Karlsruher Institut für Technologie

Datenschutz und Privatheit in vernetzten Informationssystemen

Kapitel 6: Datenschutz im Internet - Protokollebene

Erik Buchmann (buchmann@kit.edu)

IPD, Systeme der Informationsverwaltung, Nachwuchsgruppe „Privacy Awareness in Information Systems“

Inhalte und Lernziele dieses Kapitels

- Einführung
- Datenschutzverfahren auf Protokollebene
  - Mixe nach Chaum
  - JonDo (vormals JAP)
  - TOR
  - Freenet
- Abschluss

- Lernziele
  - Sie können zwischen den Gefahren für den Datenschutz differenzieren, die sich durch die IP-Adresse beim Datenabruf und bei der Datenbereitstellung ergeben.
  - Ihnen ist das Konzept der Mixe im Detail vertraut.
  - Sie können dafür gebräuchliche Schutzverfahren sowie deren Vor- und Nachteile diskutieren.

Karlsruher Institut für Technologie

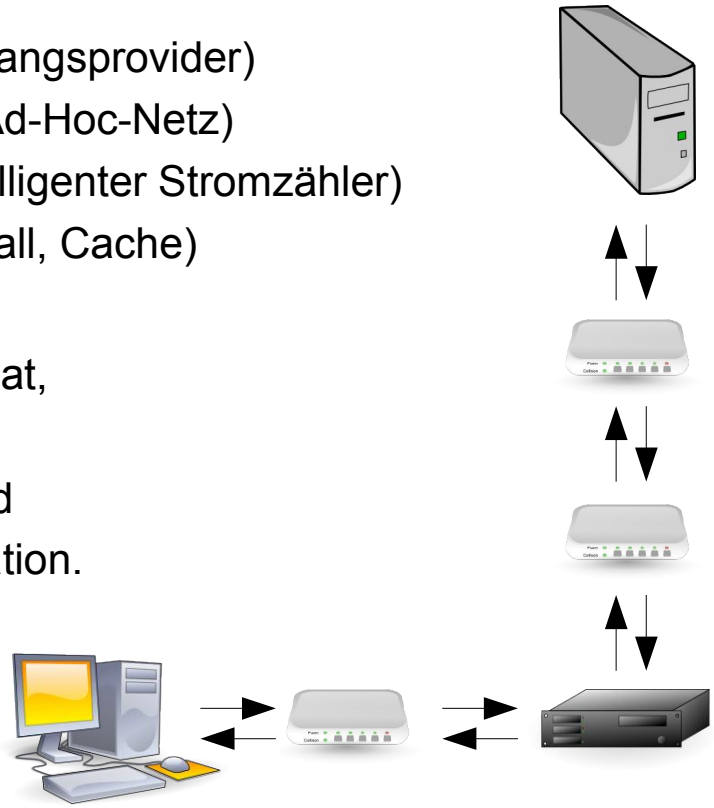
Einfachste Anonymisierungsverfahren für die IP-Adresse

IPD, Systeme der Informationsverwaltung, Nachwuchsgruppe „Privacy Awareness in Information Systems“

Datenschutzproblem IP-Adresse

- Viele verteilte Systeme kommunizieren über das Internet-Protokoll
  - Ethernet, WLAN-Protokolle, Powerline, diverse Funktechnologien

- Im verteilten System kann jeder
  - Einstiegspunkt (Basisstation, Internet-Zugangsprovider)
  - Weiterleiter (Router, Zwischenknoten im Ad-Hoc-Netz)
  - Endpunkt (Webserver, Sensorknoten, intelligenter Stromzähler)
  - zwischengeschaltete Dienst (Proxy, Firewall, Cache)
  - ermitteln,
    - dass eine Kommunikation stattgefunden hat,
    - wer die Kommunikationspartner waren,
    - welcher Art diese Kommunikation war, und
    - den Inhalt (unverschlüsselter) Kommunikation.



Angreifer

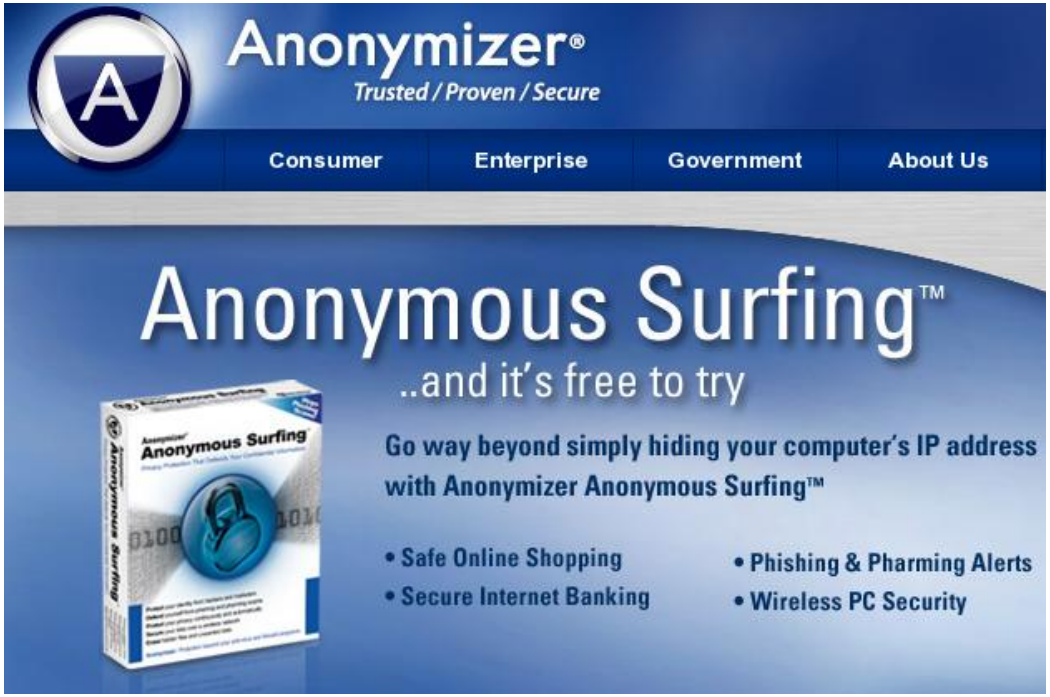
- **schwache Angreifer**
  - betreibt Webserver, Router, oder Analysedienst (vgl. Web-Bugs)
  - kann Informationen von wenigen ausgewählten Rechnern zusammenführen
- **starker Angreifer**
  - z.B. Geheimdienst mit starken Ressourcen, Betreiber eines Internet-Backbones
  - kann sehr große Teile der Internet-Kommunikation belauschen

Unterschiedliche Angreifermodelle

- Senderanonymität
  - Absender einer Nachricht kennt Empfänger,
    Empfänger erfährt nicht die Identität des Senders
- Empfängeranonymität
  - Absender einer Nachricht kennt den Empfänger nicht,
    Nachricht wird über einen anonymen Briefkasten weitergeleitet
- Abstreitbarkeit, vollständig anonymer Datenaustausch
  - Speicherort von Daten ebenfalls unbekannt,
    d.h. kein anonymer Briefkasten mehr vorhanden, über den sich Kommunikationsvorgänge erkennen ließen
  - Nachrichten werden über kryptographische Hash-Signaturen adressiert

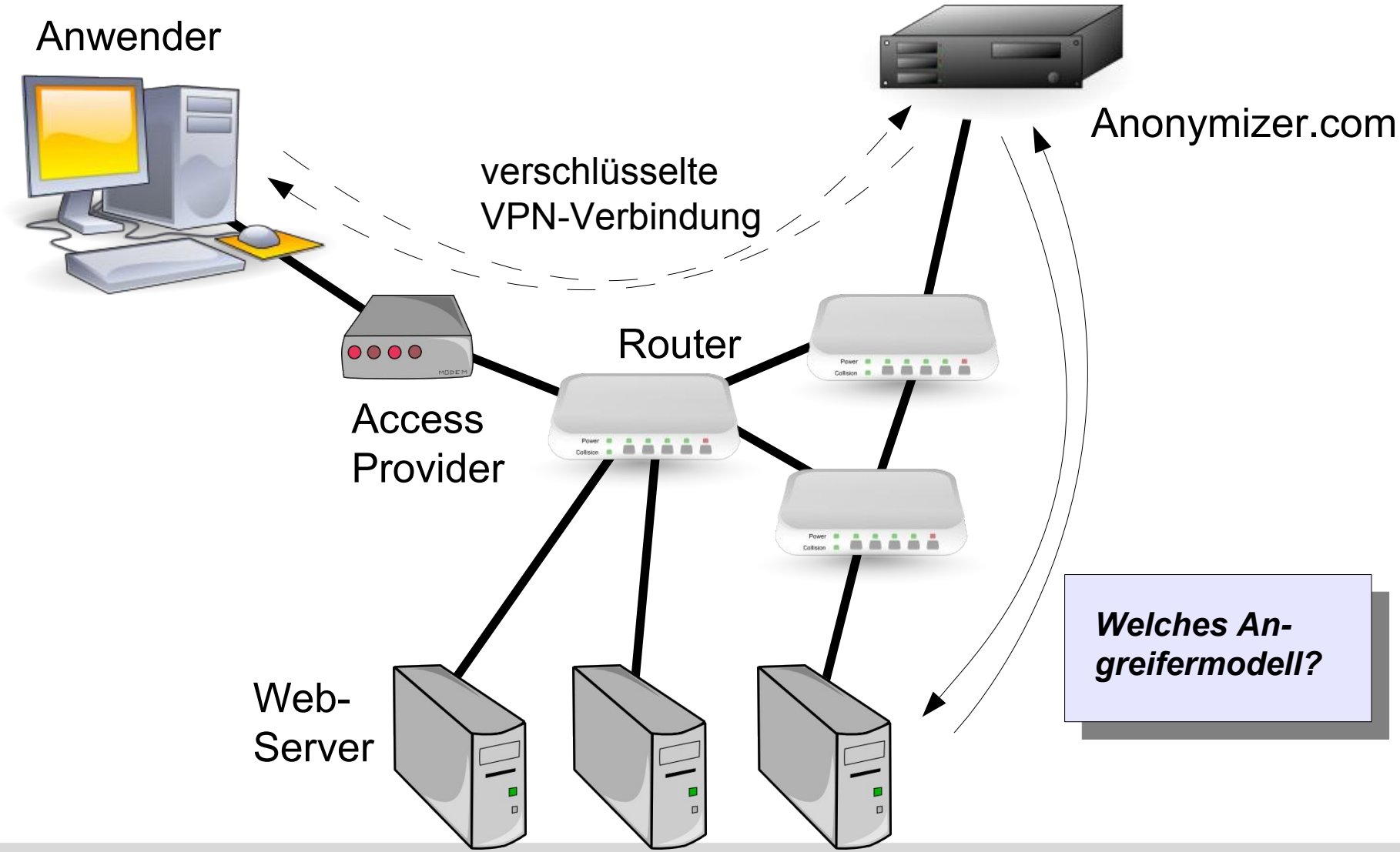
Anonymität bei schwachen Angreifern

- VPN über Trusted third Party, z.B. http://www.anonymizer.com
  - leitet eingehende Verbindungen unter der eigenen IP-Adresse weiter
  - löscht Cookies, identifizierende Attribute, Referer etc.



Weitere: iPredator, Relakks, PRQ, Ivacy, Linkideo Perfect Privacy, Surfonym, SwissVPN, Cinipac, FlashVPN, TorrentPrivacy, TrilightZone, StrongVPN, VPNUK, HotSpotShield...

Anonymizer.com



Privoxy

- Privacy-Proxy zum selber-aufsetzen
  - d.h., benötigt einen Rechner, um darauf die Software zu installieren
- Leistet dasselbe wie Anonymizer.com
  - Cookie-Management
  - säubern von HTTP-Headern (Referer, Browser-Informationen, etc.)
  - Filter zum entfernen von Web-Bugs, Scripten
- Open Source, http://www.privoxy.org/

Anonymität bei starken Angreifern

- Es werden gebraucht:
  - starke **Public-Key-Verschlüsselung**
  - möglichst **viele unabhängige Rechner**, welche Nachrichten für den Nutzer weiterleiten
- Idee: Mix-Kaskaden
  - Nutzer verbinden sich nicht direkt mit dem Server, sondern über mehrere Zwischenstationen
  - Kommunikation zwischen zwei Stationen erfolgt verschlüsselt
  - Anfragen eines Nutzers werden zwischen denen anderer Nutzer versteckt
- Implementierungen: JonDo, TOR, Freenet
  - Sender-, Empfängeranonymität sowie Abstreitbarkeit möglich

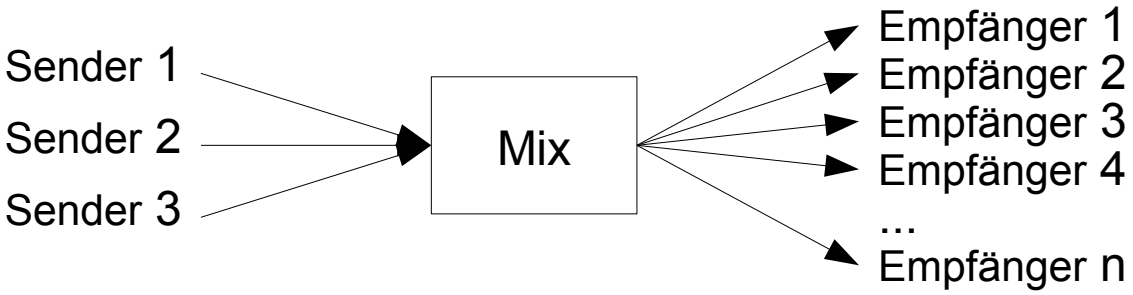
Karlsruher Institut für Technologie

Mixe und Mix-Kaskaden

IPD, Systeme der Informationsverwaltung, Nachwuchsgruppe „Privacy Awareness in Information Systems“

Mixe

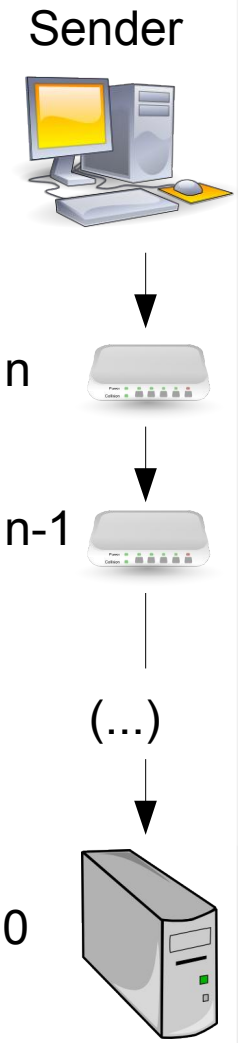
- D. Chaum: *Untraceable Electronic Mail*, Comm. ACM'81
- Mix vermittelt zwischen vielen Sendern und Empfängern



- Jede eingehende Nachricht
  1. entschlüsseln (*Public-Key-Kryptografie*)
  2. kryptografisch transformieren (*Eingabe-Nachricht ≠ Ausgabenachricht*)
  3. Umsortieren, in zufälliger Reihenfolge (*nicht Eingangsreihenfolge!*)
  4. weiterleiten zum Ziel (oder weiterem Mix)

Verschlüsselung in Mix-Kaskaden

- Symbole
  - K öffentlicher Schüssel
  - R Zufallszeichenfolge
  - A Adresse der nächsten Station
- Arbeitsweise eines Mix
  - Mix n erhält
    $K_n(R_n, K_{n-1}(R_{n-1}, K_{n-2}(R_{n-2} \ldots Msg, A_0 \ldots A_{n-2}), A_{n-1}), A_n)$
  - mit K_n verschlüsselte Nachricht auspacken,
    R_n löschen, Adresse A_n lesen
  - sendet $K_{n-1}(R_{n-1}, K_{n-2}(R_{n-2} \ldots Msg, A_0 \ldots A_{n-2}), A_{n-1})$ an A_n
  - Letzter Mix sendet Msg unverschlüsselt an Adressaten A_0
    (kann natürlich auch verschlüsselt erfolgen)



Entschlüsselung in Mix-Kaskaden

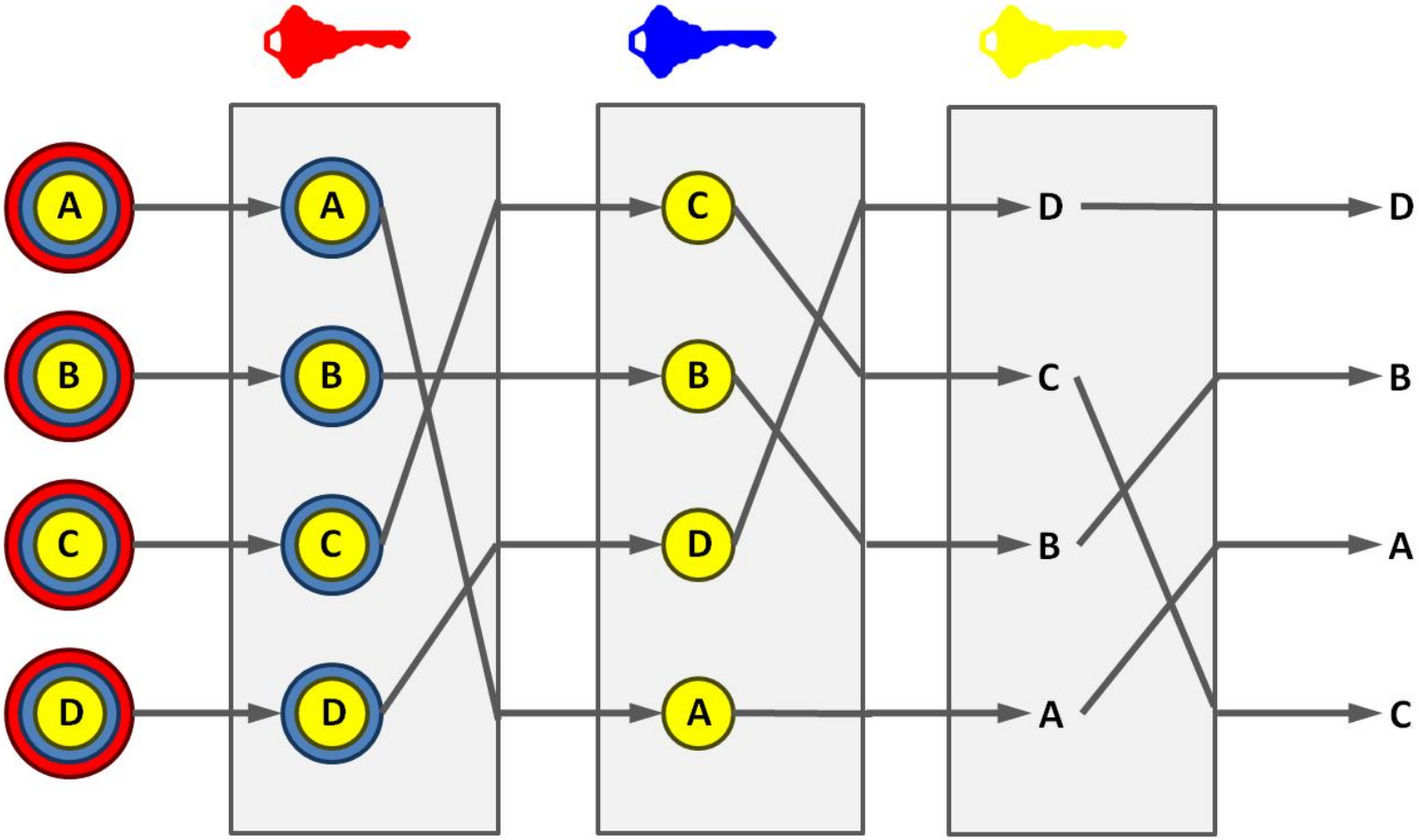
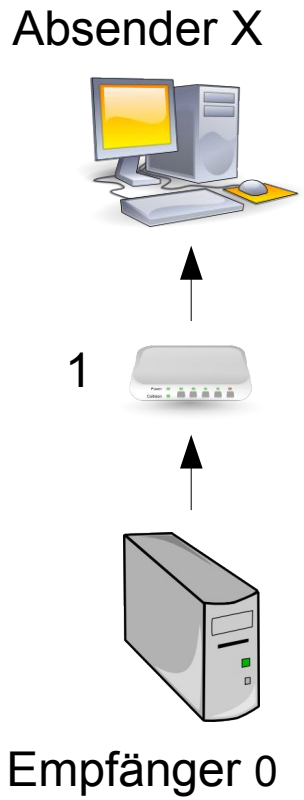


Bild: Wikimedia CC

Was ist mit der Antwort?

- Empfänger soll nicht den Absender feststellen, muss aber trotzdem antworten können

- Prinzip: Adresse für Antwort verschlüsselt mitsenden, R dient jeweils als Schlüssel für die Antwort
  - Absender X, Einmalschlüssel K_X, Empfänger 0
  - Antwortadresse $K_1(R_1, A_X)$, K_X wird zusammen mit ursprünglicher Msg mitgesendet
    - Mix 0 kann Adresse A_X nicht entschlüsseln, sondern nur der letzte Mix in der Kaskade
  - Mix 1 erhält von Mix 0 Antwort $K_1(R_1, A_X)$, $K_X(R_0, Msg)$ und sendet $R_1(K_X(R_0, Msg))$ an A_X
  - Verfahren lässt sich ebenfalls kaskadieren



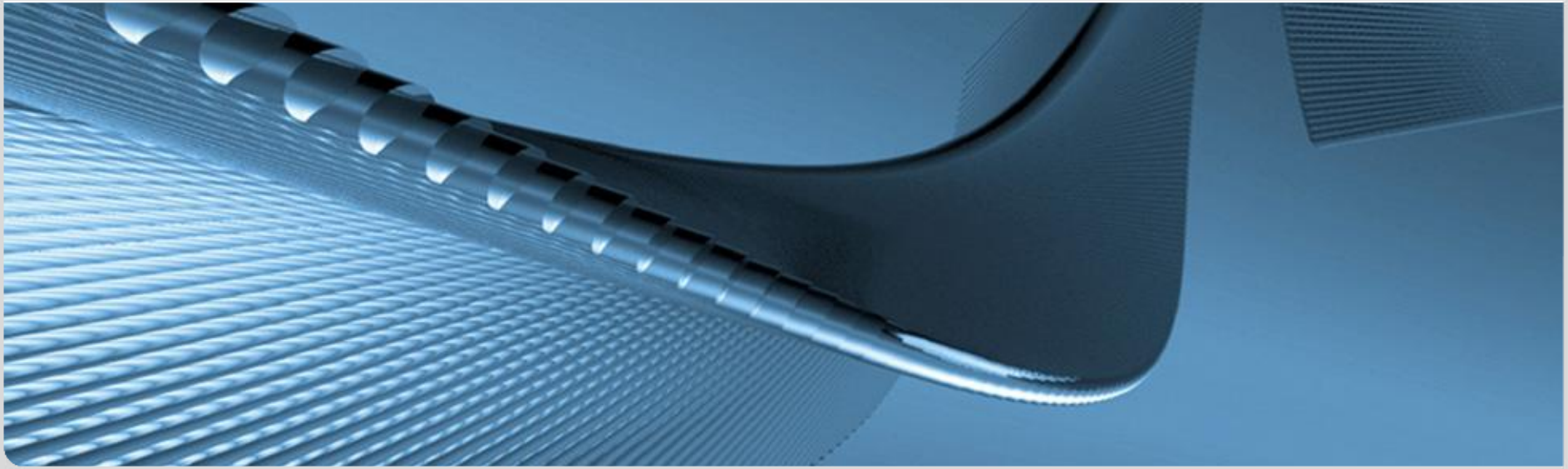
Eigenschaften der Mixe nach Chaum

- Senderanonymität
  - Absender muss Empfänger kennen
- Nur öffentliche Informationen werden übertragen
  - Absender muss kennen:
    - Empfänger
    - öffentliche Schlüssel $K_0 ... K_n$ aller Mixe
  - Jeder Mix m kennt
    - eigenen privaten Schlüssel K^{-1}_m
- Aber: einige *praktische* Probleme
  - Public-Key-Verschlüsselung ist *langsam*
  - statistische Angriffe über die Zahl der ein- und ausgehenden Pakete je Mix
  - Replay-Angriffe (Wiedereinspielen von gültigen Paketen)

Karlsruher Institut für Technologie

Verbergen der IP-Adresse mit JonDo

IPD, Systeme der Informationsverwaltung, Nachwuchsgruppe „Privacy Awareness in Information Systems“



JonDo (JAP Anon Proxy)

- Entwickelt als Java Anon Proxy seit 2000 vom AN.ON-Projekt
  - Uni Regensburg, TU Dresden, gefördert mit Mitteln der DFG und vom BMBF, seit 2006 keine Finanzierung mehr
- Weiterentwicklung unter dem Namen JonDo
  - http://www.anonym-surfen.de/

- Ziele:
  - **Senderanonymität** beim Abruf von Webseiten
  - **Geschlossenes Verfahren,** Sicherheit durch Zertifizierungsinstanz
  - Dienstgüte; sowohl bzgl. Netzparametern (Durchsatz, Latenzzeit etc.) als auch Sicherheit (Anonymität)

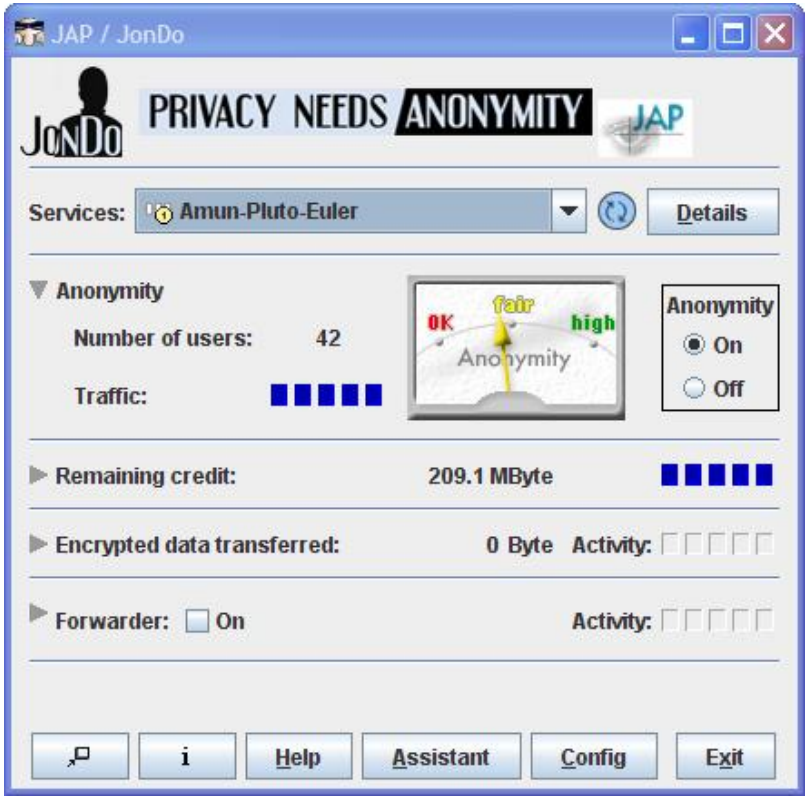
JonDo

- Im Gegensatz zu Chaum **feste Kanäle** mit **symmetrischer Verschlüsselung**
  → Problem mit der Rücksendeadresse entfällt,
  symm. Verschlüsselung ist effizienter als Public-Key

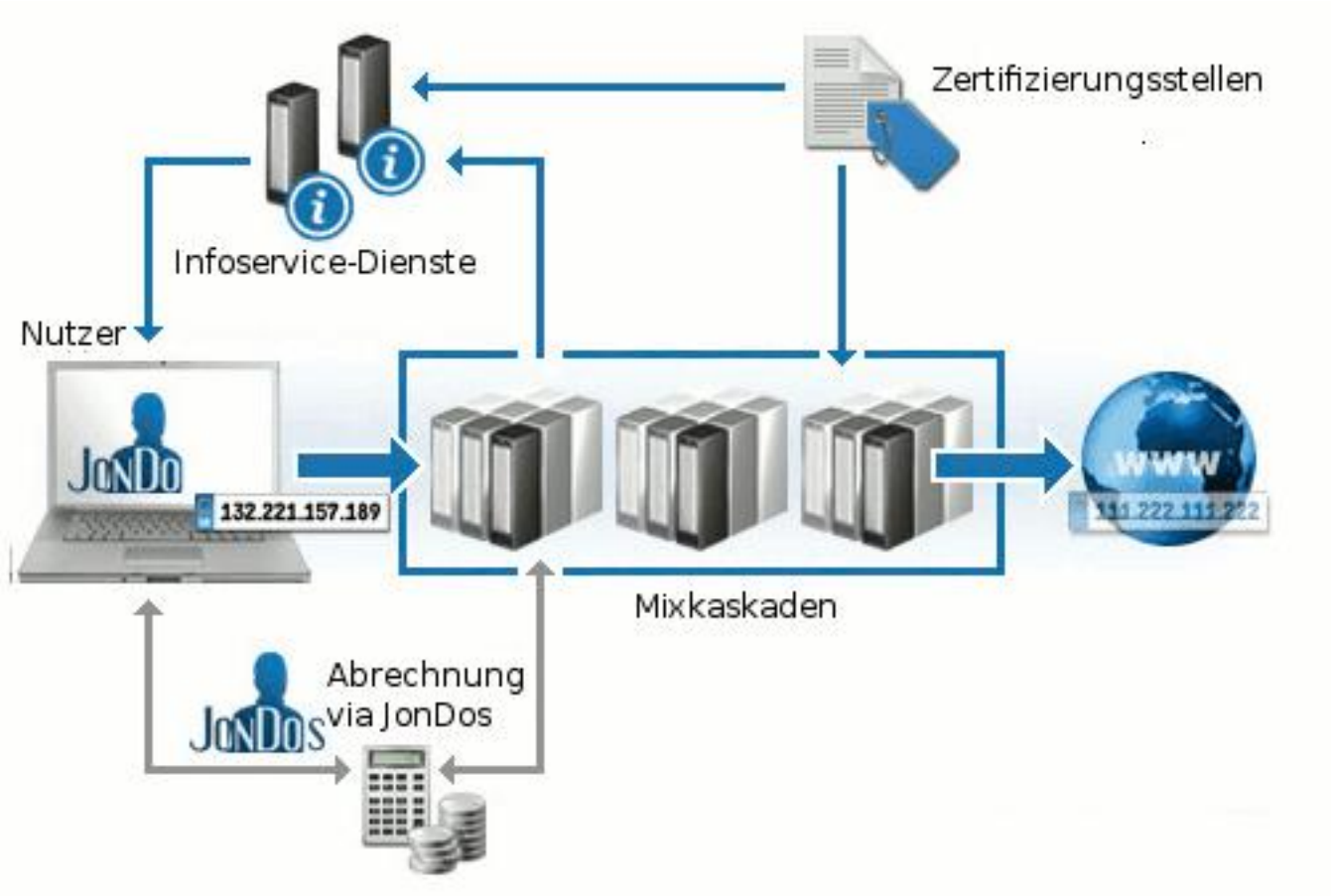
- grafische Client-Komponente
  - Proxy im Webbrowser

- Info-Service
  informiert über Schlüssel
  und aktive Mixe

- kostenpflichtige Premium-Mixe



Architektur von JonDo



Quelle: JonDos GmbH

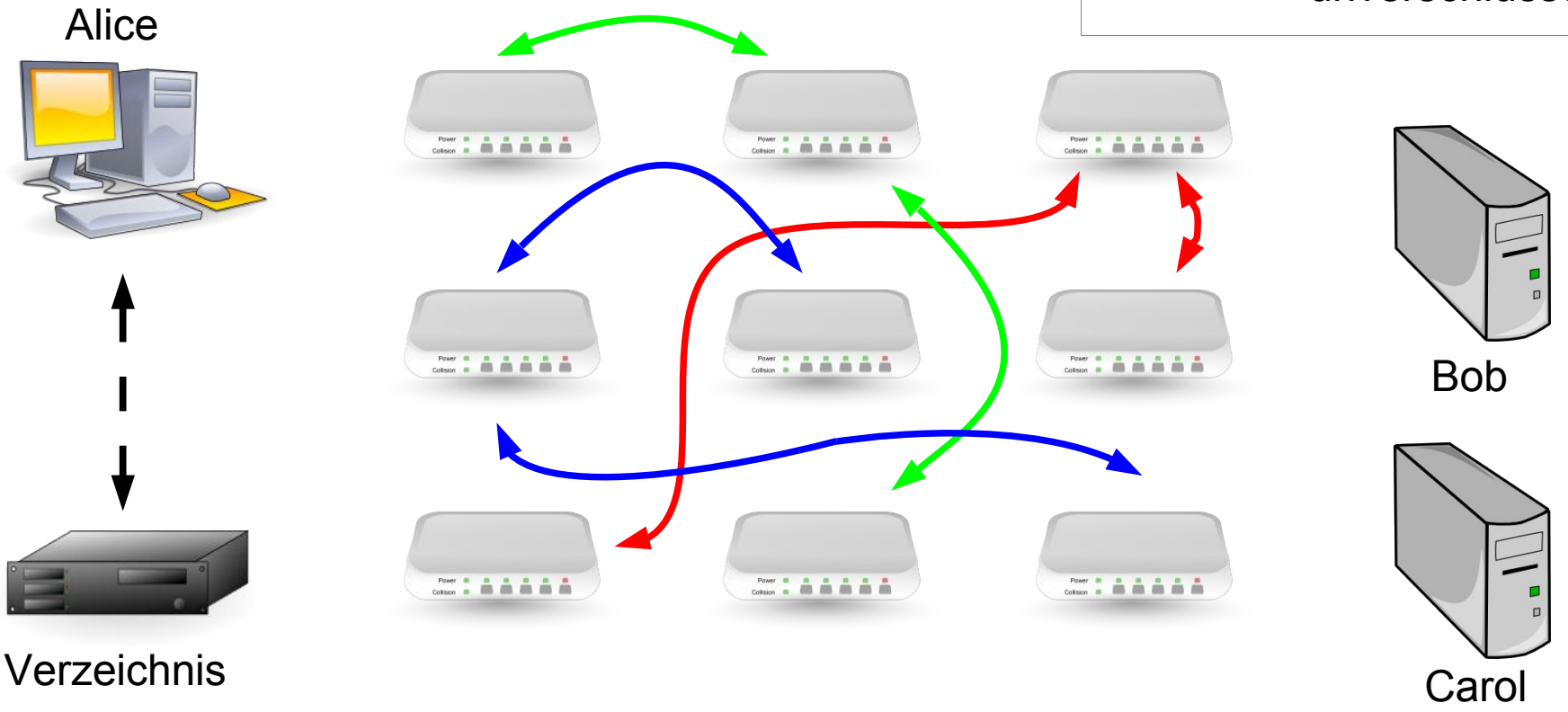
Mix-Kaskaden

- Statische Verbindung zwischen zwei Kommunikationsendpunkten über mehrere Mixe hinweg
  - Verbindungsorientierter Vollduplex-Betrieb
    (Gegensatz zu paketorientiert bei Chaum)
  - vom Sender einer Nachricht initiiert

- Sicherheitsfeatures
  - Datenstrom wird auf mehrere MIX-Pakte aufgeteilt, die alle gleich groß sind (auffüllen mit Zufallszahlen)
  - Zufällige Pakete an beliebige Empfänger, um Zuordnung zu verhindern
  - Symmetrische Verschlüsselung; (langsame) Public-Key-Verschlüsselung nur zum Aushandeln der symmetrischen Schlüssel
  - Prüfung der Zertifikate von Info-Service und Mixen

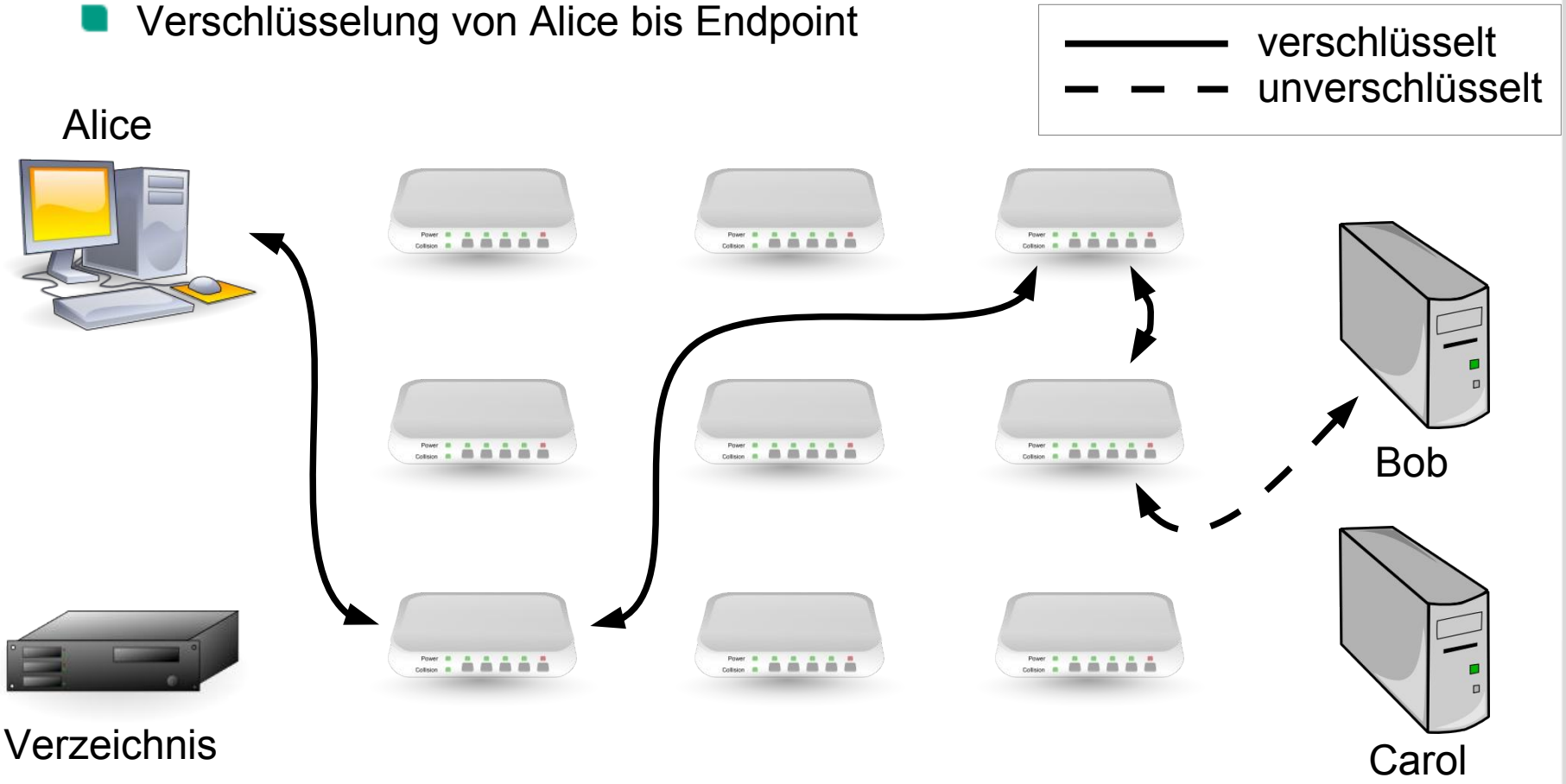
Funktionsweise von JonDo (1/3)

- Alice erhält Liste von verfügbaren Mix-Kaskaden vom Verzeichnisserver



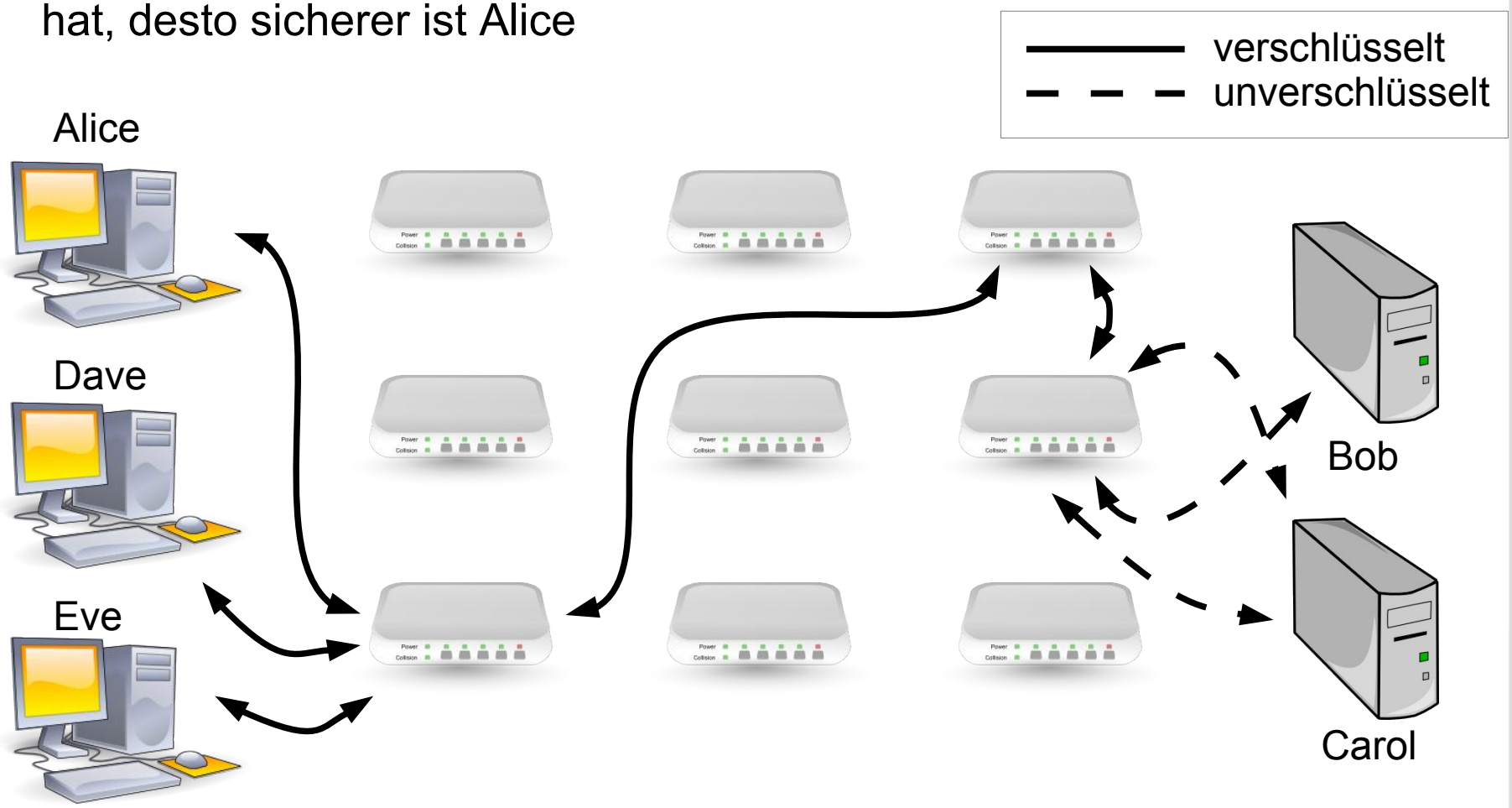
Funktionsweise von JonDo (2/3)

- Alice wählt eine Kaskade aus
  - Verschlüsselung von Alice bis Endpoint



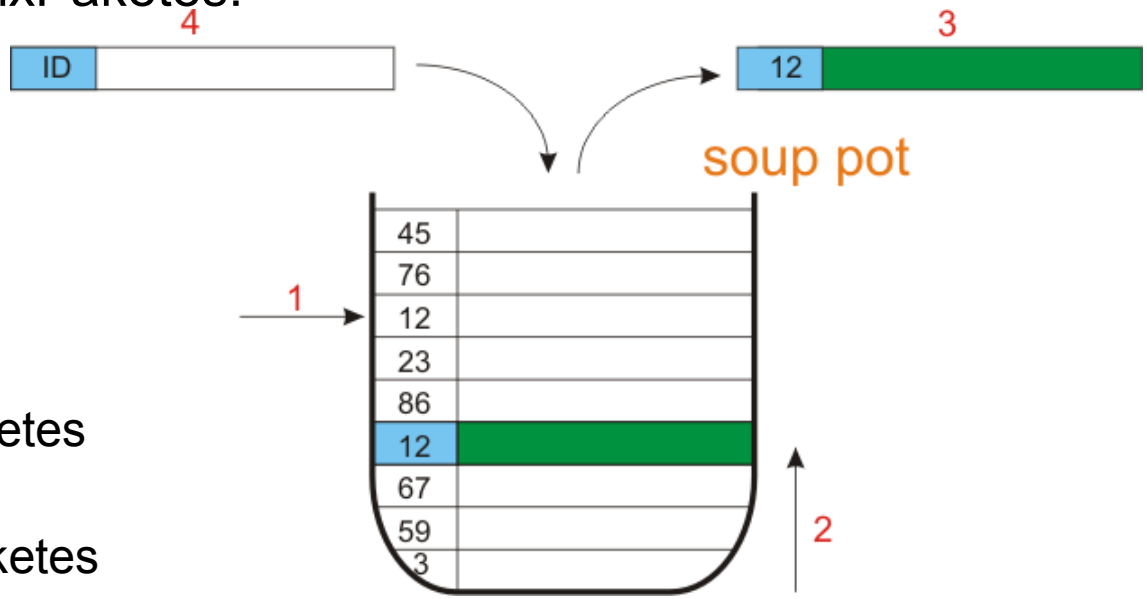
Funktionsweise von JonDo (3/3)

- Je mehr Teilnehmer die (statische) Kaskade hat, desto sicherer ist Alice



Betrieb eines Mixes

- Zertifikat von der Zertifizierungsstelle ausstellen lassen
  - Zuverlässigkeitsprüfung, Schutz vor manipulierten Mixen
- Alle 10 Minuten Status-Update an den Info-Service
  - Auslastung, Name, Betreiber, Zahl der gemixten Pakete
- Beim Eintreffen eines MixPaketes:
  1. Zufällige Auswahl eines MixPaketes (hat *Kanal-ID*)
  2. Suchen nach dem ältesten MixPaket mit *Kanal-ID* im Pool
  3. Ausgabe des MixPaketes
  4. Hinzufügen des empfangenen MixPaketes



Die JonDo-Mixe

Stand: 20.05.2014, 10:00 Uhr

Karlsruher Institut für Technologie

Name	Nutzer	Verfügbarkeit	Geschwindigkeit	Antwortzeit
Premium-Kaskaden (JonDonym)				
LightboxGB-FermatGB-GandalfGB	59	hervorragend	≥ 800 kbit/s	1000-750 ms
Neptun-Wombat-Shamrock	50	hervorragend	≥ 800 kbit/s	750-500 ms
Locke-Goose-Pluto	30	hervorragend	≥ 800 kbit/s	750-500 ms
Koala-SpeedPartner-Titan	50	hervorragend	≥ 800 kbit/s	750-500 ms
Fondue-Montesquieu-UranusGB	55	hervorragend	≥ 800 kbit/s	750 ms
Pythagoras-Benda-Qantas	-1	hervorragend	≥ 800 kbit/s	3000-750 ms
Koelsch-Rousseau-Zeuthen	15	akzeptabel	400 kbit/s	2500-750 ms
Wallaby-Niagara-Speedster	32	hervorragend	≥ 800 kbit/s	1000-750 ms
Opossum-Grolsch-Transformer	59	hervorragend	≥ 800 kbit/s	1000-750 ms
Kostenfreie Kaskaden (JonDonym)				
SpeedPartner-Cyrax	600 / 600	ausgelastet	50 kbit/s	750-500 ms
Vosskuhle-vega	450 / 450	ausgelastet	50 kbit/s	≤ 500 ms
FreeBeer-Bolzano	271 / 400	schwer erreichbar	30-40 kbit/s	1000-750 ms
HE-Freigeld	600 / 600	ausgelastet	40-50 kbit/s	4000-750 ms

JonDo und Strafverfolgung

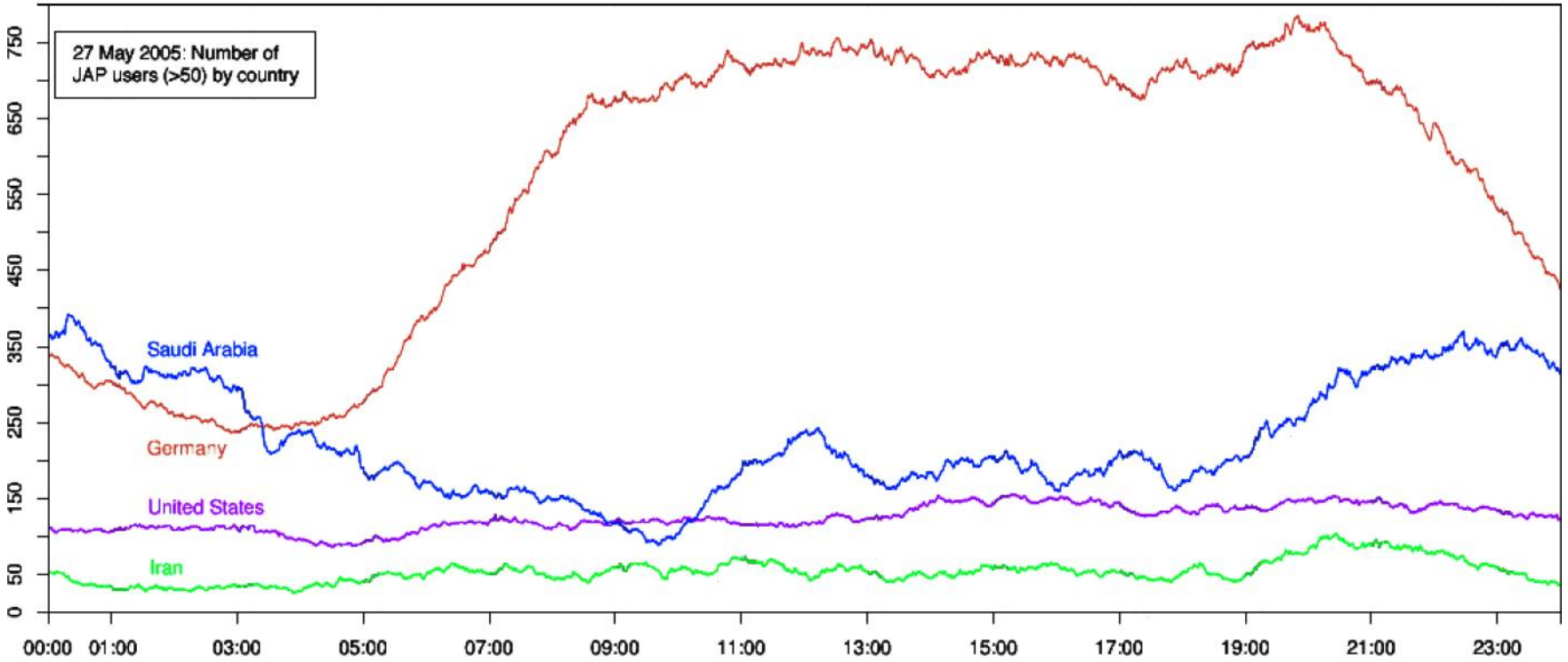
- Aufdeckung von Nutzerverbindungen erfordert eine behördliche Anweisung an **jeden** Mix-Betreiber in einer Kaskade (D: Gerichtsbeschluss nach §100a StPO)
  - Durch wechselnde Schlüssel der Kaskade nur **vor** der Nutzung möglich
    - Aufzeichnung einzelner Verbindungen erst nach Anordnung
  - Schwierig, wenn Mixe in unterschiedlichen Ländern stehen
  - Für Premium-Kaskaden bislang noch nicht erfüllt

- Historie der Überwachungsanordnungen
  - 2006: 1 Anordnung an einzelnen Mix
  - 2009: 1 Anordnung an einzelnen Mix bzgl. 2 Email-Zugänge
  - 2010/11: 1 Anordnung an einzelne Betreiber bzgl. eines JonDo-Kontos
  - 2012/13: 1 Anordung an alle deutschen Mixe bzgl. eines JonDo-Kontos

Wer sind die Nutzer?

- Europa 60%
  Asien 27%
  USA 12%
  Rest 1%

Quelle: http://anon.inf.tu-dresden.de



Stärken und Schwächen des Ansatzes

- Verschleiert nur die IP-Adresse
  - Cookies, Identifizierung durch Quasi-Identifier in Suchmaschinen- oder Formulardaten möglich
- Anonymität, solange nicht alle Betreiber einer Kaskade kooperieren
  - jedenfalls wenn der Benutzer keine Fehler macht → Cookies, etc.
- Statische Kaskaden
  - Wenn Angreifer errät, welche Kaskade eine Zielperson nutzt, genügt der Angriff von 3 Rechnern
- Kontrollierte Umgebung
  - Mix-Betreiber muss sich zertifizieren lassen
    - Schutz gegen Mißbrauch, anders als z.B. bei TOR
  - Premium-Server für hohe Performanz, Verfügbarkeit
    - Mix-Server einer Kaskade sind Single Point of Failure und Bottleneck bei zuvielen parallelen Nutzern
  - Insgesamt relativ wenige Mixe, lässt sich daher leicht sperren

Karlsruher Institut für Technologie

Verbergen der IP-Adresse mit TOR

IPD, Systeme der Informationsverwaltung, Nachwuchsgruppe „Privacy Awareness in Information Systems“

Tor

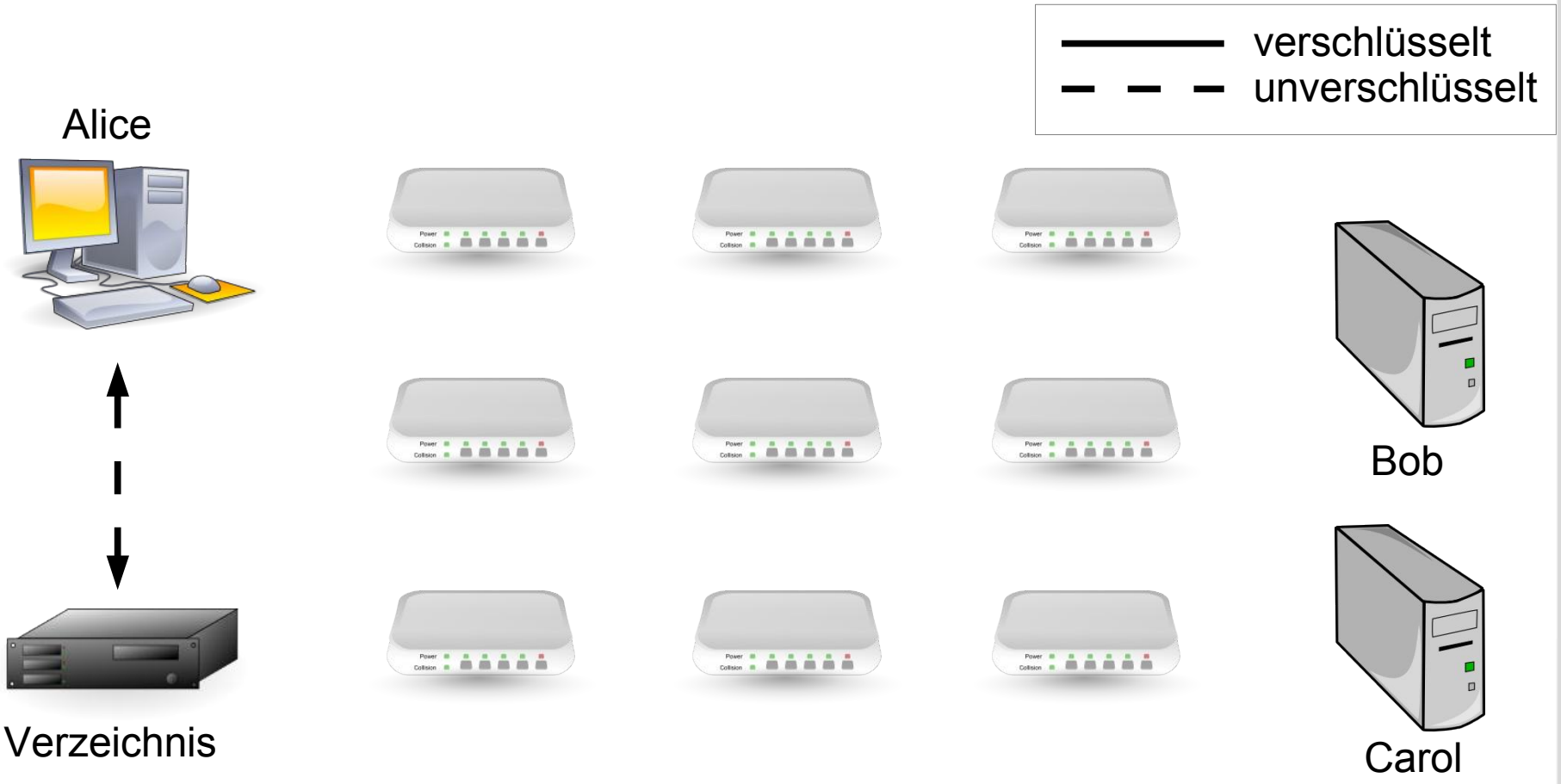
- Projekt der Electronic Frontier Foundation

- Merkmale von Tor
  - **Sender-Anonymität**
    - Onion-Routing (nichts anderes als das Mix-Modell)
  - **Empfänger-Anonymität**
    - Hidden Services: Anonyme Serveradressen
  - **Offenes Verfahren**
    - Jeder kann teilnehmen (im Gegensatz zu JonDo mit Zertifizierungsinstanz)
  - **Freie Rede, überall**
    - Bridge-Knoten von Freiwilligen in die Netze von China, Syrien, Iran, etc.
  - Zufällige Verbindungen für jede Netzwerkverbindung
    - d.h. Kanal wird neu gewählt, sobald Server die Verbindung schließt.

Roger Dingledine et al.: Tor: The Second-Generation Onion Router, Proceedings of the SSYM 2004

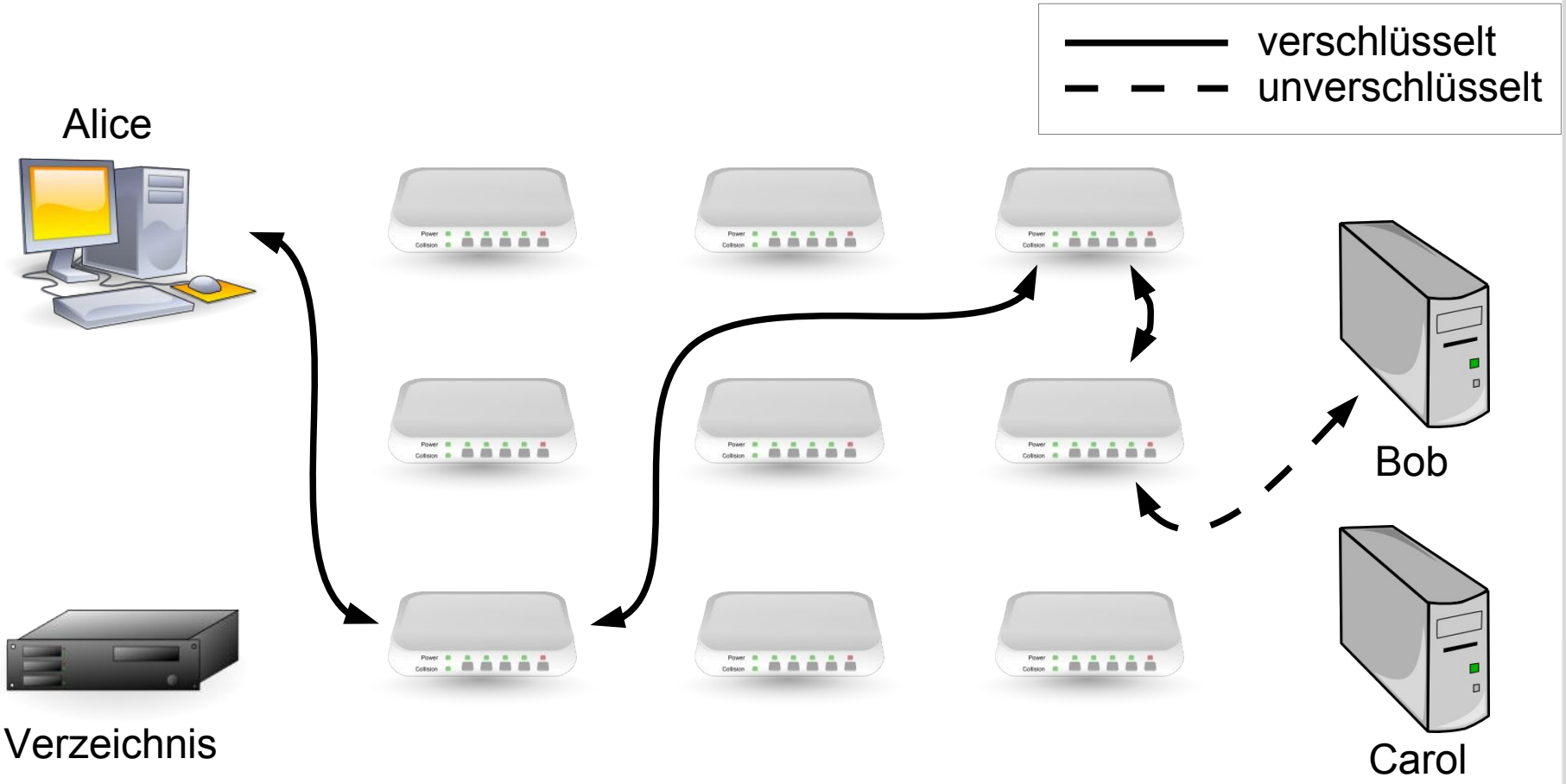
Funktionsweise von Tor (1/3)

- Alice erhält Liste von Torknoten vom Verzeichnisserver



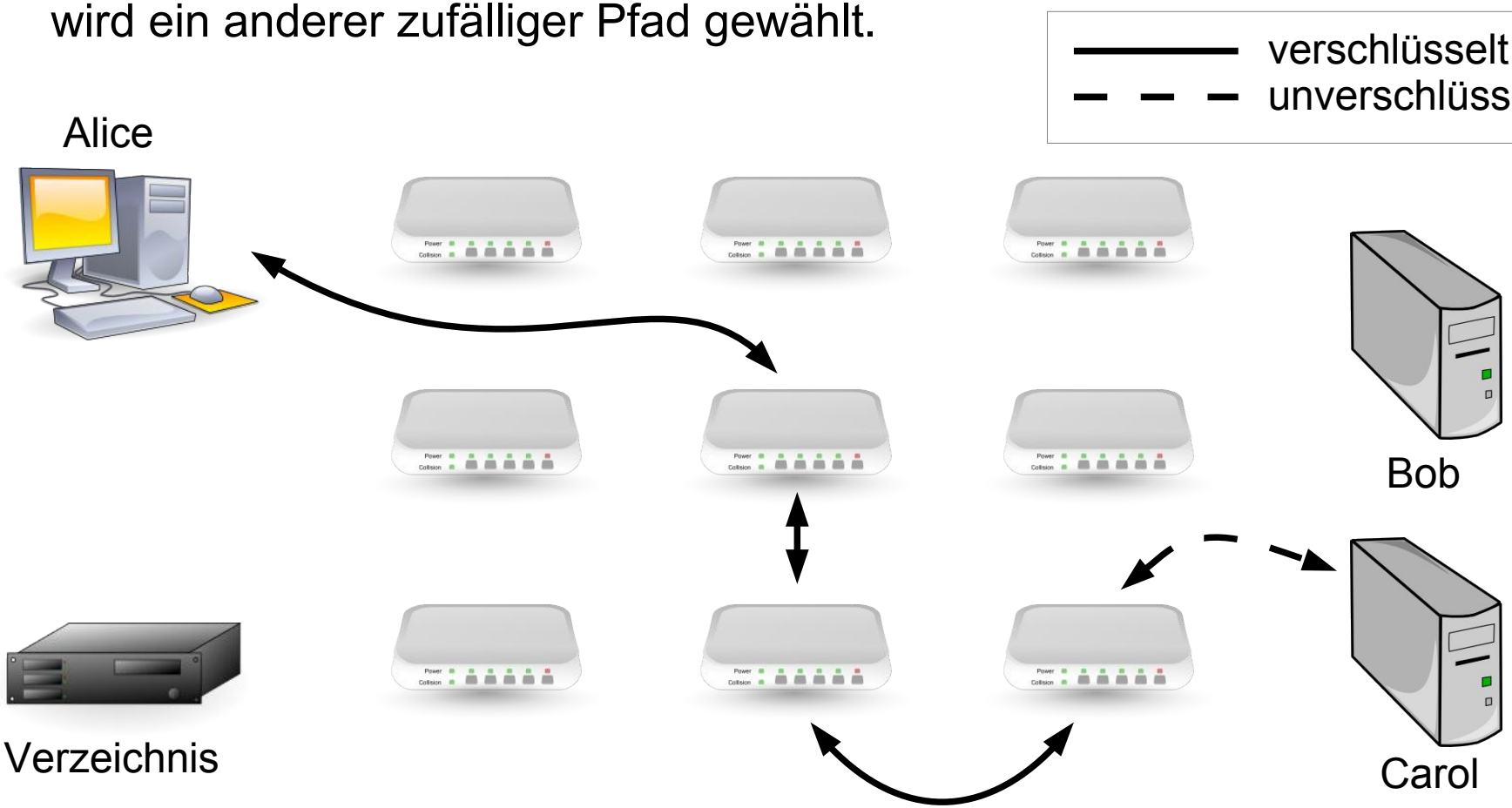
Funktionsweise von Tor (2/3)

- Alice wählt zufälligen Pfad zum Zielrechner



Funktionsweise von Tor (3/3)

- Wenn Alice auf einen anderen Rechner zugreifen will, wird ein anderer zufälliger Pfad gewählt.



Hidden Services

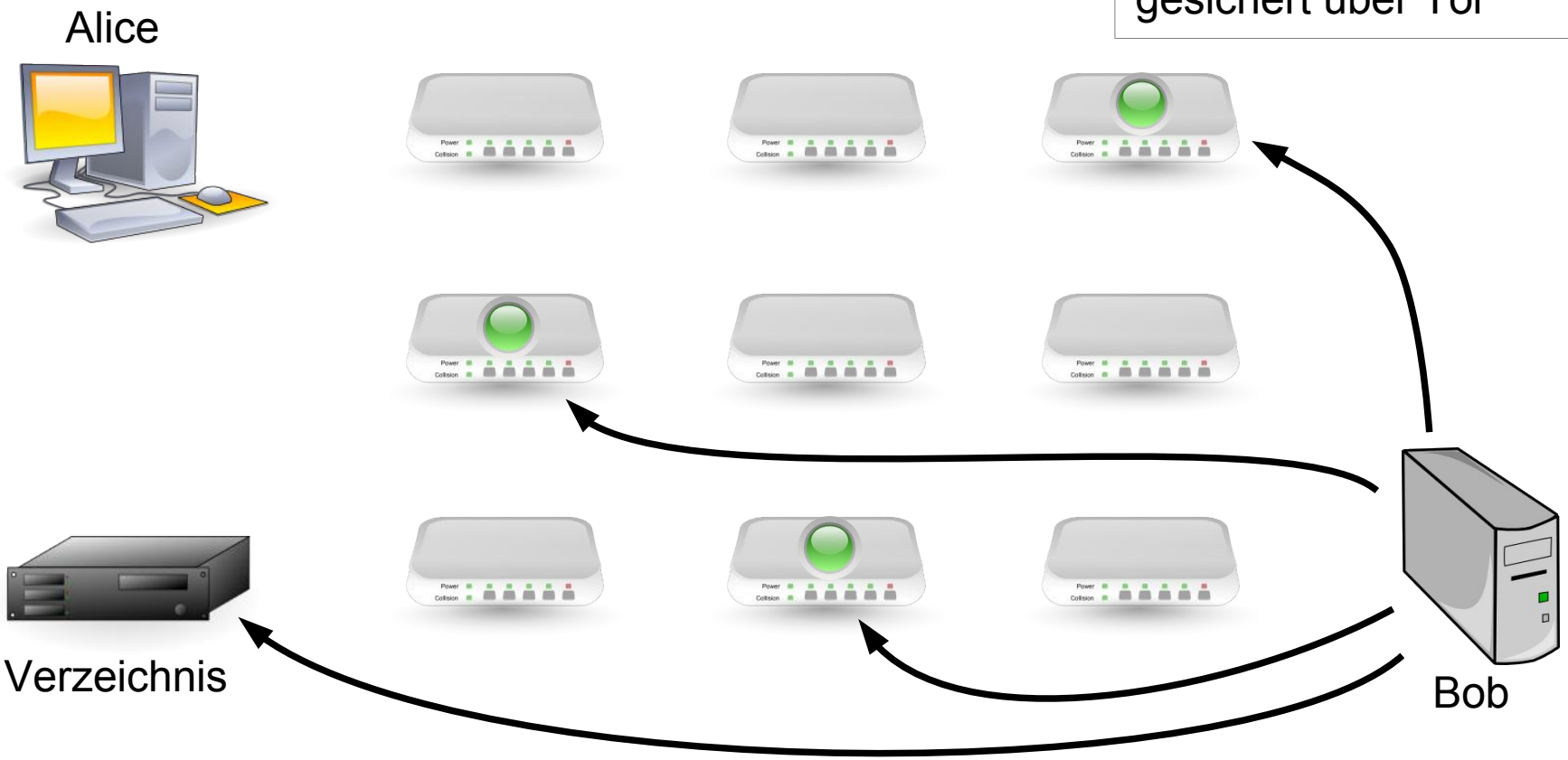
- Ziel: Empfänger-Anonymität
  - Dienste anbieten, ohne die eigene Identität preiszugeben
  - herkömmliches WWW: whois-Anfrage verrät Betreiber

- Bestandteile
  - **Introduction Points** als Verbindung zum Server
  - **Descriptor** auf Verzeichnisserver, der Public Keys und Introduction Points enthält
    - Anonymer Dienst wird über einen eigens generierten **Public Key** identifiziert, der sonst nirgends gebraucht wird
  - **Rendezvous-Knoten** zur anonymen Verbindungsaufnahme

Tor Hidden Services (1/4)

- Bob wählt zufällige Introduction Points aus, und teilt die dem Verzeichnisserver mit

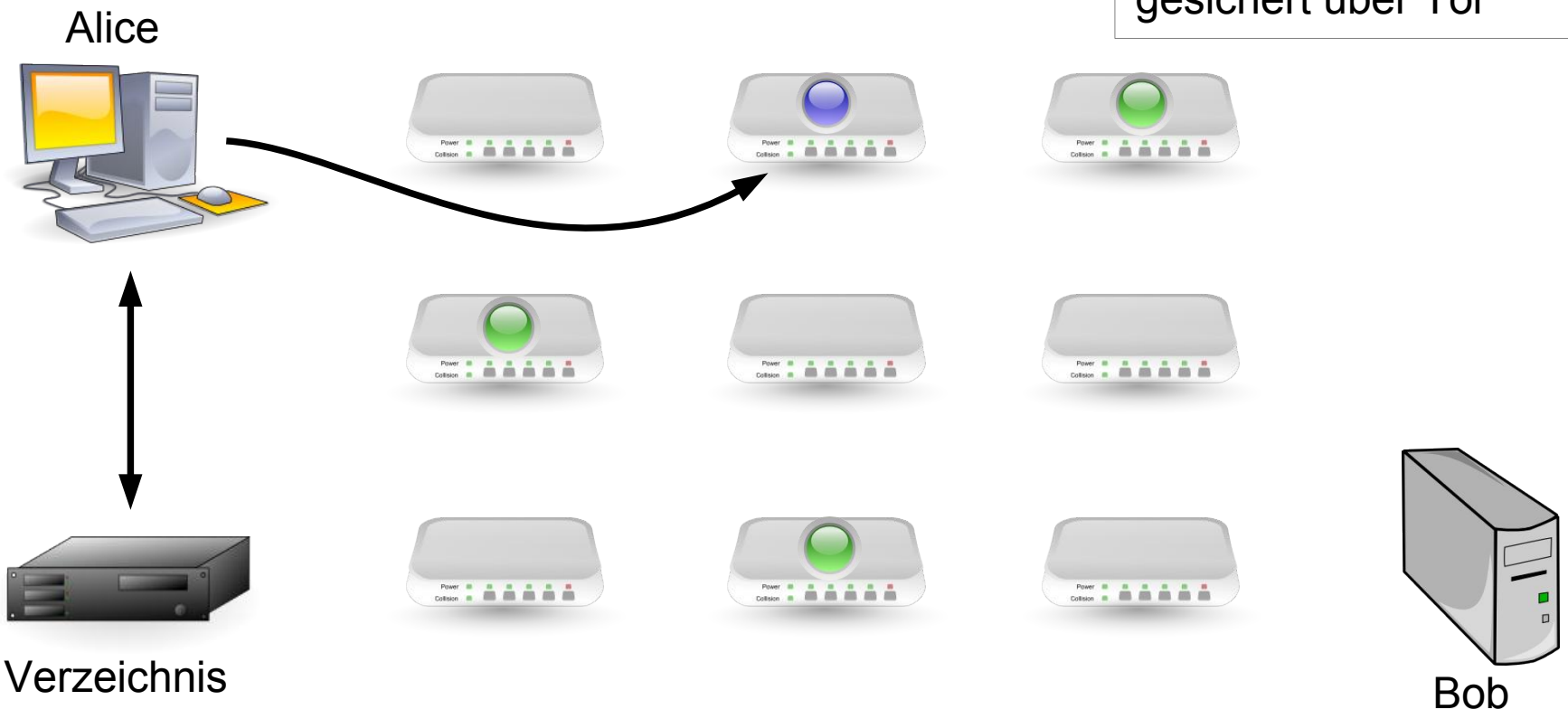
Anm.: alle Verbindungen gesichert über Tor



Tor Hidden Services (2/4)

- Alice fragt Verzeichnisserver nach den Introduction Points von *bob.onion* und legt Rendezvous-Knoten fest

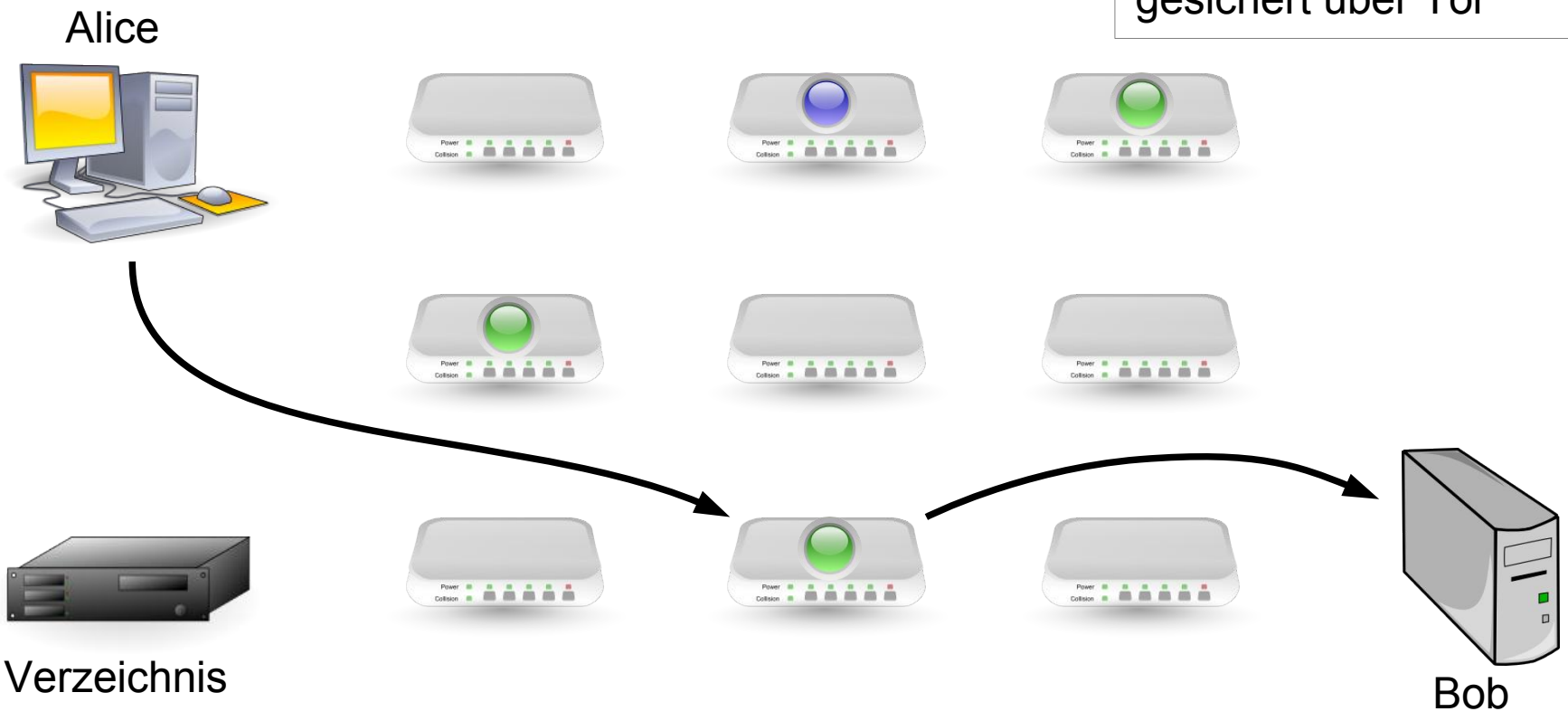
Anm.: alle Verbindungen gesichert über Tor



Tor Hidden Services (3/4)

- Alice schickt Bob über Introduction-Point ein One-Time-Secret und ihren Rendezvous-Knoten

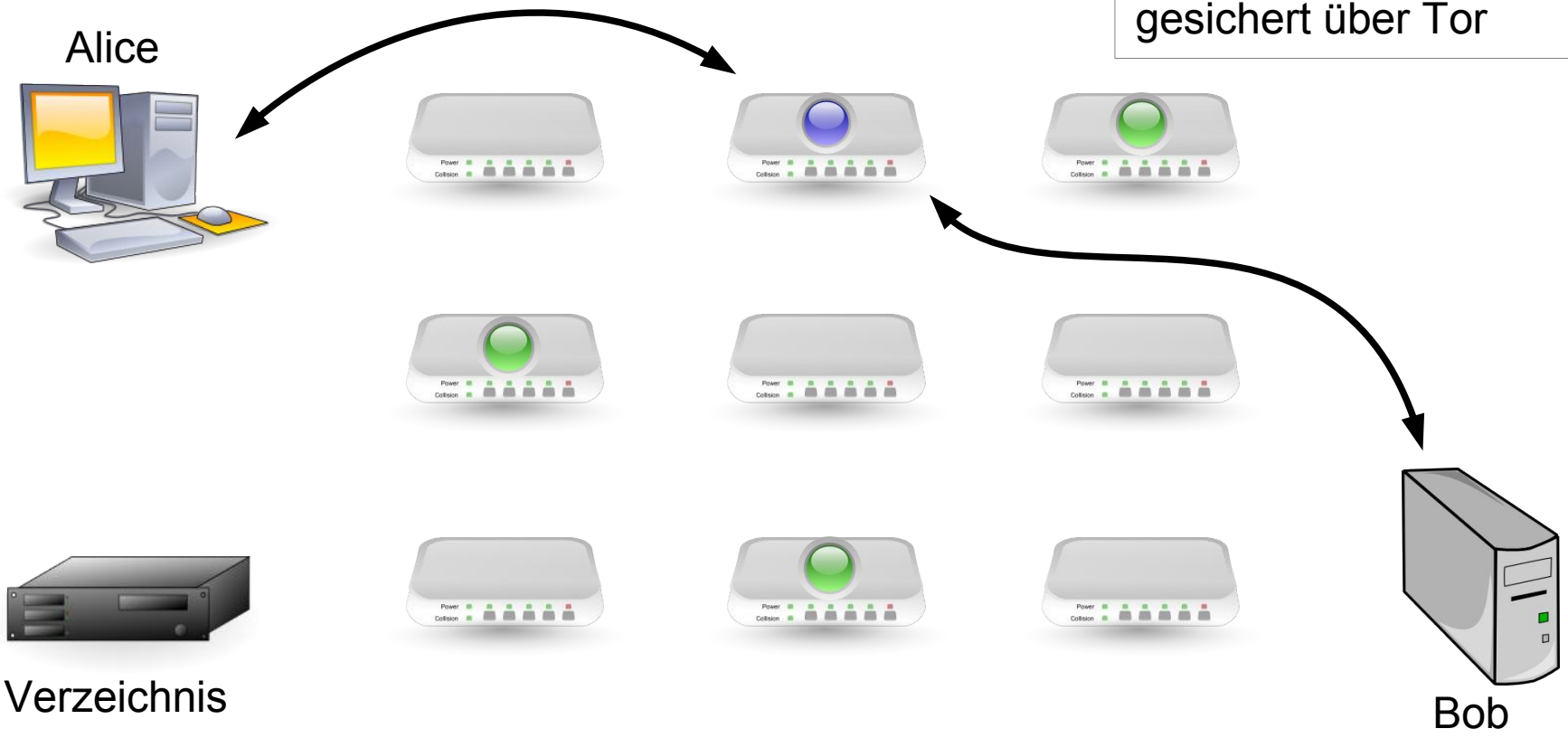
Anm.: alle Verbindungen gesichert über Tor



Tor Hidden Services (4/4)

- Bob antwortet mit dem One-Time-Secret über den Rendezvous-Knoten
- für beide anonyme Verbindung ist hergestellt

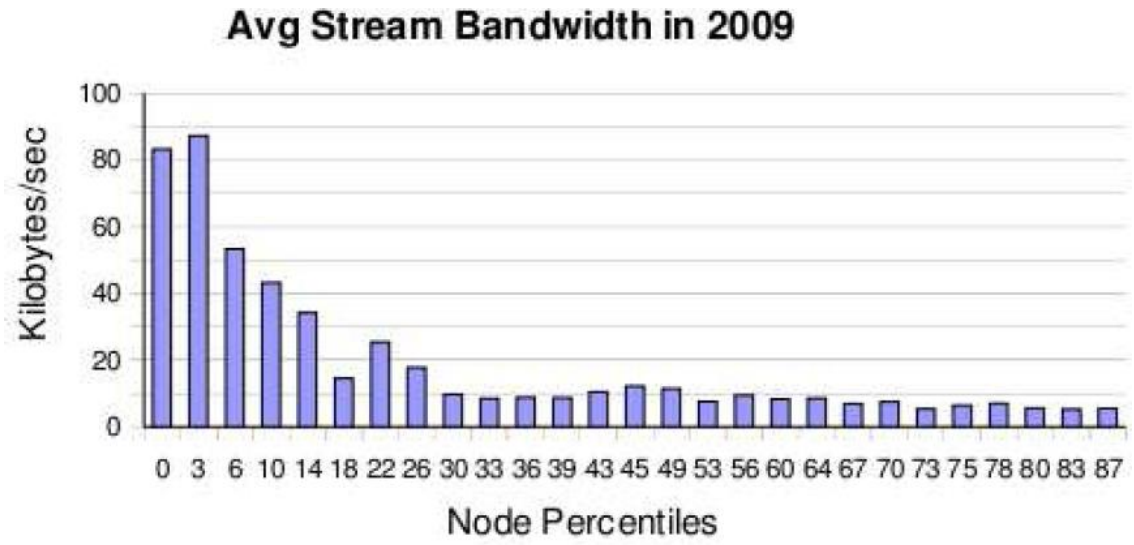
Anm.: alle Verbindungen gesichert über Tor



Warum keine Kommunikation über Introduction Points?

Zahlen zu Tor

- Zahl der Knoten (2007, http://heise.de)
  - ca. 700 Tor-Knoten, welche die Verschlüsselung und den Weitertransport übernehmen
  - ca. 250 Exit-Knoten mit mehr als 20kB/s, die Daten ins Internet weiterleiten
- Performanz (2009)



Mike Perry: TorFlow: Tor Network Analysis, http://fscked.org/projects/torflow, 2009

Grenzen des Ansatzes

- Datenspuren auf verschiedenen 'logischen Ebenen'
  - IP-Adresse ist nicht alles
  - Beispiel Internet
    - Web-Bugs, Cookies, Scripte etc. können Nutzer identifizieren
- einige praktische Probleme
  - Endpoints-Angriff
  - Route Selection-Angriff
  - Selective Disruption-Angriff
  - Seitenkanal-Angriffe wie Clock Skew
  - Performanz

Endpoints-Angriff

- Angreifer kontrolliert den ersten und letzten Knoten einer Verbindung
  - Statistischer Angriff über Paketzahl und zeitliche Abfolge

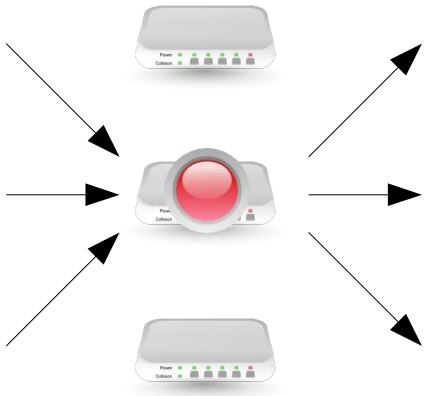
  - Angreifer kontrolliert x von N Knoten, v Verbindungen:
    Wahrscheinlichkeit p, beide Endpunkte zu kontrollieren ist
    $p = v * (x/n)^2$
    für große v → 100%

  - Abhilfe: **Entry Guards**
    - Auswahl von maximal 3 Tor-Knoten als Entry Guards
      - Auswahl nach freien Ressourcen, Zuverlässigkeit, Unabhängigkeit
    - Einstiegsknoten werden aus Menge der Entry Guards gewählt
    - Solange Entry Guards nicht vom Angreifer übernommen, ist TOR-Route sicher

Paul Syverson et al.: Towards an Analysis of Onion Routing Security. Workshop on Design Issues in Anonymity and Unobservability, 2000

Route Selection-Angriff

- Auswahl von Tor-Routen entsprechend freier Übertragungskapazität
  - Tor-Knoten geben dafür selbst freie Kapazität an
- Route Selection Angriff
  - einschleusen von kompromittierten Tor-Knoten mit sehr vielen freien Ressourcen (oder Manipulation dieser Angaben)
  - diese Knoten werden von Tor bevorzugt genutzt → weniger Rechner können viele Daten abfangen



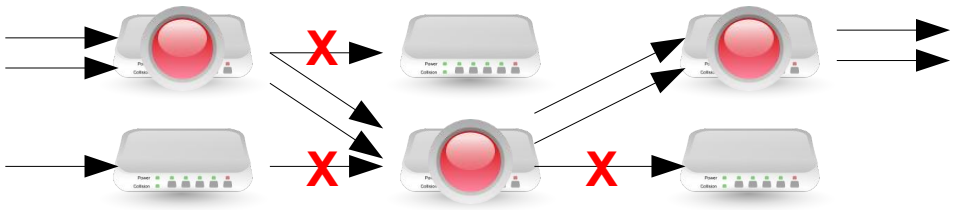
- Lösung (seit 2009): Kontrolle der Ressourcenangaben durch vertrauenswürdige Server „von außen“
  - Aber: Aufwand für den Angreifer nur größer geworden, nicht unmöglich

Øverlier, L. et al.: Locating hidden servers. Proceedings of the IEEE Symposium on Security and Privacy, 2006

Selective Disruption-Angriff

- Eine Tor-Route ist sicher, solange nicht alle Knoten auf einem Pfad kompromittiert sind

- Selective Disruption-Angriff
  - Ein Teil aller Router im Tor-Netz ist kompromittiert
  - Ein kompromittierter Router stört absichtlich alle Pfade, die ehrliche Router enthalten
  - Tor baut neue Routen auf
    → Wahrscheinlichkeit, dass eine Route nur noch kompromittierte Knoten enthält, steigt



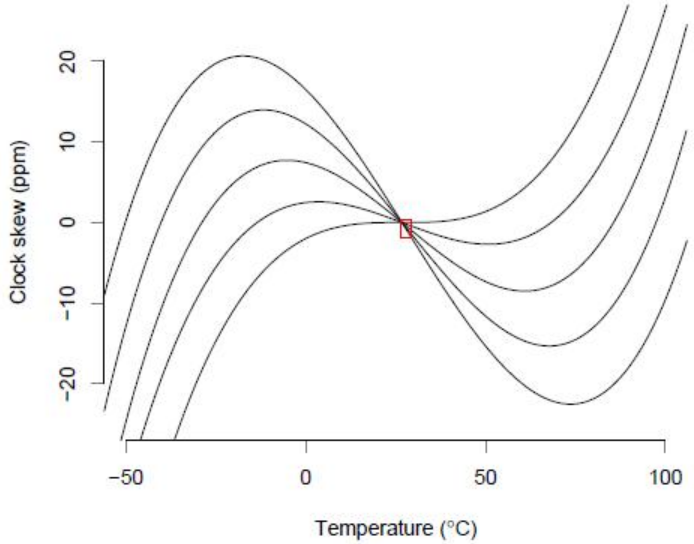
Kevin Bauer et al.:On the Optimal Path Length for Tor.
Hot Topics in Privacy Enhancing Technologies (HotPETS), 2010

Seitenkanalangriffe

- Beispiel: TCP-Timestamps werden vom Network Stack des Betriebssystems genutzt,
  - um Roundtrip-Zeiten zu schätzen
  - um Fehler in der Reihenfolge von Paketsequenzen zu entdecken

  → werden von Firewalls durchgelassen und von Routern mit weitergeleitet

- Clock Skew-Angriff
  - Abweichungen der Zeit hängen von Hardware und sogar Temperatur des Rechners ab
  - → Fingerabdruck des Rechners; statistische Angriffe auf die Tor-Route möglich

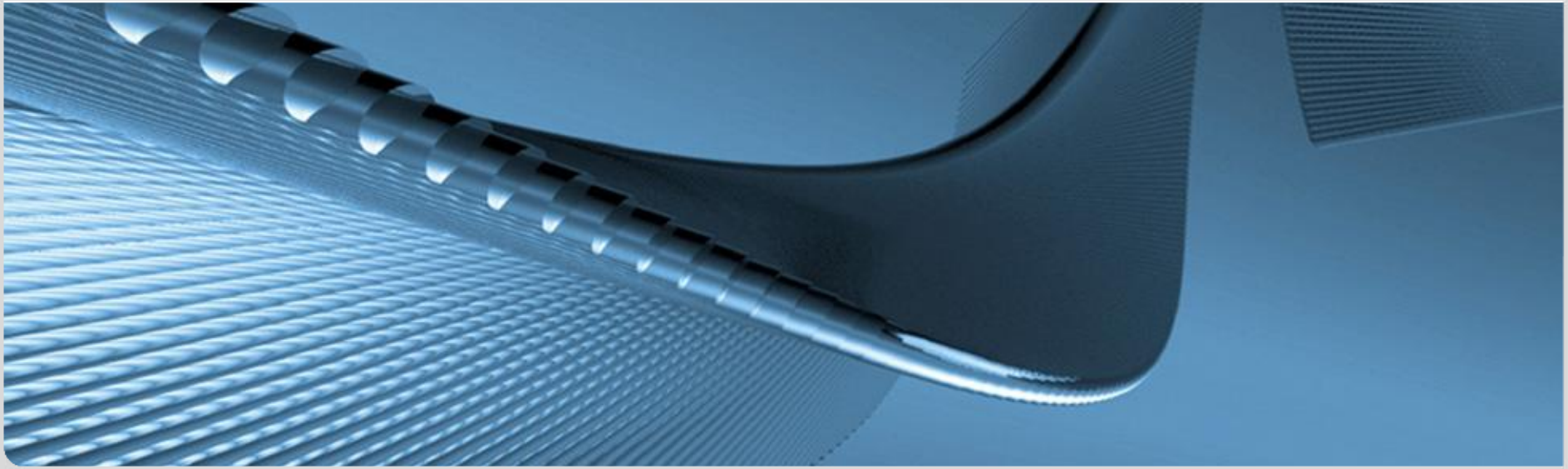


Stephen Murdoch et al.: Hot or not: Revealing hidden services by their clock skew, ACM Conference on Computer and Communications Security, 2006

Karlsruher Institut für Technologie

Freenet

IPD, Systeme der Informationsverwaltung, Nachwuchsgruppe „Privacy Awareness in Information Systems“

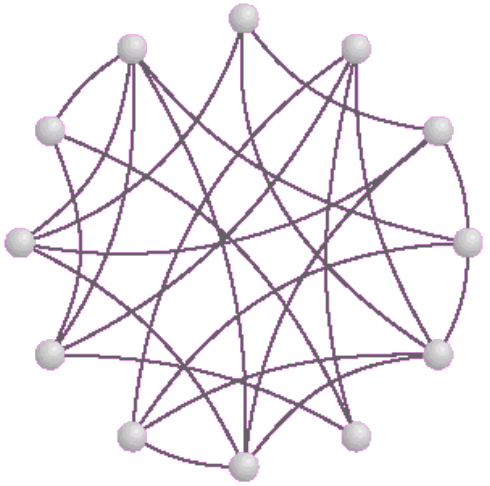


Freenet

- Ziel: **anonymer Datenaustausch, Zensurresistenz, Abstreitbarkeit**
  - TOR Hidden Services: es existiert immernoch ein Server im Netz, der Daten speichert und einer Person zugeordnet ist
  - Freenet: *Abstreitbarkeit* für Informationsanbieter
    - Daten anonym und verteilt speichern, Peer-to-Peer Ansatz
    - keine Quelle, die man vom Netz nehmen könnte → Löschung und Zensur unmöglich
- entwickelt seit 2000, Open Source http://freenetproject.org
- *seit 2008 "Darknet" Feature, direkte Kommunikation nur mit vertrauenswürdigen Knoten*

Das Peer-to-Peer Modell

- viele *unabhängige* Knoten
- jeder Knoten kennt einige ausgewählte (strukturierte P2P-Systeme) oder zufällige (unstrukturierte Systeme) andere Knoten
  - lokales, unvollst. Wissen über Netzwerktopologie
- jeder Knoten leitet Nachrichten an einen anderen weiter, der in der Netzwerktopologie näher am Ziel ist
  - Small-World-Eigenschaft
    (vgl. Milgram-Experiment '69
    6 degrees of separation)



Freenet-Architektur

- Jeder Knoten speichert
  - Daten
  - Routing-Tabelle mit ausgewählten Knoten
    - IP-Adresse und gespeicherte Daten des Knotens
- Daten werden über **ortsunabhängige** Schlüssel referenziert
  - Daten dürfen zwischen den Knoten “umziehen”
  - häufig abgefragte Daten werden repliziert,
    unnötige gemäß Least-recently-used aus den Caches gelöscht
- Anfragen nach diesen Schlüsseln werden über Ketten von Freenet-Knoten weitergeleitet
  - Verschlüsselung zwischen den Knoten
  - Routing-Topologie lernt über die Zeit

Referenzierung über Schlüssel

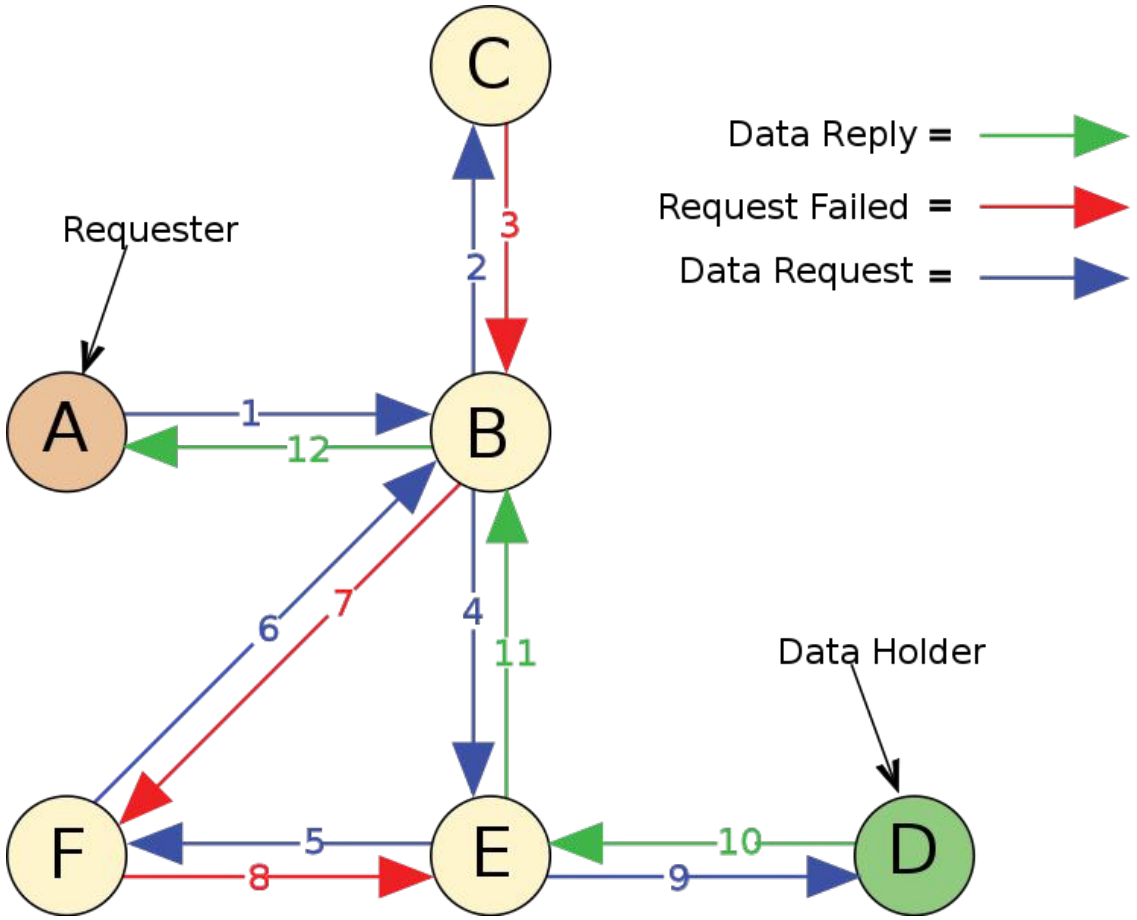
- Zwei relevante Schlüsseltypen
  - **Content-hash key**
    - kryptische Signatur der Daten,
      z.B.: CHK@SVbD9[...]4yFCB,bA7qLNJ[...]8kSi6bbNQ,AAEA--8
    - vergleichbar mit Inodes im Dateisystem
  - **Signed-subspace key**
    - Namespaces, in denen jeder lesen, aber nur der Ersteller schreiben kann
      z.B: SSK@GB3wu[..]o-eHK35w,c63Ez[..]3YDduXDs,AQABAAE/mysite-4
    - vergleichbar mit Datei- und Verzeichnisnamen
- Verbreitung der Schlüssel als Lesezeichen, in öffentlichen Directories oder über Freenet-Suchmaschinen
- Die Schlüssel enthalten einen kryptographischen Schlüssel
  - es ist unmöglich, die Daten auf der eigenen Festplatte zu entschlüsseln

Daten abrufen (1/2)

1. Schlüssel beschaffen
2. Anfrage mit Schlüssel an einen Freenet-Knoten senden
3. Knoten erhält Anfragen
   - merken, von wem die Nachricht kam
   - zum Schlüssel passende Daten lokal gespeichert?
     - Ja: Antwort zurücksenden
     - Nein: Anfrage an den Knoten senden, dessen Schlüsselbereiche dem gesuchten Schlüssel am ähnlichsten sind (*nächste Folie*)
4. Knoten leitet Antwort zurück
   - Daten im eigenen Repository zwischenspeichern, anderen mitteilen, dass er nun diese Daten kennt
   - Routingtabelle updaten

Daten abrufen (2/2)

- Query Routing in Freenet: Hillclimbing + Backtracking
  - erste Anfrage eines neuen Knotens wird zufällig geroutet
  - funktioniert besser, je öfter die Knoten die Routingtabelle geupdatet haben



Anonymität in Freenet

- Anfrager bleibt anonym
  - Nachricht sucht sich ihr Ziel anhand Schlüssel selbst,
  - Verbindungen nur jeweils zwischen zwei Knoten,
  - dem Schlüssel ist nicht anzusehen, was er bezeichnet
- Ersteller der Daten bleibt anonym
  - Daten werden durch ihre Schlüssel adressiert, und an beliebiger Stelle ins Freenet eingespeist
- Zensurresistenz
  - Daten können prinzipiell an beliebigen Stellen gespeichert werden
  - beliebte Daten häufig in den Caches der Knoten
  - Daten werden nur verschlüsselt abgespeichert, d.h. Freenet-Betreiber weiß nicht welche Daten er hostet

Das Darknet-Feature in Freenet

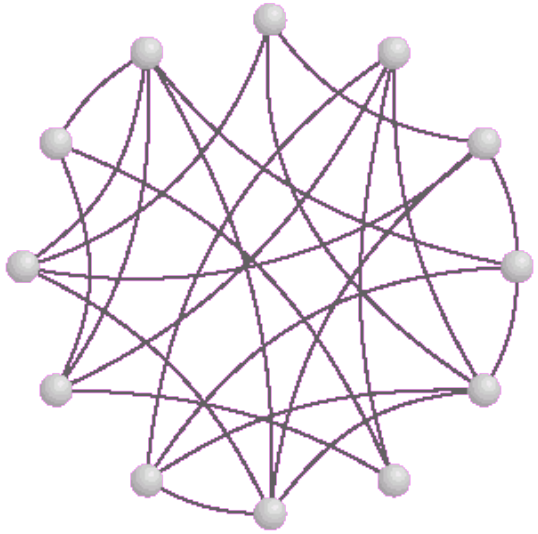
- Grundsätzliches Problem in allen anonymen Netzen: das Einschleusen von manipulierten Knoten
  - mit wenigen Rechnern/Ressourcen gezielt angreifen, wenn “die richtigen Stellen” in der Netztopologie bekannt/erraten

- Opennet
  - offenes Freenet, jeder kann direkt teilnehmen
  - Freenet-Knoten konnektieren automatisch den nächsten Knoten in Richtung des Ziels
    - Installation enthält eine Liste offener Knoten

- Darknet
  - abgeschlossenes, privates Friend-to-Friend-Netzwerk
  - manuelle Routingtabellen, keine Kommunikation mit unbekannten Knoten
    - Einschleusen erschwert
  - Herausforderung: trotzdem ein verbundenes Netzwerk schaffen

Umsetzung von Darknet

- Routingtabellen werden nur noch von Hand angelegt
  - Betreiber müssen sich persönlich kennen
- Implementierung eines strukturierten Overlays
  - Abbildung aller Schlüssel auf den Wertebereich [0,1]
  - Jeder Darknet-Knoten erhält ein kleines Intervall aus dem Wertebereich
  - gezielte Weiterleitung möglich, solange Netzwerk verbunden
- Knoten können ihre Invervalle tauschen (swapping)
  - es bilden sich Cluster von Knoten, die
    - effizient kommunizieren und
    - ähnliche Daten speichern

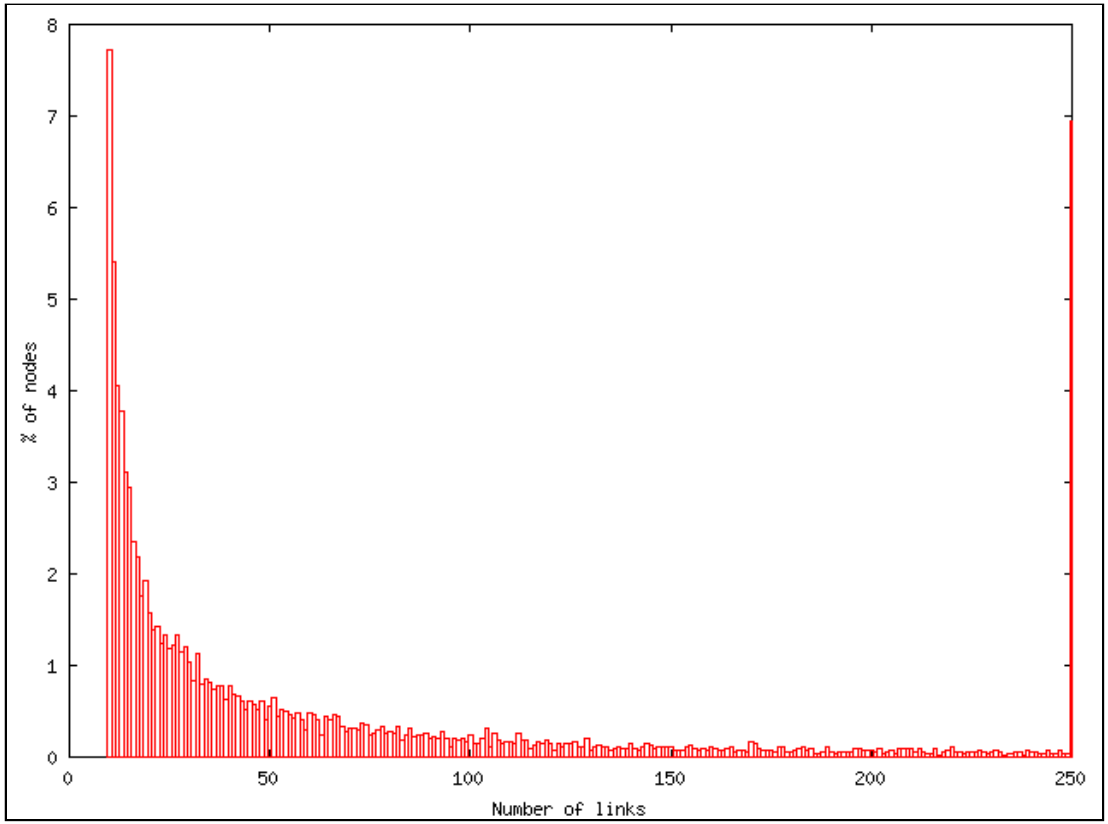


Grenzen des Ansatzes (1/2)

- Keine Garantien
  - Routing-Verfahren kann Daten nicht finden, obwohl sie im Netz gespeichert sind
  - selten gesuchte Daten können verschwinden (Least-Recently-Used-Ansatz)
  - der erste gefragte Knoten kann gleichzeitig Ersteller und Speicherort der Daten sein
    → erfährt unmittelbar, wer etwas wissen will
- Skalierbarkeit bzg. Zahl der Knoten, Pfadlänge
  - Small-World-Ansatz ist wenig effizient;
    strukturierte P2P-Systeme wären besser
    → Darknet-Erweiterung löst das Problem teilweise
- Darknet erfordert, viele andere Darknet-Nutzer zu kennen

Grenzen des Ansatzes (2/2)

- Skalenfreies Netz, einige wenige Knoten wichtiger als andere
  → Angriffspunkte!

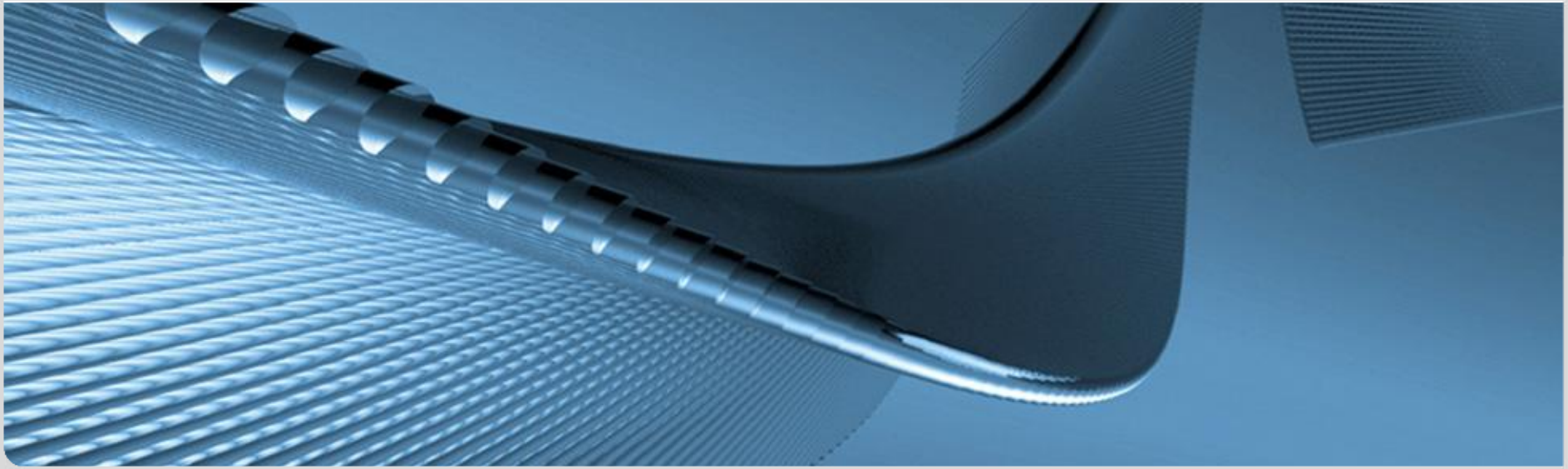


Quelle: Topics in Reliable Distributed Computing, Yoav Levy 2004

Karlsruher Institut für Technologie

Zusammenfassung

IPD, Systeme der Informationsverwaltung, Nachwuchsgruppe „Privacy Awareness in Information Systems“



Zusammenfassung

- Die IP-Adresse ist unvermeidlich, jedoch aus Datenschutzsicht problematisch
  - Quasi-Identifier
  - ggf. Zuordnung zur Person möglich
- Datenschutzansätze basierend auf dem Konzept von Mixen:
  - JonDo
  - TOR
  - Freenet

Literatur

[1] Roger Dingledine et al.: *Tor: The Second-Generation Onion Router*, Proceedings of the SSYM 2004
http://freehaven.net/tor/tor-design.pdf

[2] Ian Clarke et al.; *Freenet: A Distributed Anonymous Information Storage and Retrieval System*, LNCS 2009
http://citeseer.ist.psu.edu/old/clarke00freenet.html