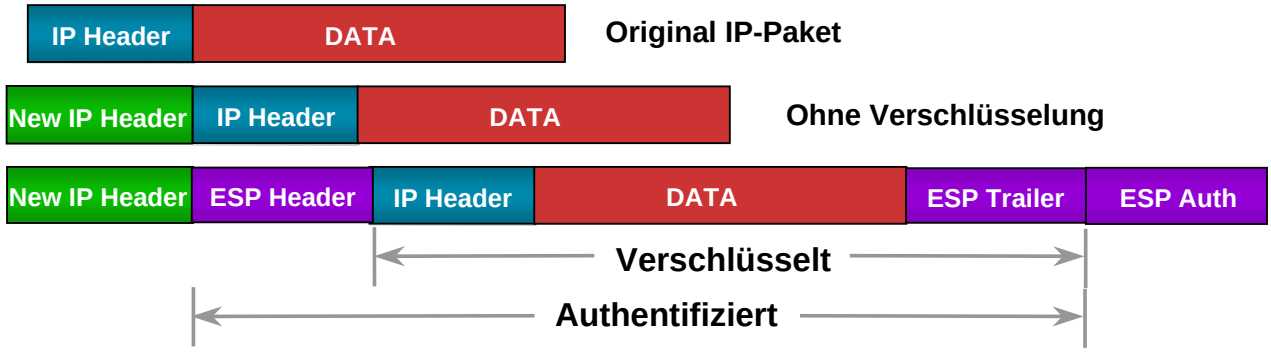
- Vorsicht: Bei IPSec nutzen sowohl Tunnel- als Transport Mode den vorher vorgestellten Mechanismus des „Tunnelings“

Details: ESP im Transport und Tunnel Modus
PDU Formate

Transport Mode:



Tunnel Mode:



IPSec – Funktionen und Protokolle

Management von Sicherheitsassoziationen (SA)

ISAKMP (RFC 2408): Internet Security Association and Key Management Protocol

- Prozeduren und Formate für Aufbau, Abbau, Verhandlung von SA‘s
- abstrakte Protokollbasis

IPSec DOI for ISAKMP (RFC 2407): „Domain Of Interpretation“

- konkrete Spezifikation für ISAKMP

Oakley Key Determination Protocol (RFC 2412)

- Schlüsselaustausch auf Basis von Diffie-Hellman Key Exchange
- Etablieren eines gemeinsamen, geheimen Schlüssels über einen unsicheren Kanal

Internet Key Exchange (RFC 2409):

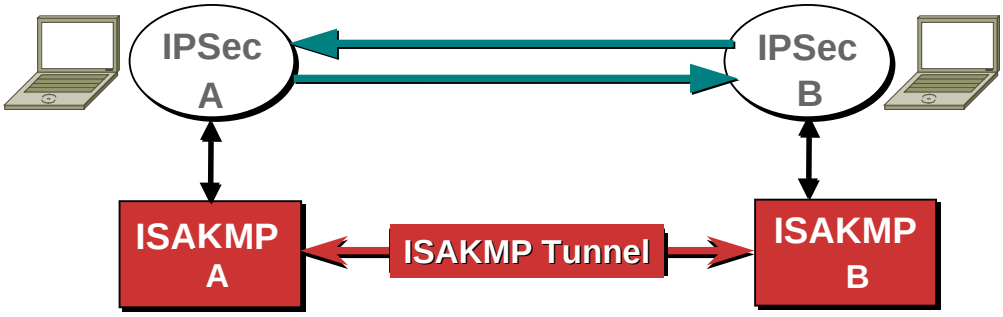
- Konkrete Implementierung von ISAKMP und Oakley

ISAKMP und Oakley

Aufbau der SA und Schlüsselaustausch (vereinfacht)

1. Ausgehendes Paket von A zu B. Keine SA.

4. Paket von A zu B geschützt durch IPSec SA‘s

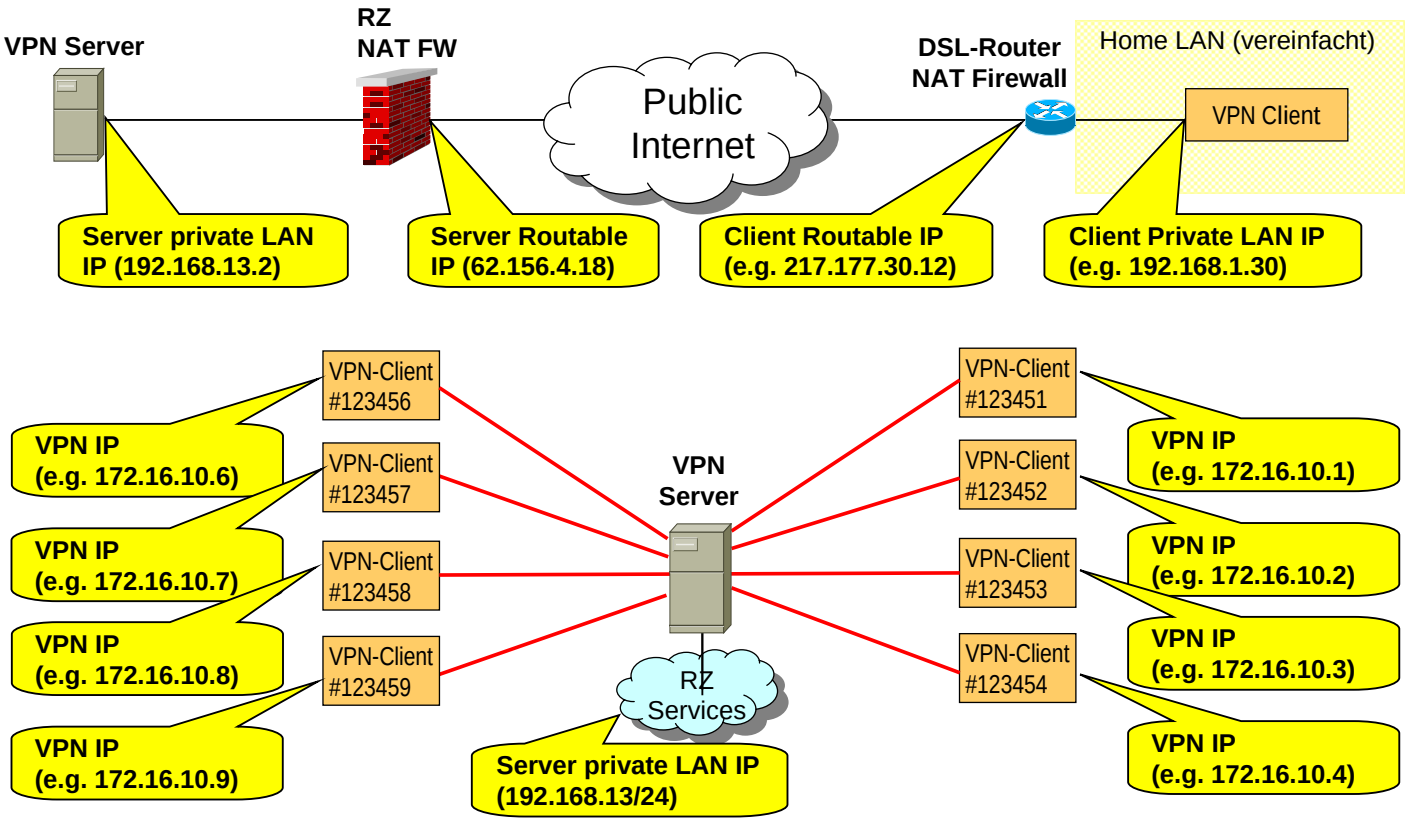


2. A’s ISAKMP beginnt Verhandlung mit B.

3. Verhandlung fertig. A und B haben gemeinsame SAs

2a. Verschlüsselung erfolgt anhand von „Pre-Shared“ Keys oder X.509 Zertifikaten (Oakley generiert Schlüssel)

Praktische Umsetzung - Beispiel
End-to-Site IPSec VPN (vereinfacht)



Praktische Umsetzung - Beispiel
„NAT-Traversal“

Problem: VPN-Client und/oder VPN Server werden geNATted

Beispiel „NATting beim Client“:

- NAT FW betreibt „Masquerading“ (Spezialfall von S-NAT)
- Mehrere Clients sind hinter einer IP Adresse verborgen
- NAT FW identifiziert Client anhand der IP Adresse und Port#

Aber: IPSec Paket hat kein sichtbares TCP/UDP Header (verschlüsselt!)

IP-Hdr	Data (verschlüsselt)

Lösung: NAT-Traversal (RFC 3947)

- Während ISAKMP (IKE Phase 1) wird festgestellt, ob und wer geNATted ist
- Bei Bedarf wird der IPSec Traffic in UDP enkapsuliert (Phase 2)

IP-Hdr	UDP-Hdr	Data (verschlüsselt)

Somit kann NAT FW diese Pakete wieder zum korrekten Client zuordnen

IPSec
Zusammenfassung

Wirtschaftlichkeit:
- Trägerprotokoll ist IP
- Kostengüstige Realisierungsmöglichkeiten

Sicherheit:
- Mechanismen zur Authentifizierung, Integrität und Vertraulichkeit
- Einsatz starker Kryptografie zur Verschlüsselung

Interoperabilität und Integration in Geschäftsprozesse:
- Unabhängigkeit vom Trägernetz durch Tunneling
- Durch Trägerprotokoll IP hohe Interoperabilität und Integration

Aber auch:
- Quality of Service?
- Komplexität der IPSec Standards und Implementierungen?
- Interoperabilität von verschiedenen IPSec Implementierungen?
- Aufwände durch Aufbau von Certification Authorities (CA) usw.

Layer-4-7 Technologien
Einordnung und Überblick

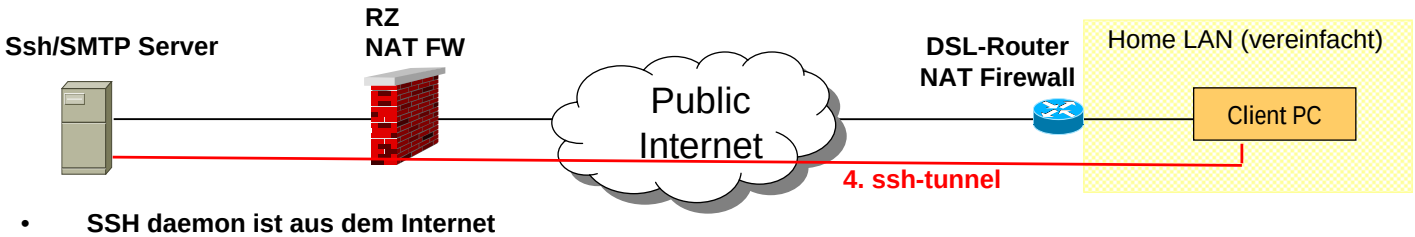
SSH (Secure Shell):
- Tatu Ylönen (Helsinki University of Technology)
- Ursprüngliches Ziel: Ersetzen der „r-tools“ (rlogin, rsh, rcp usw.)
- Heute: Tunneln von Anwendungen („weit verbreitet“: X11 Forwarding)

SSL (Secure Socket Layer) Version 3:
- Netscape Communications
- „Sicherheitsschicht“ zw. Anwendungs- und Transportschicht,
- geeignet für TCP-basierten Anwendungen (z.B. POP3, IMAP, HTTP)
- OpenSSL als Open-Source Implementierung inkl. PKI und Zertifikatsmanagement

TLS (Transport Layer Security)
- IETF WG „Transport Layer Security“, TLS Version 1 (RFC 2246)
- Konzeptionell und inhaltlich identisch zu SSLv3

„SSL-VPN‘s“: Produkte auf Basis von SSL/TLS

Praktische Umsetzung - Beispiel
„SMTP over ssh“ - Prinzipdarstellung



- **SSH daemon ist aus dem Internet für jeden erreichbar**
- **SSH daemon erlaubt login, wenn authorized_key Eintrag vorhanden**
- **SSH daemon empfängt und entschlüsselt die Daten; SMTP-Server verarbeitet die empfangene E-Mail**
- **Beim Booten des Client PC: „ssh –f –N –L 25:ssh-server-ip:25 ssh-server-ip“**
- **ssh-tunnel etabliert (rote Linie)**
- **Client-PC sendet E-Mail per SMTP: „telnet localhost 25“**
- **Mail wird verschlüsselt durch den ssh-tunnel zum SMTP Server gesendet**

Layer-4-7 Technologien
Zusammenfassung

Benutzerfreundlich und „Easy-to-use“:

- Je nach Anwendung keine oder wenig zusätzliche Software erforderlich
- Typischerweise überschaubarer Konfigurationsaufwand an den Clients
- Viele Anwendungen sind inzwischen „Web-basiert“, d.h. Zugriff kann über HTTP erfolgen
- Zertifikate usw. können auch anderweitig verwendet werden (z.B. für „2-Factor Authentication“ auf Client-PC, „Single-Sign-On“ o.ä.)
- Ende-zu-Ende Authentifizierung und Verschlüsselung
- Komplexität von IPSec und Layer-2 Technologien entfällt

Aber auch:

- Ausgabe/Verwaltung von Schlüsseln, Zertifikaten, Revocation Lists usw.
- Initiator typischerweise der Client (nicht der Server), nur für TCP-basierte Anwendungen
- Weiterhin Notwendigkeit für Schutzmaßnahmen
  - Auf jedem PC (Personal Firewalls, Virenscanning usw.)
  - An der Grenze zum Internet (Firewalls, IDS, Virenscanning, usw.)

Literatur
Links zum Thema

RFC-Archiv im Internet, z.B. unter: http://www.rfc-archive.org/

F. L. Bauer; „**Decrypted Secrets -** Methods and Maxims of Cryptology“, 3. Auflage 2002, Springer Verlag

Helmar Gerloni, Barbara Oberhaitzinger, Helmut Reiser, Jürgen Plate: Praxisbuch „**Sicherheit für Linux-Server und Netze“**, Hanser Fachbuchverlag 2004

Uyless Black: „**MPLS and Label Switching Networks**“, Prentice Hall, 2. Auflage, 2002

C‘t Magazin 17/01 (Seite 164ff) und 18/01 (Seite 182ff)

I‘X Magazin 07/03 (Seite 84ff) und 10/02 (Seite 92ff)

Bruce Schneier: http://www.counterpane.com, http://www.schneier.com

SSH: http://www.ssh.org

Das wärs für heute...

Fragen / Diskussion

Verbesserungsvorschläge

Die Folien von heute sind bereits auf die Web-Seite der Vorlesung

Nächste Woche (19. Mai 2005): VPN‘s Teil 2

Einen schönen Abend !!!