IT-Sicherheit

- Sicherheit vernetzter Systeme -

Kapitel 12: Netzsicherheit - Schicht 4: Transport Layer SSL / TLS

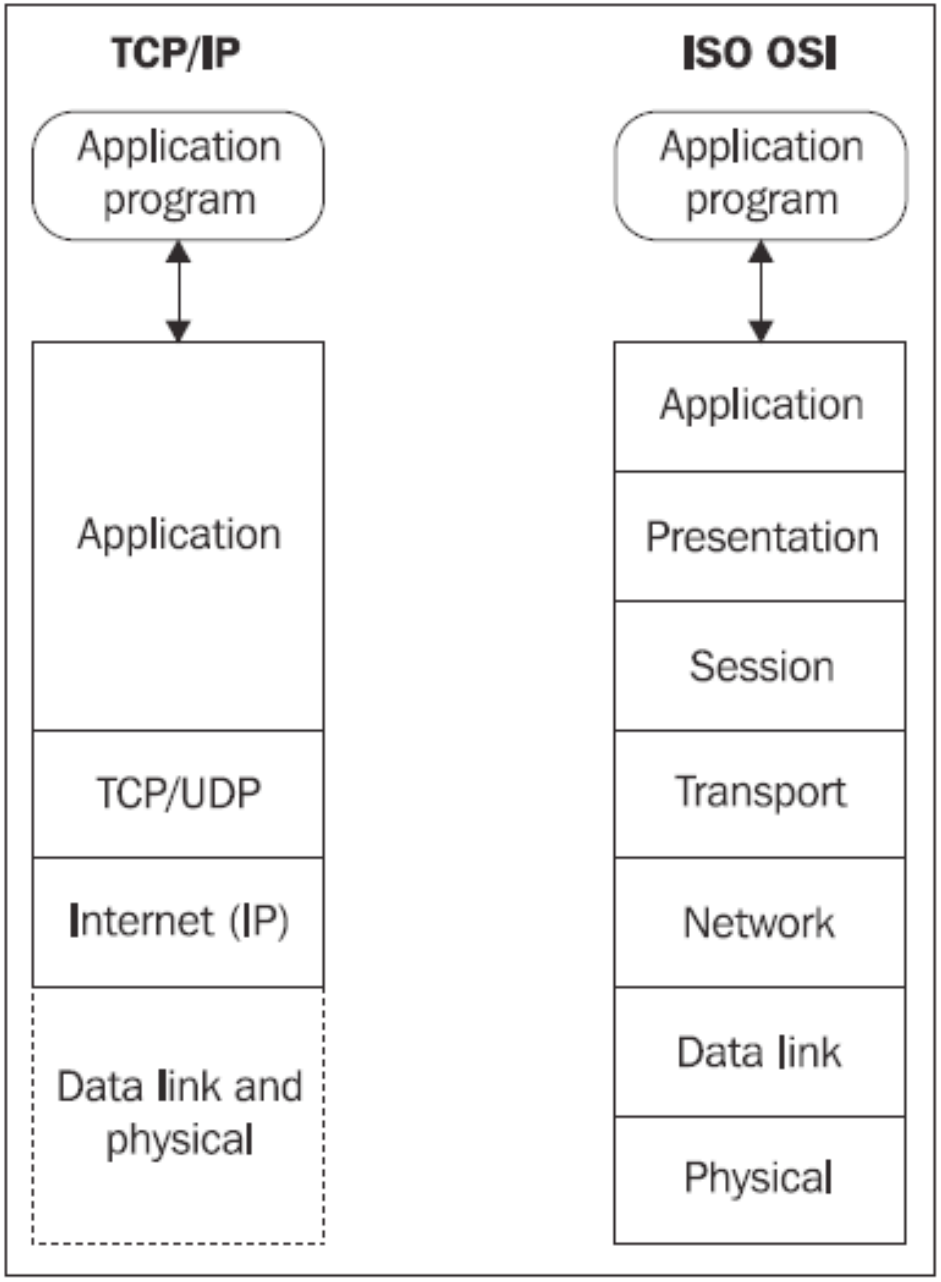
Inhalt

- Transport Layer: Funktionen
- Secure Socket Layer (SSL) & Transport Layer Security (TLS) - Historie
- SSL / TLS Protokoll-Architektur
  - SSL / TLS Record Protocol
  - SSL / TLS Handshake Protocol
  - Schlüsselerzeugung
- SSL / TLS Anwendung
- SSL / TLS Schwächen bzw. Vulnerabilities

Transport Layer

- Nach OSI: Transportdienst zwischen Endsystemen; Ende-zu-Ende
  - *Zuverlässiger* Transport von
  - Nachrichten der *Endsysteme*
- In der Internet-Welt: Ende-zu-Ende-Verbindung zwischen Anwendungen
  - OSI-Schichten 5, 6 und 7 fallen in der Anwendungsschicht zusammen
  - Ports definieren die Prozesse (Dienste) der Anwendungsschicht
- Sicherungsprotokolle der Transportschicht
  - setzen auf TCP oder UDP auf
  - realisieren zum Teil die Funktionalität der Sitzungsschicht
  - liegen zwischen Transport Layer und Application Layer

Gegenüberstellung ISO/OSI- / Internet-Modell

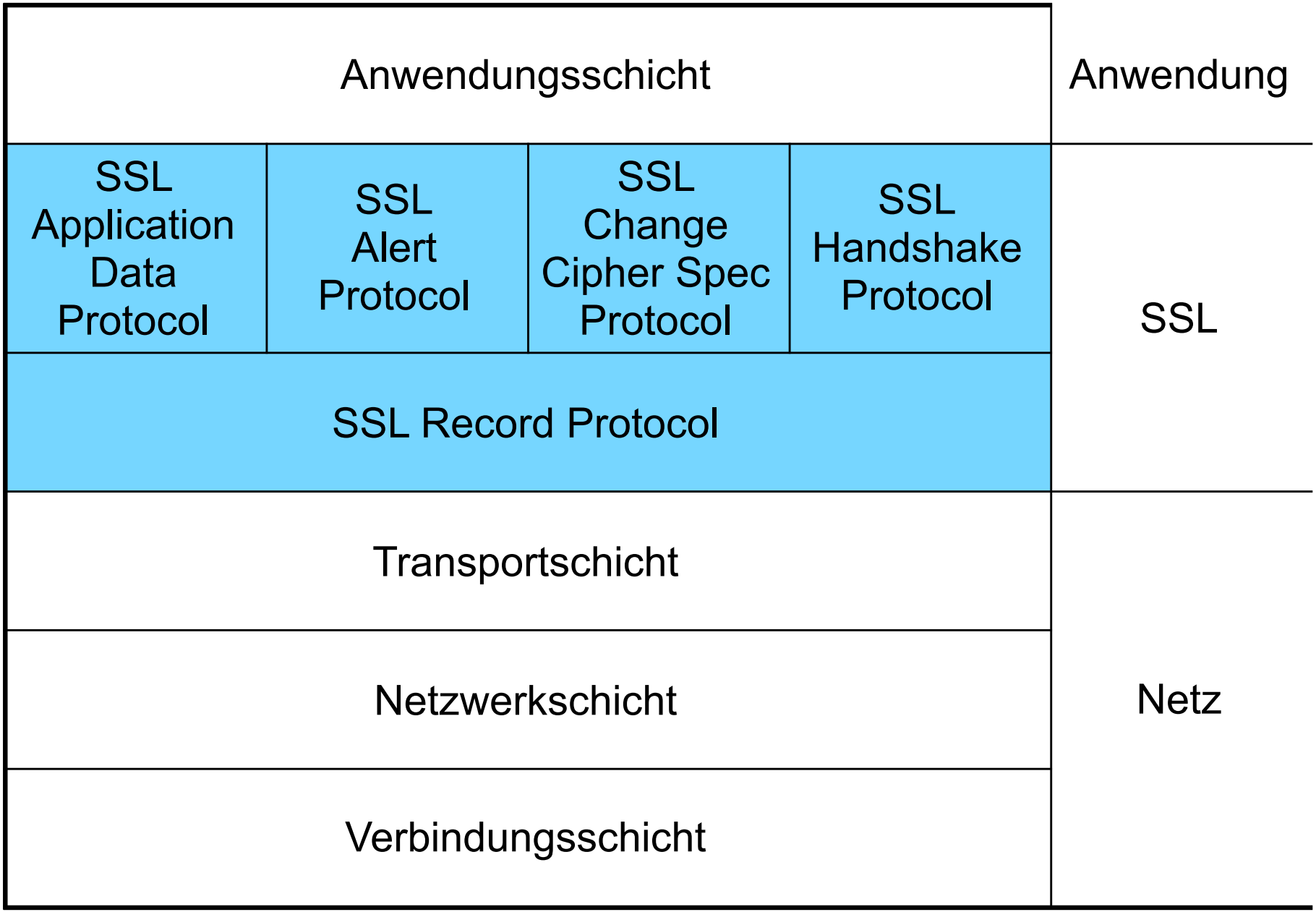


Bildquelle: codeguru.com

Secure Socket Layer (SSL): Historie

- Ab 1994 ursprünglich entwickelt, um HTTP-Verkehr zu sichern (https); entwickelt von Netscape und ab SSL v2 in deren Browser integriert
- 1995 Internet Explorer mit PCT (Private Communication Technology)
- SSL v3: Protokollverbesserungen (aus PCT) und de-facto Standard
- Kann beliebige Anwendungen sichern (nicht nur HTTP)
- IETF entwickelt basierend auf SSL seit 1996 Transport Layer Security (TLS)
  - SSL gehört der Firma Netscape
  - TLS ist eine IETF-basierte, freie Spezifikation
  - TLS 1.0 und SSL 3.0 sind nahezu identisch
  - SSL und TLS werden häufig synonym gebraucht
  - Aktuell: TLS v1.2

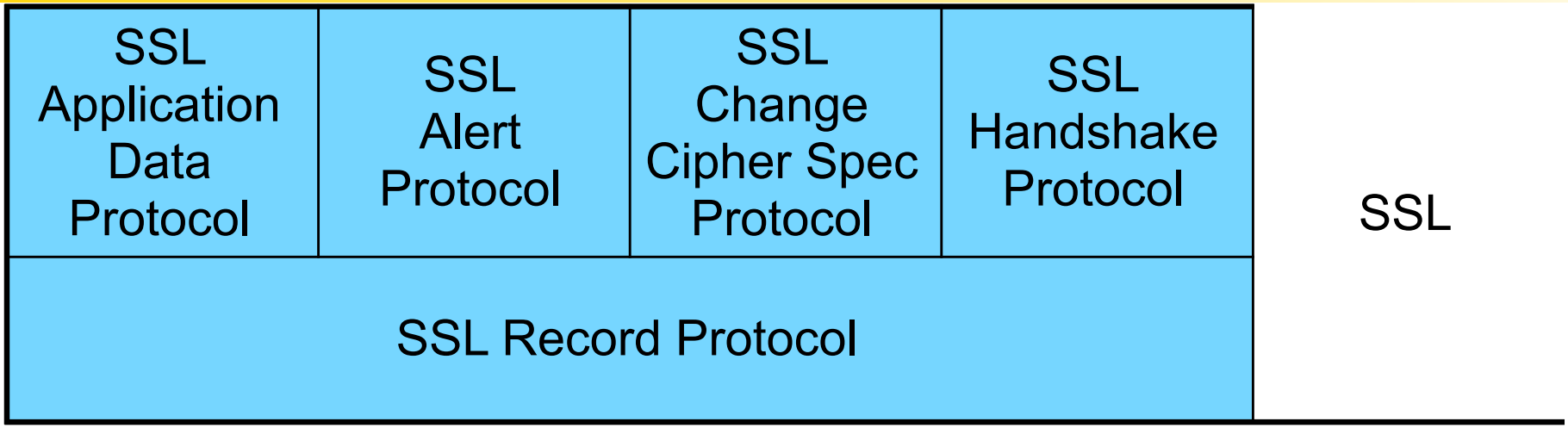
SSL/TLS Einordnung



SSL / TLS Überblick

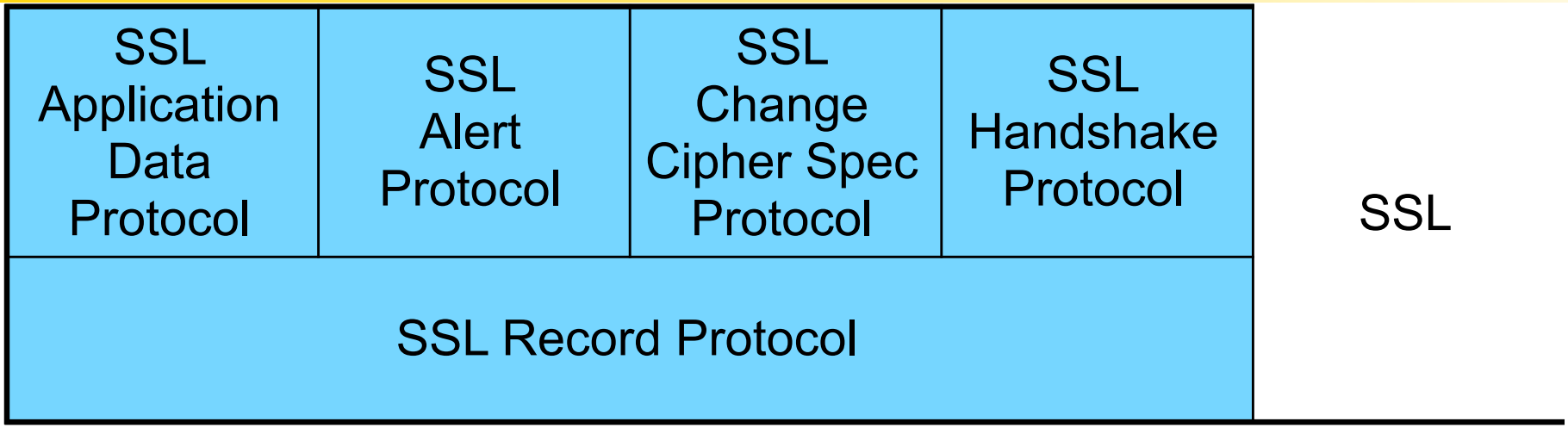
- Authentisierung
  - Vor der eigentlichen Kommunikation ist eine Authentisierung möglich
  - Einseitig oder auch zweiseitig:
    - Nur Client prüft Server (z.B. HTTPS bei Online-Banking)
    - Nur Server prüft Client (eher unüblich)
    - Client und Server prüfen sich gegenseitig (z.B. Intranet-Zugang mit Client-Zertifikat)
- Vertraulichkeit der Nutzdaten
  - Nur, falls während des Sitzungsaufbaus vereinbart
  - Verschiedene (symmetrische!) Verschlüsselungsverfahren: RC2, RC4, DES, 3DES, DES40, IDEA, AES
- Integrität der Nutzdaten
  - Kryptographischer Hash-Wert, parametrisiert mit Schlüssel: HMAC
  - Algorithmen: MD5, SHA

SSL/TLS Protokoll Architektur



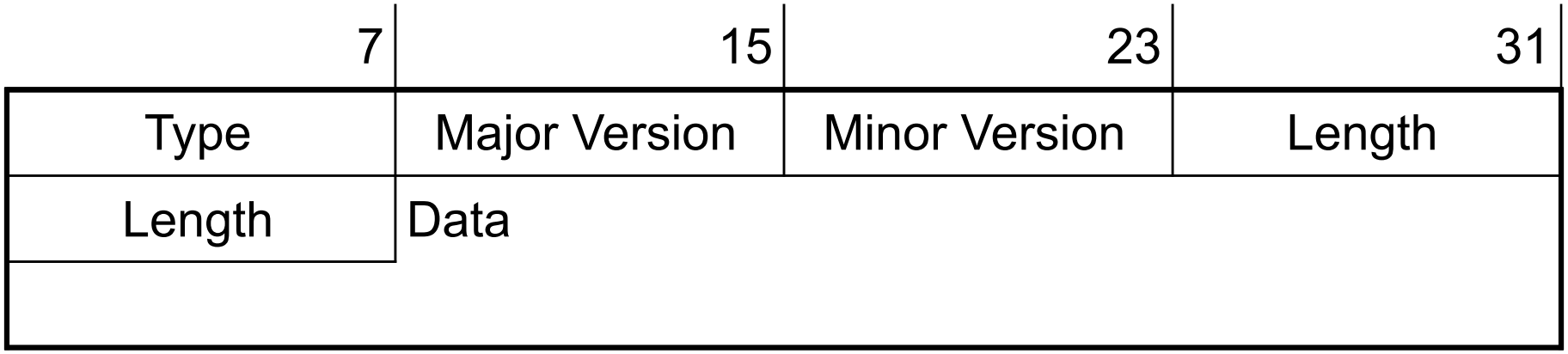
- Application Data Protocol
  - Datenübermittlung zwischen Anwendung und SSL
  - Zugriff auf Record Protocol
- Alert Protocol:
  - Warn- und Fehlermeldungen
- Change Cipher Spec Protocol
  - Änderung der Krypto-Verfahren
  - Initialisierung und Einigung auf neu zu verwendende Verfahren

SSL/TLS Protokoll Architektur (Forts.)



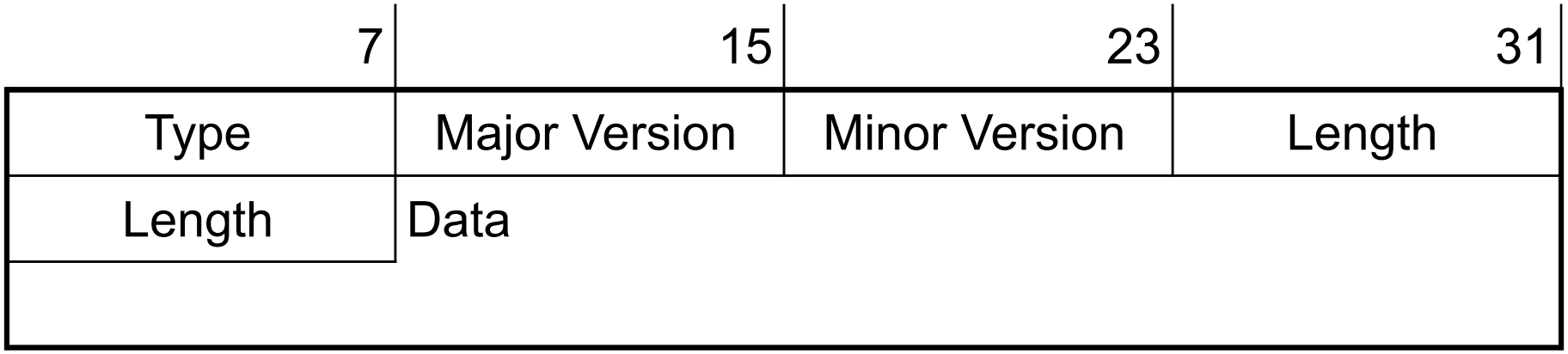
- Handshake Protocol:
  - Authentisierung
  - Schlüsselaustausch
  - Vereinbarung der Parameter
- Record Protocol
  - Fragmentierung
  - Kompression der Klartext-Daten (optional)
  - Verschlüsselung (optional)
  - Integritätssicherung (optional)

SSL/TLS Record Protocol



- Type
  - Change Cipher Spec (20)
  - Alert (21)
  - Handshake (22)
  - Application Data (23)
- Major und Minor Version (z.B. 3, 2 für TLS 1.1)
- Length: Länge der Daten in Byte

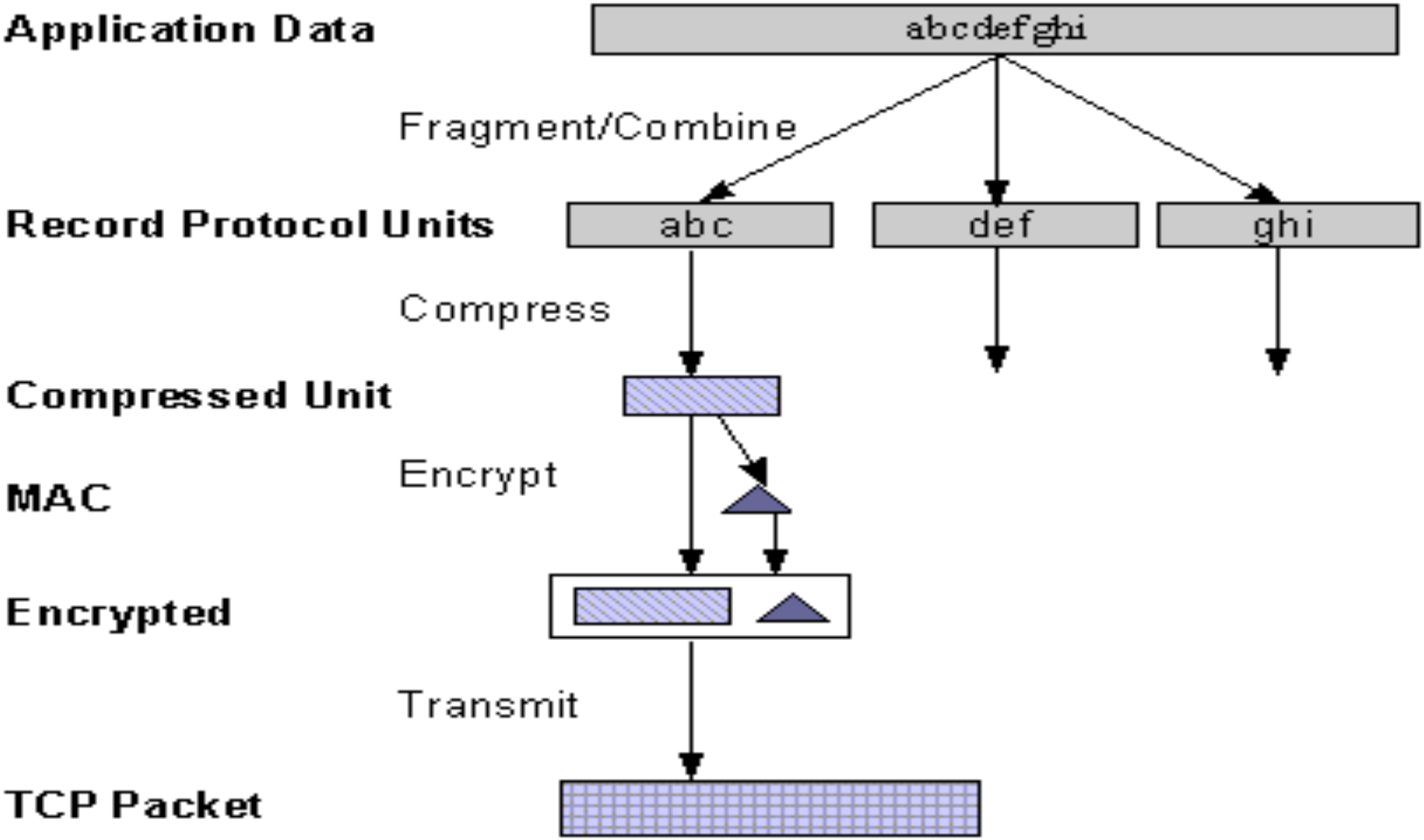
SSL/TLS Record Protocol



- Sender
  1. Fragmentierung der Nutzdaten in max. 2^{14} Bytes (16 kB)
  2. Kompression der Daten (Default-Algorithmus *null*)
  3. Integritätssicherung mittels HMAC
  4. Verschlüsselung

- Empfänger:
  - Entschlüsselung; Integritäts-Check; Dekompression; Defragmentierung; Auslieferung an höhere Schicht

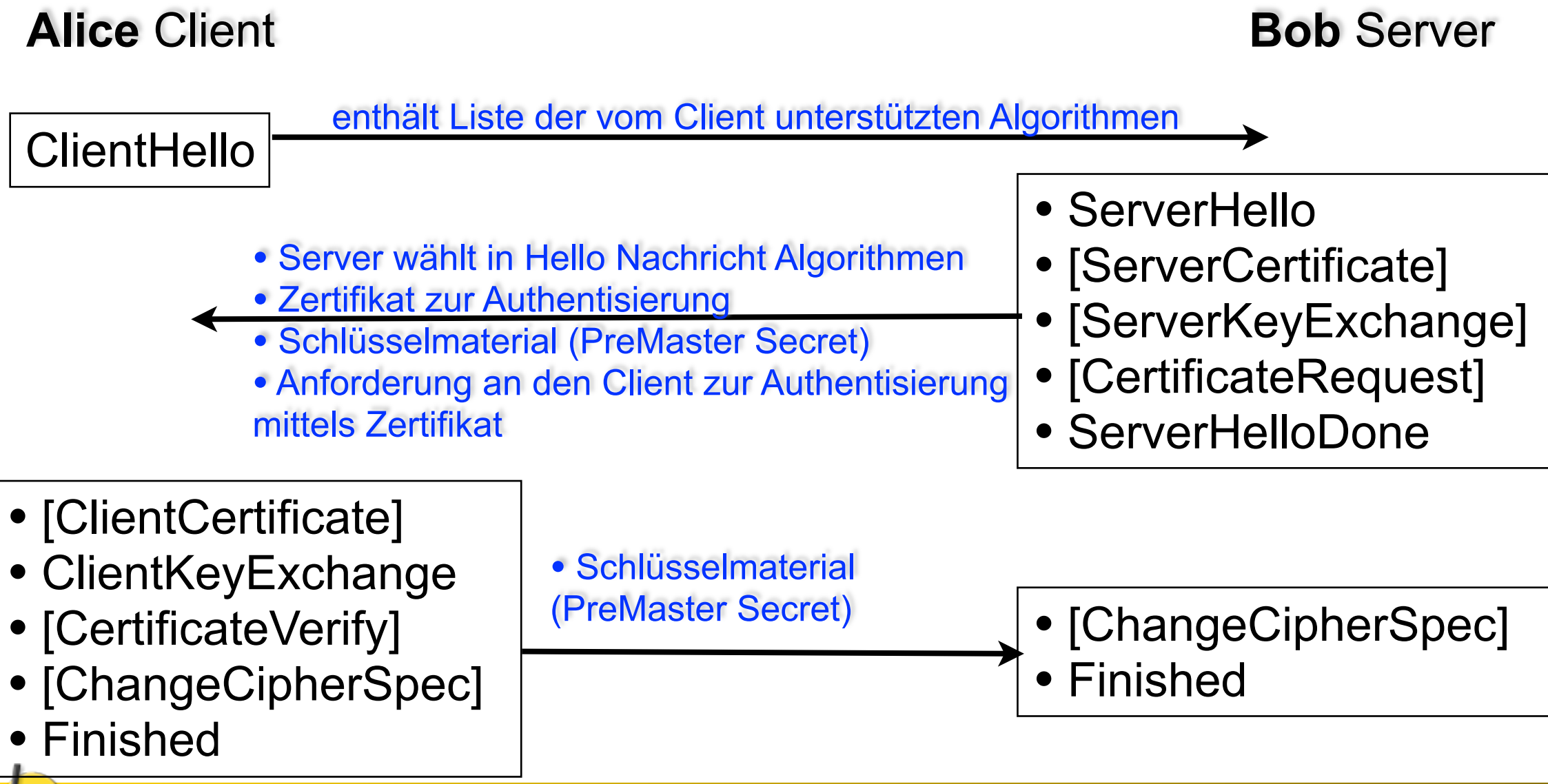
SSL/TLS Record Protocol - Ablauf



Bildquelle: Ralf S. Engelschall, Apache mod_ssl Dokumentation

SSL/TLS Handshake Protokoll

- Zweck: Authentisierung, Algorithmenauswahl, Schlüsselmaterial



SSL/TLS Handshake Protocol: Schlüsselerzeugung

- Schlüssel werden aus dem PreMasterSecret abgeleitet
- PreMasterSecret vom Client erzeugt; für Server verschlüsselt in ClientKeyExchange übertragen

- PreMasterSecret (variable Länge) wird erzeugt:
  - **RSA**: Zufallszahl; mit dem öffentlichen Schlüssel des Servers verschlüsselt vom Client übertragen
  - **Diffie-Hellman**: Übertragung der Diffie-Hellman Gruppe unverschlüsselt; falls nicht schon in Zertifikat enthalten; Erzeugung des PreMasterSecret über Diffie-Hellman Verfahren

- MasterSecret (immer 48 Byte) wird aus PremasterSec. erzeugt

  - MasterSecret = PRF (PreMasterSecret, „Master Secret“, ClientHello.random + ServerHello.random)

SSL / TLS Schlüsselgenerierung

- KeyBlock = PRF (SecurityParameter.MasterSecret,
  „key expansion“,
  SecurityParameter.ServerRandom +
  SecurityParameter.ClientRandom)
- Der KeyBlock wird in folgende Teilblöcke zerlegt
  - client_write_MAC_secret [SecurityParameter.HashSize]
  - server_write_MAC_secret [SecurityParameter.HashSize]
  - client_write_key [SecurityParameter.KeyMaterialLength]
  - server_write_key [SecurityParameter.KeyMaterialLength]
- SSL erlaubt Schlüsselerzeugung auch ohne Authentisierung
  - In diesem Fall Man-in-the-Middle-Attack möglich und nicht erkennbar

SSL/TLS: Pseudo Random Function (PRF)

- Pseudo-Random Function (PRF); gebildet aus MD5 und SHA
- PRF soll Sicherheit bieten auch wenn MD5 oder SHA „gebrochen“ werden
- Expansionsfunktion P_hash(secret, seed)
  - Durch iterative Anwendung Schlüsselmaterial in beliebiger Länge
  - P_hash(secret,seed) = HMAC_hash(secret, A(1) | seed) |
    HMAC_hash(secret, A(2) | seed) |
    ...
    HMAC_hash(secret, A(n) | seed) mit
  - A(0) = seed
    A(i) = HMAC_hash(secret, A(i-1));

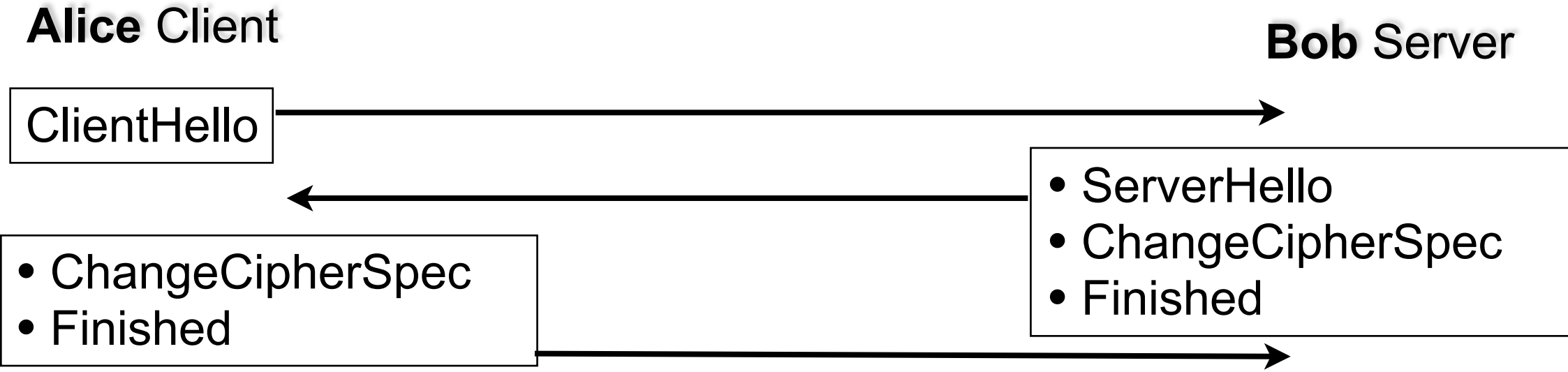
- PRF(secret, label, seed) = P_MD5(S1, label + seed) XOR
  P_SHA-1(S2, label + seed)
  - mit secret zerlegt in zwei Teilstrings S1 und S2

TLS v 1.2

- TLS v 1.2 spezifiziert in RFC 5246 (2008); Änderungen:
  - Pseudo-Random Function:
    SHA-256 löst Kombination aus MD5 und SHA ab
  - AES eingeführt
  - Erweiterungen bei der Spezifikation von Signatur und Hash-Funktionen durch Client und Server
  - Server-Name-Indicator (kommt später)

SSL Abbreviated Handshake

- Erlaubt Wiederverwendung und Duplizierung eines bestehenden Sicherheitskontextes
- HTTP 1.0; Jedes Item einer Webseite wird über eigene TCP Verbindung übertragen



- ClientHello enthält SessionID der zu duplizierenden Session
- Falls Server SessionID bei sich findet und mit Duplizieren einverstanden ist, sendet er SessionID in ServerHello zurück

SSL Alert Protocol

- Rund 25 verschiedene Mitteilungen, z.B.
  - Beendigung der Session
  - Fehler in der Protokollsyntax (decryption failed, etc.)
  - Probleme mit der Gültigkeit von Zertifikaten
- Unterscheidet zwischen
  - Warnungen
  - Fehlern
- Fehler führen zu sofortigem Verbindungsende

SSL/TLS Anwendung

- Auswahl an SSL gesicherten Diensten

Port	gesicherter Dienst	Protokoll
443	HTTP	https
465, 587	SMTP (Mail)	ssmtp oder smtps
585,993	IMAP	imap4-ssl
636	LDAP	ldaps
989, 990	FTP	ftps
992	Telnet	telnets
995	POP3	pop3s

SSL/TLS und HTTP

- HTTPS ist aufgrund der weiten Verbreitung von HTTP das häufigste SSL-Einsatzgebiet

- Problem bei virtuellen Webservern (z.B. Apache VHost):
  - Pro IP-Adresse nur 1 Zertifikat möglich
  - Zum Zeitpunkt des SSL-Handshakes liegen noch keine im HTTP-Request enthaltenen Angaben zum gewünschen VHost vor

- Gelöst mit TLS v1.2: Server Name Indication übermittelt gewünschten Servernamen bereits beim Verbindungsaufbau

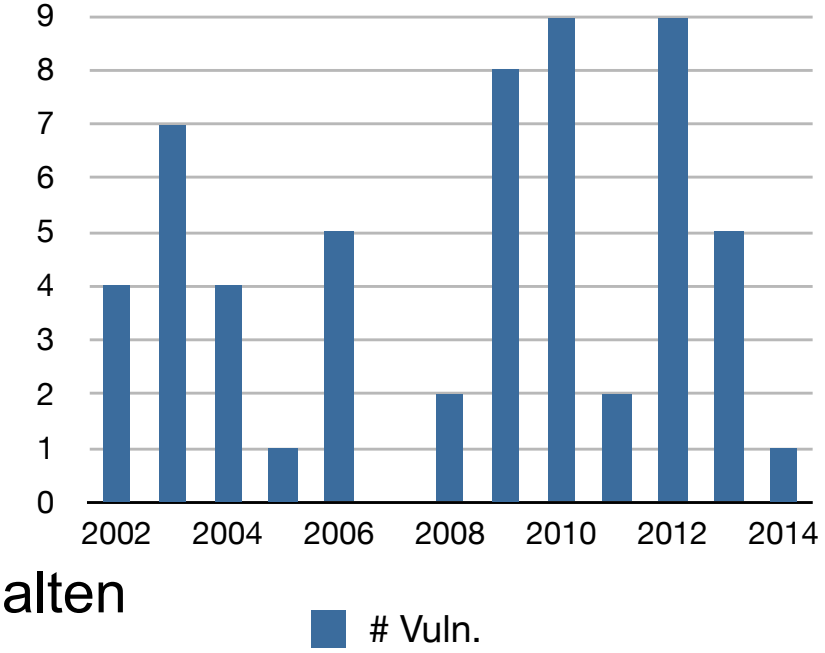
- Aber: Verzögerung zwischen Spezifikation (RFC 5246), Implementierung (z.B. OpenSSL) und Rollout (z.B. Integration in Linux-Distributionen)

Problematische Aspekte des SSL-Einsatzes

- Performance
  - Verbindungsaufbau ist rechenintensiv und damit langsamer
  - Hohe Belastung für Server mit vielen Clients
  - (Symmetrische) Verschlüsselung benötigt nur wenig Rechenzeit
    - Aber oft Verzicht auf Kompression (Entropiereduzierung!)
- Unter Umständen keine Ende-zu-Ende-Verschlüsselung
  - Bei Kommunikation über mehr als zwei Stationen erhält jede Zwischenstation den Klartext
- Usability in der Praxis suboptimal
  - Beispiel HTTPS-Zertifikatsprüfung in aktuellen Browsern: Häufig eher als lästig statt als hilfreich empfunden
- Immer wieder Implementierungsfehler in SSL-APIs

Einschub: OpenSSL Security Alerts

- Liste analysierter / behobener Sicherheitslücken:
  http://www.openssl.org/news/vulnerabilities.html



- Vulnerabilities pro Jahr:
  2014: bisher 1
- Zum Teil gravierende Auswirkungen:
  - Buffer Overflows
  - Ungültige Zertifikate werden für gültig gehalten
  - Crashes
  - Memory Leaks
  - Plaintext Recovery
  - DoS
- Aber: Updates/Patches i.d.R. sehr zeitnah verfügbar

SSL-Angriffsmöglichkeiten

- Überwiegend implementierungsspezifische Angriffe
- Andere Varianten nur bedingt erfolgsversprechend:
  - Brute Force: Gesamten Schlüsselraum durchsuchen
  - Known Plaintext Attack: Viele Nachrichtenteile sind vorhersagbar, z.B. HTTP GET-Befehle (hat aber nur bei schwacher Verschlüsselung Aussicht auf Erfolg)
- Fehler im Protokoll-Konzept
  - Z.B. TLS & SSLv3 renegotiation vulnerability (November 2009)

Anwendung von SSL: SSL-VPN

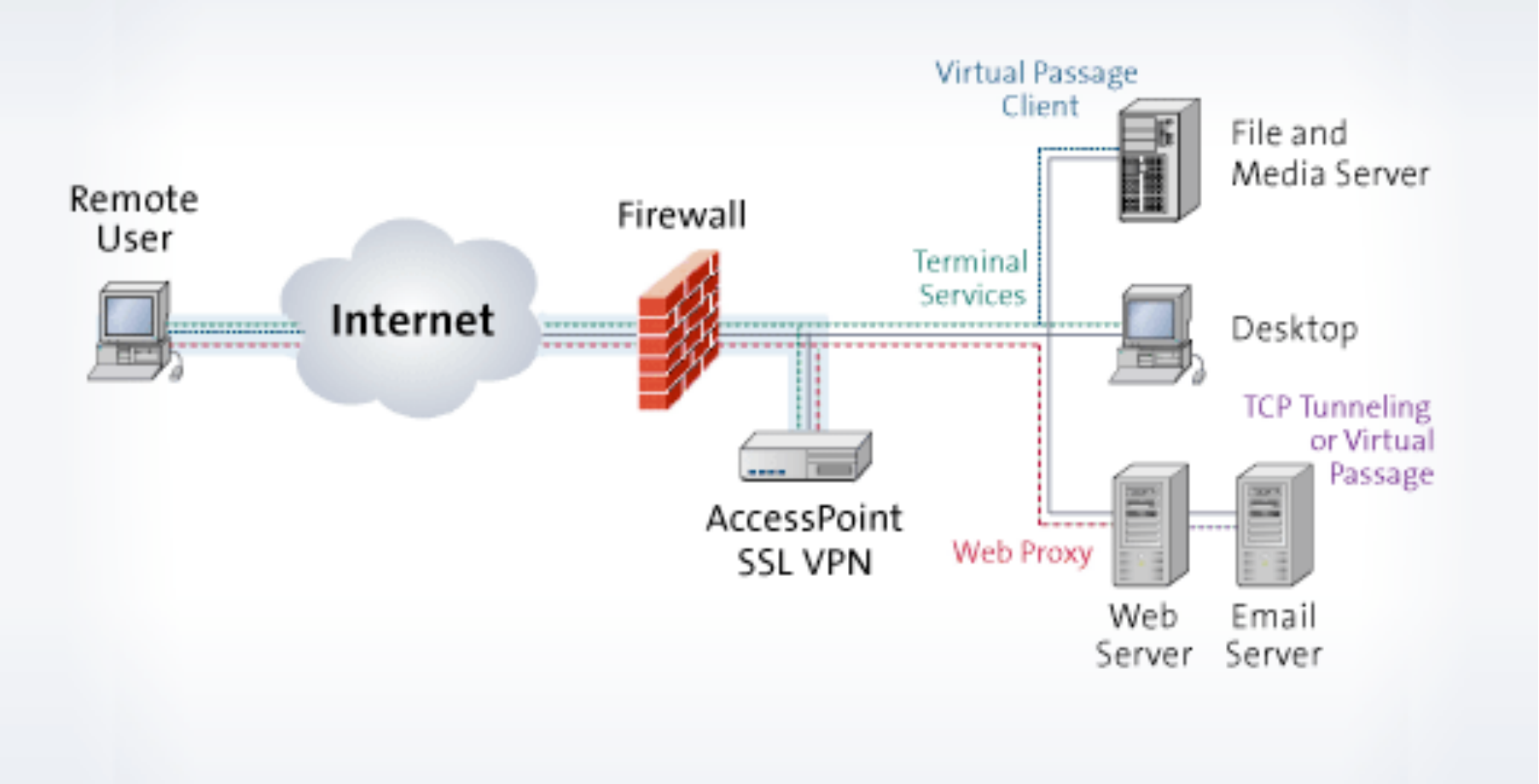
- Ziel wie z.B. bei PPTP und IPSec:
  Transport geschützter Daten über öffentliche Netze

- Wiederum Site-to-Site- und End-to-End-Einsatz möglich

- Häufige Eigenschaften in der Praxis:
  - Nutzung von TCP-Port 443 (offene Firewall-Ports wg. HTTPS)
  - „Schlanker“ Client, z.T. ohne manuelle Software-Installation
    - Wichtig insb. für mobile Geräte (private Notebooks, Smartphones, ...)
  - Früher z.T. nur zur Nutzung von Webanwendungen geeignet (kein „richtiges“ VPN)
  - Start der VPN-Verbindung per Login auf einer Webseite
  - Zusätzliche Funktionalität per Browser-Plugin
    - z.B. Virenscanner, Löschen des Cache bei Sitzungsende, ...

SSL-VPNs: Erste Generation

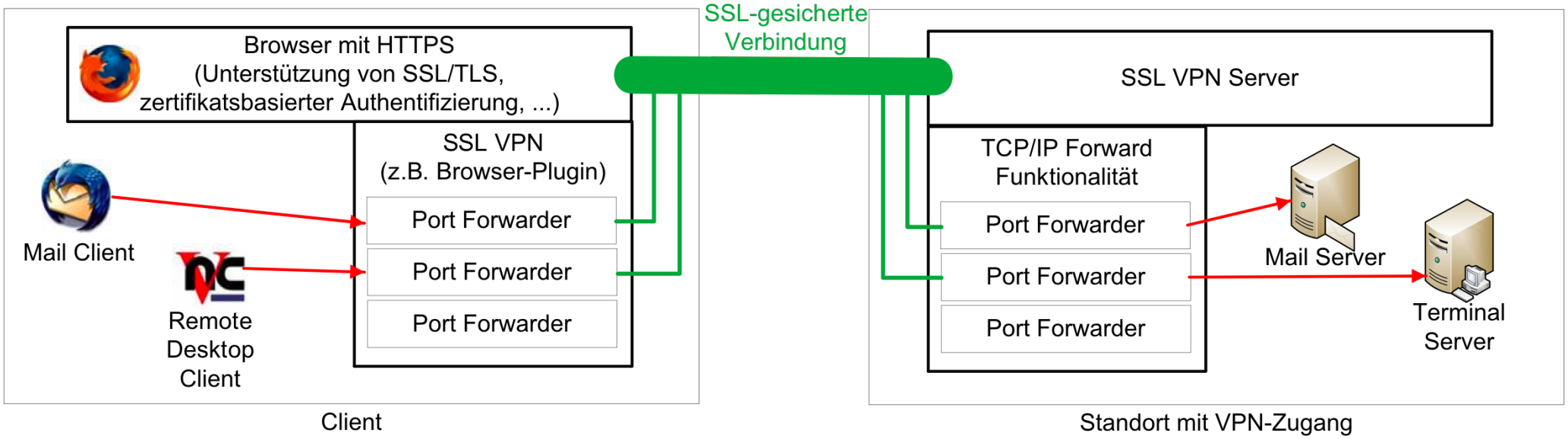
- Browserbasiert, einfache Inbetriebnahme
- Web Sessions für transparenten Client-IP-Adresswechsel (Roaming)



Bildquelle: www.menlologic.com

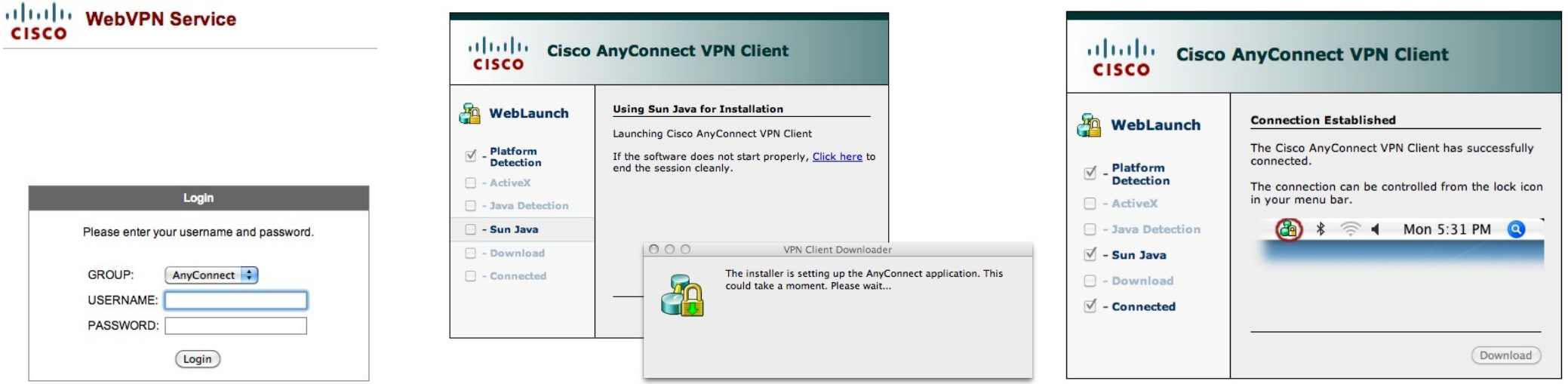
SSL-VPNs: Zweite Generation

- Web-basierte Installation eines „fat“ Clients
- Tunnel für TCP/IP-basierte Protokolle
- Z.T. Browser-Plugins für zusätzliche Funktionalität



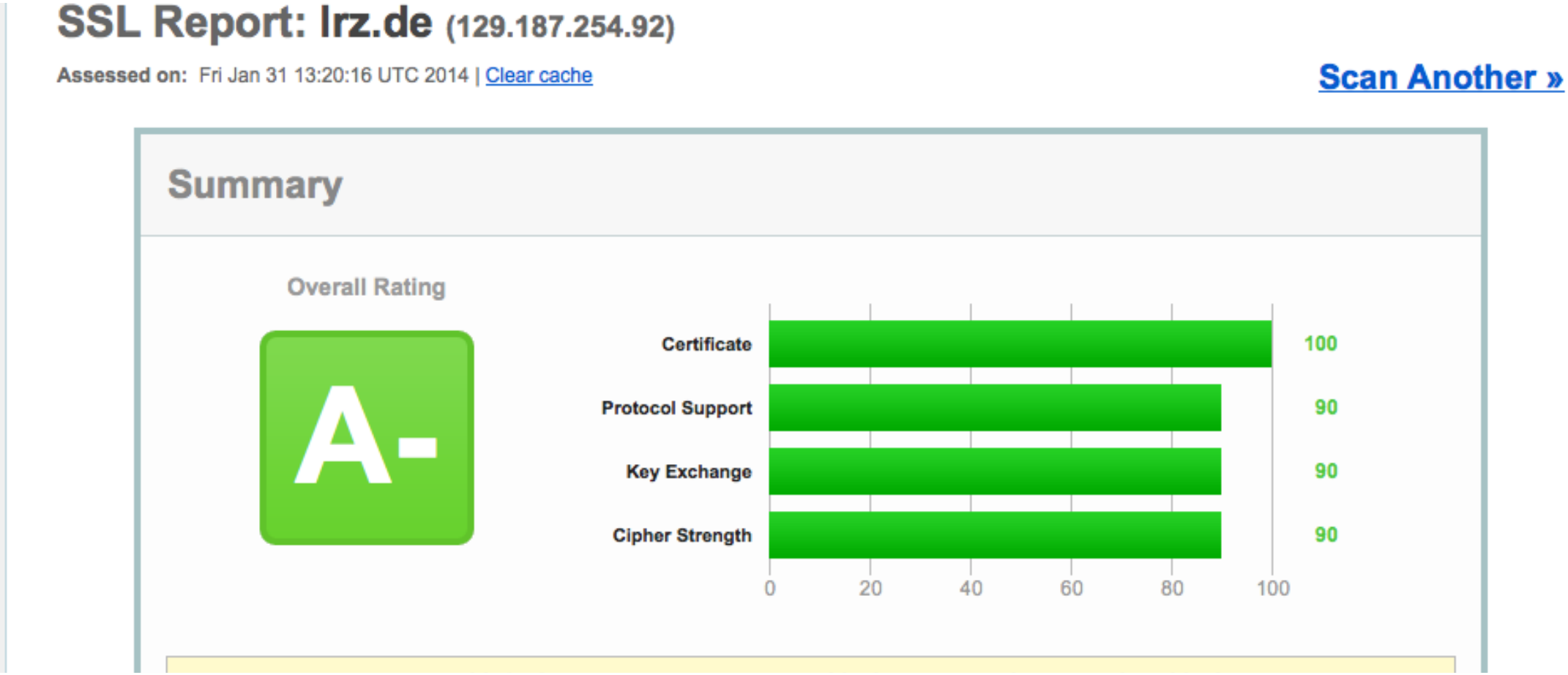
SSL-VPNs: Aktuelle Trends

- IPSec zur Standort-Vernetzung
  - ausgereifte Produkte (Appliances)
  - zertifizierte, standardbasierte Lösungen (Compliance)
- SSL-VPN für mobile Anwender
  - schlanker Client
  - unkomplizierte Installation durch Anwender
- Beispiel Cisco AnyConnect SSL VPN Client (https://asa-cluster.lrz.de, nutzbar mit Campus^{LMU}-Kennung)



Überprüfung von Web-Server auf SSL-Schwächen

- https://www.ssllabs.com/ssltest/



Debian OpenSSL Debacle

- OpenSSL: Freie Bibliothek zur Implementierung von SSL / TLS
- Wird genutzt von vielen Linux Derivaten, OpenSSH, Apache (mod_ssl), Onion Router (TOR), OpenVPN, etc.
- 2006: Code Analyse-Tools Valgrind und Purify erkennen potentielle Schwachstellen im Quellcode
  - Uninitialisierter Speicher
  - wird gelesen bevor er geschrieben wird
- Maintainer berichtigen diesen „Bug“ mit einem Patch
  - zwei Zeilen werden gelöscht `MD_Update(&m, buf, j)`
- Code-Abschnitt wurde verwendet, um die Entropie des Zufallszahlengenerators (PRNG) zu verbessern
- Patch bewirkt das Entropie nur noch von Prozess-ID (PID) abhängt
- In vielen Linux-Systemen 15 Bit, d.h. Entropie von 2^{15}

Debian OpenSSL Debacle Folgen

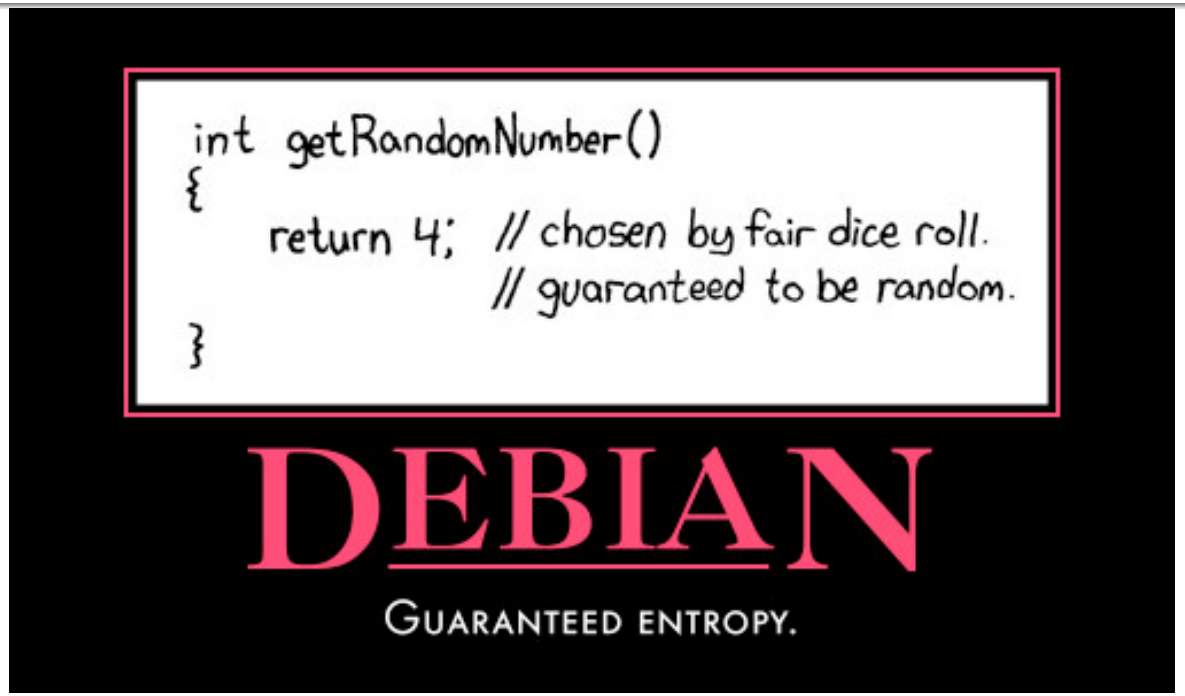
- Schlüsselraum von 32.767 Schlüsseln für jede Schlüssellänge und Schlüsseltyp
- 2008 von Luciano Belo (Argentinischer Forscher) entdeckt
- Erzeugung aller 1.024 und 2.048 Bit Schlüssel durch Moore:
  - Cluster mit 31 Xeon Cores
  - Zwei Stunden
  - Zusätzlich 6 Stunden für alle 4.096 Bit Schlüssel
- Betroffene Schlüssel:
  - SSH Host Keys
  - Benutzerschlüssel für Public Key Authentication in SSH
  - Sitzungsschlüssel
- SSH Perfect Forward Secrecy (PFS)
  - Debian Bug verhindert PFS
  - Selbst wenn Maschine sicheren Zufallszahlengenerator besitzt

Debian OpenSSL Debacle Folgen

- Schwacher Schlüssel kann einfach genutzt werden
  - ssh -i weak-key4586 root@targetmachine
  - Zertifikate sind einfach zu fälschen
- Damit Spoofing
  - SSL-gesicherte Web-Seiten
  - SSH
  - Bsp.: AKAMAI Server, verteilte
    - Elster (Software für Steuererklärungen)
    - Windows-Treiber von ATI für Grafikkarten
- Entschlüsselung des Verkehrs

OpenSSL Debacle: Gegenmaßnahmen

- Alle Schlüsselpaare prüfen:
  - Skript (security.debian.org/project/extra/dowkd/dowkd.pl.gz)
- Firefox oder Internet Explorer Plugin zur Überprüfung
- Wiederruf von Zertifikaten mit schwachen Schlüsseln
  - Problem: CRLs oder OCSP wird oft nicht genutzt



Quelle: http://trailofbits.files.wordpress.com/2008/07/hope-08-openssl.pdf