CoNe Freiburg

IIF INSTITUT FÜR INFORMATIK FREIBURG

Systeme II

11. Woche DNS, E-Mail und Sicherheit

Christian Schindelhauer

Technische Fakultät

Rechnernetze und Telematik

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Domain Name System (DNS) – Motivation

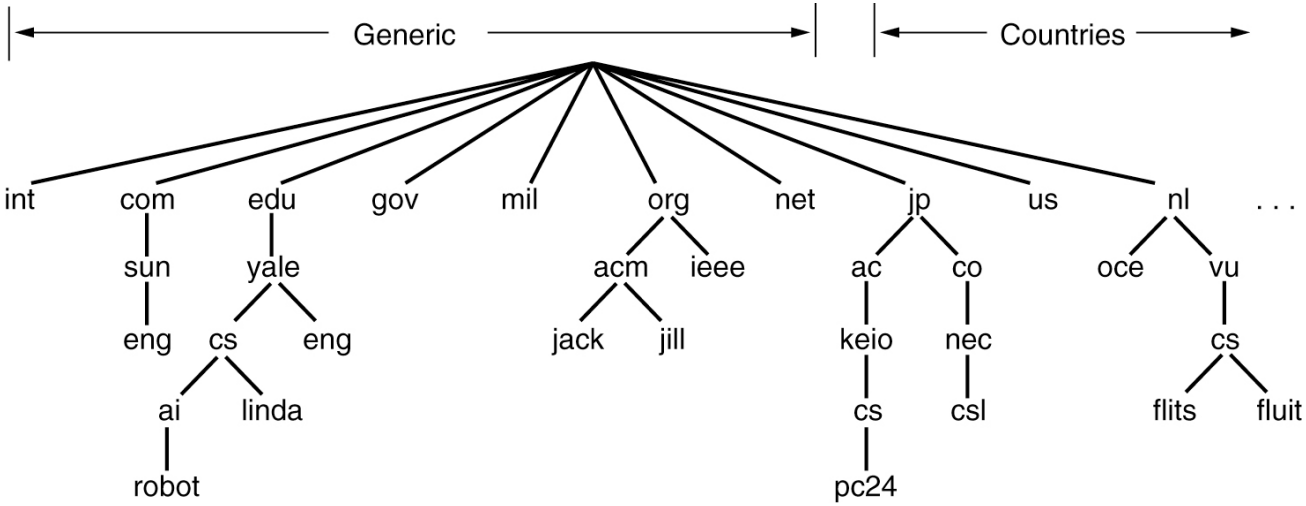
- Menschen kommen mit den 4byte IPv4-Adressen nicht zurecht:
  - 72.14.221.104 für Google
  - 132.230.2.100 für Uni Freiburg
  - Was bedeuten?
    - 80.67.17.75
    - 132.230.150.170
- Besser: Natürliche Wörter für IP-Adressen
  - Z.B. www.schiessmichtot.de
  - oder www.uni-freiburg.de
- Das Domain Name System (DNS) übersetzt solche Adressen in IP-Adressen

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

DNS – Architecture

- DNS bildet Namen auf Adressen ab
  - Eigentlich: Namen auf Ressourcen-Einträge
- Namen sind hierarchisch strukturiert in einen Namensraum
  - Max. 63 Zeichen pro Komponente, insgesamt 255 Zeichen
  - In jeder Domain kontrolliert der Domain-Besitzer den Namensraum darunter
- Die Abbildung geschieht durch Name-Server



CoNe Freiburg

DNS Resource Record

- Ressourcen-Einträge: Informationen über Domains, einzelne Hosts,...
- Inhalt:
  - Domain_name: Domain(s) des Eintrags
  - Time_to_live: Gültigkeit (in Sekunden)
  - Class: Im Internet immer “IN”
  - Type: Siehe Tabelle
  - Value: z.B. IP-Adresse

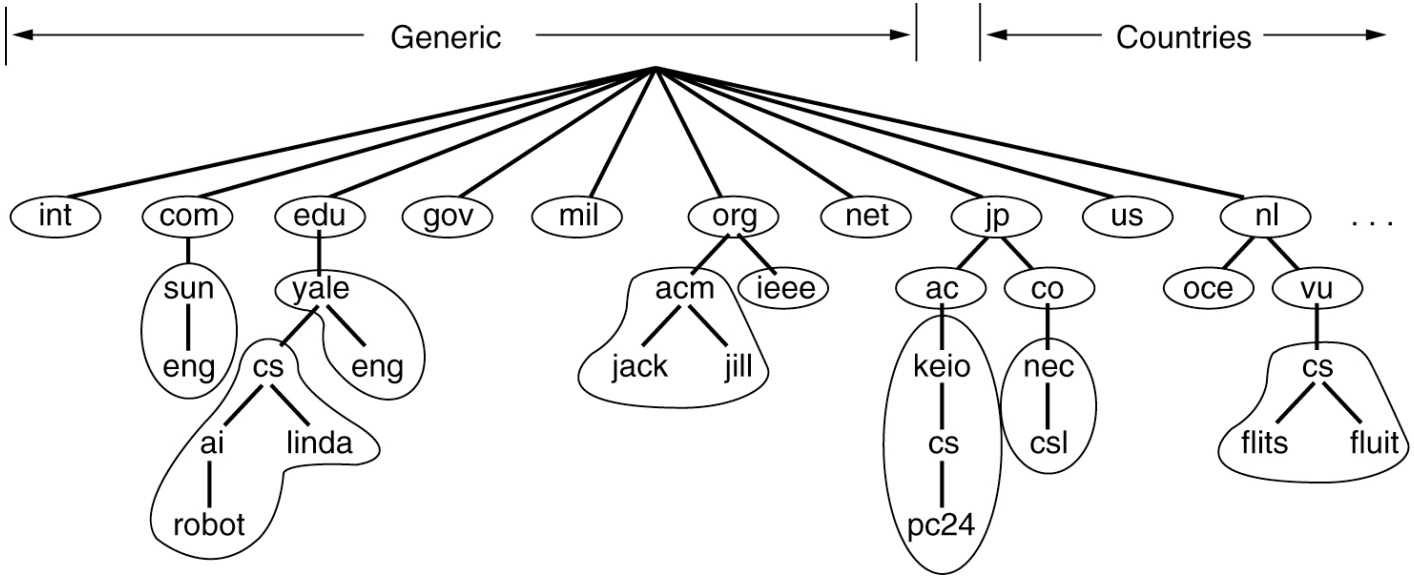
Type	Meaning	Value
SOA	Start of Authority	Parameters for this zone
A	IP address of a host	32-Bit integer
MX	Mail exchange	Priority, domain willing to accept e-mail
NS	Name Server	Name of a server for this domain
CNAME	Canonical name	Domain name
PTR	Pointer	Alias for an IP address
HINFO	Host description	CPU and OS in ASCII
TXT	Text	Uninterpreted ASCII text

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

DNS Name Server

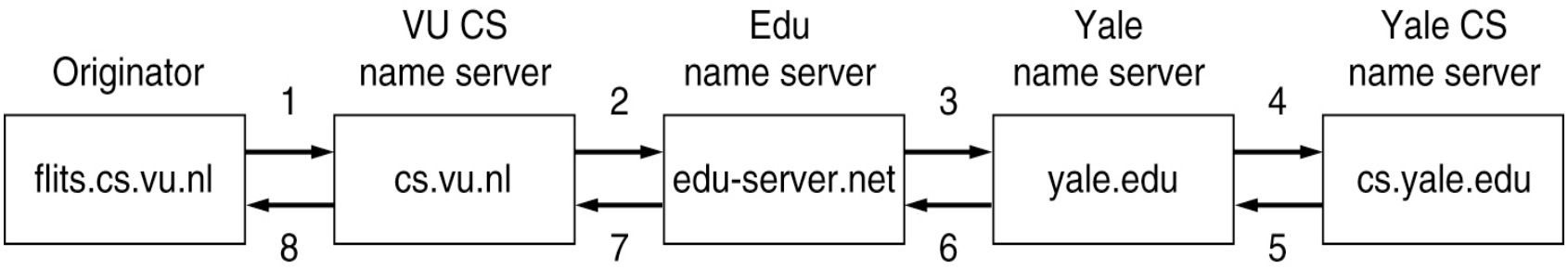
- Der Namensraum ist in Zonen aufgeteilt
- Jede Zone hat einen *Primary Name Server* mit maßgeblicher Information
  - Zusätzlich *Secondary Name Server* für Zuverlässigkeit
- Jeder Name Server kennt
  - seine eigene Zone
  - Name-Server der darunterliegenden Bereiche
  - Bruder-Name-Server oder zumindestens einen Server, der diese kennt



CoNe Freiburg

DNS Anfragebearbeitung

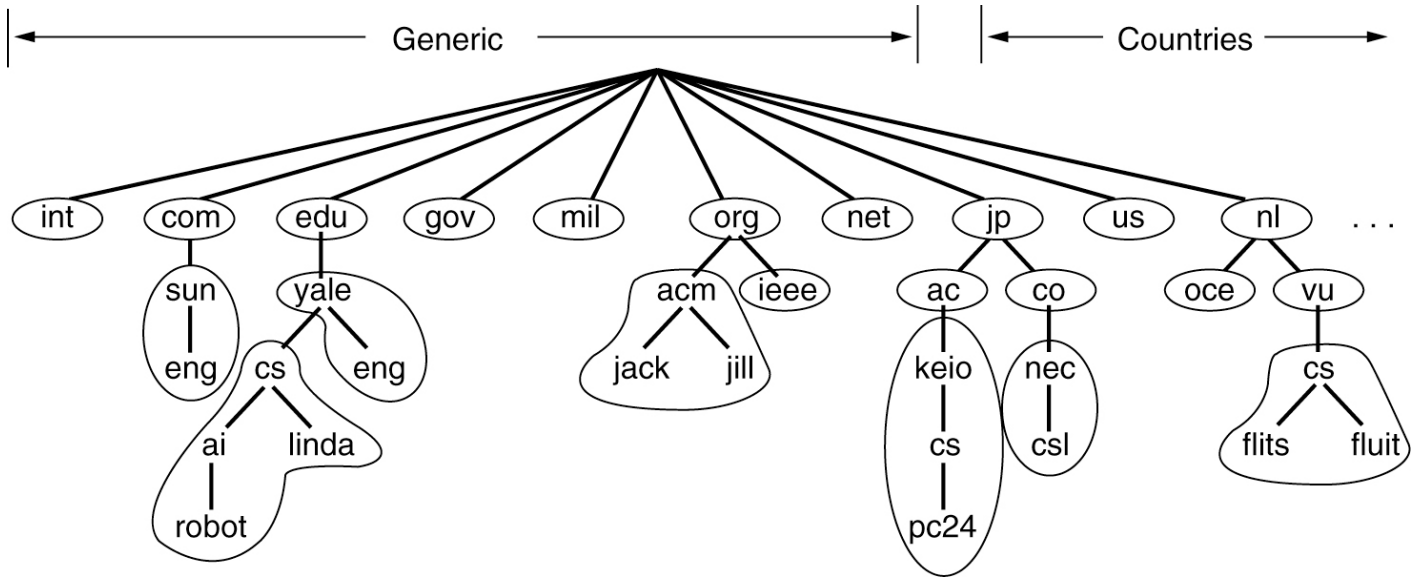
- Anfragen von einem End-System werden zu den vorkonfigurierten Name-Server geschickt
  - Soweit möglich, antwortet dieser Name-Server
  - Falls nicht, wird die Anfrage zu dem bestgeeigneten Name-Server weitergereicht
  - Die Antworten werden durch die Zwischen-Server zurückgeschickt
- Server darf Antworten speichern (cachen)
  - Aber nur für eine bestimmte Zeit

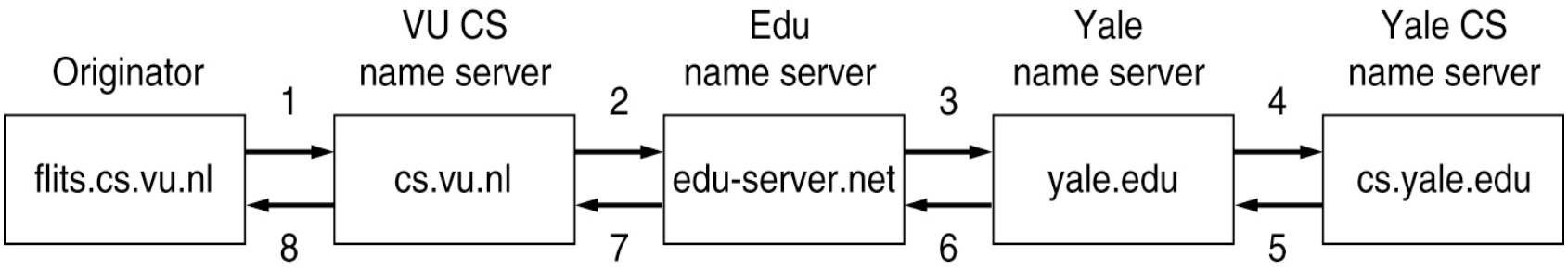


UNI FREIBUR

CoNe Freiburg

Beispiel





CoNe Freiburg

Dynamisches DNS

- Problem
  - Zeitlich zugewiesene IP-Adressen
  - z.B. durch DHCP
- Dynamisches DNS
  - Sobald ein Knoten eine neue IP-Adresse erhält, registriert dieser diese beim DNS-Server, der für diesen Namen zuständig ist
  - Kurze time-to-live-Einträge sorgen für eine zeitnahe Anpassung
    - da sonst bei Abwesenheit die Anfragen an falsche Rechner weitergeleitet werden
- Anwendung
  - Registrierung einer Domain für den Otto Normalverbraucher
  - Siehe www.dyndns.com

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

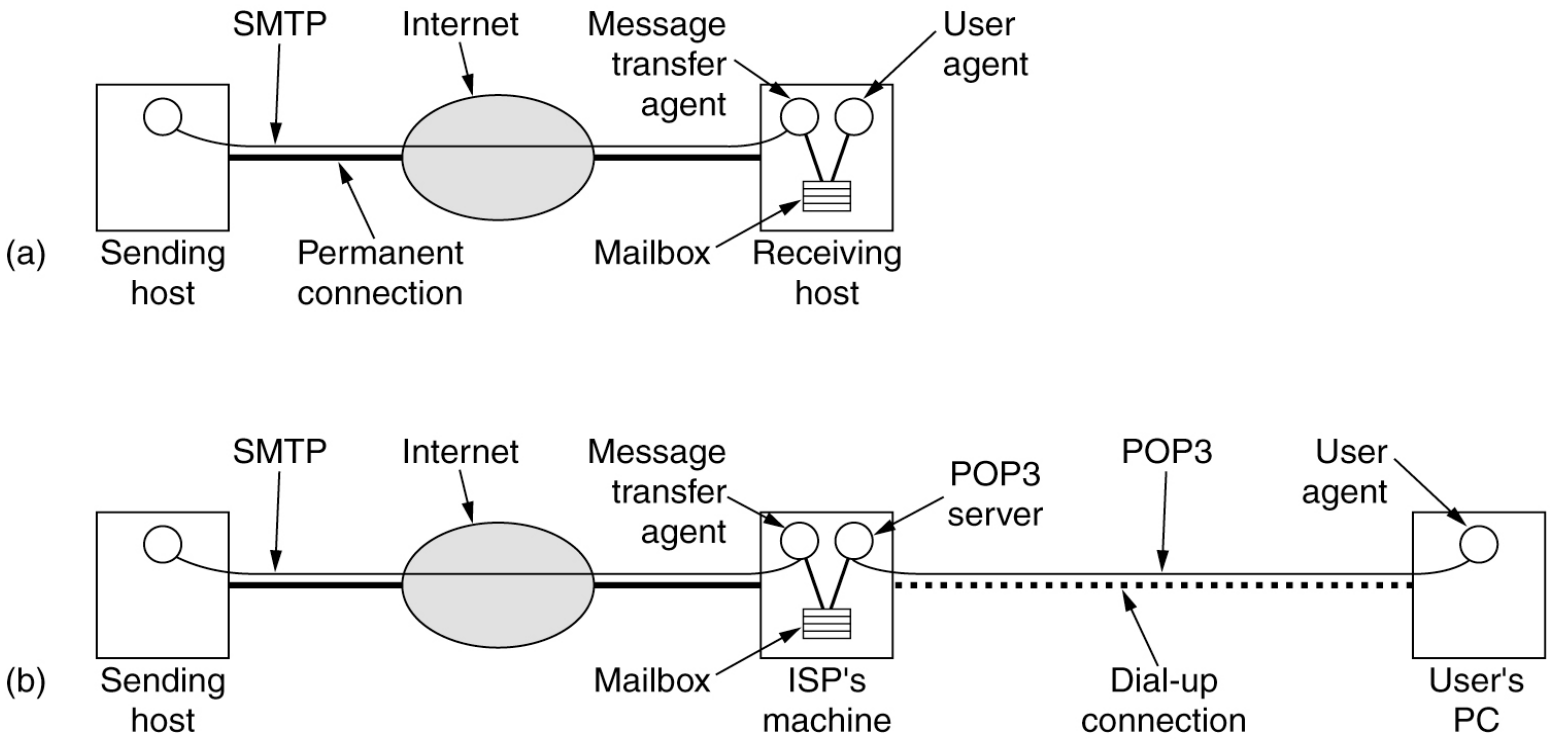
E-Mail

- Beispiel: E-Mail aus RFC 821/822
  - User Agents (UA)
  - Message Transfer Agents (MTA)
- Dienste
  - Entwurf
  - Beförderung
  - Berichtswesen
  - Anzeige
  - Lagerung
- Zusatzdienste
  - Weiterleitung, Automatische Antwort, Abwesenheitsfunktion, Mail-Listen, Blind Copy
- Struktur einer E-Mail
  - Umschlag mit Information für Transport (verwendet von MTA)
- Inhalt
  - Header – Kontroll-Information für UA
  - Body – Eigentlicher Inhalt der E-Mail

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

E-Mail: SMTP und POP



SMTP: Simple Mail Transfer Protocol
POP: Post Office Protocol
IMAP: Internet Message Access Protocol

CoNe Freiburg

E-Mail: IMAP

- POP
  - Annahme: User lädt die E-Mails herunter und arbeitet offline
- IMAP (RFC 2060)
  - Annahme: E-Mails verbleiben auf dem Server
  - Textbasiertes Protokoll zur Behandlung von E-Mail auf dem Server
    - mächtigerer Befehlssatz
  - Beispiele für Client-Commands
    - AUTHENTICATE, LOGIN, LIST, APPEND, LOGOUT, SEARCH, COPY, ...
  - Beispiel:

```
C: A142 SELECT INBOX
S: * 172 EXISTS
S: * 1 RECENT
S: * OK [UNSEEN 12] Message 12 is first unseen
S: * OK [UIDVALIDITY 3857529045] UIDs valid
S: * FLAGS (\Answered \Flagged \Deleted \Seen \Draft)
S: * OK [PERMANENTFLAGS (\Deleted \Seen \*)] Limited
S: A142 OK [READ-WRITE] SELECT completed
```

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Sicherheit

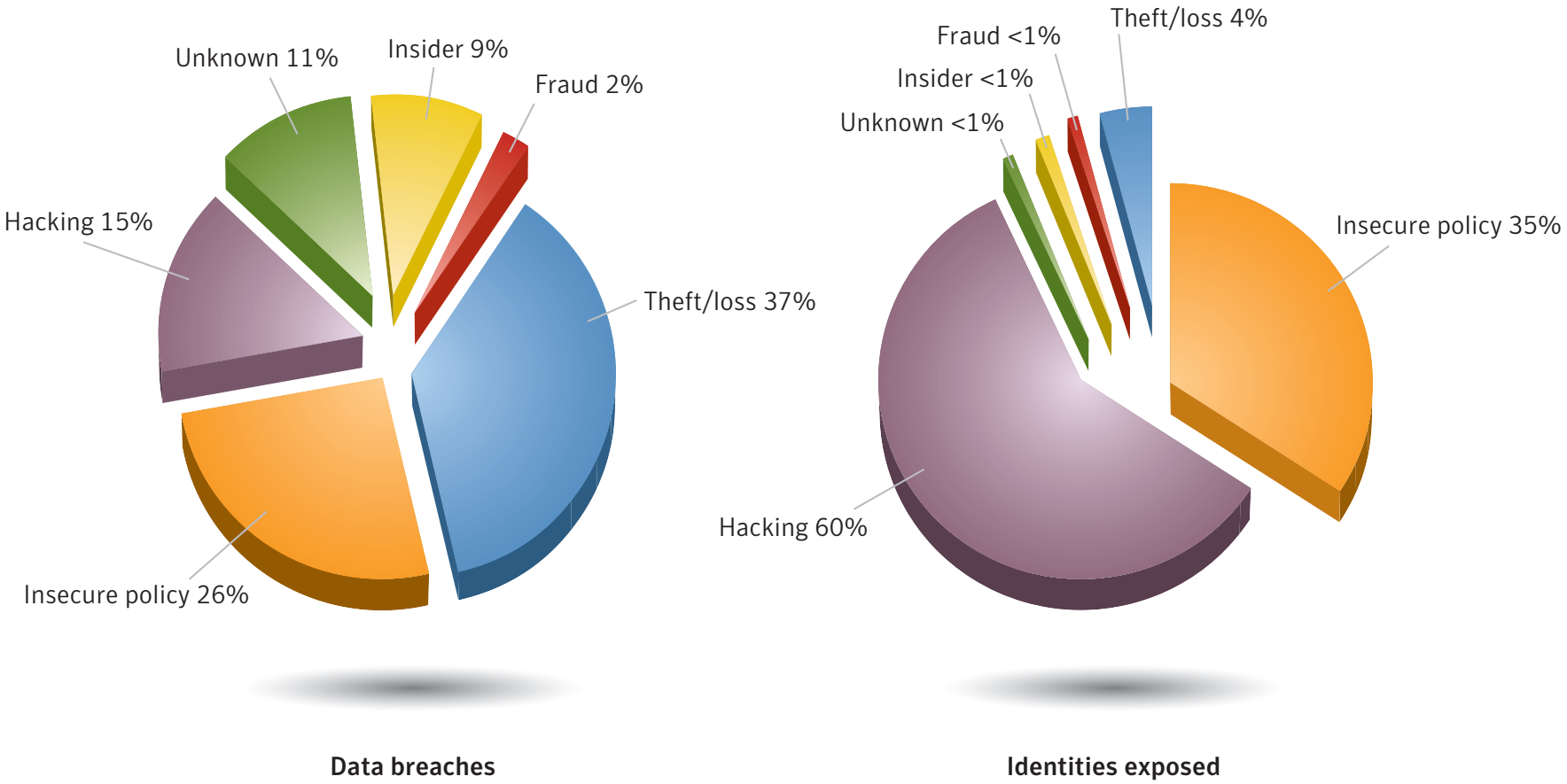


Figure 1. Data breaches that could lead to identity theft by cause and identities exposed[12]

Source: Based on data provided by OSF DataLoss DB

Symantec Internet Security Threat Report (Trends for 2009)

CoNe Freiburg

Sicherheit in Rechnernetzwerken

- Spielt eine Rolle in den Schichten
  - Bitübertragungsschicht
  - Sicherungsschicht
  - Vermittlungsschicht
  - Transportschicht
  - Anwendungsschicht
- Was ist eine Bedrohung (oder ein Angriff)?
- Welche Methoden gibt es?
  - Kryptographie
- Wie wehrt man Angriffe ab?
  - Beispiel: Firewalls

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Was ist eine Bedrohung?

- Definition:
  - Eine Bedrohung eines Rechnernetzwerks ist jedes mögliche Ereignis oder eine Folge von Aktionen, die zu einer Verletzung von Sicherheitszielen führen kann
  - Die Realisierung einer Bedrohung ist ein Angriff
- Beispiel:
  - Ein Hacker erhält Zugang zu einem geschlossenen Netzwerk
  - Veröffentlichung von durchlaufenden E-Mails
  - Fremder Zugriff zu einem Online-Bankkonto
  - Ein Hacker bringt ein System zum Absturz
  - Jemand agiert unautorisiert im Namen anderer (Identity Theft)

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Sicherheitsziele

- Vertraulichkeit:
  - Übertragene oder gespeicherte Daten können nur vom vorbestimmten Publikum gelesen oder geschrieben werden
  - Vertraulichkeit der Identität der Teilnehmer: Anonymität
- Datenintegrität
  - Veränderungen von Daten sollten entdeckt werden
  - Der Autor von Daten sollte erkennbar sein
- Verantwortlichkeit
  - Jedem Kommunikationsereignis muss ein Verursacher zugeordnet werden können
- Verfügbarkeit
  - Dienste sollten verfügbar sein und korrekt arbeiten
- Zugriffskontrolle
  - Dienste und Informationen sollten nur autorisierten Benutzern zugänglich sein

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Angriffe

- Maskierung (Masquerade)
  - Jemand gibt sich als ein anderer aus
- Abhören (Eavesdropping)
  - Jemand liest Informationen, die nicht für ihn bestimmt sind
- Zugriffsverletzung (Authorization Violation)
  - Jemand benutzt einen Dienst oder eine Resource, die nicht für ihn bestimmt ist
- Verlust oder Veränderung (übertragener) Information
  - Daten werden verändert oder zerstört
- Verleugnung der Kommunikation
  - Jemand behauptet (fälschlicherweise) nicht der Verursacher von Kommunikation zu sein
- Fälschen von Information
  - Jemand erzeugt (verändert) Nachrichten im Namen anderer
- Sabotage
  - Jede Aktion, die die Verfügbarkeit oder das korrekte Funktionieren der Dienste oder des Systems reduziert

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Bedrohungen und Sicherheitsziele

Sicherheits-ziele	Bedrohungen						
	Mas-kierung	Abhören	Zugriffs-ver-letzung	Verlust oder Verän-derung (über-tragener) information	Verleug-nung der Kommuni-kation	Fäl-schen von Infor-mation	Sabotage (z.B. Überlast)
Vertraulichkeit	x	x	x				
Datenintegrität	x		x	x		x	
Verantwort-lichkeit	x		x		x	x	
Verfügbarkeit	x		x	x			x
Zugriffs-kontrolle	x		x			x	

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Terminologie der Kommunikationssicherheit

- Sicherheitsdienst
  - Ein abstrakter Dienst, der eine Sicherheitseigenschaft zur erreichen sucht
  - Kann mit (oder ohne) Hilfe kryptografischer Algorithmen und Protokolle realisiert werden, z.B.
    - Verschlüsselung von Daten auf einer Festplatte
    - CD im Safe
- Kryptografischer Algorithmus
  - Mathematische Transformationen
  - werden in kryptografischen Protokollen verwendet
- Kryptografisches Protokoll
  - Folge von Schritten und auszutauschenden Nachrichten um ein Sicherheitsziel zu erreichen

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Sicherheitsdienste

- Authentisierung
  - Digitale Unterschift: Das Datum ist nachweislich vom Verursacher
- Integrität
  - Sichert ab, dass ein Datum nicht unbemerkt verändert wird
- Vertraulichkeit
  - Das Datum kann nur vom Empfänger verstanden werden
- Zugriffskontrolle
  - kontrolliert, dass nur Berechtigte Zugang zu Diensten und Information besitzen
- Unleugbarkeit
  - beweist, dass die Nachricht unleugbar vom Verursacher ist

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Kryptologie

- Kryptologie
  - Wissenschaft der geheimen Kommunikation
  - Von griechisch kryptós (versteckt) und lógos (Wort)
  - Kryptologie beinhaltet:
    - Kryptografie (gráphein = schreiben): die Lehre des Erzeugens von geheimer Kommunikation
    - Krypto-Analyse (analýein = lösen, entwirren): die Lehre des Entschüsselns geheimer Information

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Verschlüsselungs-methoden

- Symmetrische Verschlüsselungsverfahren, z.B.
  - Cäsars Code
  - Enigma
  - DES (Digital Encryption Standard)
  - AES (Advanced Encryption Standard)
- Kryptografische Hash-Funktion
  - SHA-1, SHA-2
  - MD5
- Asymmetrische Verschlüsselungsverfahren
  - RSA (Rivest, Shamir, Adleman)
  - El-Gamal
- Digitale Unterschriften (Elektronische Signatur)
  - PGP (Phil Zimmermann), RSA

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Symmetrische Verschlüsselungsverfahren

- z.B. Cäsars Code, DES, AES
- Es gibt Funktionen f und g, sodass
  - Verschlüsselung:
    - f(schlüssel,text) = code
  - Entschlüsselung:
    - g(schlüssel,code) = text
- Der Schlüssel
  - muss geheim bleiben
  - dem Sender und Empfänger zur Verfügung stehen

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Kryptografische Hash-Funktion

- z.B. SHA-1, SHA-2, MD5
- Ein kryptografische Hash-Funktion h bildet einen Text auf einen Code fester Länge ab, sodass
  - h(text) = code
  - es unmöglich ist einen anderen Text zu finden mit:
    - h(text‘) = h(text) und text ≠ text‘
- Mögliche Lösung:
  - Verwendung einer symmetrischen Kryptografie-Methode

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Asymmetrische Verschlüsselungsverfahren

- z.B. RSA, Ronald Rivest, Adi Shamir, Lenard Adleman, 1977
  - Diffie-Hellman, PGP
- Geheimer Schlüssel *privat*
  - kennt nur der Empfänger der Nachricht
- Öffentlichen Schlüssel *offen*
  - Ist allen Teilnehmern bekannt
  - Wird erzeugt durch Funktion
    - keygen(*privat*) = *offen*
- Verschlüsselungsfunktion f und Entschlüsselungsfunktion g
  - sind auch allen bekannt
- Verschlüsselung
  - f(*offen*,*text*) = *code*
  - kann jeder berechnen
- Entschlüsselung
  - g(*privat*,*code*) = *text*
  - nur vom Empfänger

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Beispiel: RSA

- Verfahren beruht auf der Schwierigkeit der Primfaktorzerlegung
- 1. Beispiel: 15 = ? * ?
  - 15 = 3 * 5
- 2. Beispiel:
- 3865818645841127319129567277348359557444790410289933586483552047443 =
  - 123456789012345678901234567890020 9 * 313131313131313131313131313131300227
- Bis heute ist kein effizientes Verfahren zur Primfaktorzerlegung bekannt
  - Aber das Produkt von Primzahlen kann effizent bestimmt werden
  - Primzahlen können ebenfalls effizient bestimmt werden
  - Primzahlen kommen sehr häufig vor

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

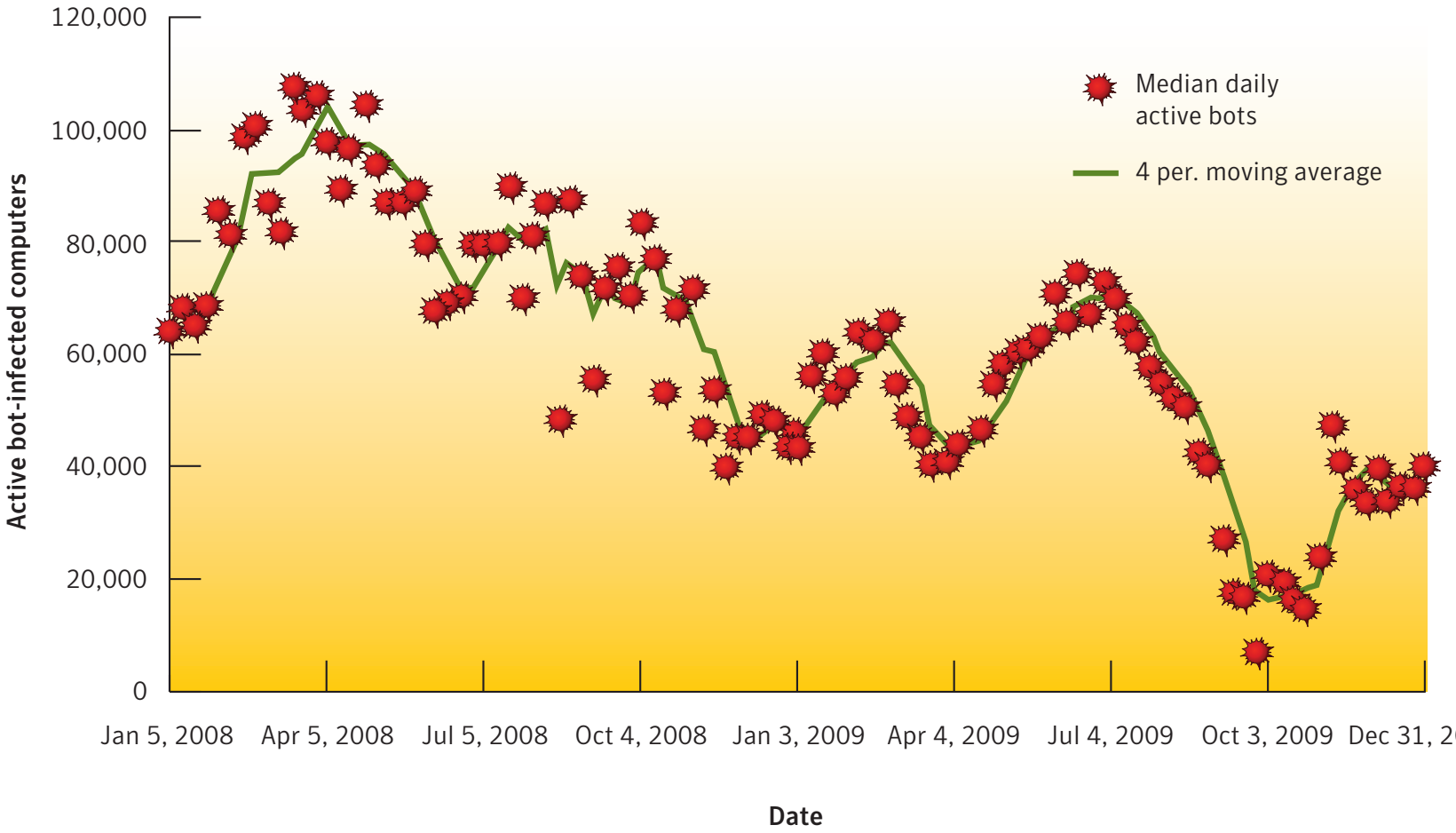
Elektronische Unterschriften

- auch bekannt als digitale Signaturen
  - Unterzeichner besitzt einen geheimen Schlüssel
  - Dokument wird mit geheimen Schlüssel unterschrieben
  - und kann mit einem öffentlichen Schlüssel verifiziert werden
  - Öffentlicher Schlüssel ist allen bekannt
- Beispiel eines Signaturschemas
  - m: Nachricht
  - Unterzeichner
    - berechnet h(text) mit kryptographischer Hashfunktion
    - und veröffentlicht m und
      signatur = g(*privat*, h(*text*)), für die Entschülsselungsfunktion g
  - Kontrolleur
    - berechnet h(text)
    - und überprüft f(*offen*, *signatur*) = h(*text*) , für die asymmetrische Verschlüsselungsfunktion g

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Motivation
Symantec Internet Security Threat Report (Trends for 2009)



CoNe Freiburg

Motivation
Symantec Internet Security Threat Report (Trends for 2009)

Overall Rank 2009	2008	Country	Percentage 2009	2008	2009 Activity Rank Malicious Code	Spam Zombies	Phishing Hosts	Bots	Attack Origin
1	1	United States	19%	23%	1	6	1	1	1
2	2	China	8%	9%	3	8	6	2	2
3	5	Brazil	6%	4%	5	1	12	3	6
4	3	Germany	5%	6%	21	7	2	5	3
5	11	India	4%	3%	2	3	21	20	18
6	4	United Kingdom	3%	5%	4	19	7	14	4
7	12	Russia	3%	2%	12	2	5	19	10
8	10	Poland	3%	3%	23	4	8	8	17
9	7	Italy	3%	3%	16	9	18	6	8
10	6	Spain	3%	4%	14	11	11	7	9

Table 6. Malicious activity by country
Source: Symantec

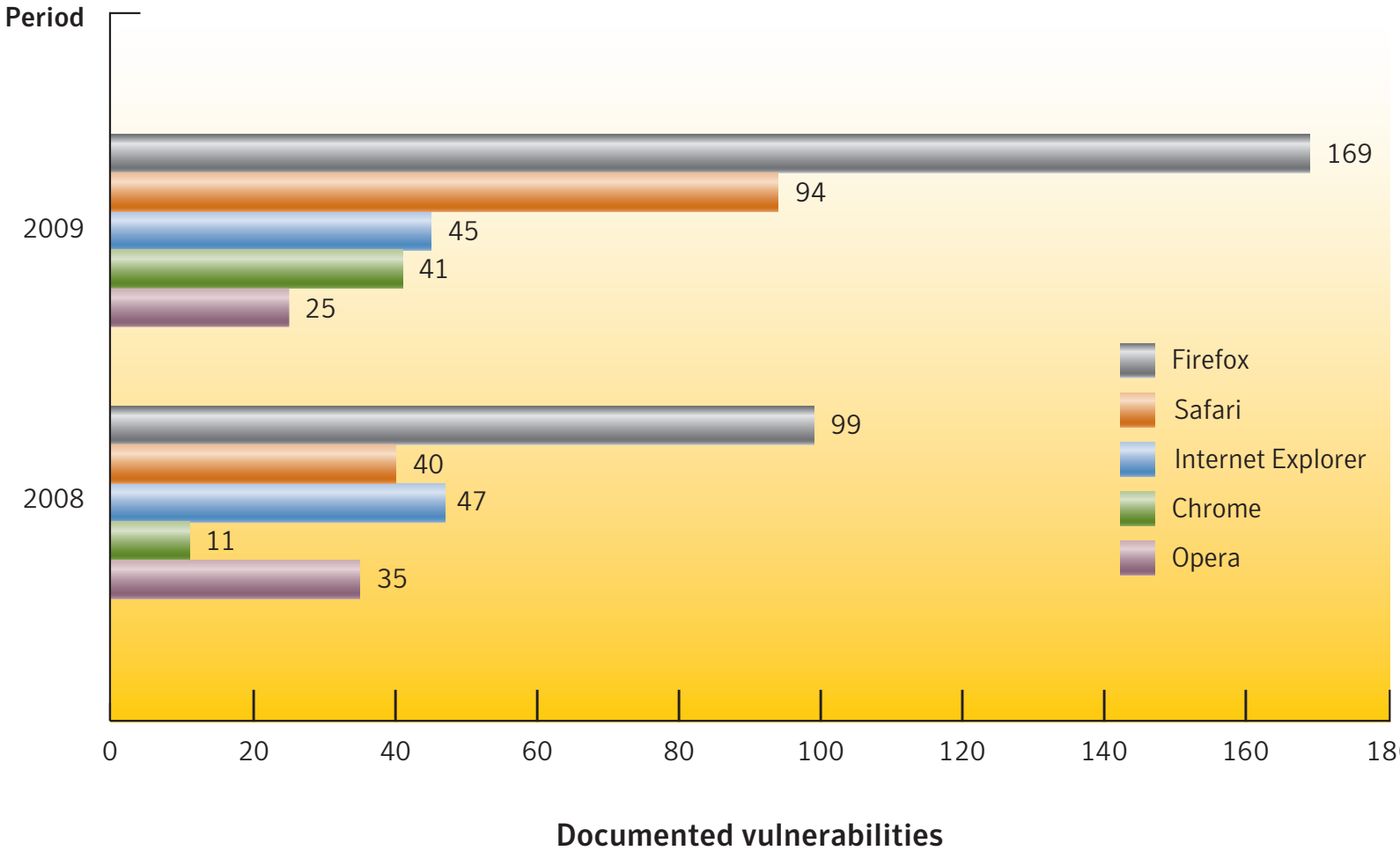
Rank	Country	Percentage
1	United States	34%
2	China	7%
3	Brazil	4%
4	United Kingdom	4%
5	Russia	4%
6	Germany	4%
7	India	3%
8	Italy	2%
9	Netherlands	2%
10	France	2%

Table 8. Top countries of origin for Web-based attacks
Source: Symantec

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Motivation
Symantec Internet Security Threat Report (Trends for 2009)



UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Motivation
Symantec Internet Security Threat Report (Trends for 2009)

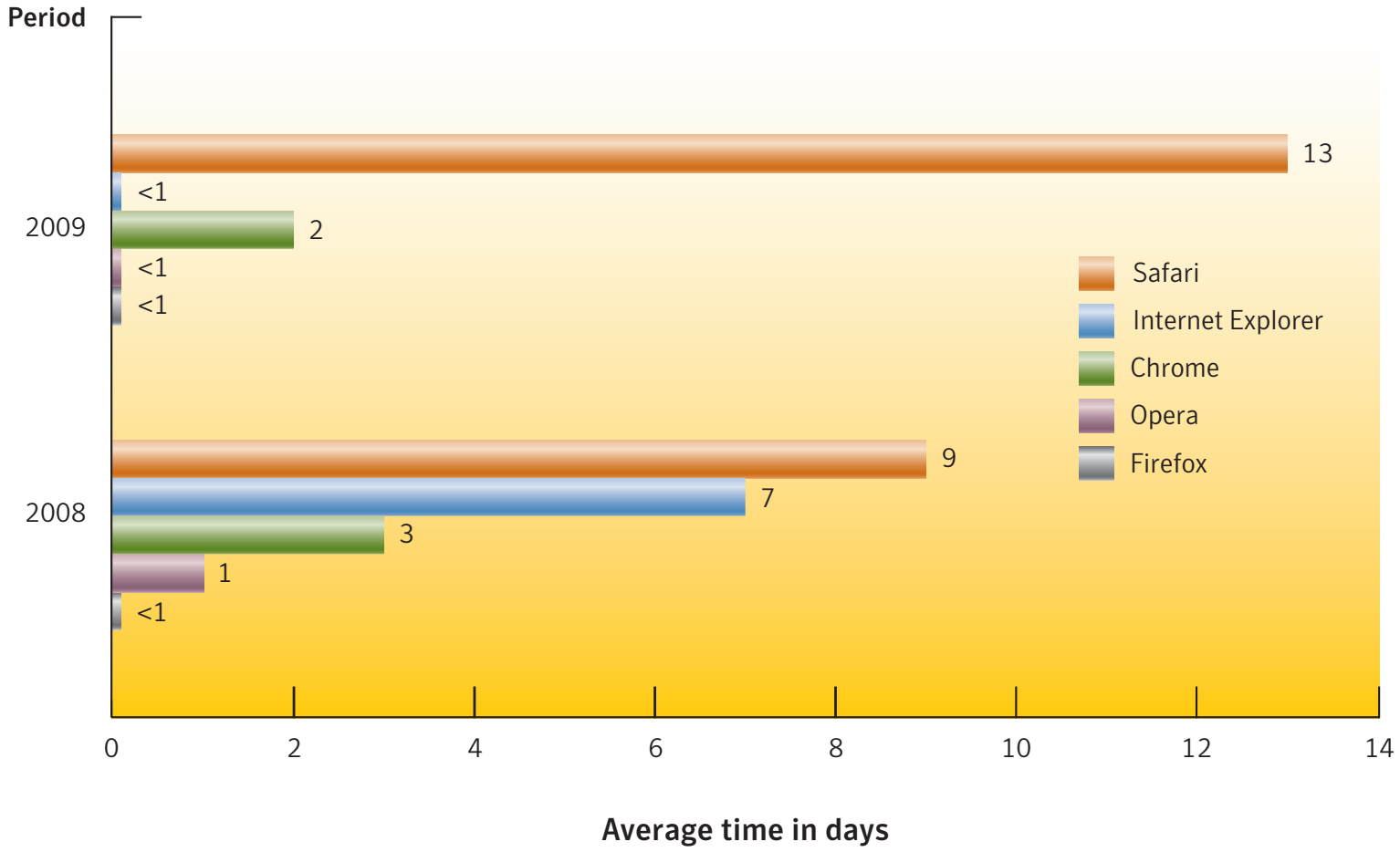


Figure 8. Window of exposure for Web browsers

Source: Symantec

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Motivation
Symantec Internet Security Threat Report 2010

Overall Rank 2009	2008	Attack	Percentage 2009	2008
1	2	PDF Suspicious File Download	49%	11%
2	1	Microsoft Internet Explorer ADODB.Stream Object File Installation Weakness	18%	30%
3	N/A	Microsoft Internet Explorer 7 Uninitialized Memory Code Execution	6%	N/A
4	6	Microsoft Internet Explorer MS Snapshot ActiveX File Download	4%	5%
5	4	Adobe SWF Remote Code Executable	3%	7%
6	14	Microsoft Internet Explorer Malformed XML Buffer Overflow	3%	1%
7	5	Microsoft Internet Explorer DHTML CreateControlRange Code Executable	3%	6%
8	20	Microsoft Internet Explorer WPAD Spoofing	3%	1%
9	N/A	Microsoft MPEG2TuneRequestControl ActiveX Buffer Overflow	2%	N/A
10	N/A	Microsoft MPEG2TuneRequestControl ActiveX Instantiation	1%	N/A

Table 7. Top Web-based attacks
Source: Symantec

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Firewalls

- Typen von Firewalls
  - Host-Firewall
  - Netzwerk-Firewall
- Netzwerk-Firewall
  - unterscheidet
    - Externes Netz
      (Internet - feindselig)
    - Internes Netz
      (LAN - vertrauenswürdig)
    - Demilitarisierte Zone
      (vom externen Netz erreichbare Server)
- Host-Firewall
  - z.B. Personal Firewall
  - kontrolliert den gesamten Datenverkehr eines Rechners
  - Schutz vor Attacken von außerhalb und von innen (Trojanern)

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Firewalls - Methoden

- Paketfilter
  - Sperren von Ports oder IP-Adressen
  - Content-Filter
  - Filtern von SPAM-Mails, Viren, ActiveX oder JavaScript aus HTML-Seiten
- Proxy
  - Transparente (extern sichtbare) Hosts
  - Kanalisierung der Kommunikation und möglicher Attacken auf gesicherte Rechner
- NAT, PAT
  - Network Address Translation
  - Port Address Translation
- Bastion Host
- Proxy

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Firewalls: Begriffe

- (Network) Firewall
  - beschränkt den Zugriff auf ein geschütztes Netzwerk aus dem Internet
- Paket-Filter
  - wählen Pakete aus dem Datenfluss in oder aus dem Netzwerk aus
  - Zweck des Eingangsfilter:
    - z.B. Verletzung der Zugriffskontrolle
  - Zweck des Ausgangsfilter:
    - z.B. Trojaner
- Bastion Host
  - ist ein Rechner an der Peripherie, der besonderen Gefahren ausgesetzt ist
  - und daher besonders geschützt ist
- Dual-homed host
  - Normaler Rechner mit zwei Interfaces (verbindet zwei Netzwerke)

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Firewalls: Begriffe

- Proxy (Stellvertreter)
  - Spezieller Rechner, über den Anfragen umgeleitet werden
  - Anfragen und Antworten werden über den Proxy geleitet
  - Vorteil
    - Nur dort müssen Abwehrmaßnahmen getroffen werden
- Perimeter Network:
  - Ein Teilnetzwerk, das zwischen gesicherter und ungesichter Zone eine zusätzliche Schutzschicht bietet
  - Synonym demilitarisierte Zone (DMZ)

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

NAT und PAT

- NAT (Network Address Translation)
- Basic NAT (Static NAT)
  - Jede interne IP wird durch eine externe IP ersetzt
- Hiding NAT = PAT (Port Address Translation) = NAPT (Network Address Port Translation)
  - Das Socket-Paar (IP-Addresse und Port-Nummer) wird umkodiert

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

NAT und PAT

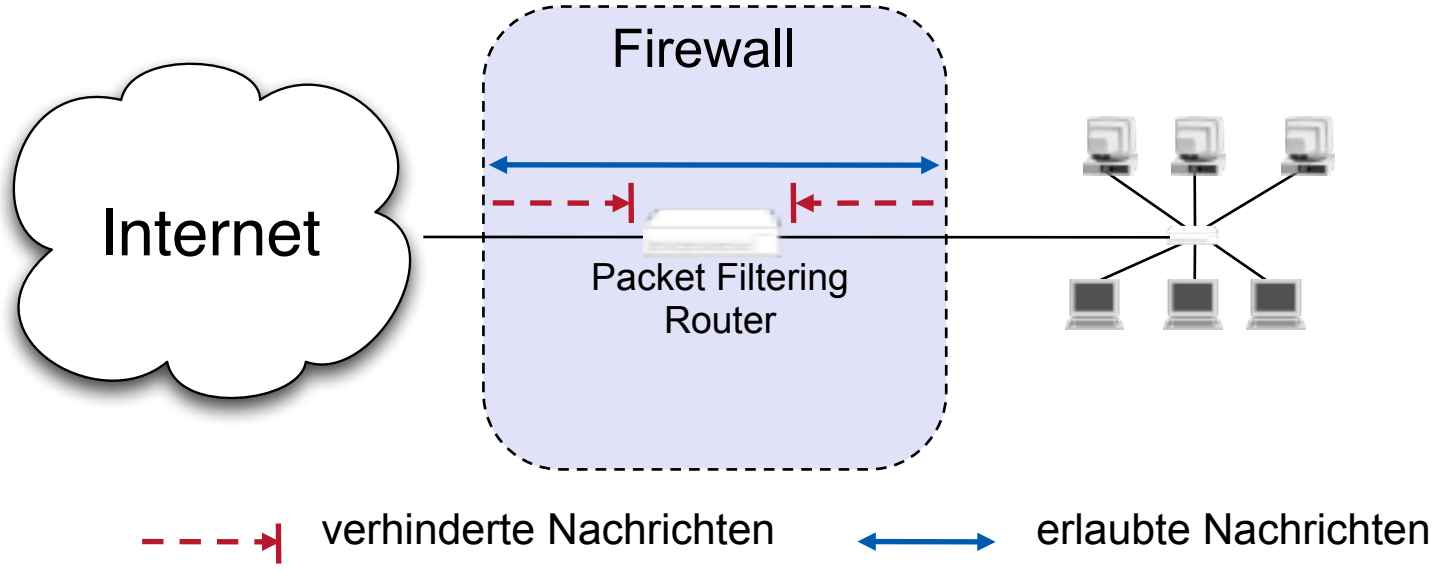
- Verfahren
  - Die verschiedenen lokalen Rechner werden in den Ports kodiert
  - Diese werden im Router an der Verbindung zum WAN dann geeignet kodiert
  - Bei ausgehenden Paketen wird die LAN-IP-Adresse und ein kodierter Port als Quelle angegeben
  - Bei eingehenden Paketen (mit der LAN-IP-Adresse als Ziel), kann dann aus dem kodierten Port der lokale Rechner und der passende Port aus einer Tabelle zurückgerechnet werden
- Sicherheitsvorteile
  - Rechner im lokalen Netzwerk können nicht direkt angesprochen werden
  - Löst auch das Problem knapper IPv4-Adressen
  - Lokale Rechner können nicht als Server dienen
- DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)
  - bringt ähnliche Vorteile

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Firewall-Architektur Einfacher Paketfilter

- Realisiert durch
  - Eine Standard-Workstation (e.g. Linux PC) mit zwei Netzwerk-Interfaces und Filter-Software oder
  - Spezielles Router-Gerät mit Filterfähigkeiten

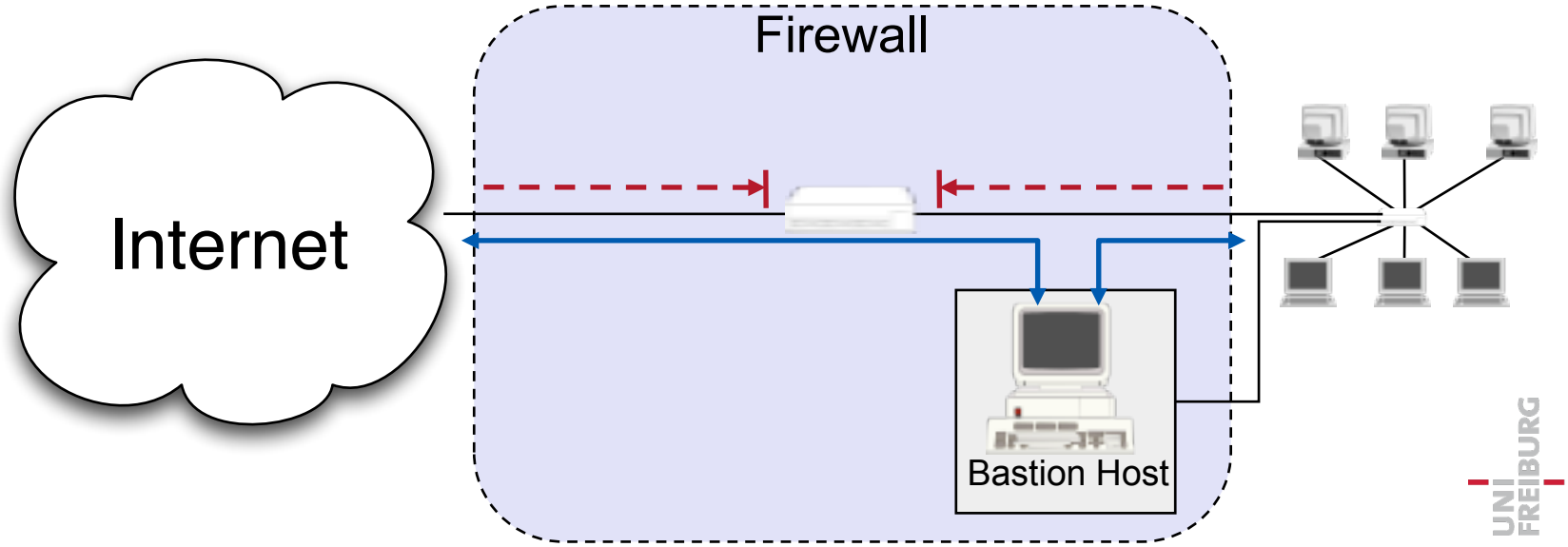


UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Firewall-Architektur Screened Host

- Screened Host
- Der Paketfilter
  - erlaubt nur Verkehr zwischen Internet und dem Bastion Host und
  - Bastion Host und geschützten Netzwerk
- Der Screened Host bietet sich als Proxy an
  - Der Proxy Host hat die Fähigkeiten selbst Angriffe abzuwehren

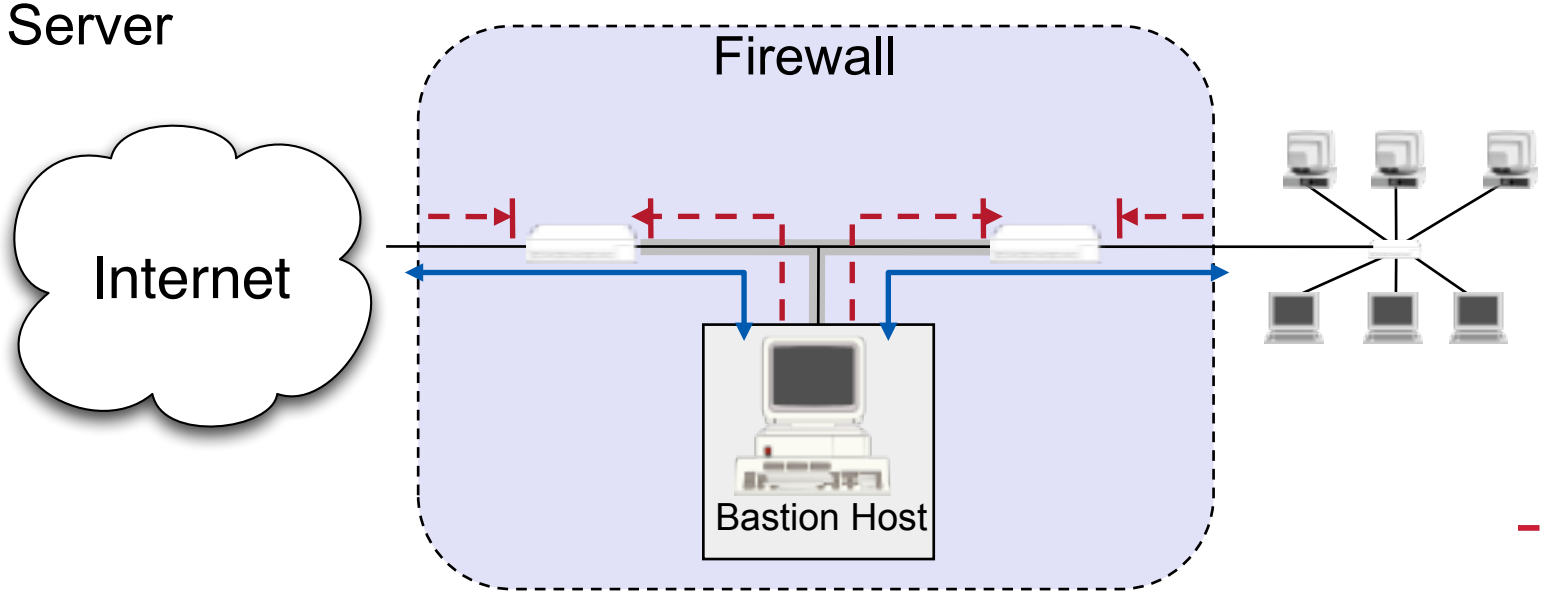


UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Firewall-Architektur Screened Subnet

- Perimeter network zwischen Paketfiltern
- Der innere Paketfilter schützt das innere Netzwerk, falls das Perimeter-Network in Schwierigkeiten kommt
  - Ein gehackter Bastion Host kann so das Netzwerk nicht ausspionieren
- Perimeter Netzwerke sind besonders geeignet für die Bereitstellung öffentlicher Dienste, z.B. FTP, oder WWW-Server



UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Firewall und Paketfilter

- Fähigkeiten von Paketfilter
  - Erkennung von Typ möglich (Demultiplexing-Information)
- Verkehrskontrolle durch
  - Source IP Address
  - Destination IP Address
  - Transport protocol
  - Source/destination application port
- Grenzen von Paketfiltern (und Firewalls)
  - Tunnel-Algorithmen sind aber mitunter nicht erkennbar
  - Möglich ist aber auch Eindringen über andere Verbindungen
    - z.B. Laptops, UMTS, GSM, Memory Sticks

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

IIF INSTITUT FÜR INFORMATIK FREIBURG

Systeme II

11. Woche DNS, E-Mail und Sicherheit

Christian Schindelhauer

Technische Fakultät

Rechnernetze und Telematik

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

UNI FREIBURG