Virtuelle Private Netze - Handreichung zur Präsentation

VPN mit openvpn und openssl

Michael Dienert

Walther-Rathenau-Gewerbeschule
Freiburg

2. Oktober 2015

Virtuelle Private Netze - Handreichung zur Präsentation

VPN mit openvpn und openssl

Michael Dienert

Walther-Rathenau-Gewerbeschule
Freiburg

2. Oktober 2015

Inhalt

Ein Beispiel

- Eine Firma möchte die Netzwerke zweier Unternehmensstandorte miteinander verbinden.
- Beide Netze verwenden Adressen aus dem privaten Adressraum (z.B. 10.8.0.0/16)
- der Zugang ins Internet ist jeweils sehr restriktiv (Firewall)

Ein Beispiel

- Eine Firma möchte die Netzwerke zweier Unternehmensstandorte miteinander verbinden.
- Beide Netze verwenden Adressen aus dem privaten Adressraum (z.B. 10.8.0.0/16)
- der Zugang ins Internet ist jeweils sehr restriktiv (Firewall)

Ein Beispiel

- Eine Firma möchte die Netzwerke zweier Unternehmensstandorte miteinander verbinden.
- Beide Netze verwenden Adressen aus dem privaten Adressraum (z.B. 10.8.0.0/16)
- der Zugang ins Internet ist jeweils sehr restriktiv (Firewall)

Ein Beispiel

- Eine Firma möchte die Netzwerke zweier Unternehmensstandorte miteinander verbinden.
- Beide Netze verwenden Adressen aus dem privaten Adressraum (z.B. 10.8.0.0/16)
- der Zugang ins Internet ist jeweils sehr restriktiv (Firewall)

Lösungsmöglichkeiten

klassische Lösung: Standleitung (Leased Line), arbeitet auf Layer 2.

- sicher, schnell, hohe Verfügbarkeit und Bandbreite
- teuer

Lösung mit VPN: die Daten, die die Standleitung transportieren würde, werden in IP-Pakete verpackt und durch das Internet geroutet.

- es wird keine physikalische Verbindung aufgebaut. Die Pakete können verschiedene Wege nehmen. $\Rightarrow$ **virtuelle** Verbindung
- die Daten in den IP-Paketen werden verschlüsselt. $\Rightarrow$ **private** Verbindung

Lösungsmöglichkeiten

klassische Lösung: Standleitung (Leased Line), arbeitet auf Layer 2.

- sicher, schnell, hohe Verfügbarkeit und Bandbreite
- teuer

Lösung mit VPN: die Daten, die die Standleitung transportieren würde, werden in IP-Pakete verpackt und durch das Internet geroutet.

- es wird keine physikalische Verbindung aufgebaut. Die Pakete können verschiedene Wege nehmen. $\Rightarrow$ **virtuelle** Verbindung
- die Daten in den IP-Paketen werden verschlüsselt. $\Rightarrow$ **private** Verbindung

Lösungsmöglichkeiten

klassische Lösung: Standleitung (Leased Line), arbeitet auf Layer 2.

- sicher, schnell, hohe Verfügbarkeit und Bandbreite
- teuer

Lösung mit VPN: die Daten, die die Standleitung transportieren würde, werden in IP-Pakete verpackt und durch das Internet geroutet.

- es wird keine physikalische Verbindung aufgebaut. Die Pakete können verschiedene Wege nehmen. $\Rightarrow$ **virtuelle** Verbindung
- die Daten in den IP-Paketen werden verschlüsselt. $\Rightarrow$ **private** Verbindung

Lösungsmöglichkeiten

klassische Lösung: Standleitung (Leased Line), arbeitet auf Layer 2.

- sicher, schnell, hohe Verfügbarkeit und Bandbreite
- teuer

Lösung mit VPN: die Daten, die die Standleitung transportieren würde, werden in IP-Pakete verpackt und durch das Internet geroutet.

- es wird keine physikalische Verbindung aufgebaut. Die Pakete können verschiedene Wege nehmen. $\Rightarrow$ **virtuelle** Verbindung
- die Daten in den IP-Paketen werden verschlüsselt. $\Rightarrow$ **private** Verbindung

Lösungsmöglichkeiten

klassische Lösung: Standleitung (Leased Line), arbeitet auf Layer 2.

- sicher, schnell, hohe Verfügbarkeit und Bandbreite
- teuer

Lösung mit VPN: die Daten, die die Standleitung transportieren würde, werden in IP-Pakete verpackt und durch das Internet geroutet.

- es wird keine physikalische Verbindung aufgebaut. Die Pakete können verschiedene Wege nehmen. $\Rightarrow$ **virtuelle** Verbindung
- die Daten in den IP-Paketen werden verschlüsselt. $\Rightarrow$ **private** Verbindung

Lösungsmöglichkeiten

klassische Lösung: Standleitung (Leased Line), arbeitet auf Layer 2.

- sicher, schnell, hohe Verfügbarkeit und Bandbreite
- teuer

Lösung mit VPN: die Daten, die die Standleitung transportieren würde, werden in IP-Pakete verpackt und durch das Internet geroutet.

- es wird keine physikalische Verbindung aufgebaut. Die Pakete können verschiedene Wege nehmen. $\Rightarrow$ **virtuelle** Verbindung
- die Daten in den IP-Paketen werden verschlüsselt. $\Rightarrow$ **private** Verbindung

Lösungsmöglichkeiten

klassische Lösung: Standleitung (Leased Line), arbeitet auf Layer 2.

- sicher, schnell, hohe Verfügbarkeit und Bandbreite
- teuer

Lösung mit VPN: die Daten, die die Standleitung transportieren würde, werden in IP-Pakete verpackt und durch das Internet geroutet.

- es wird keine physikalische Verbindung aufgebaut. Die Pakete können verschiedene Wege nehmen. $\Rightarrow$ **virtuelle** Verbindung
- die Daten in den IP-Paketen werden verschlüsselt. $\Rightarrow$ **private** Verbindung

Lösungsmöglichkeiten

klassische Lösung: Standleitung (Leased Line), arbeitet auf Layer 2.

- sicher, schnell, hohe Verfügbarkeit und Bandbreite
- teuer

Lösung mit VPN: die Daten, die die Standleitung transportieren würde, werden in IP-Pakete verpackt und durch das Internet geroutet.

- es wird keine physikalische Verbindung aufgebaut. Die Pakete können verschiedene Wege nehmen. $\Rightarrow$ **virtuelle** Verbindung
- die Daten in den IP-Paketen werden verschlüsselt. $\Rightarrow$ **private** Verbindung

Lösungsmöglichkeiten

klassische Lösung: Standleitung (Leased Line), arbeitet auf Layer 2.

- sicher, schnell, hohe Verfügbarkeit und Bandbreite
- teuer

Lösung mit VPN: die Daten, die die Standleitung transportieren würde, werden in IP-Pakete verpackt und durch das Internet geroutet.

- es wird keine physikalische Verbindung aufgebaut. Die Pakete können verschiedene Wege nehmen. $\Rightarrow$ **virtuelle** Verbindung
- die Daten in den IP-Paketen werden verschlüsselt. $\Rightarrow$ **private** Verbindung

Definitionen und Begriffe

Eine von vielen Definitionen:

> Ein VPN ist eine verschlüsselte Verbindung zwischen zwei entfernten Segmenten eines einzigen, privaten Netzwerks über ein öffentliches Netzwerk, wie z.B. das Internet.

Site-to-Site VPN - zwei vollständige Netzwerke werden miteinander verbunden. Jede Seite ist mit einem VPN-Gateway ausgestattet.

Remote-Access VPN - Zugriff auf das Unternehmensnetzwerk durch Mitarbeiter von zu Hause aus. Auf dem entfernten Hostrechner muss eine VPN-Client-Software installiert sein.

Definitionen und Begriffe

Eine von vielen Definitionen:

> Ein VPN ist eine verschlüsselte Verbindung zwischen zwei entfernten Segmenten eines einzigen, privaten Netzwerks über ein öffentliches Netzwerk, wie z.B. das Internet.

Site-to-Site VPN - zwei vollständige Netzwerke werden miteinander verbunden. Jede Seite ist mit einem VPN-Gateway ausgestattet.

Remote-Access VPN - Zugriff auf das Unternehmensnetzwerk durch Mitarbeiter von zu Hause aus. Auf dem entfernten Hostrechner muss eine VPN-Client-Software installiert sein.

Definitionen und Begriffe

Eine von vielen Definitionen:

> Ein VPN ist eine verschlüsselte Verbindung zwischen zwei entfernten Segmenten eines einzigen, privaten Netzwerks über ein öffentliches Netzwerk, wie z.B. das Internet.

Site-to-Site VPN - zwei vollständige Netzwerke werden miteinander verbunden. Jede Seite ist mit einem VPN-Gateway ausgestattet.

Remote-Access VPN - Zugriff auf das Unternehmensnetzwerk durch Mitarbeiter von zu Hause aus. Auf dem entfernten Hostrechner muss eine VPN-Client-Software installiert sein.

Definitionen und Begriffe

Eine von vielen Definitionen:

> Ein VPN ist eine verschlüsselte Verbindung zwischen zwei entfernten Segmenten eines einzigen, privaten Netzwerks über ein öffentliches Netzwerk, wie z.B. das Internet.

Site-to-Site VPN - zwei vollständige Netzwerke werden miteinander verbunden. Jede Seite ist mit einem VPN-Gateway ausgestattet.

Remote-Access VPN - Zugriff auf das Unternehmensnetzwerk durch Mitarbeiter von zu Hause aus. Auf dem entfernten Hostrechner muss eine VPN-Client-Software installiert sein.

Definitionen und Begriffe

Eine von vielen Definitionen:

> Ein VPN ist eine verschlüsselte Verbindung zwischen zwei entfernten Segmenten eines einzigen, privaten Netzwerks über ein öffentliches Netzwerk, wie z.B. das Internet.

Site-to-Site VPN - zwei vollständige Netzwerke werden miteinander verbunden. Jede Seite ist mit einem VPN-Gateway ausgestattet.

Remote-Access VPN - Zugriff auf das Unternehmensnetzwerk durch Mitarbeiter von zu Hause aus. Auf dem entfernten Hostrechner muss eine VPN-Client-Software installiert sein.

Definitionen und Begriffe

Eine von vielen Definitionen:

> Ein VPN ist eine verschlüsselte Verbindung zwischen zwei entfernten Segmenten eines einzigen, privaten Netzwerks über ein öffentliches Netzwerk, wie z.B. das Internet.

Site-to-Site VPN - zwei vollständige Netzwerke werden miteinander verbunden. Jede Seite ist mit einem VPN-Gateway ausgestattet.

Remote-Access VPN - Zugriff auf das Unternehmensnetzwerk durch Mitarbeiter von zu Hause aus. Auf dem entfernten Hostrechner muss eine VPN-Client-Software installiert sein.

Unterschiedliche Varianten von VPNs

Verschlüsselte VPNs - einfache Art eines VPNs: die Nutzdaten in den IP-Paketen, die durch das Internet wandern, werden verschlüsselt.

Die Bezeichnung *vpn* an dieser Stelle ist üblich, aber umstritten. Beispiele:

- ssh
- ssh mit Portweiterleitung (sehr interessant!)
- ppp über ssh
- ssl-vpn

Tunnelbasierte VPNs - häufigste Form eines VPNs: beim Tunneln werden komplette Pakete nochmals in ein IP-Paket verpackt
(genauer gesagt: IP-Pakete werden in UDP/TCP-Segmente gesteckt, die dann wiederum in IP-Paketen reisen).

Unterschiedliche Varianten von VPNs

Verschlüsselte VPNs - einfache Art eines VPNs: die Nutzdaten in den IP-Paketen, die durch das Internet wandern, werden verschlüsselt.

Die Bezeichnung *vpn* an dieser Stelle ist üblich, aber umstritten. Beispiele:

- ssh
- ssh mit Portweiterleitung (sehr interessant!)
- ppp über ssh
- ssl-vpn

Tunnelbasierte VPNs - häufigste Form eines VPNs: beim Tunneln werden komplette Pakete nochmals in ein IP-Paket verpackt
(genauer gesagt: IP-Pakete werden in UDP/TCP-Segmente gesteckt, die dann wiederum in IP-Paketen reisen).

Unterschiedliche Varianten von VPNs

Verschlüsselte VPNs - einfache Art eines VPNs: die Nutzdaten in den IP-Paketen, die durch das Internet wandern, werden verschlüsselt.

Die Bezeichnung *vpn* an dieser Stelle ist üblich, aber umstritten. Beispiele:

- ssh
- ssh mit Portweiterleitung (sehr interessant!)
- ppp über ssh
- ssl-vpn

Tunnelbasierte VPNs - häufigste Form eines VPNs: beim Tunneln werden komplette Pakete nochmals in ein IP-Paket verpackt
(genauer gesagt: IP-Pakete werden in UDP/TCP-Segmente gesteckt, die dann wiederum in IP-Paketen reisen).

Unterschiedliche Varianten von VPNs

Verschlüsselte VPNs - einfache Art eines VPNs: die Nutzdaten in den IP-Paketen, die durch das Internet wandern, werden verschlüsselt.

Die Bezeichnung *vpn* an dieser Stelle ist üblich, aber umstritten. Beispiele:

- ssh
- ssh mit Portweiterleitung (sehr interessant!)
- ppp über ssh
- ssl-vpn

Tunnelbasierte VPNs - häufigste Form eines VPNs: beim Tunneln werden komplette Pakete nochmals in ein IP-Paket verpackt
(genauer gesagt: IP-Pakete werden in UDP/TCP-Segmente gesteckt, die dann wiederum in IP-Paketen reisen).

Unterschiedliche Varianten von VPNs

Verschlüsselte VPNs - einfache Art eines VPNs: die Nutzdaten in den IP-Paketen, die durch das Internet wandern, werden verschlüsselt.

Die Bezeichnung *vpn* an dieser Stelle ist üblich, aber umstritten. Beispiele:

- ssh
- ssh mit Portweiterleitung (sehr interessant!)
- ppp über ssh
- ssl-vpn

Tunnelbasierte VPNs - häufigste Form eines VPNs: beim Tunneln werden komplette Pakete nochmals in ein IP-Paket verpackt
(genauer gesagt: IP-Pakete werden in UDP/TCP-Segmente gesteckt, die dann wiederum in IP-Paketen reisen).

Unterschiedliche Varianten von VPNs

Verschlüsselte VPNs - einfache Art eines VPNs: die Nutzdaten in den IP-Paketen, die durch das Internet wandern, werden verschlüsselt.

Die Bezeichnung *vpn* an dieser Stelle ist üblich, aber umstritten. Beispiele:

- ssh
- ssh mit Portweiterleitung (sehr interessant!)
- ppp über ssh
- ssl-vpn

Tunnelbasierte VPNs - häufigste Form eines VPNs: beim Tunneln werden komplette Pakete nochmals in ein IP-Paket verpackt
(genauer gesagt: IP-Pakete werden in UDP/TCP-Segmente gesteckt, die dann wiederum in IP-Paketen reisen).

Unterschiedliche Varianten von VPNs

Verschlüsselte VPNs - einfache Art eines VPNs: die Nutzdaten in den IP-Paketen, die durch das Internet wandern, werden verschlüsselt.

Die Bezeichnung *vpn* an dieser Stelle ist üblich, aber umstritten. Beispiele:

- ssh
- ssh mit Portweiterleitung (sehr interessant!)
- ppp über ssh
- ssl-vpn

Tunnelbasierte VPNs - häufigste Form eines VPNs: beim Tunneln werden komplette Pakete nochmals in ein IP-Paket verpackt
(genauer gesagt: IP-Pakete werden in UDP/TCP-Segmente gesteckt, die dann wiederum in IP-Paketen reisen).

Unterschiedliche Varianten von VPNs

Verschlüsselte VPNs - einfache Art eines VPNs: die Nutzdaten in den IP-Paketen, die durch das Internet wandern, werden verschlüsselt.

Die Bezeichnung *vpn* an dieser Stelle ist üblich, aber umstritten. Beispiele:

- ssh
- ssh mit Portweiterleitung (sehr interessant!)
- ppp über ssh
- ssl-vpn

Tunnelbasierte VPNs - häufigste Form eines VPNs: beim Tunneln werden komplette Pakete nochmals in ein IP-Paket verpackt

(genauer gesagt: IP-Pakete werden in UDP/TCP-Segmente gesteckt, die dann wiederum in IP-Paketen reisen).

Unterschiedliche Varianten von VPNs

Verschlüsselte VPNs - einfache Art eines VPNs: die Nutzdaten in den IP-Paketen, die durch das Internet wandern, werden verschlüsselt.

Die Bezeichnung *vpn* an dieser Stelle ist üblich, aber umstritten. Beispiele:

- ssh
- ssh mit Portweiterleitung (sehr interessant!)
- ppp über ssh
- ssl-vpn

Tunnelbasierte VPNs - häufigste Form eines VPNs: beim Tunneln werden komplette Pakete nochmals in ein IP-Paket verpackt
(genauer gesagt: IP-Pakete werden in UDP/TCP-Segmente gesteckt, die dann wiederum in IP-Paketen reisen).

Inhalt

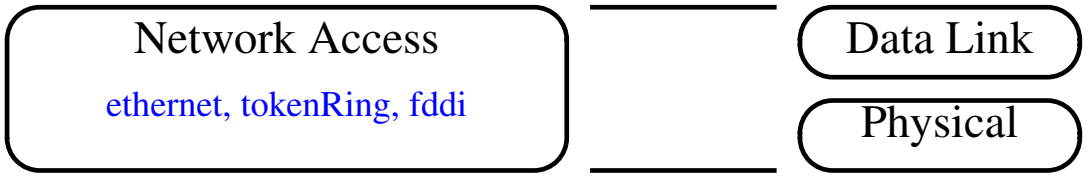
Die beiden Schichtenmodelle

DOD

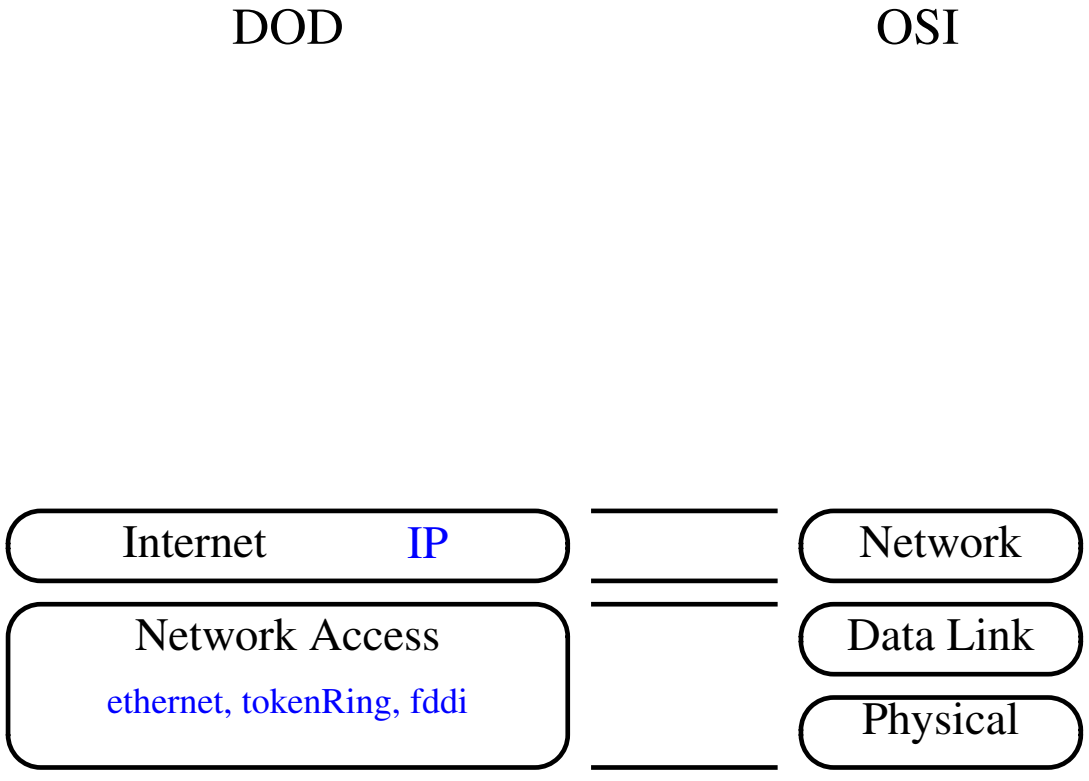
OSI

Die beiden Schichtenmodelle

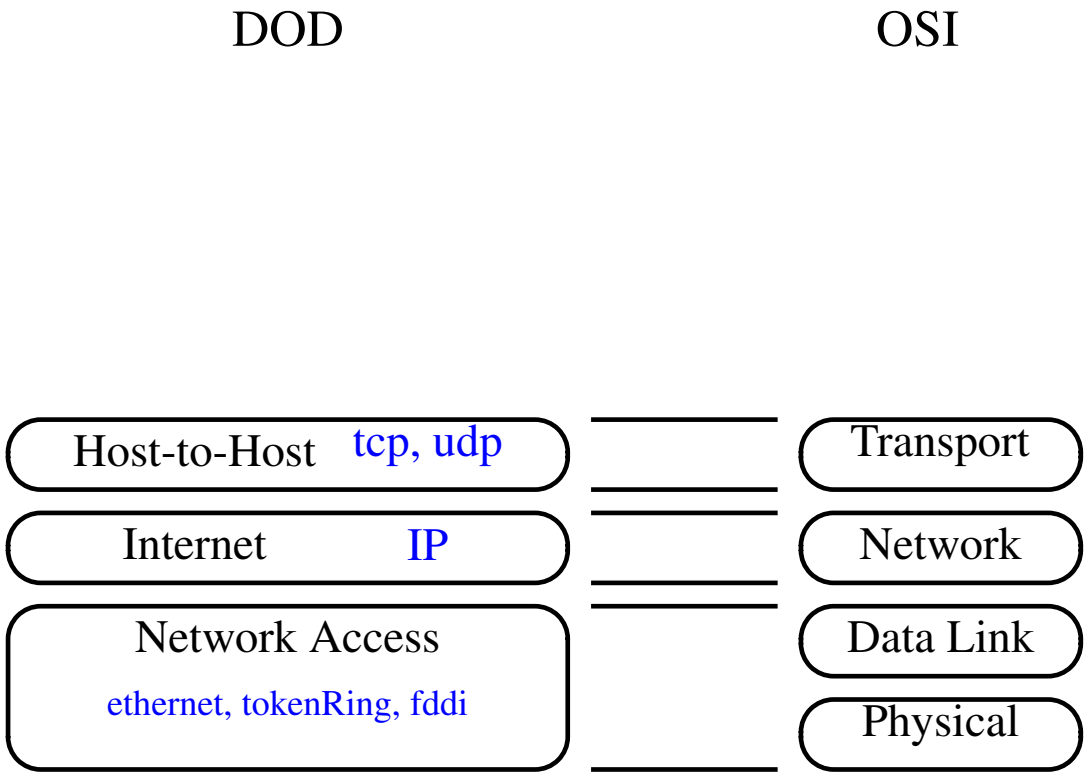
DOD OSI



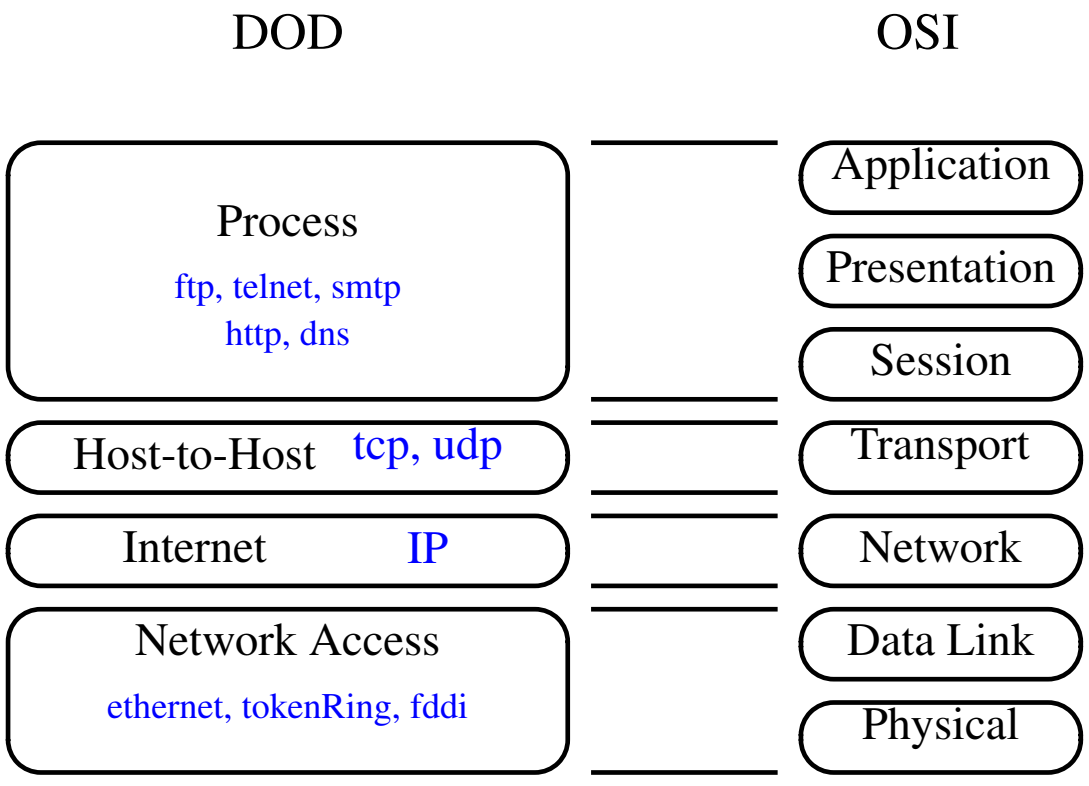
Die beiden Schichtenmodelle



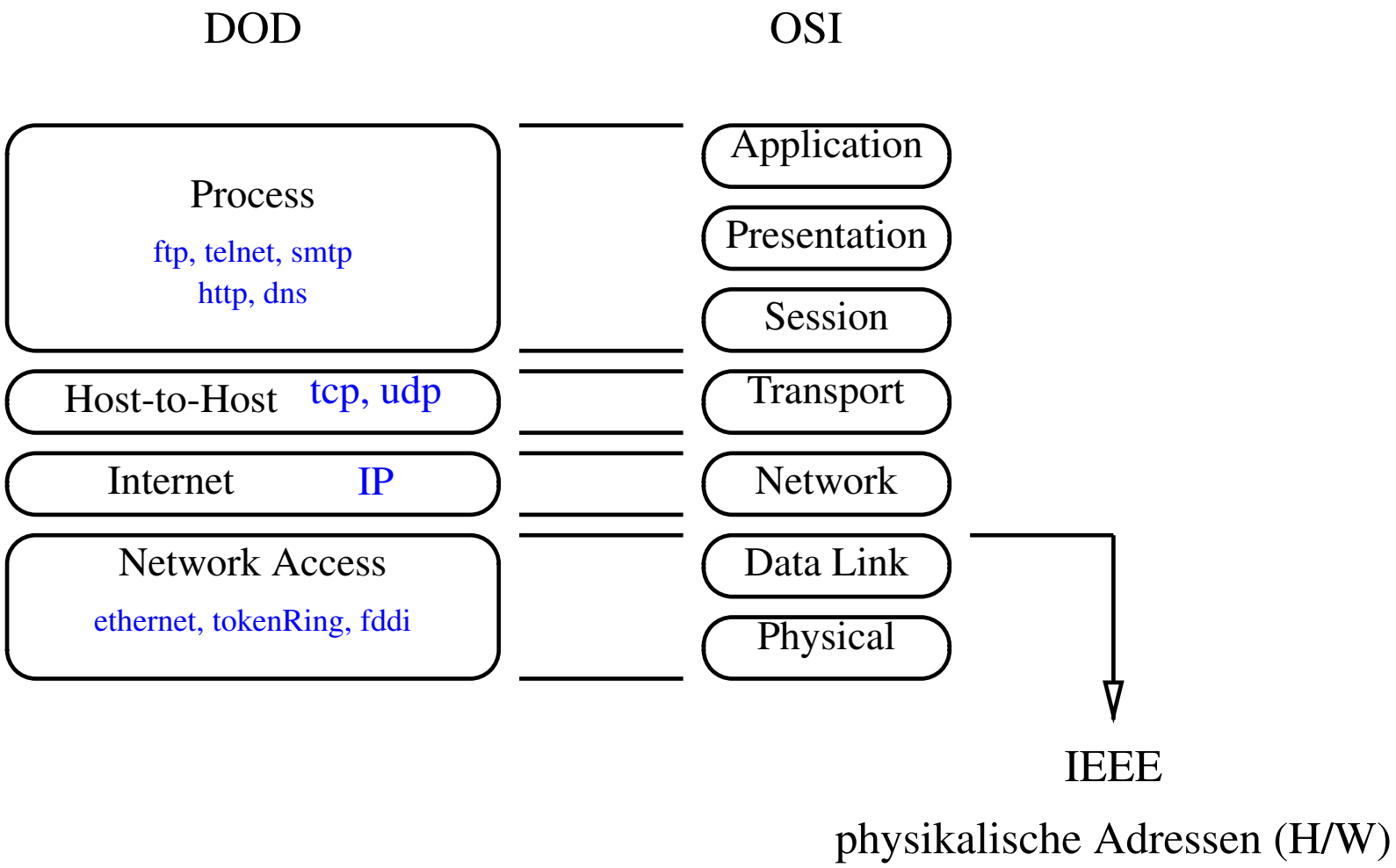
Die beiden Schichtenmodelle



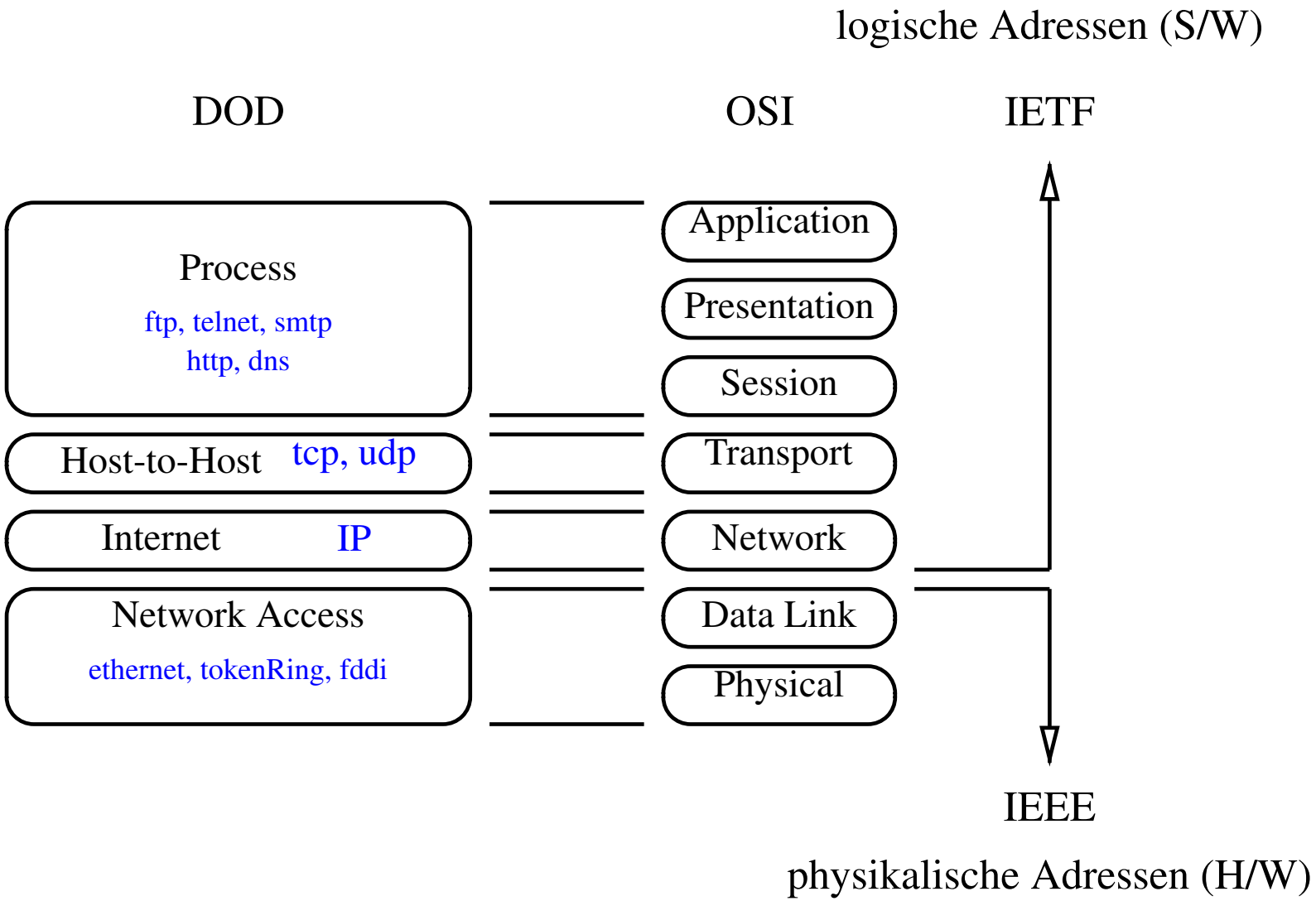
Die beiden Schichtenmodelle



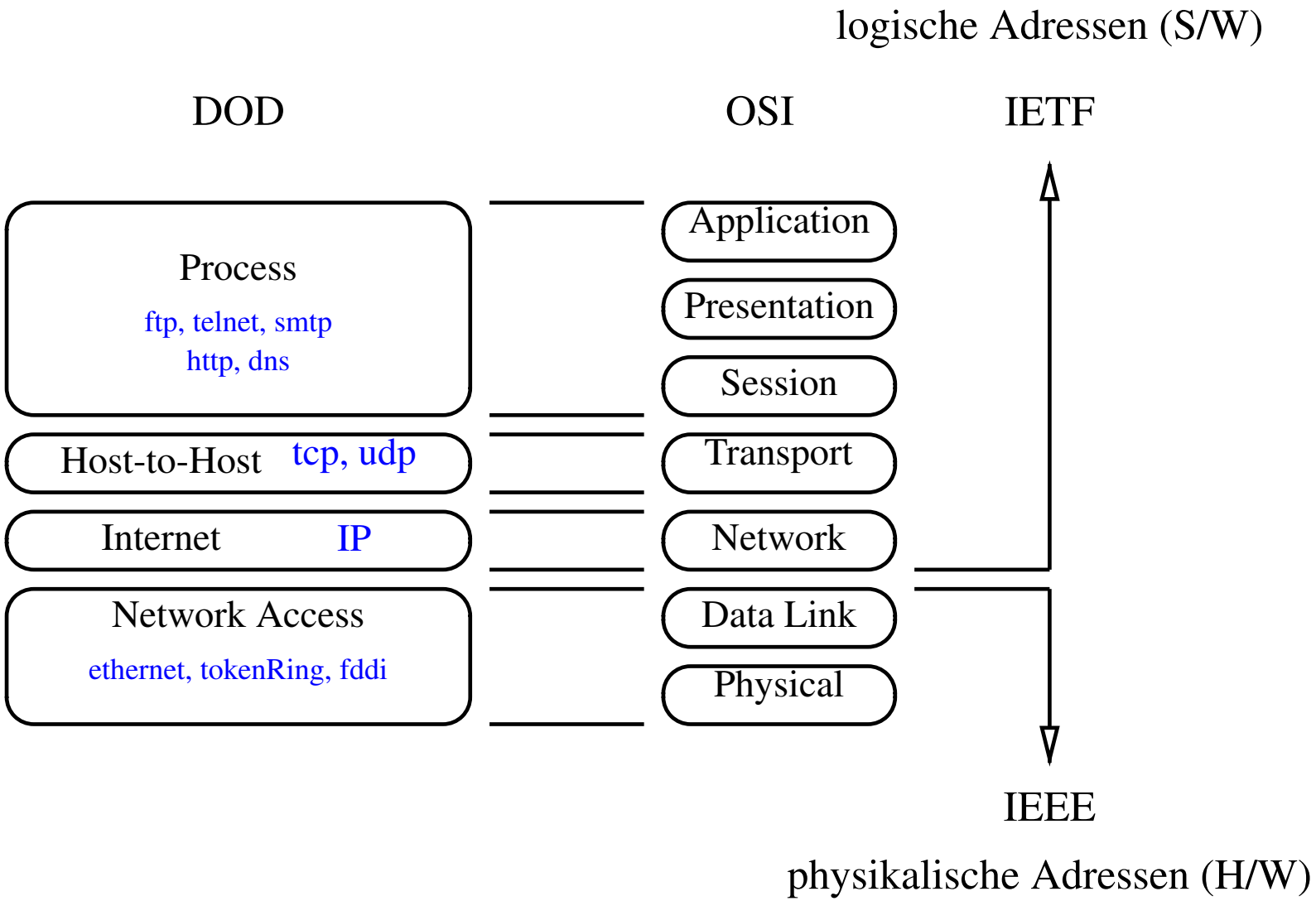
Die beiden Schichtenmodelle



Die beiden Schichtenmodelle



Die beiden Schichtenmodelle



Das Internet Protocol

- Das Netz **zwischen** den lokalen (Campus-) - Netzen $\Rightarrow$ Das **Inter** - Net
- Campus Berklee: TokenRing, Campus Stanford: Ethernet II
  $\Rightarrow$ unterschiedliche H/W
  $\Rightarrow$ physikalische (MAC-) Adressen
- Das Inter-Net benötigt ein **Hardwareunabhängiges** Adressschema
  $\Rightarrow$ 32-bit IP-Adresse
  $\Rightarrow$ Routing wird möglich
- Daten werden **häppchenweise** geschickt
  $\Rightarrow$ IP-Pakete

Das Internet Protocol

- Das Netz **zwischen** den lokalen (Campus-) - Netzen $\Rightarrow$ Das **Inter** - Net
- Campus Berklee: TokenRing, Campus Stanford: Ethernet II
  $\Rightarrow$ unterschiedliche H/W
  $\Rightarrow$ physikalische (MAC-) Adressen
- Das Inter-Net benötigt ein **Hardwareunabhängiges** Adressschema
  $\Rightarrow$ 32-bit IP-Adresse
  $\Rightarrow$ Routing wird möglich
- Daten werden **häppchenweise** geschickt
  $\Rightarrow$ IP-Pakete

Das Internet Protocol

- Das Netz **zwischen** den lokalen (Campus-) - Netzen $\Rightarrow$ Das **Inter** - Net
- Campus Berklee: TokenRing, Campus Stanford: Ethernet II
  $\Rightarrow$ unterschiedliche H/W
  $\Rightarrow$ physikalische (MAC-) Adressen
- Das Inter-Net benötigt ein **Hardwareunabhängiges** Adressschema
  $\Rightarrow$ 32-bit IP-Adresse
  $\Rightarrow$ Routing wird möglich
- Daten werden **häppchenweise** geschickt
  $\Rightarrow$ IP-Pakete

Das Internet Protocol

- Das Netz **zwischen** den lokalen (Campus-) - Netzen $\Rightarrow$ Das **Inter** - Net
- Campus Berklee: TokenRing, Campus Stanford: Ethernet II
  $\Rightarrow$ unterschiedliche H/W
  $\Rightarrow$ physikalische (MAC-) Adressen
- Das Inter-Net benötigt ein **Hardwareunabhängiges** Adressschema
  $\Rightarrow$ 32-bit IP-Adresse
  $\Rightarrow$ Routing wird möglich
- Daten werden **häppchenweise** geschickt
  $\Rightarrow$ IP-Pakete

Das Internet Protocol

- Das Netz **zwischen** den lokalen (Campus-) - Netzen $\Rightarrow$ Das **Inter** - Net
- Campus Berklee: TokenRing, Campus Stanford: Ethernet II
  $\Rightarrow$ unterschiedliche H/W
  $\Rightarrow$ physikalische (MAC-) Adressen
- Das Inter-Net benötigt ein **Hardwareunabhängiges** Adressschema
  $\Rightarrow$ 32-bit IP-Adresse
  $\Rightarrow$ Routing wird möglich
- Daten werden **häppchenweise** geschickt
  $\Rightarrow$ IP-Pakete

Das Internet Protocol

- Das Netz **zwischen** den lokalen (Campus-) - Netzen $\Rightarrow$ Das **Inter** - Net
- Campus Berklee: TokenRing, Campus Stanford: Ethernet II $\Rightarrow$ unterschiedliche H/W
  $\Rightarrow$ physikalische (MAC-) Adressen
- Das Inter-Net benötigt ein **Hardwareunabhängiges** Adressschema
  $\Rightarrow$ 32-bit IP-Adresse
  $\Rightarrow$ Routing wird möglich
- Daten werden **häppchenweise** geschickt
  $\Rightarrow$ IP-Pakete

Das Internet Protocol

- Das Netz **zwischen** den lokalen (Campus-) - Netzen $\Rightarrow$ Das **Inter** - Net
- Campus Berklee: TokenRing, Campus Stanford: Ethernet II
  $\Rightarrow$ unterschiedliche H/W
  $\Rightarrow$ physikalische (MAC-) Adressen
- Das Inter-Net benötigt ein **Hardwareunabhängiges** Adressschema
  $\Rightarrow$ 32-bit IP-Adresse
  $\Rightarrow$ Routing wird möglich
- Daten werden **häppchenweise** geschickt
  $\Rightarrow$ IP-Pakete

Das Internet Protocol

- Das Netz **zwischen** den lokalen (Campus-) - Netzen $\Rightarrow$ Das **Inter** - Net
- Campus Berklee: TokenRing, Campus Stanford: Ethernet II
  $\Rightarrow$ unterschiedliche H/W
  $\Rightarrow$ physikalische (MAC-) Adressen
- Das Inter-Net benötigt ein **Hardwareunabhängiges** Adressschema
  $\Rightarrow$ 32-bit IP-Adresse
  $\Rightarrow$ Routing wird möglich
- Daten werden **häppchenweise** geschickt
  $\Rightarrow$ IP-Pakete

Das Internet Protocol

- Das Netz **zwischen** den lokalen (Campus-) - Netzen $\Rightarrow$ Das **Inter** - Net
- Campus Berklee: TokenRing, Campus Stanford: Ethernet II
  $\Rightarrow$ unterschiedliche H/W
  $\Rightarrow$ physikalische (MAC-) Adressen
- Das Inter-Net benötigt ein **Hardwareunabhängiges** Adressschema
  $\Rightarrow$ 32-bit IP-Adresse
  $\Rightarrow$ Routing wird möglich
- Daten werden **häppchenweise** geschickt
  $\Rightarrow$ IP-Pakete

Das Internet Protocol

- Das Netz **zwischen** den lokalen (Campus-) - Netzen $\Rightarrow$ Das **Inter** - Net
- Campus Berklee: TokenRing, Campus Stanford: Ethernet II
  $\Rightarrow$ unterschiedliche H/W
  $\Rightarrow$ physikalische (MAC-) Adressen
- Das Inter-Net benötigt ein **Hardwareunabhängiges** Adressschema
  $\Rightarrow$ 32-bit IP-Adresse
  $\Rightarrow$ Routing wird möglich
- Daten werden **häppchenweise** geschickt
  $\Rightarrow$ IP-Pakete

Das Internet Protocol

- Das Netz **zwischen** den lokalen (Campus-) - Netzen $\Rightarrow$ Das **Inter** - Net
- Campus Berklee: TokenRing, Campus Stanford: Ethernet II
  $\Rightarrow$ unterschiedliche H/W
  $\Rightarrow$ physikalische (MAC-) Adressen
- Das Inter-Net benötigt ein **Hardwareunabhängiges** Adressschema
  $\Rightarrow$ 32-bit IP-Adresse
  $\Rightarrow$ Routing wird möglich
- Daten werden **häppchenweise** geschickt
  $\Rightarrow$ IP-Pakete

Das Internet Protocol

- Das Netz **zwischen** den lokalen (Campus-) - Netzen $\Rightarrow$ Das **Inter** - Net
- Campus Berklee: TokenRing, Campus Stanford: Ethernet II
  $\Rightarrow$ unterschiedliche H/W
  $\Rightarrow$ physikalische (MAC-) Adressen
- Das Inter-Net benötigt ein **Hardwareunabhängiges** Adressschema
  $\Rightarrow$ 32-bit IP-Adresse
  $\Rightarrow$ Routing wird möglich
- Daten werden **häppchenweise** geschickt
  $\Rightarrow$ IP-Pakete

Virtuelle Verbindungen

- Problem: Anwendung möchte Bytestrom (wie Datei-I/O)
- TCP stellt **virtuelle** Verbindung her (Bytes durchnummeriert)
- Endpunkte der Verbindung: Sockets
  - mehrere Sockets pro Host
  - Socket über **Portnummer** identifiziert
  - bestimmte Portnummern werden Anwendungen zugeordnet (eingehende Verbindungen)

Virtuelle Verbindungen

- Problem: Anwendung möchte Bytestrom (wie Datei-I/O)
- TCP stellt **virtuelle** Verbindung her (Bytes durchnummeriert)
- Endpunkte der Verbindung: Sockets
  - mehrere Sockets pro Host
  - Socket über **Portnummer** identifiziert
  - bestimmte Portnummern werden Anwendungen zugeordnet (eingehende Verbindungen)

Virtuelle Verbindungen

- Problem: Anwendung möchte Bytestrom (wie Datei-I/O)
- TCP stellt **virtuelle** Verbindung her (Bytes durchnummeriert)
- Endpunkte der Verbindung: Sockets
  - mehrere Sockets pro Host
  - Socket über **Portnummer** identifiziert
  - bestimmte Portnummern werden Anwendungen zugeordnet (eingehende Verbindungen)

Virtuelle Verbindungen

- Problem: Anwendung möchte Bytestrom (wie Datei-I/O)
- TCP stellt **virtuelle** Verbindung her (Bytes durchnummeriert)
- Endpunkte der Verbindung: Sockets
  - mehrere Sockets pro Host
  - Socket über **Portnummer** identifiziert
  - bestimmte Portnummern werden Anwendungen zugeordnet (eingehende Verbindungen)

Virtuelle Verbindungen

- Problem: Anwendung möchte Bytestrom (wie Datei-I/O)
- TCP stellt **virtuelle** Verbindung her (Bytes durchnummeriert)
- Endpunkte der Verbindung: Sockets
  - mehrere Sockets pro Host
  - Socket über **Portnummer** identifiziert
  - bestimmte Portnummern werden Anwendungen zugeordnet (eingehende Verbindungen)

Virtuelle Verbindungen

- Problem: Anwendung möchte Bytestrom (wie Datei-I/O)
- TCP stellt **virtuelle** Verbindung her (Bytes durchnummeriert)
- Endpunkte der Verbindung: Sockets
  - mehrere Sockets pro Host
  - Socket über **Portnummer** identifiziert
  - bestimmte Portnummern werden Anwendungen zugeordnet (eingehende Verbindungen)

Virtuelle Verbindungen

- Problem: Anwendung möchte Bytestrom (wie Datei-I/O)
- TCP stellt **virtuelle** Verbindung her (Bytes durchnummeriert)
- Endpunkte der Verbindung: Sockets
  - mehrere Sockets pro Host
  - Socket über **Portnummer** identifiziert
  - bestimmte Portnummern werden Anwendungen zugeordnet (eingehende Verbindungen)

Datentelegramme

- Schwesterprotokoll: UDP
  - UDP arbeitet auch mit Portnummern
  - kein Bytestrom
    $\Rightarrow$ bis 64kiB grosse **Datagramme**
    $\Rightarrow$ wegschicken und vergessen
- deutlich schneller als TCP

Datentelegramme

- Schwesterprotokoll: UDP
  - UDP arbeitet auch mit Portnummern
  - kein Bytestrom
    $\Rightarrow$ bis 64kiB grosse **Datagramme**
    $\Rightarrow$ wegschicken und vergessen
- deutlich schneller als TCP

Datentelegramme

- Schwesterprotokoll: UDP
  - UDP arbeitet auch mit Portnummern
  - kein Bytestrom
    $\Rightarrow$ bis 64kiB grosse **Datagramme**
    $\Rightarrow$ wegschicken und vergessen
- deutlich schneller als TCP

Datentelegramme

- Schwesterprotokoll: UDP
  - UDP arbeitet auch mit Portnummern
  - kein Bytestrom
    $\Rightarrow$ bis 64kiB grosse **Datagramme**
    $\Rightarrow$ wegschicken und vergessen
- deutlich schneller als TCP

Datentelegramme

- Schwesterprotokoll: UDP
  - UDP arbeitet auch mit Portnummern
  - kein Bytestrom
    $\Rightarrow$ bis 64kiB grosse **Datagramme**
    $\Rightarrow$ wegschicken und vergessen
- deutlich schneller als TCP

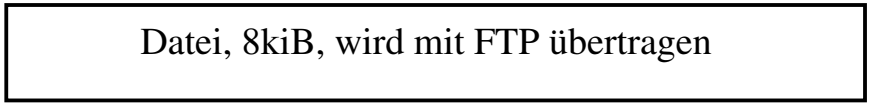
Datentelegramme

- Schwesterprotokoll: UDP
  - UDP arbeitet auch mit Portnummern
  - kein Bytestrom
    $\Rightarrow$ bis 64kiB grosse **Datagramme**
    $\Rightarrow$ wegschicken und vergessen
- deutlich schneller als TCP

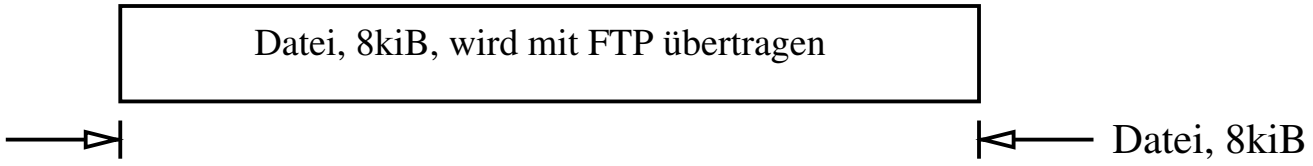
Datentelegramme

- Schwesterprotokoll: UDP
  - UDP arbeitet auch mit Portnummern
  - kein Bytestrom
    $\Rightarrow$ bis 64kiB grosse **Datagramme**
    $\Rightarrow$ wegschicken und vergessen
- deutlich schneller als TCP

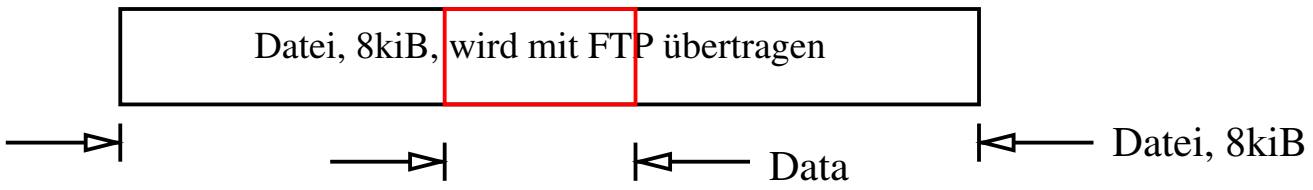
Kapselung: mehrfache Verpackung der Daten



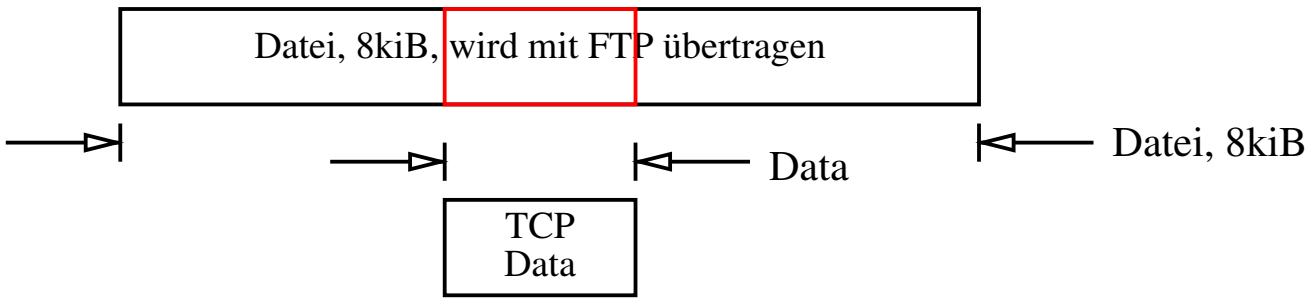
Kapselung: mehrfache Verpackung der Daten



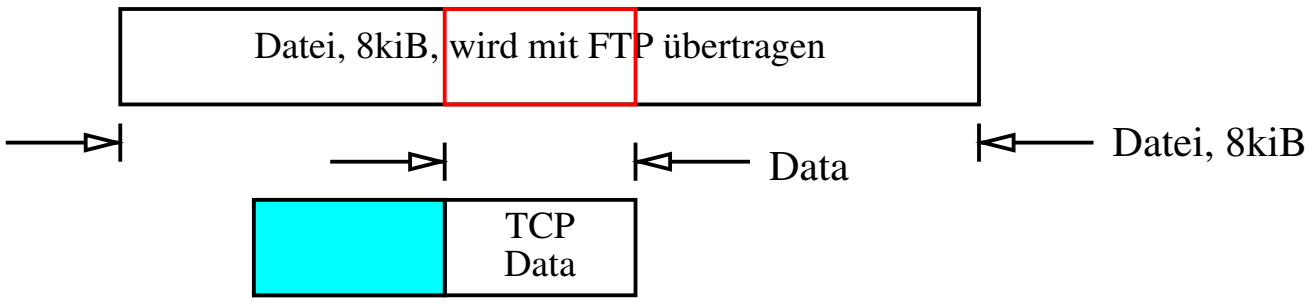
Kapselung: mehrfache Verpackung der Daten



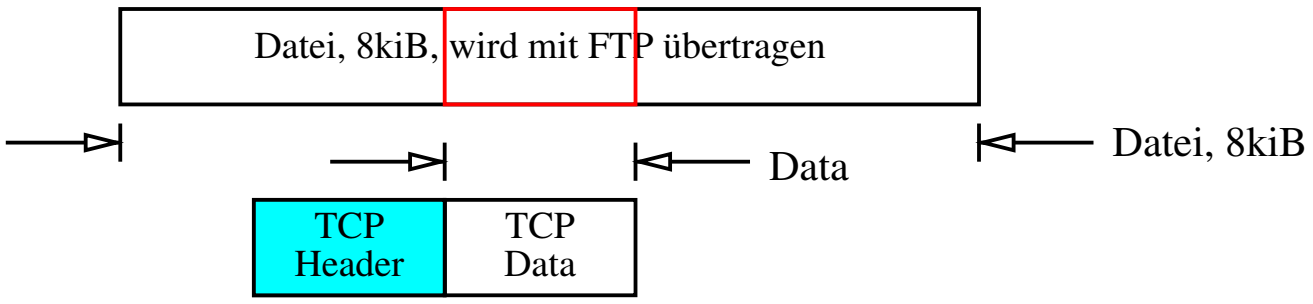
Kapselung: mehrfache Verpackung der Daten



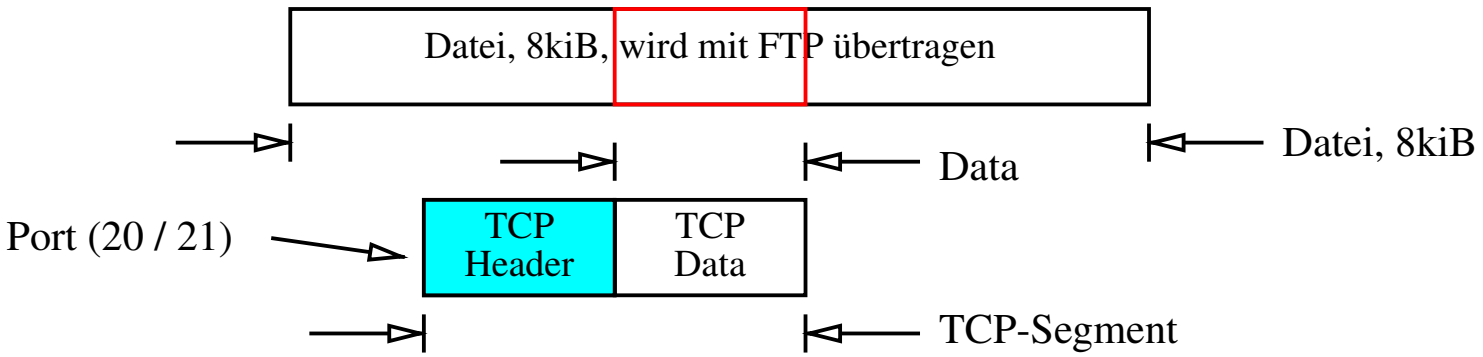
Kapselung: mehrfache Verpackung der Daten



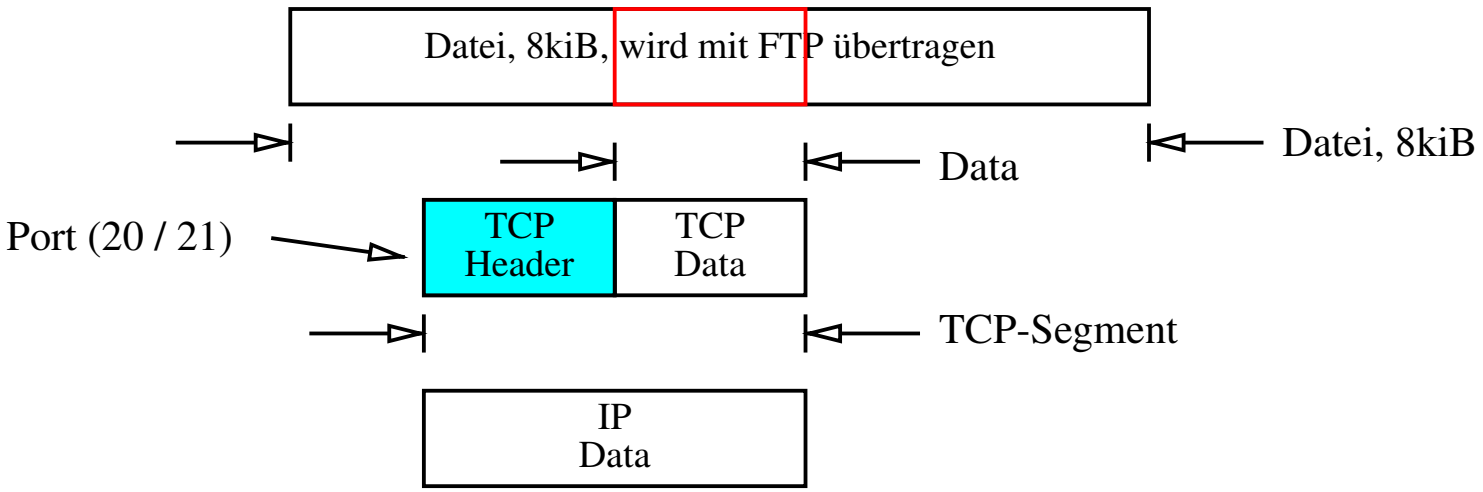
Kapselung: mehrfache Verpackung der Daten



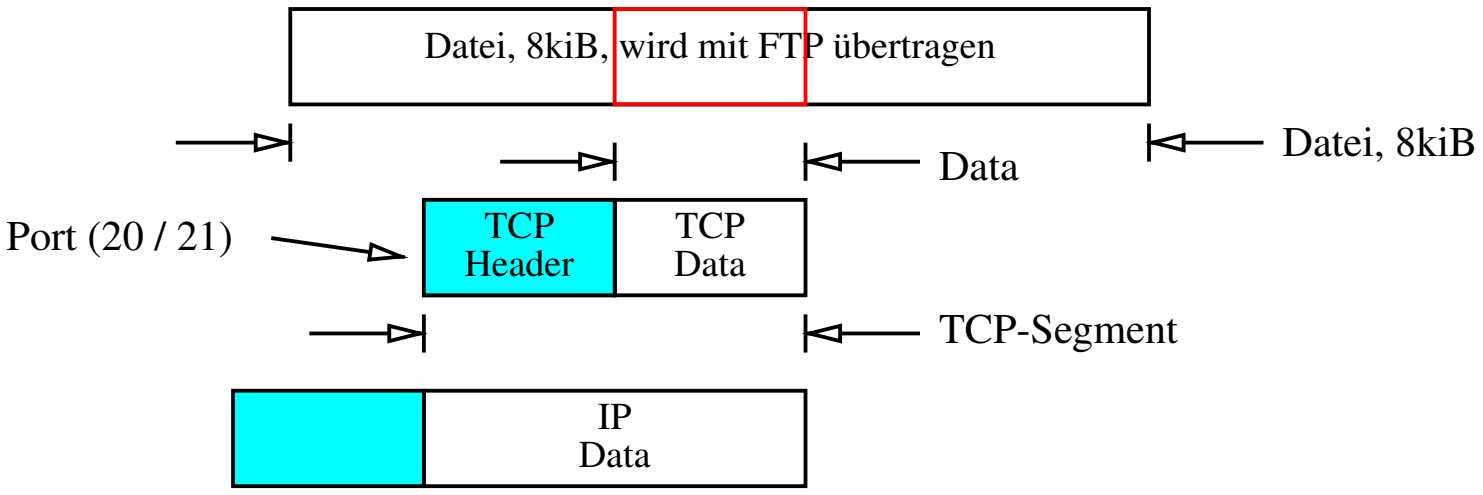
Kapselung: mehrfache Verpackung der Daten



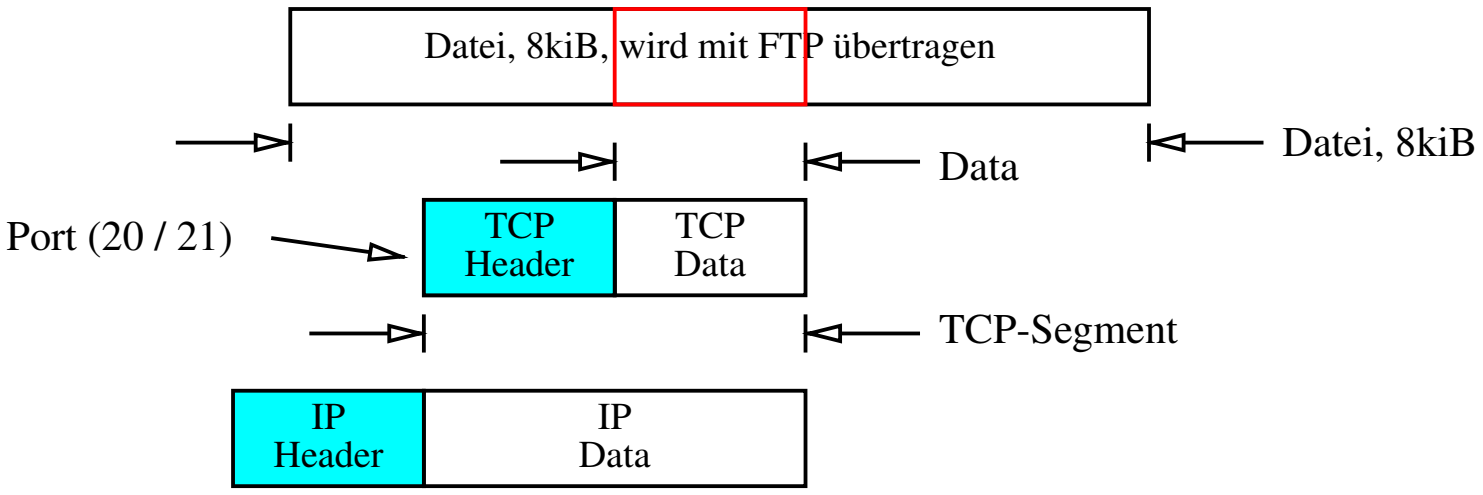
Kapselung: mehrfache Verpackung der Daten



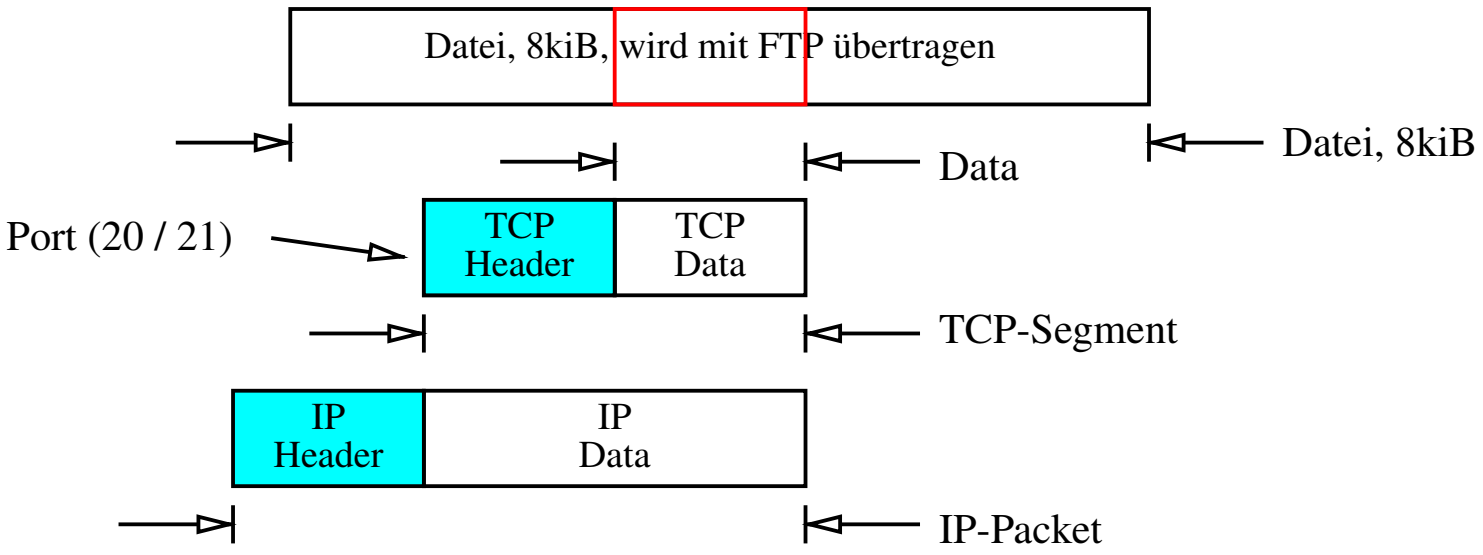
Kapselung: mehrfache Verpackung der Daten



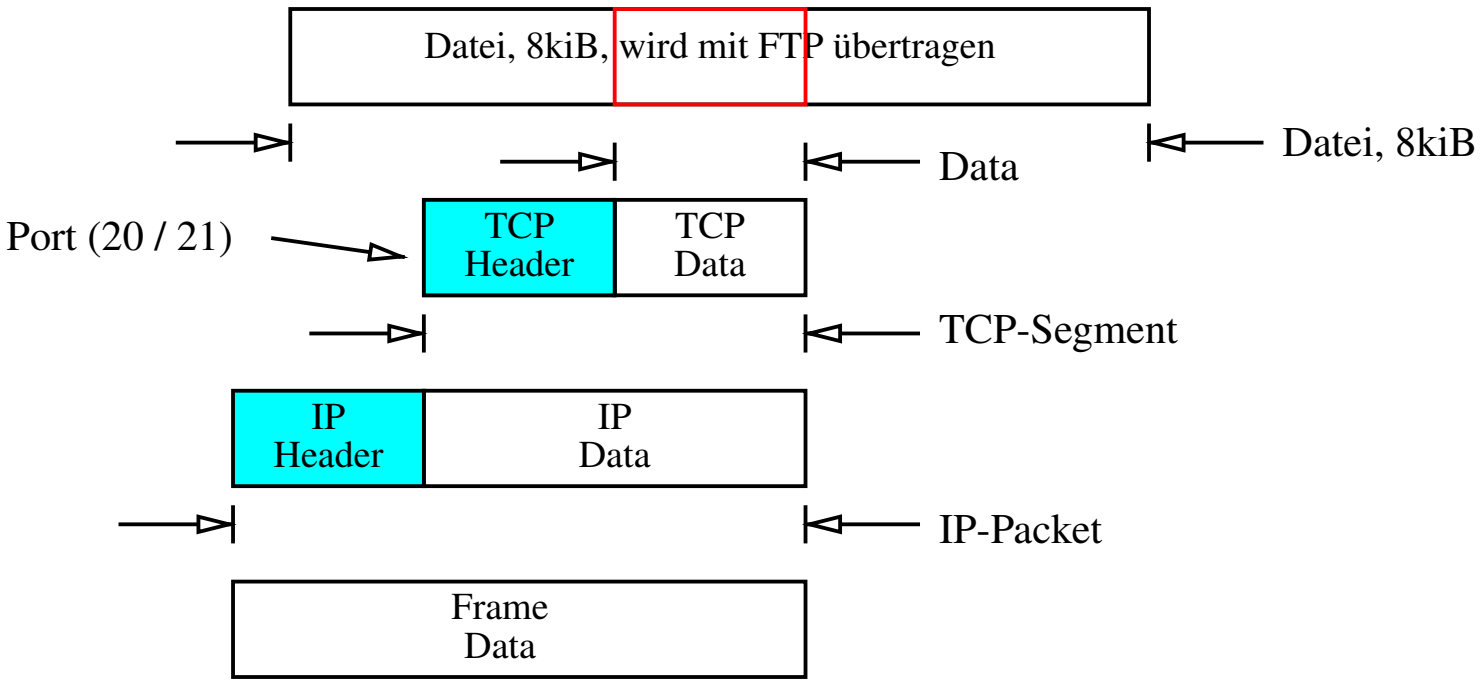
Kapselung: mehrfache Verpackung der Daten



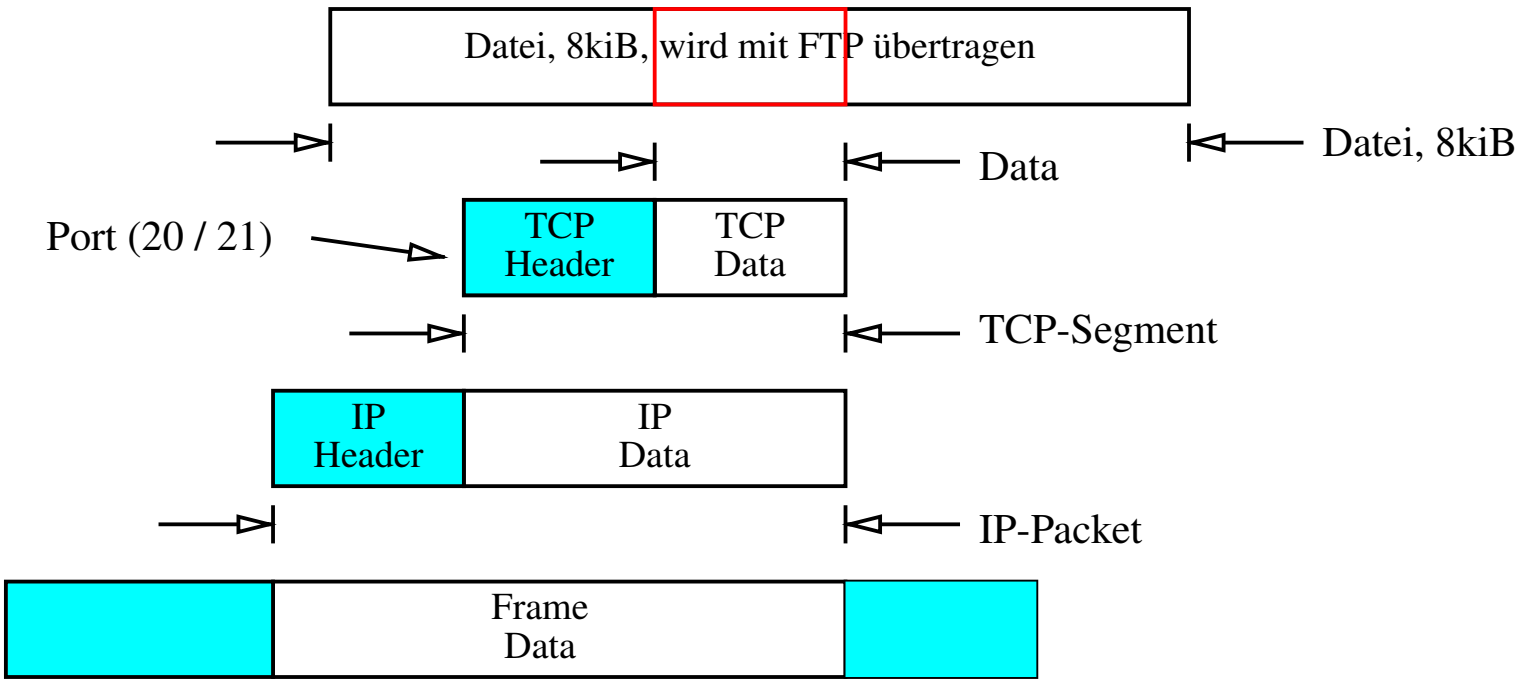
Kapselung: mehrfache Verpackung der Daten



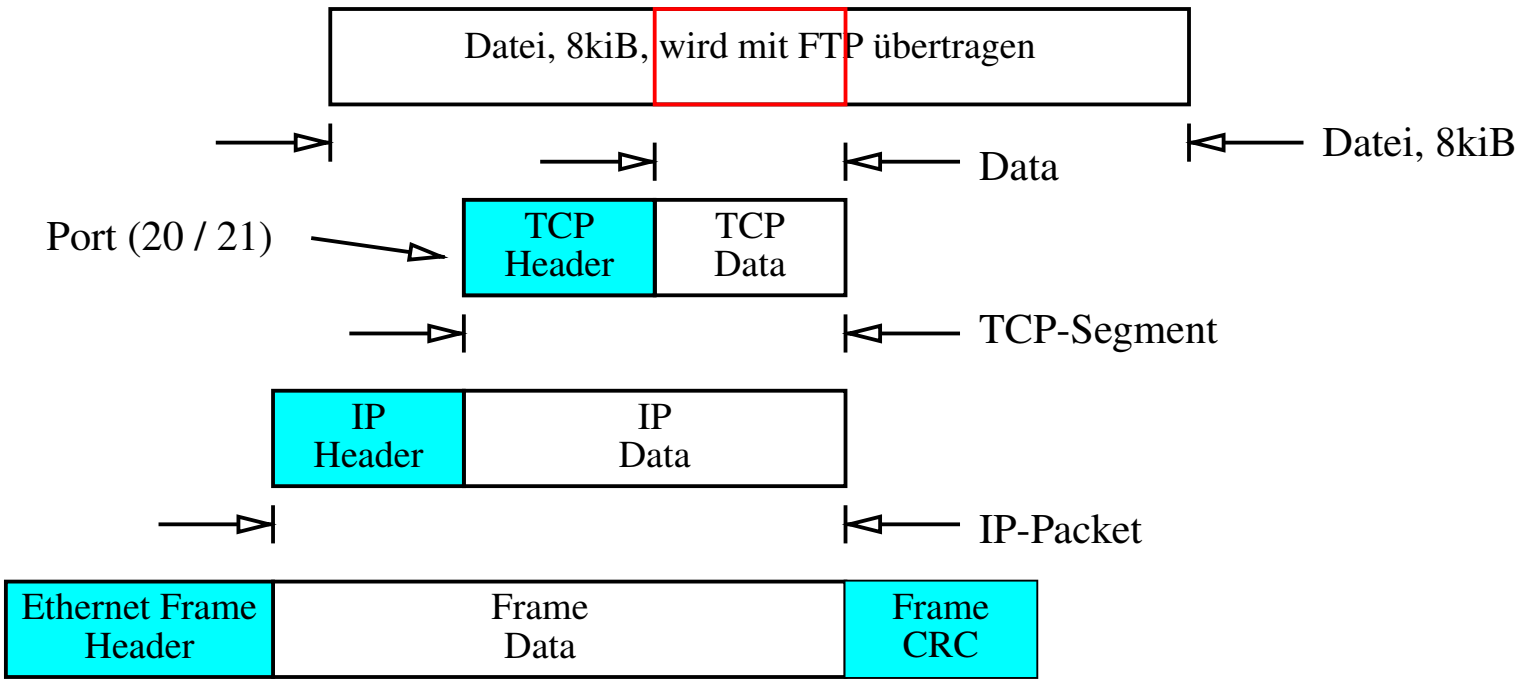
Kapselung: mehrfache Verpackung der Daten



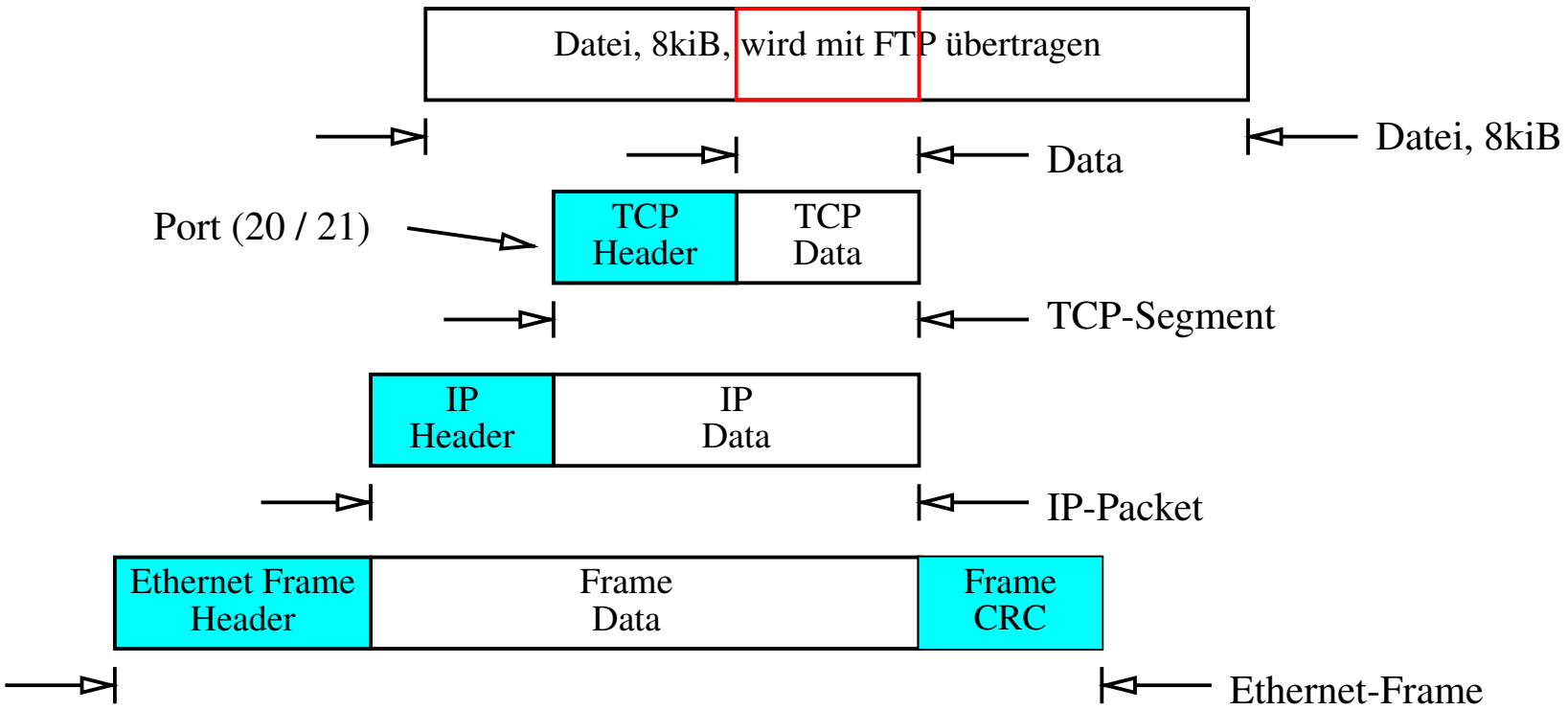
Kapselung: mehrfache Verpackung der Daten



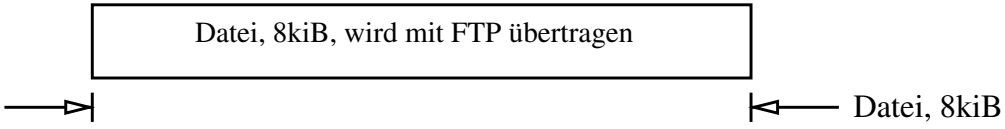
Kapselung: mehrfache Verpackung der Daten



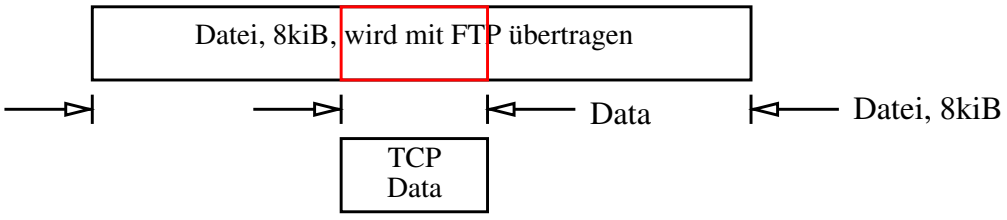
Kapselung: mehrfache Verpackung der Daten



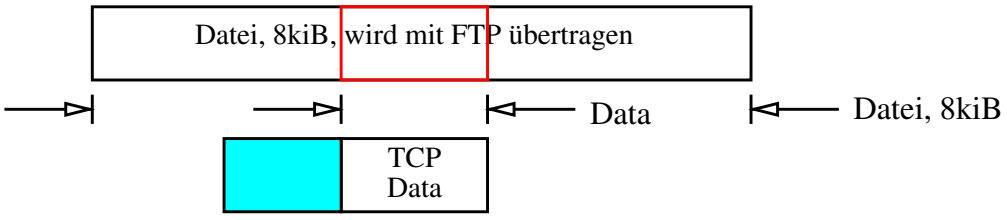
VPN mit Tunnel



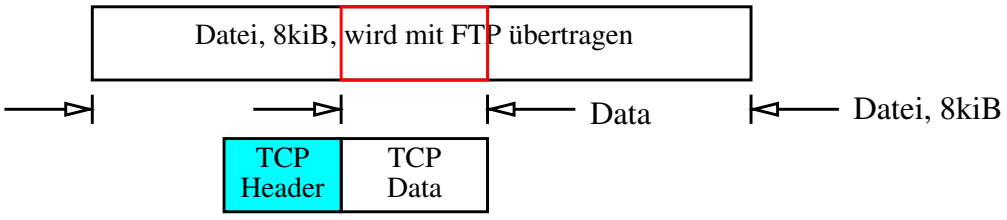
VPN mit Tunnel



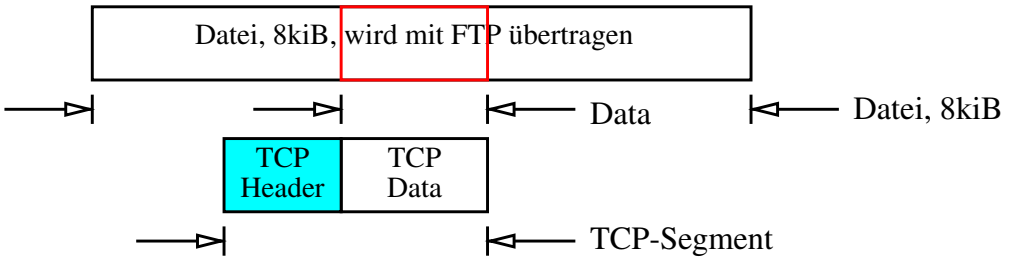
VPN mit Tunnel



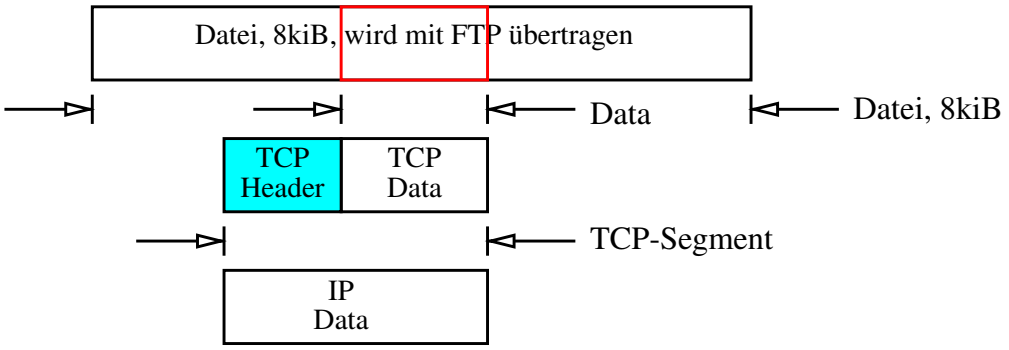
VPN mit Tunnel



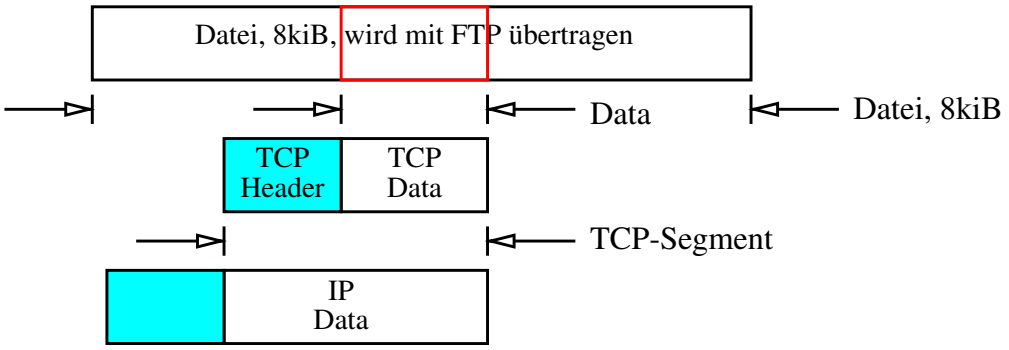
VPN mit Tunnel



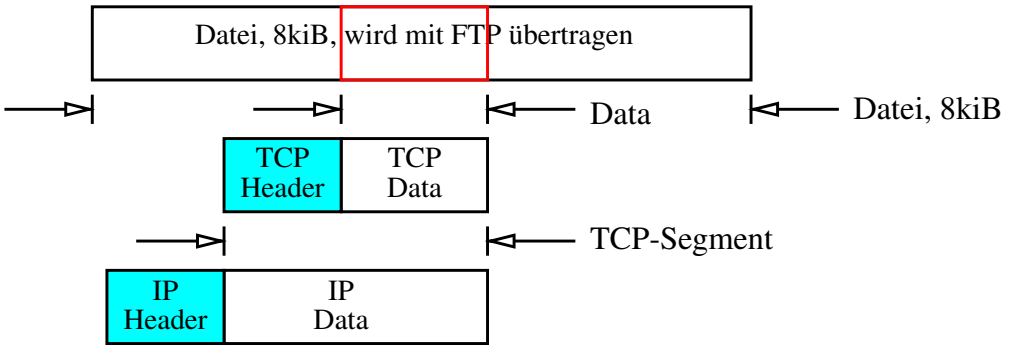
VPN mit Tunnel



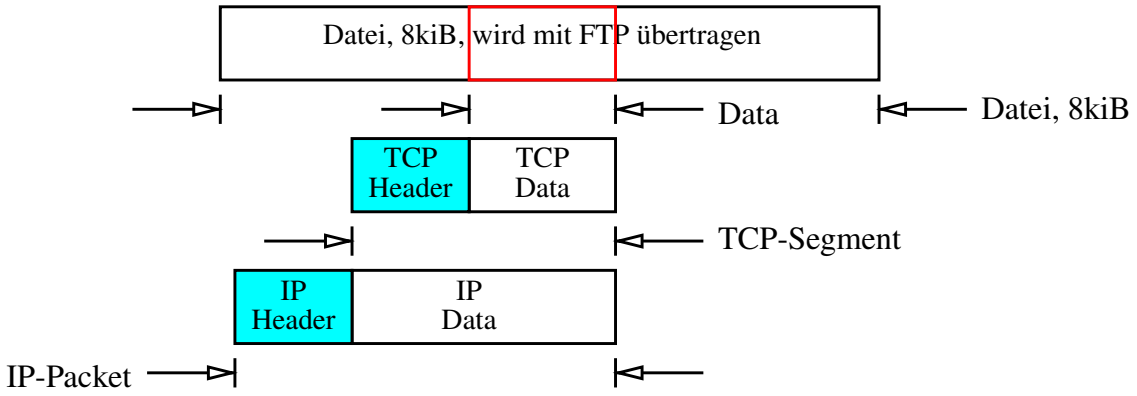
VPN mit Tunnel



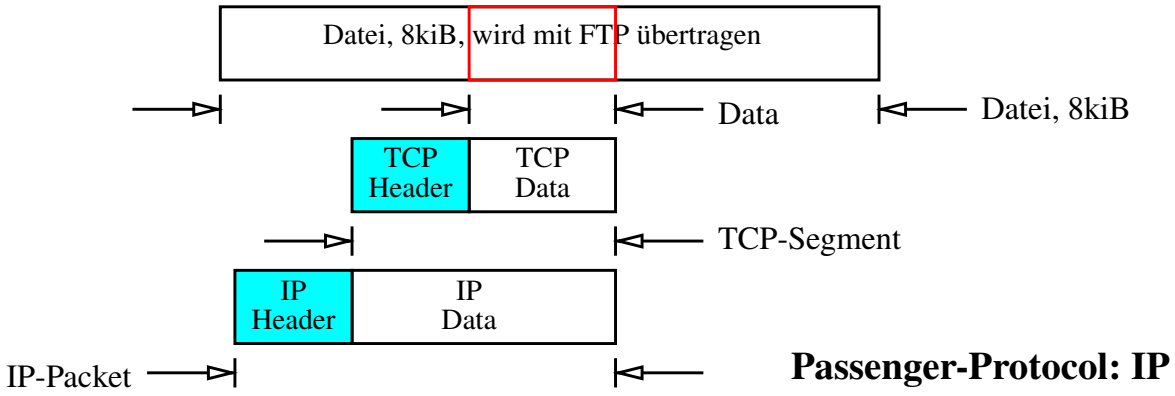
VPN mit Tunnel



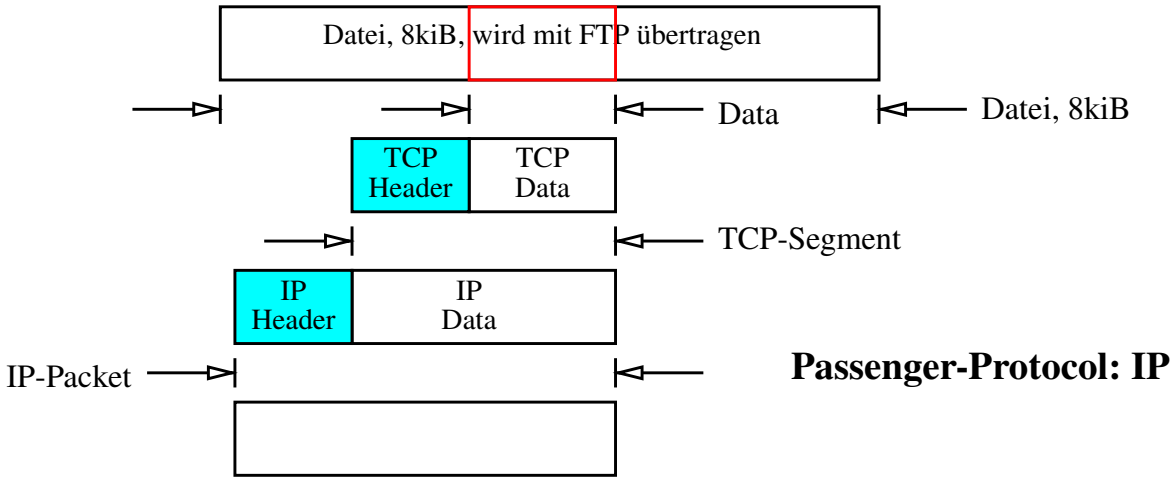
VPN mit Tunnel



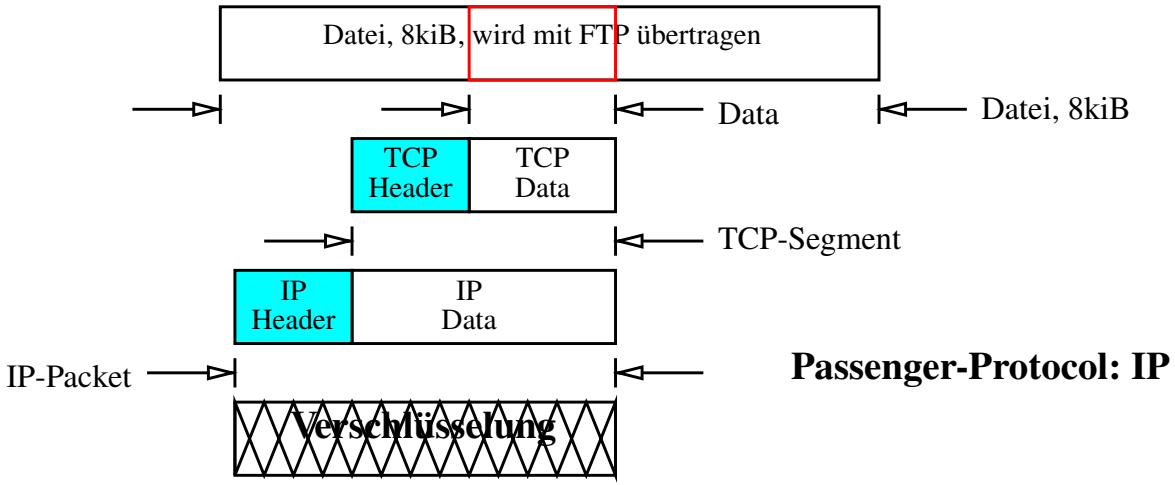
VPN mit Tunnel



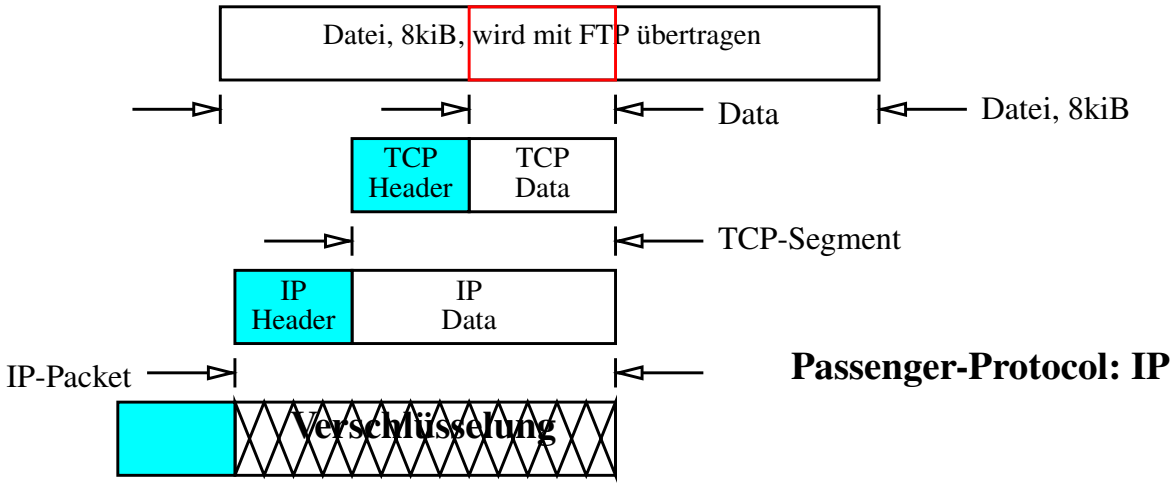
VPN mit Tunnel



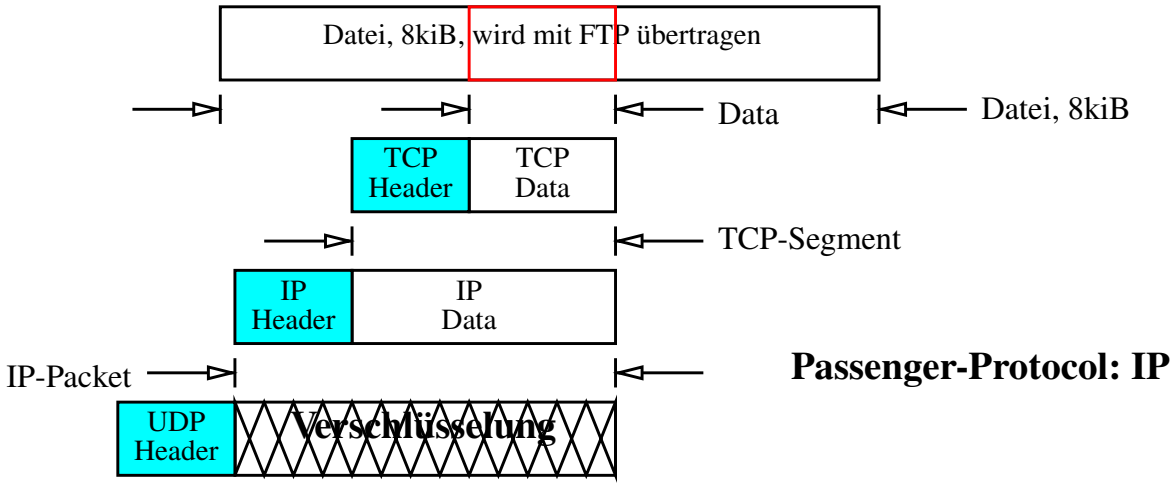
VPN mit Tunnel



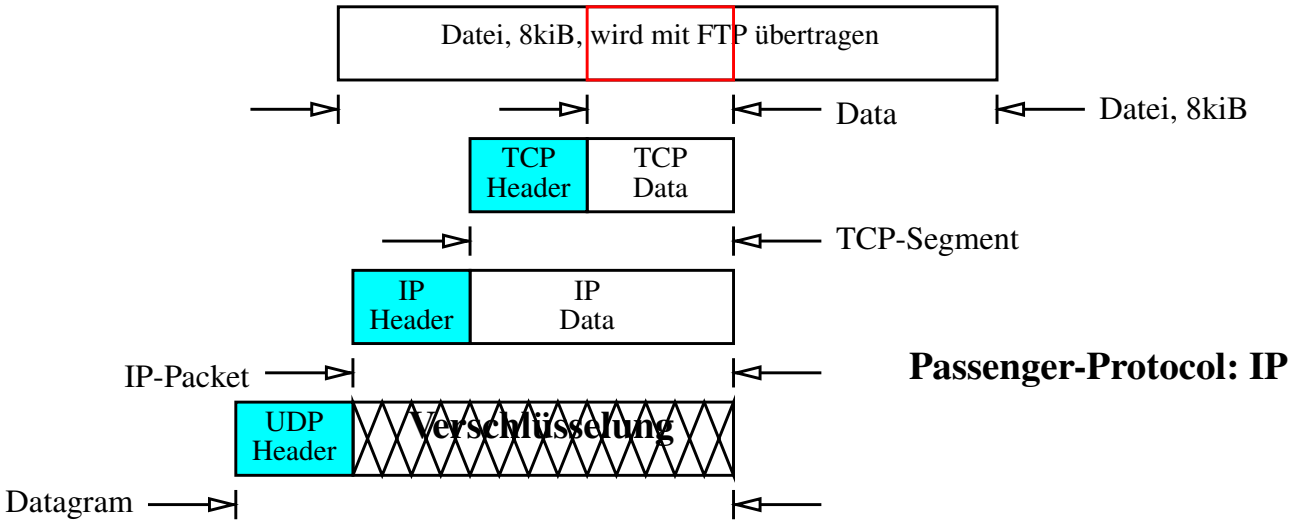
VPN mit Tunnel



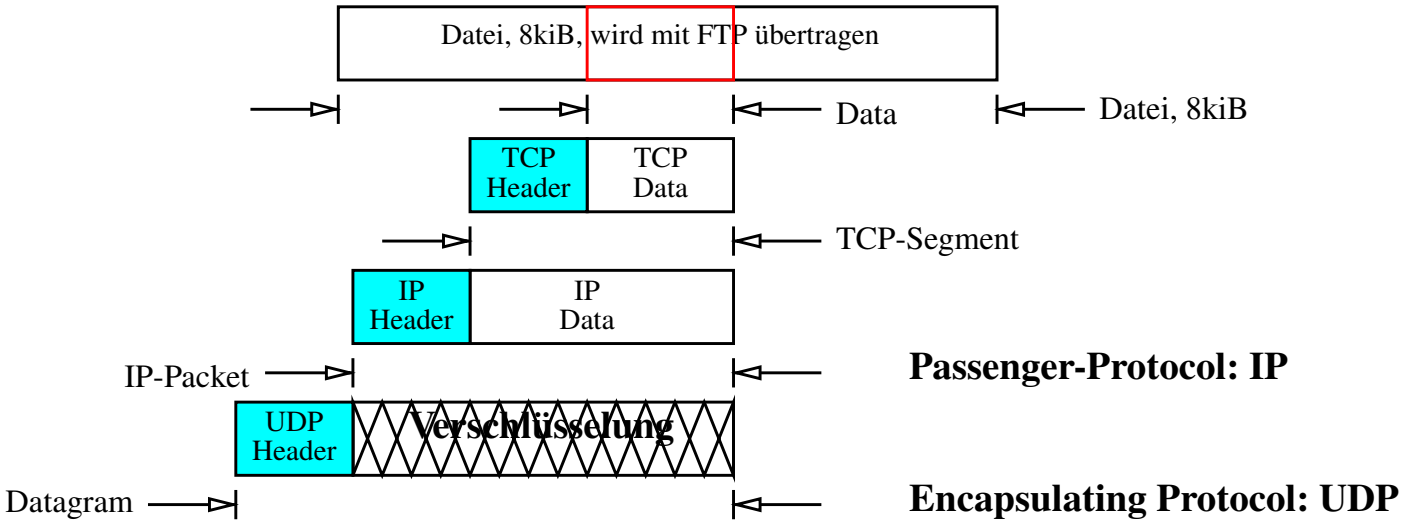
VPN mit Tunnel



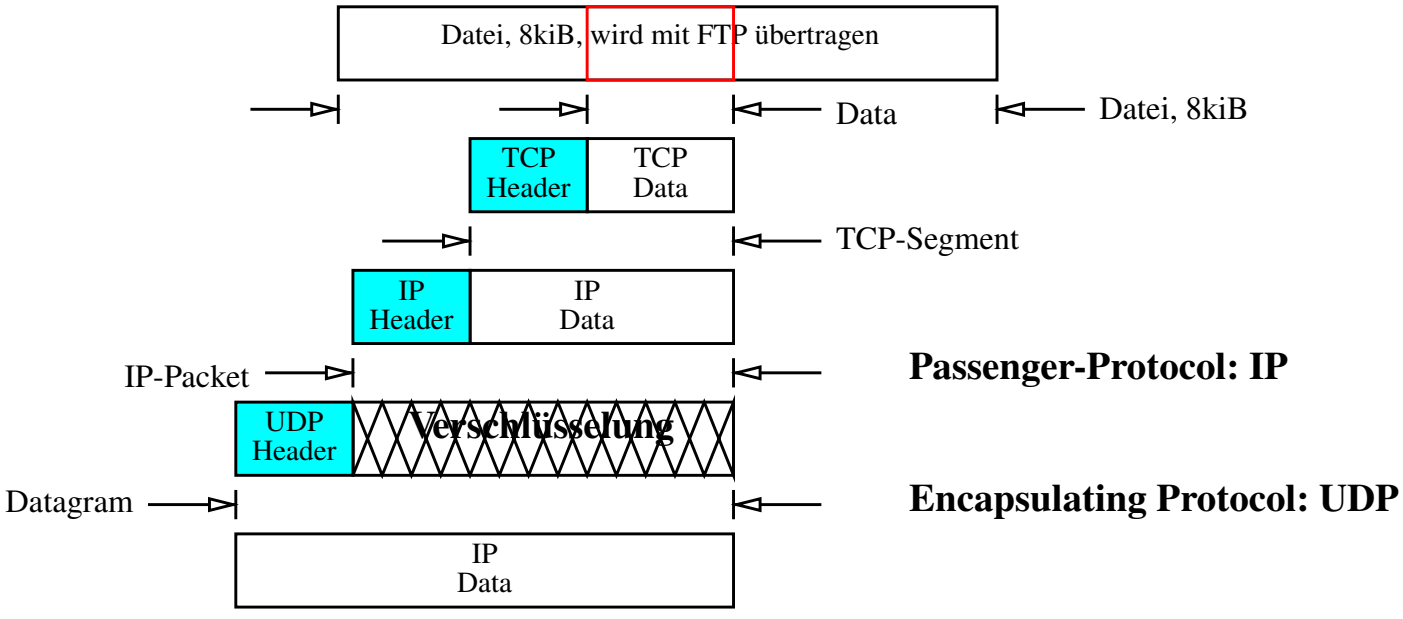
VPN mit Tunnel



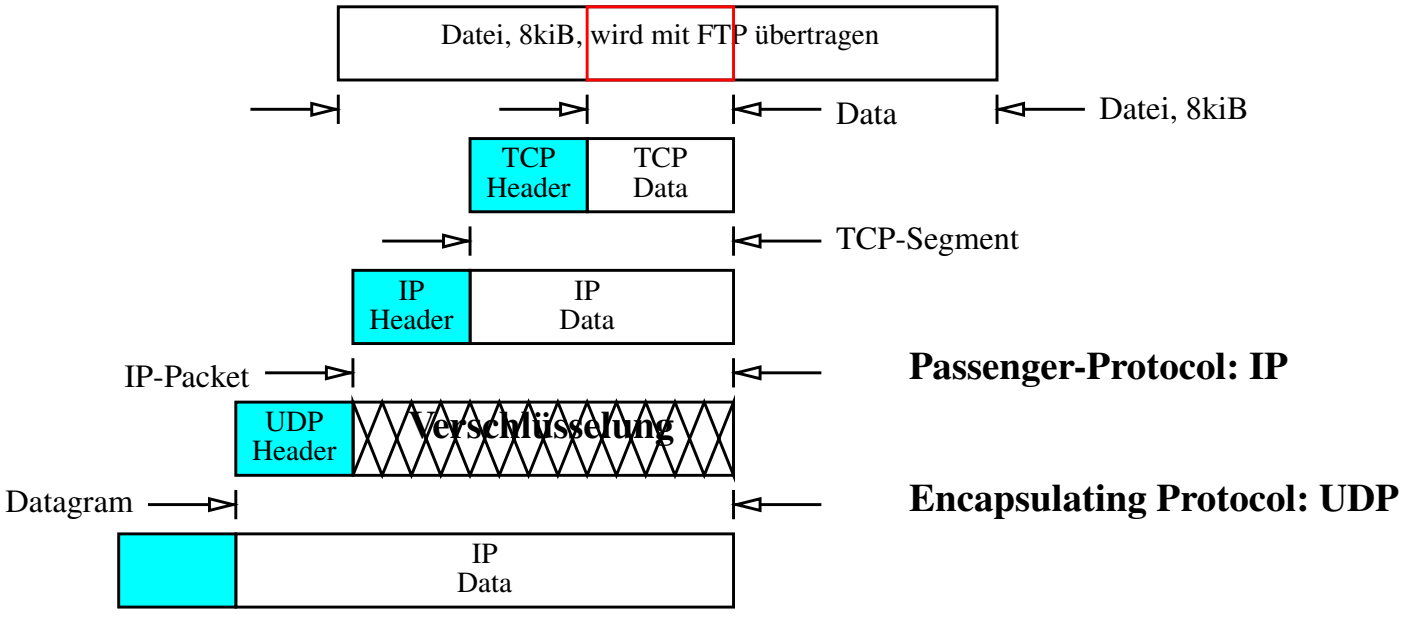
VPN mit Tunnel



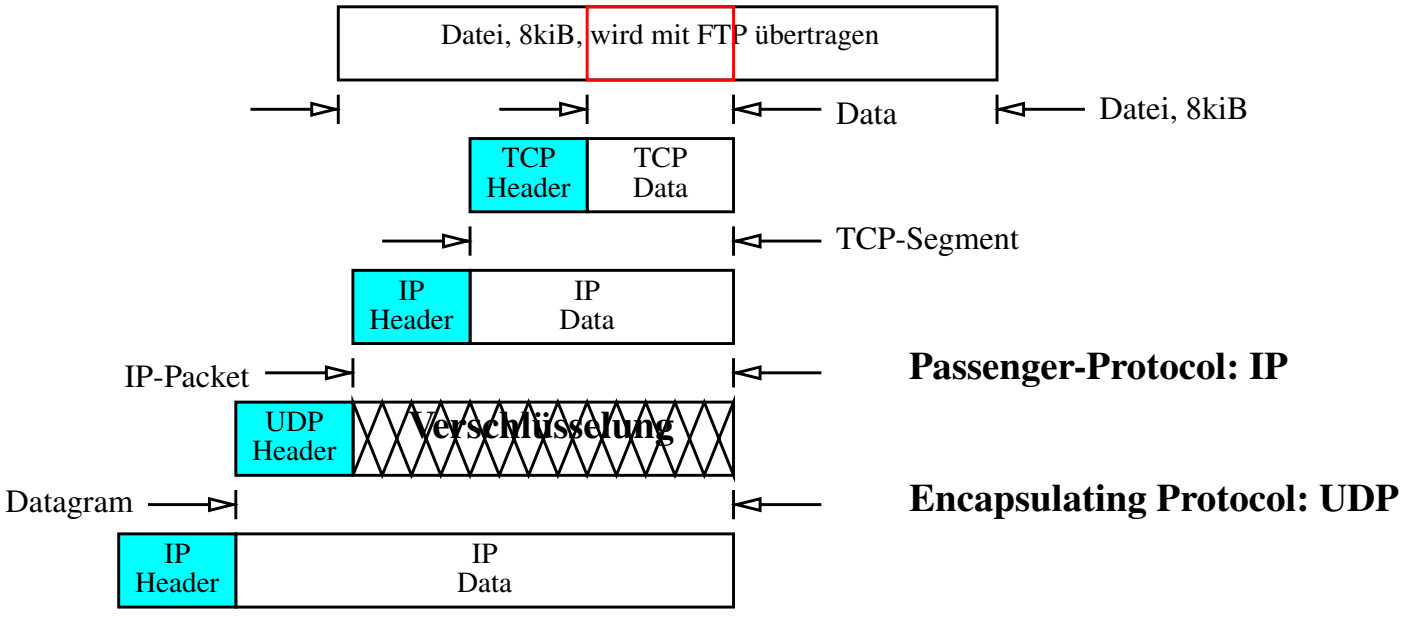
VPN mit Tunnel



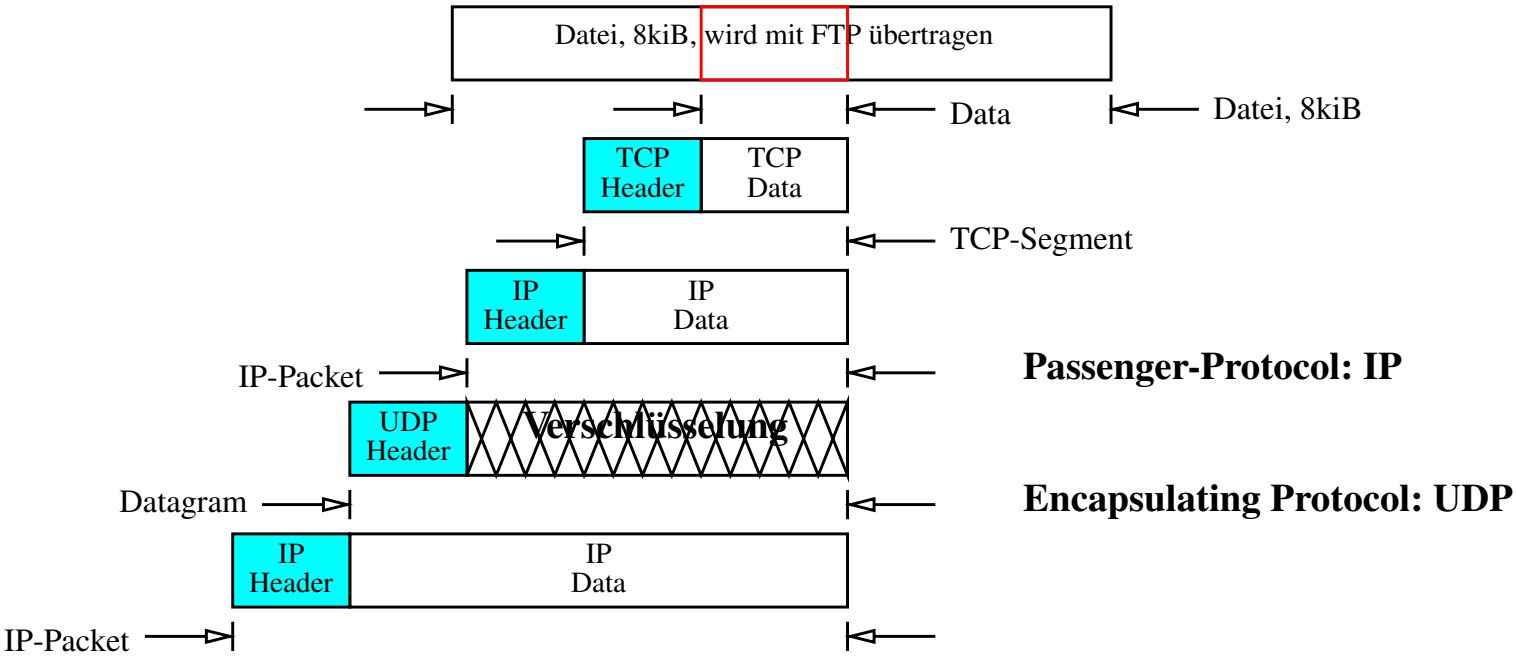
VPN mit Tunnel



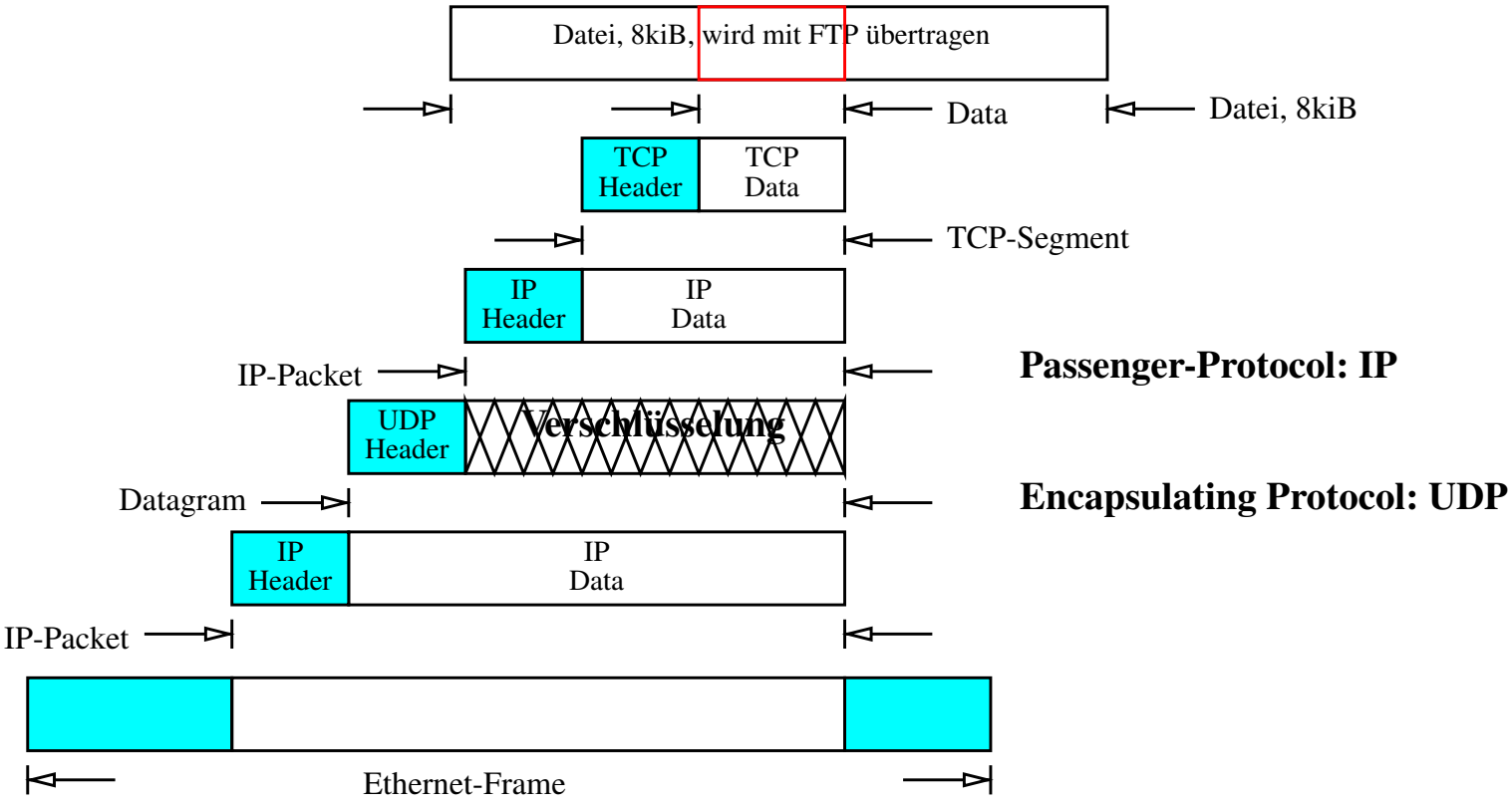
VPN mit Tunnel



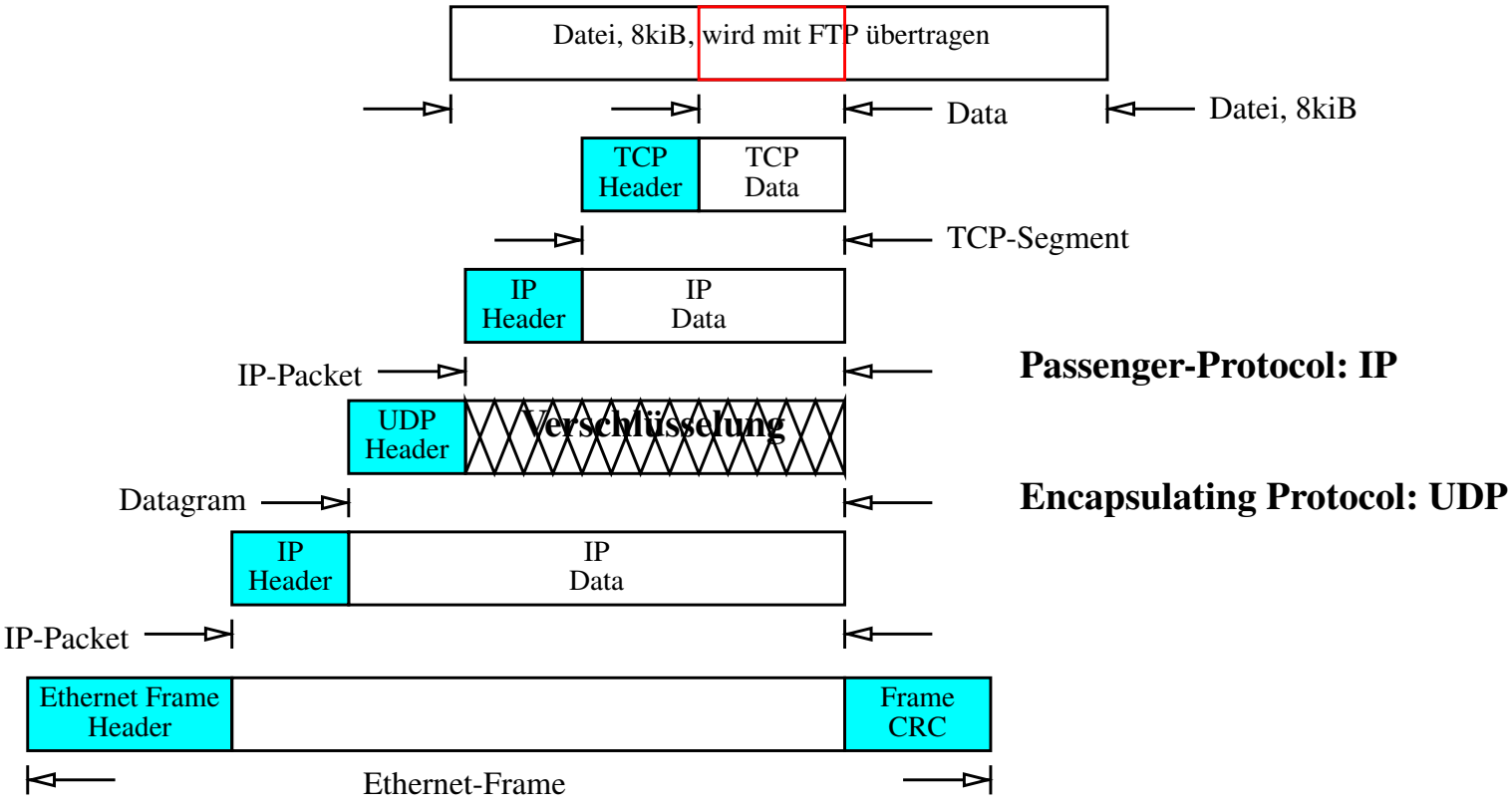
VPN mit Tunnel



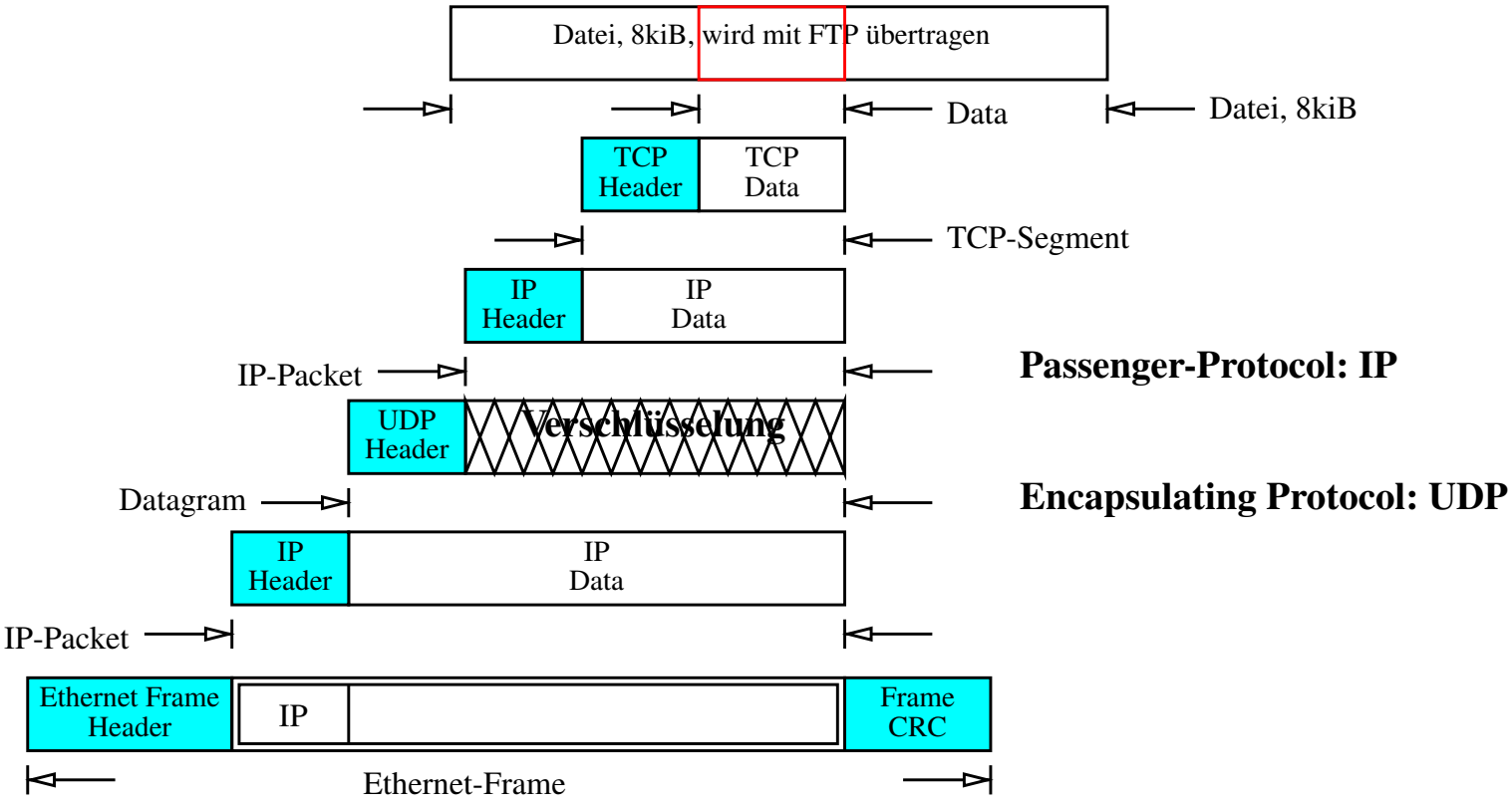
VPN mit Tunnel



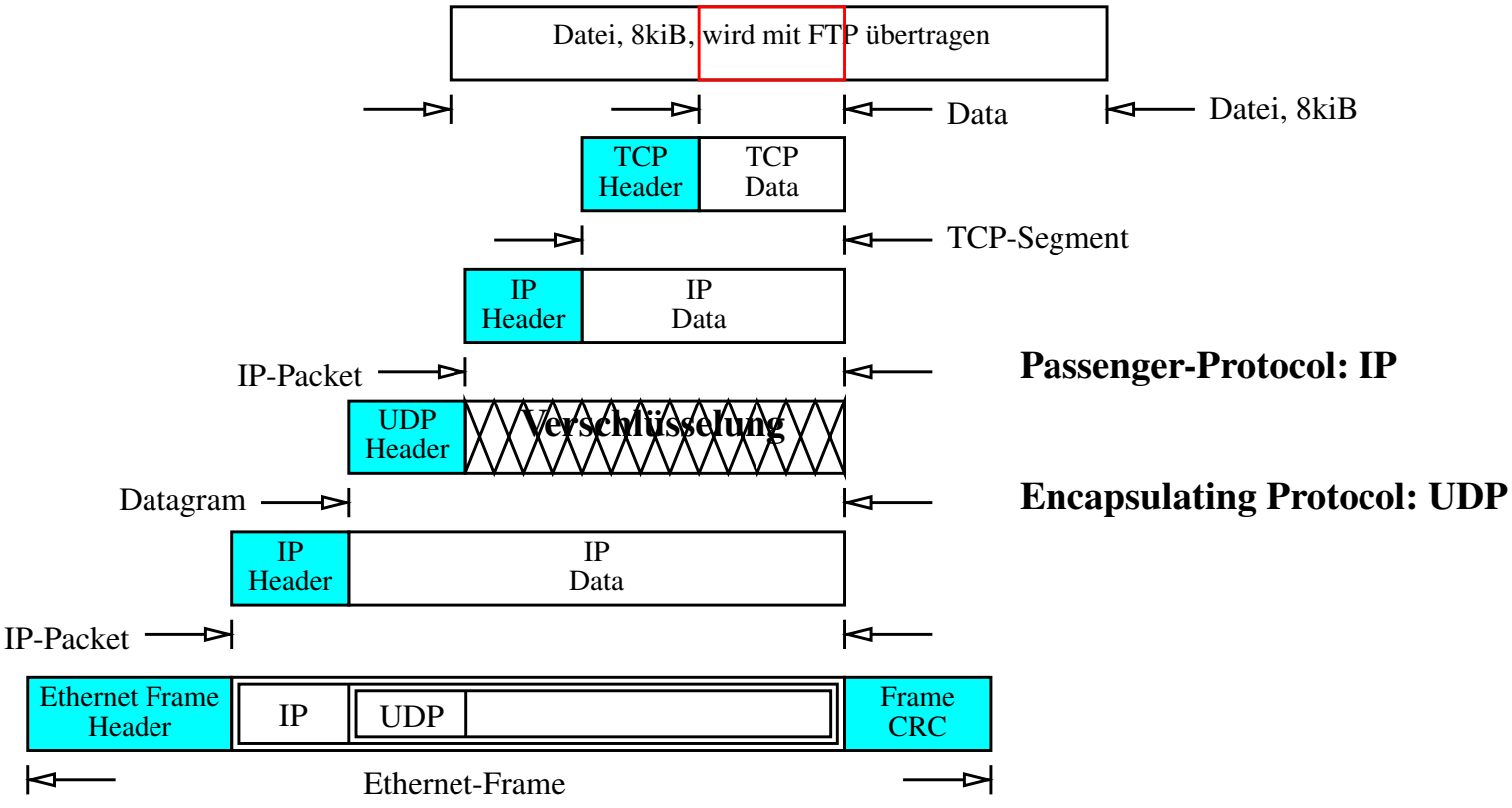
VPN mit Tunnel



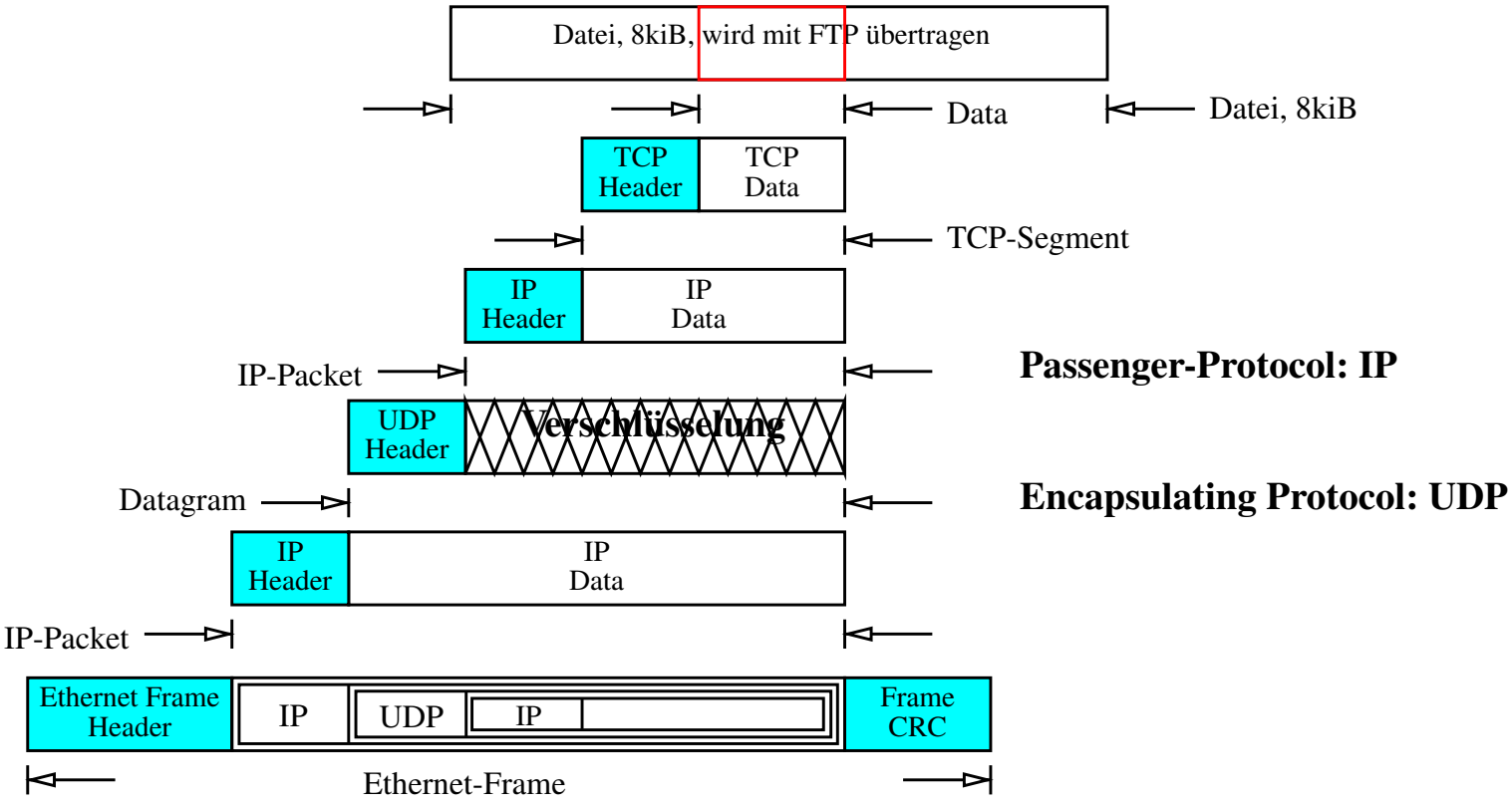
VPN mit Tunnel



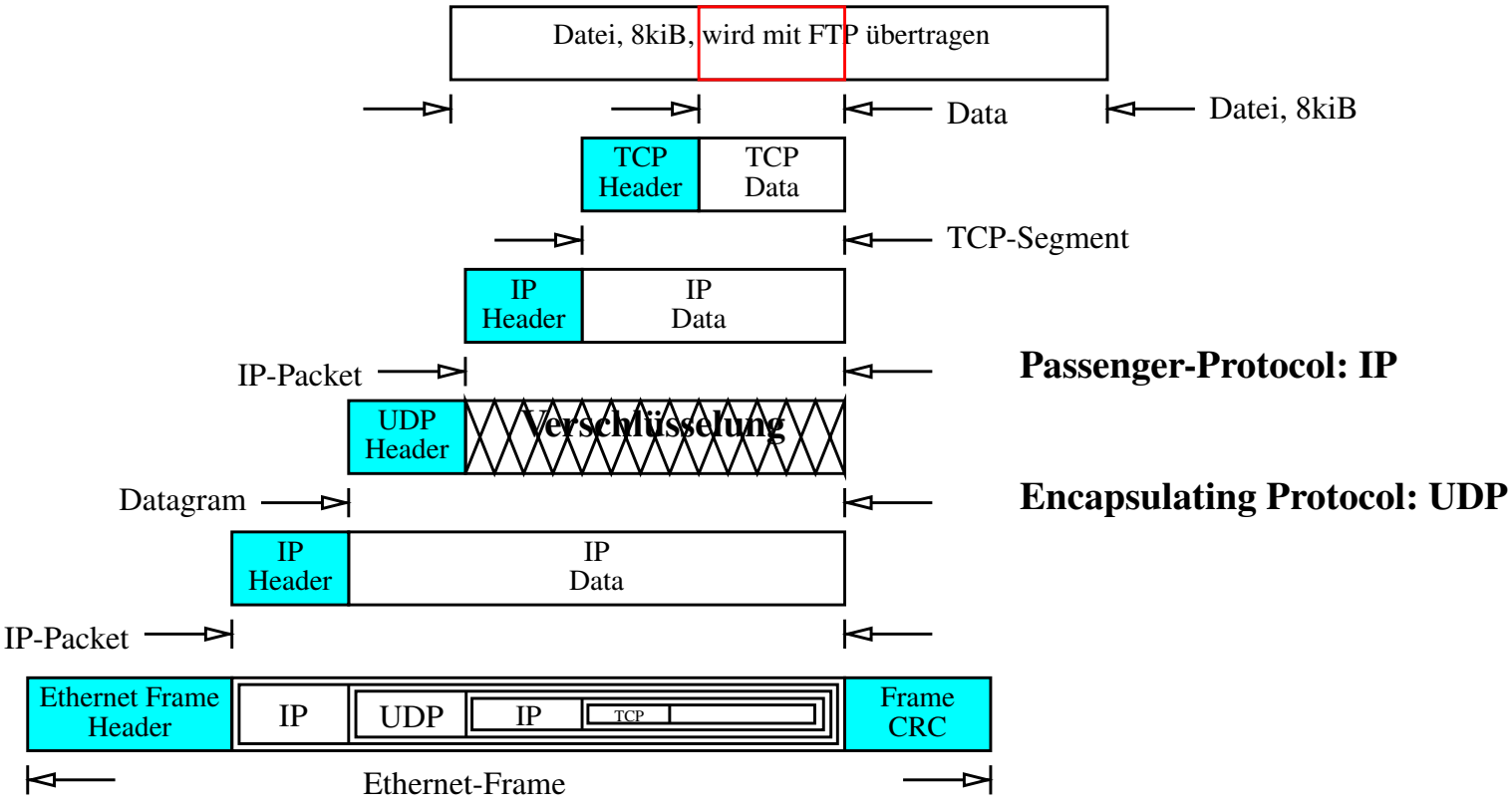
VPN mit Tunnel



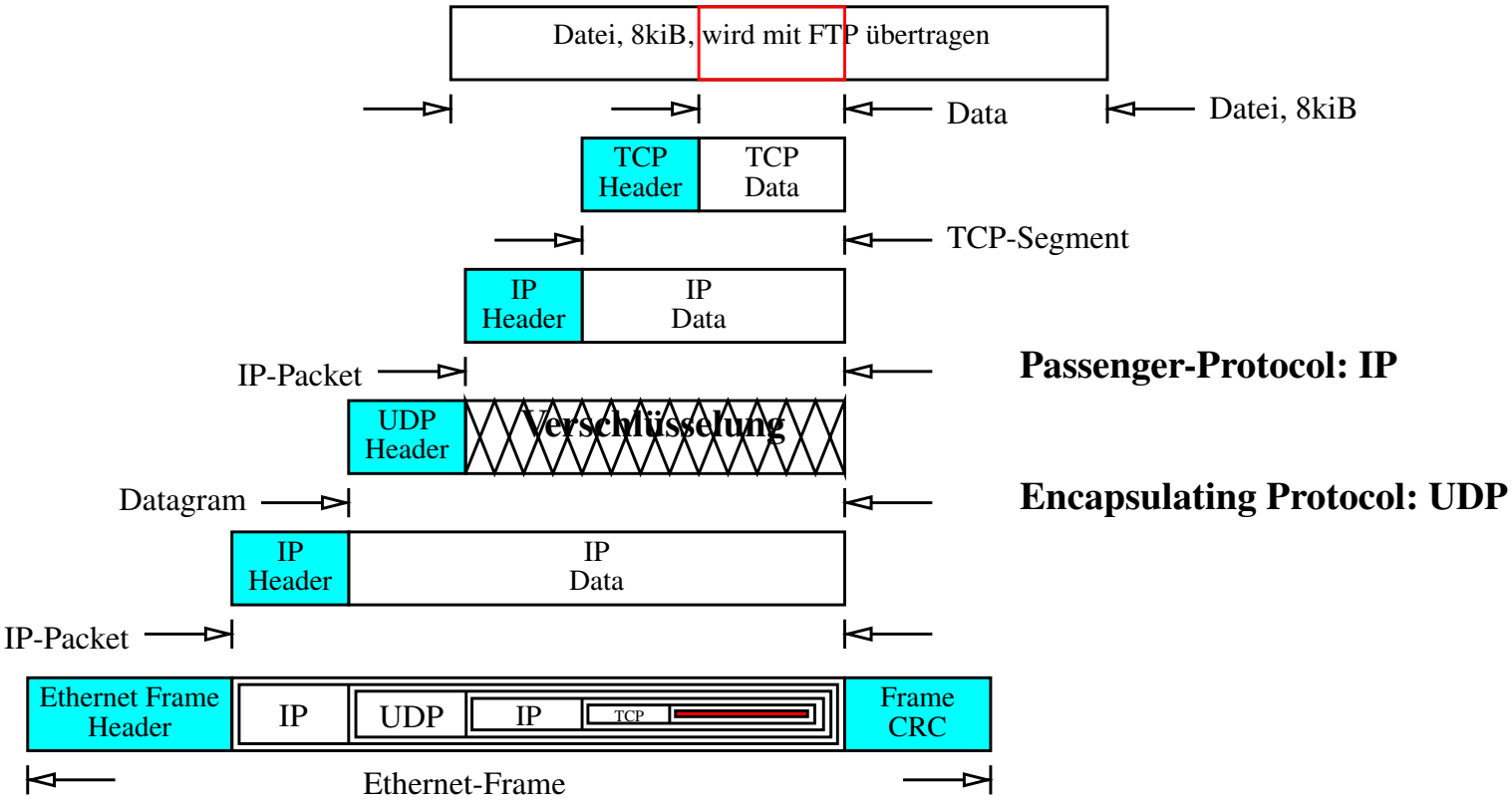
VPN mit Tunnel



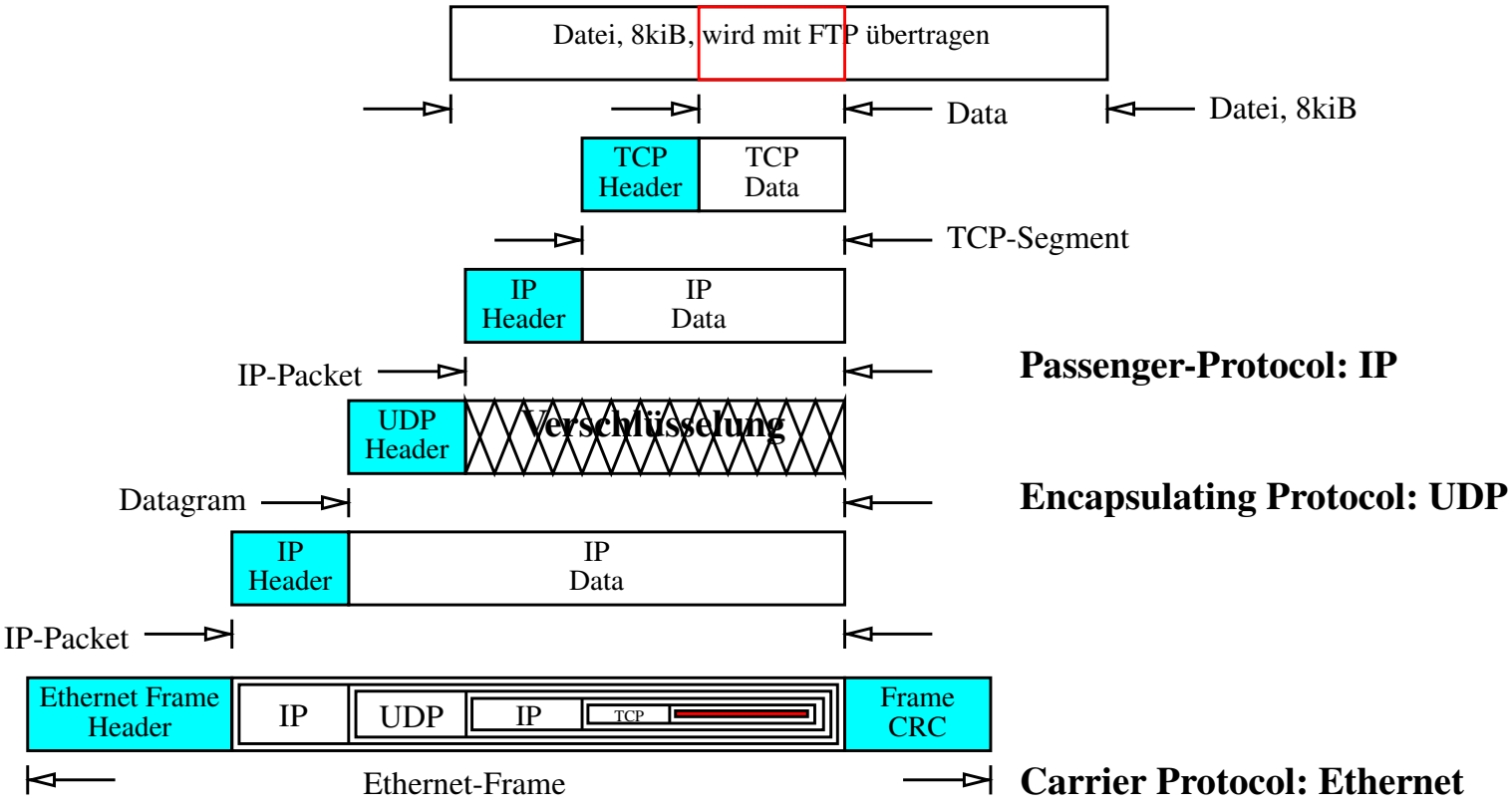
VPN mit Tunnel



VPN mit Tunnel



VPN mit Tunnel



Inhalt

Physikalische Schnittstellen

- Die beiden Diagramme zur Kapselung und Tunnelung enden auf Layer 2
- Wie geht es unterhalb von Layer 2 weiter?
- Natürlich mit Layer 1, der physikalischen Schicht:
- Physikalische Ethernet-Schnittstellen auf unixoiden Rechnern heissen:

  Linux: eth0, eth1, ...

  bsd, osx: en0, en1, ...

Physikalische Schnittstellen

- Die beiden Diagramme zur Kapselung und Tunnelung enden auf Layer 2
- Wie geht es unterhalb von Layer 2 weiter?
- Natürlich mit Layer 1, der physikalischen Schicht:
- Physikalische Ethernet-Schnittstellen auf unixoiden Rechnern heissen:

  Linux: eth0, eth1, ...

  bsd, osx: en0, en1, ...

Physikalische Schnittstellen

- Die beiden Diagramme zur Kapselung und Tunnelung enden auf Layer 2
- Wie geht es unterhalb von Layer 2 weiter?
- Natürlich mit Layer 1, der physikalischen Schicht:
- Physikalische Ethernet-Schnittstellen auf unixoiden Rechnern heissen:

  Linux: eth0, eth1, ...

  bsd, osx: en0, en1, ...

Physikalische Schnittstellen

- Die beiden Diagramme zur Kapselung und Tunnelung enden auf Layer 2
- Wie geht es unterhalb von Layer 2 weiter?
- Natürlich mit Layer 1, der physikalischen Schicht:
- Physikalische Ethernet-Schnittstellen auf unixoiden Rechnern heissen:

  Linux: eth0, eth1, ...

  bsd, osx: en0, en1, ...

Physikalische Schnittstellen

- Die beiden Diagramme zur Kapselung und Tunnelung enden auf Layer 2
- Wie geht es unterhalb von Layer 2 weiter?
- Natürlich mit Layer 1, der physikalischen Schicht:
- Physikalische Ethernet-Schnittstellen auf unixoiden Rechnern heissen:

  Linux: eth0, eth1, ...

  bsd, osx: en0, en1, ...

Physikalische Schnittstellen

- Die beiden Diagramme zur Kapselung und Tunnelung enden auf Layer 2
- Wie geht es unterhalb von Layer 2 weiter?
- Natürlich mit Layer 1, der physikalischen Schicht:
- Physikalische Ethernet-Schnittstellen auf unixoiden Rechnern heissen:

  Linux: eth0, eth1, ...

  bsd, osx: en0, en1, ...

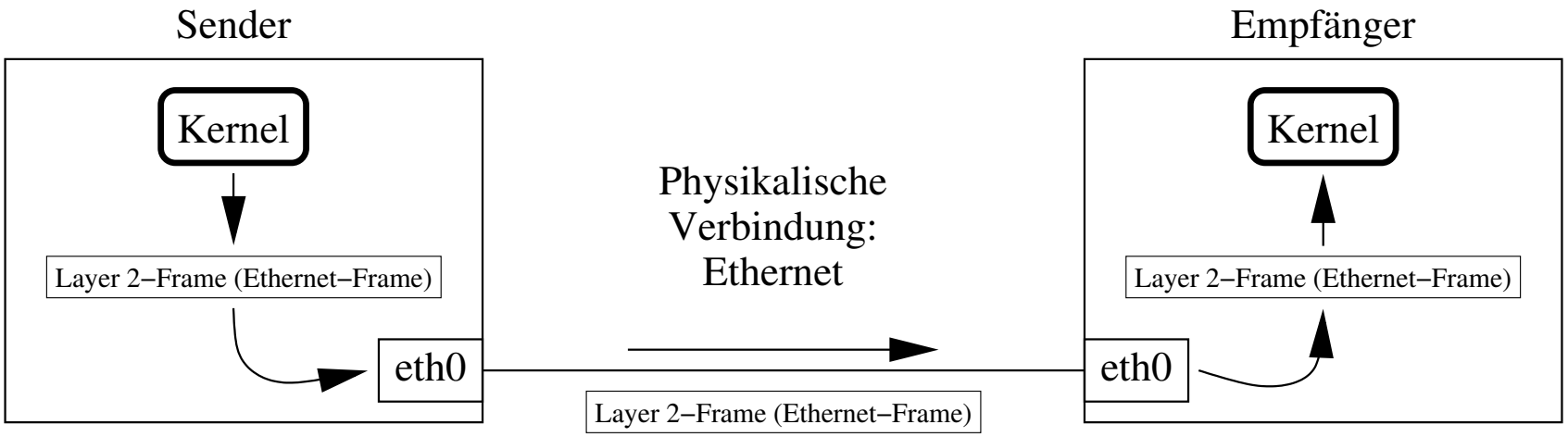
Physikalische Schnittstellen

- Die beiden Diagramme zur Kapselung und Tunnelung enden auf Layer 2
- Wie geht es unterhalb von Layer 2 weiter?
- Natürlich mit Layer 1, der physikalischen Schicht:
- Physikalische Ethernet-Schnittstellen auf unixoiden Rechnern heissen:

  Linux: eth0, eth1, ...

  bsd, osx: en0, en1, ...

Ethernet-Schnittstellen



Virtuelle Schnittstellen tun und tap

tun - *tun* wird durch ein Kernelmodul (Treiber, Kernel-Extension) erzeugt. Man kann sich *tun* wie eine Netzwerkschnittstelle vorstellen, die Pakete auf Layer 3 (IP) über eine virtuelle Leitung sendet und empfängt.

tap - *tap* ist ebenso eine virtuelle Schnittstelle, jedoch sendet und empfängt tap Layer 2 (Ethernet) Rahmen. Auf *tap* wird im Folgenden nicht weiter eingegangen.

Virtuelle Schnittstellen tun und tap

tun - *tun* wird durch ein Kernelmodul (Treiber, Kernel-Extension) erzeugt. Man kann sich *tun* wie eine Netzwerkschnittstelle vorstellen, die Pakete auf Layer 3 (IP) über eine virtuelle Leitung sendet und empfängt.

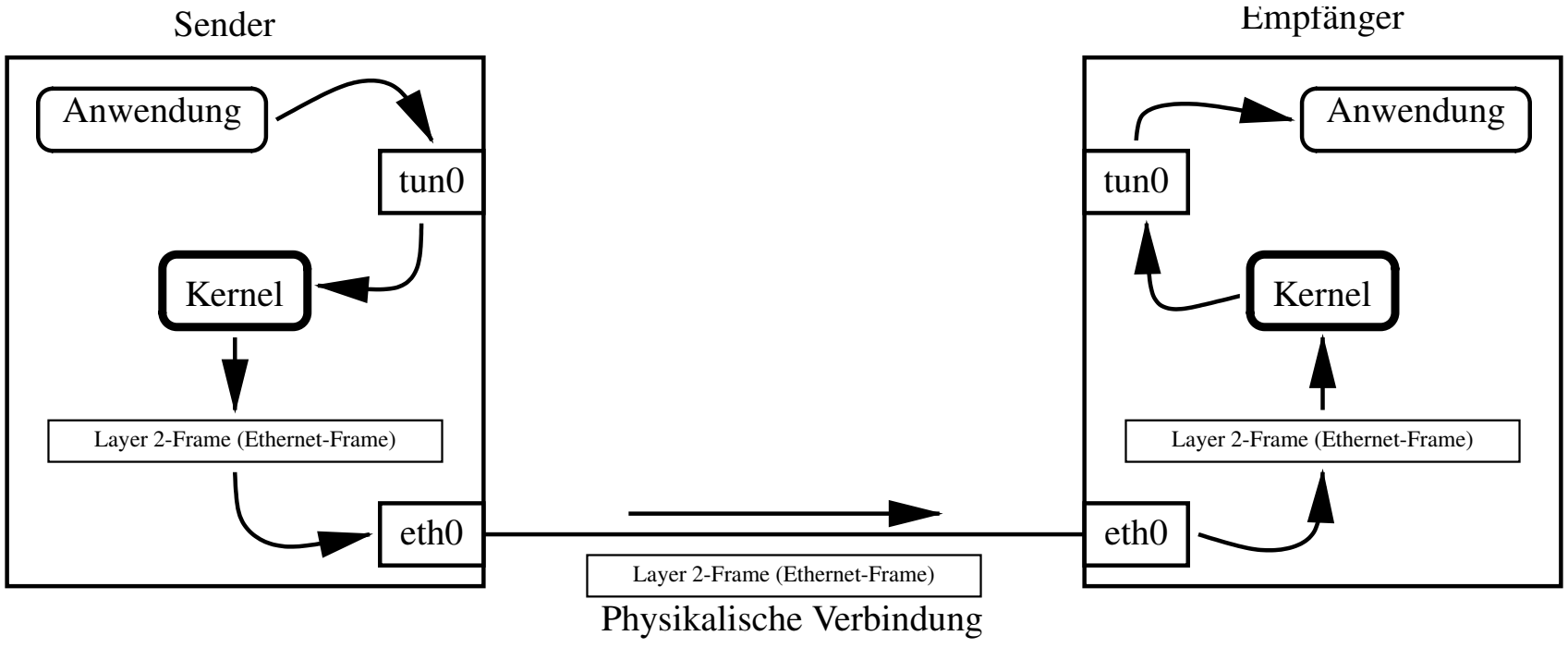
tap - *tap* ist ebenso eine virtuelle Schnittstelle, jedoch sendet und empfängt tap Layer 2 (Ethernet) Rahmen. Auf *tap* wird im Folgenden nicht weiter eingegangen.

Virtuelle Schnittstellen tun und tap

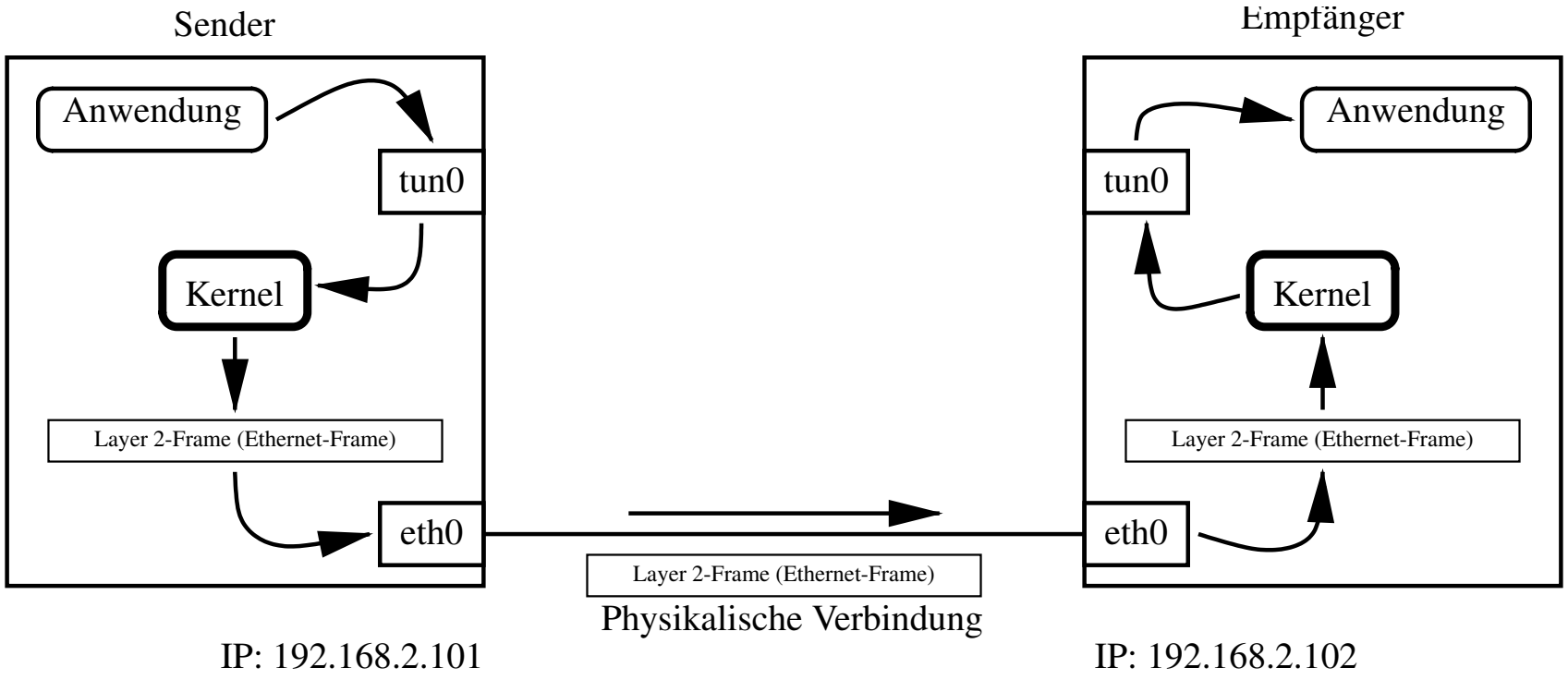
tun - *tun* wird durch ein Kernelmodul (Treiber, Kernel-Extension) erzeugt. Man kann sich *tun* wie eine Netzwerkschnittstelle vorstellen, die Pakete auf Layer 3 (IP) über eine virtuelle Leitung sendet und empfängt.

tap - *tap* ist ebenso eine virtuelle Schnittstelle, jedoch sendet und empfängt tap Layer 2 (Ethernet) Rahmen. Auf *tap* wird im Folgenden nicht weiter eingegangen.

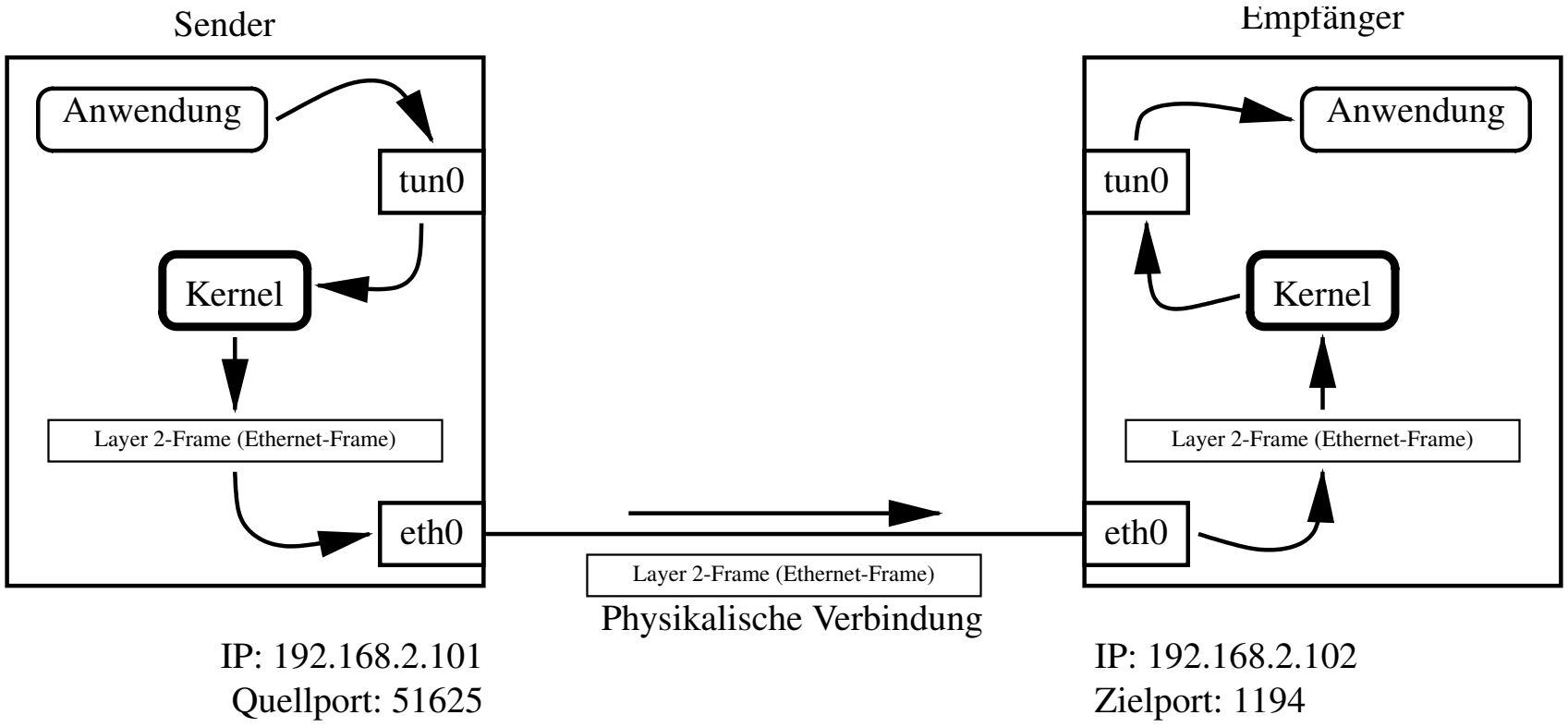
Virtuelle Tunnelschnittstelle im Schaubild



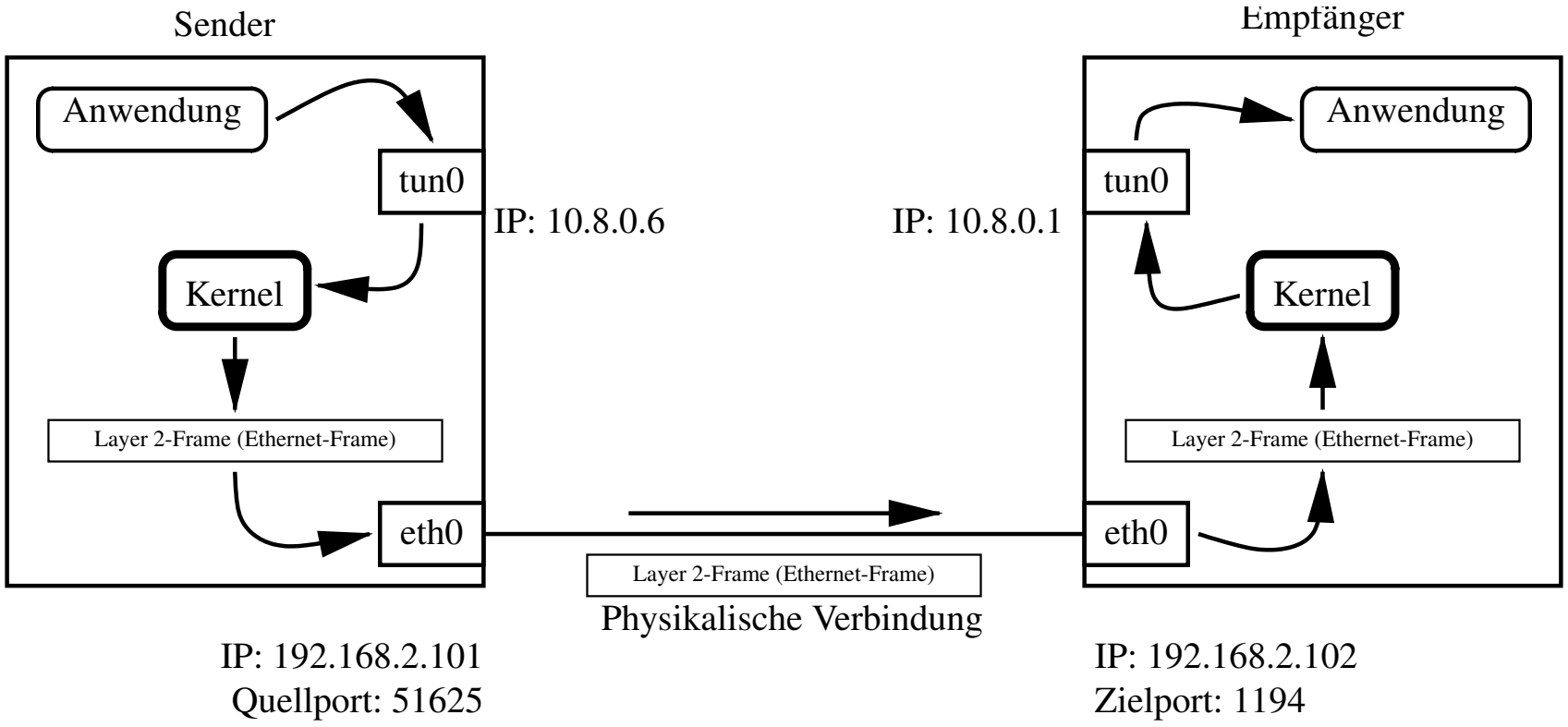
Virtuelle Tunnelschnittstelle im Schaubild



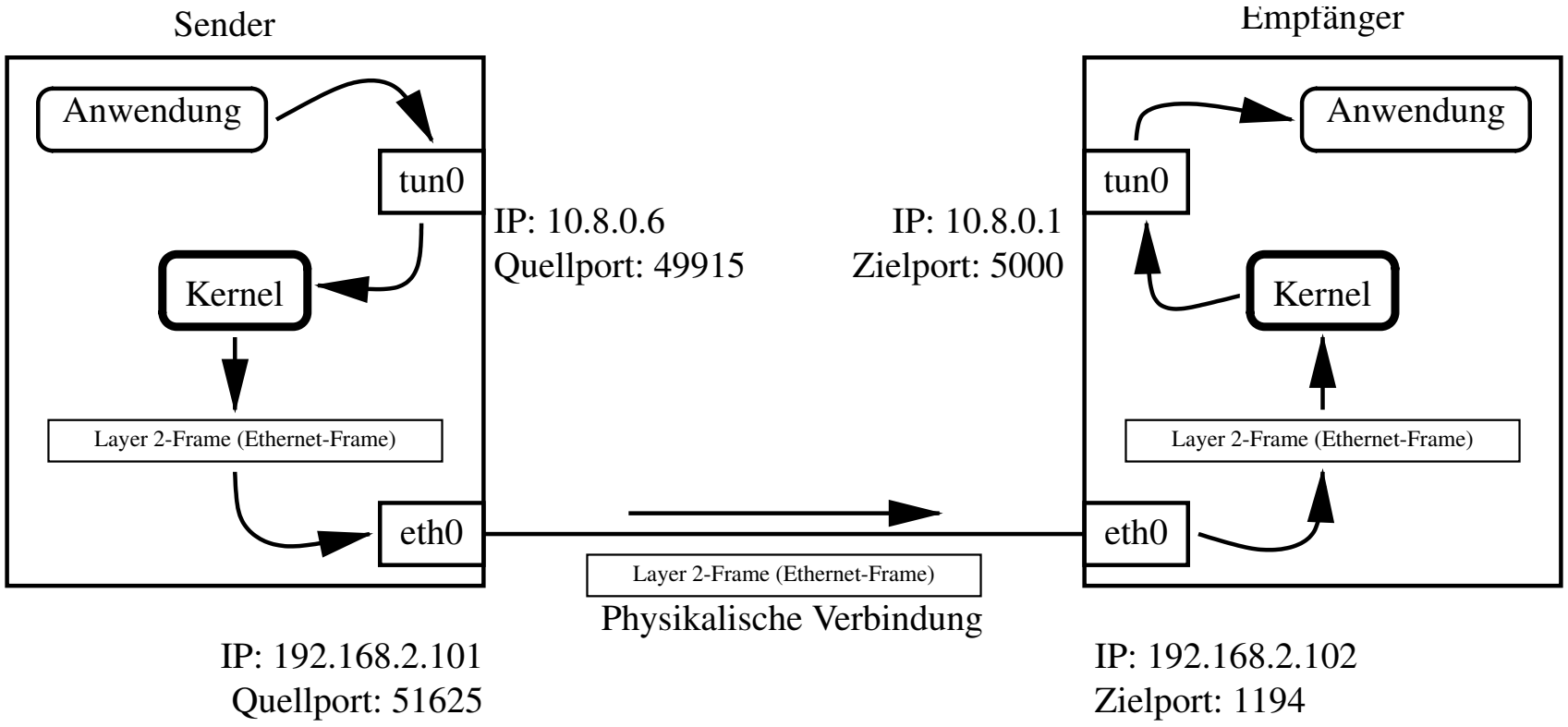
Virtuelle Tunnelschnittstelle im Schaubild



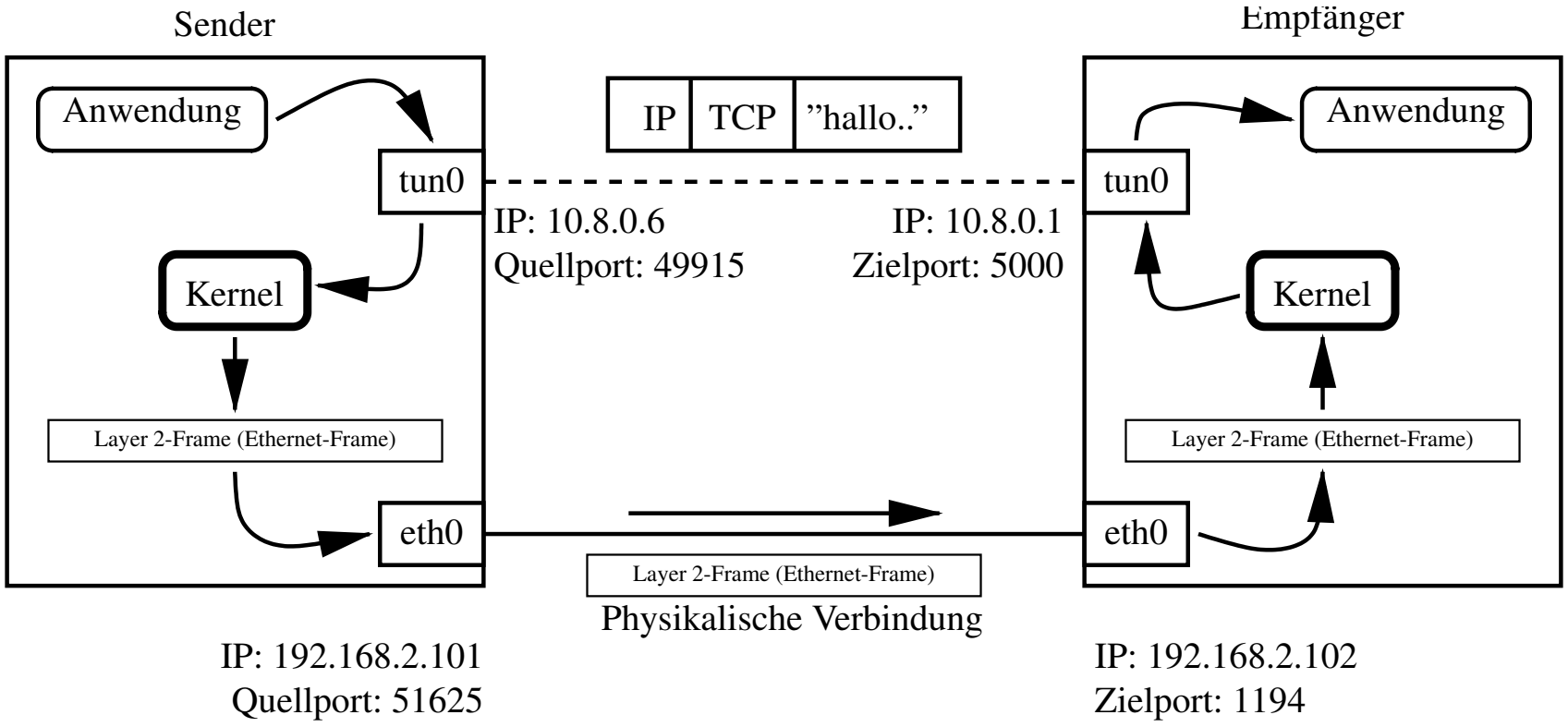
Virtuelle Tunnelschnittstelle im Schaubild



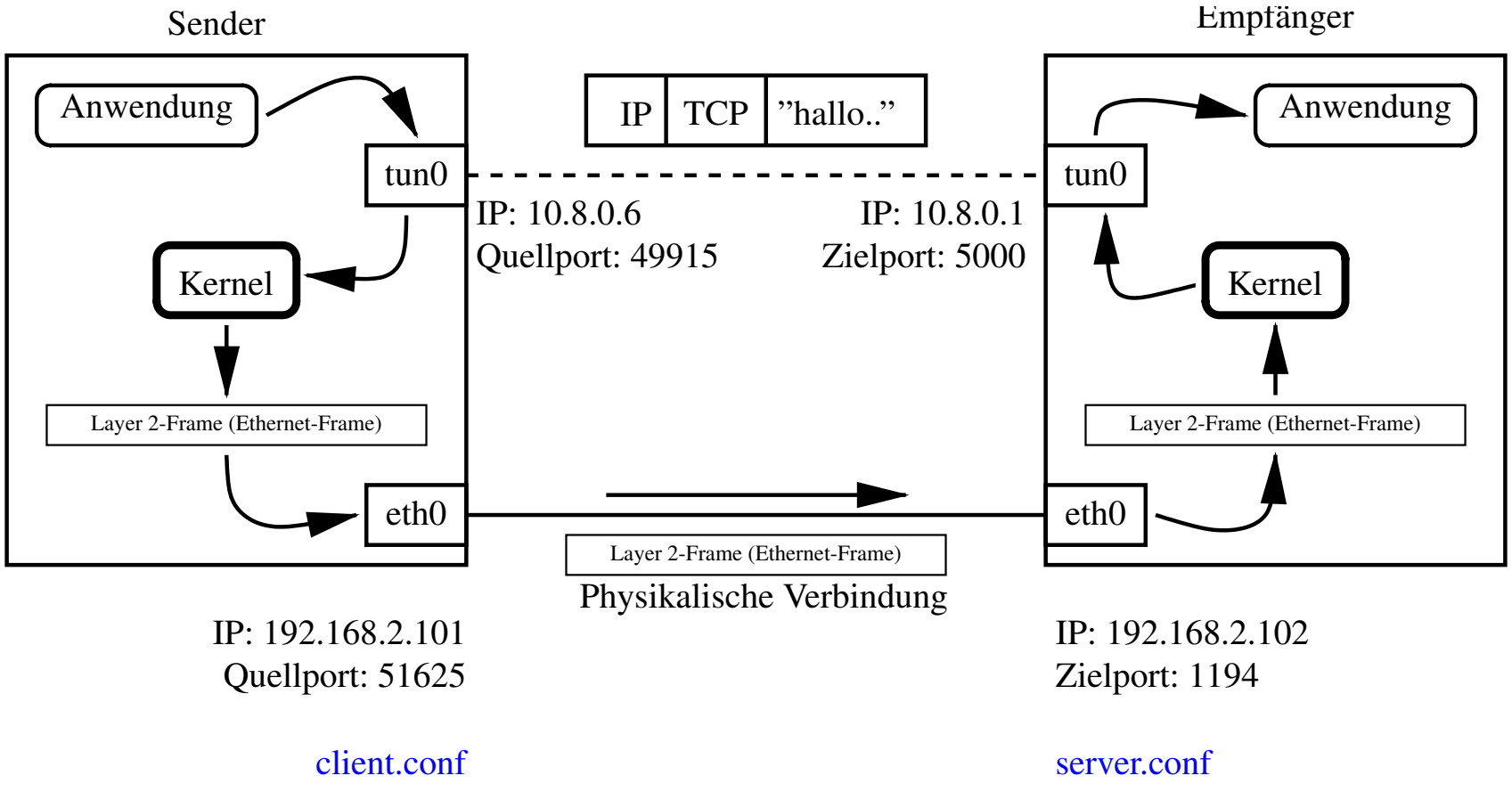
Virtuelle Tunnelschnittstelle im Schaubild



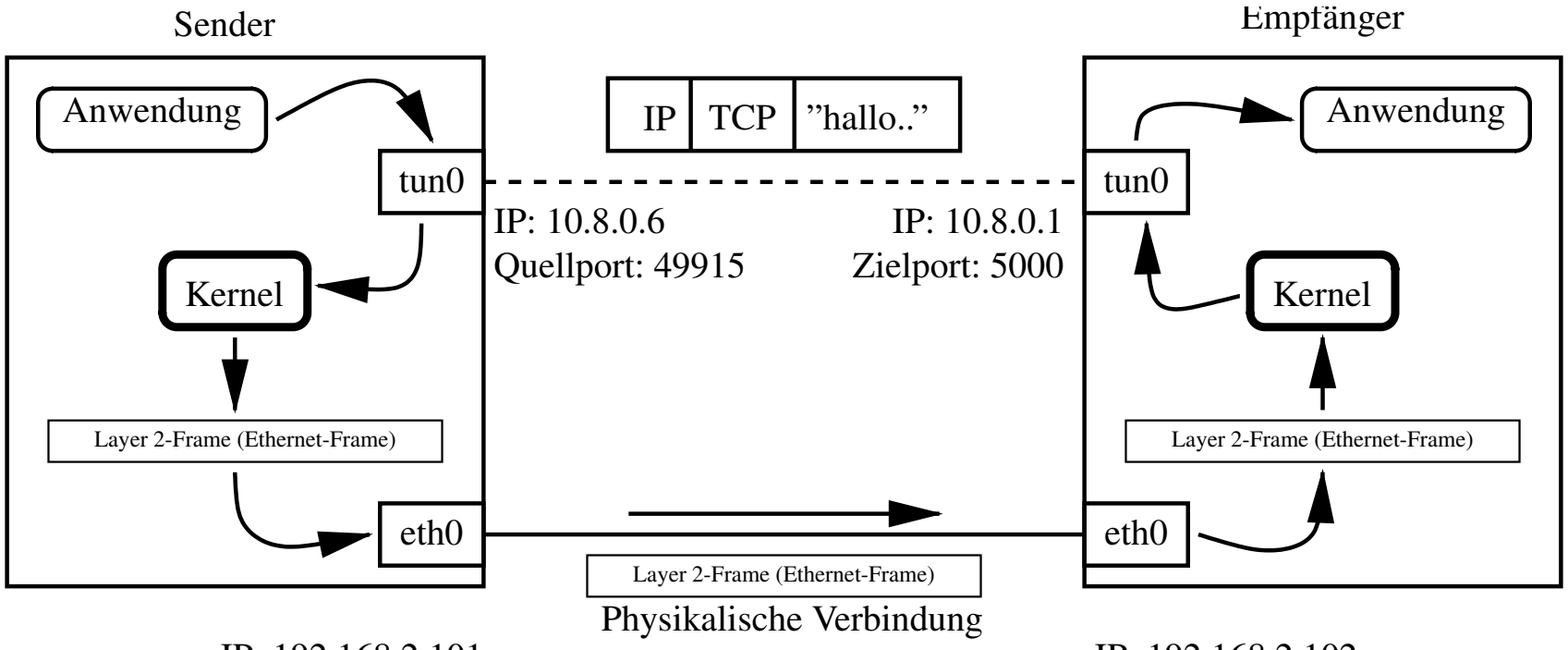
Virtuelle Tunnelschnittstelle im Schaubild



Virtuelle Tunnelschnittstelle im Schaubild



Virtuelle Tunnelschnittstelle im Schaubild



IP: 192.168.2.101
Quellport: 51625

IP: 192.168.2.102
Zielport: 1194

client.conf

nc 10.8.0.1 5000
hallo, ist da wer im tunnel?

server.conf

nc -l 5000

Inhalt

Bob schreibt einen Brief an Alice

Public Key Kryptografie

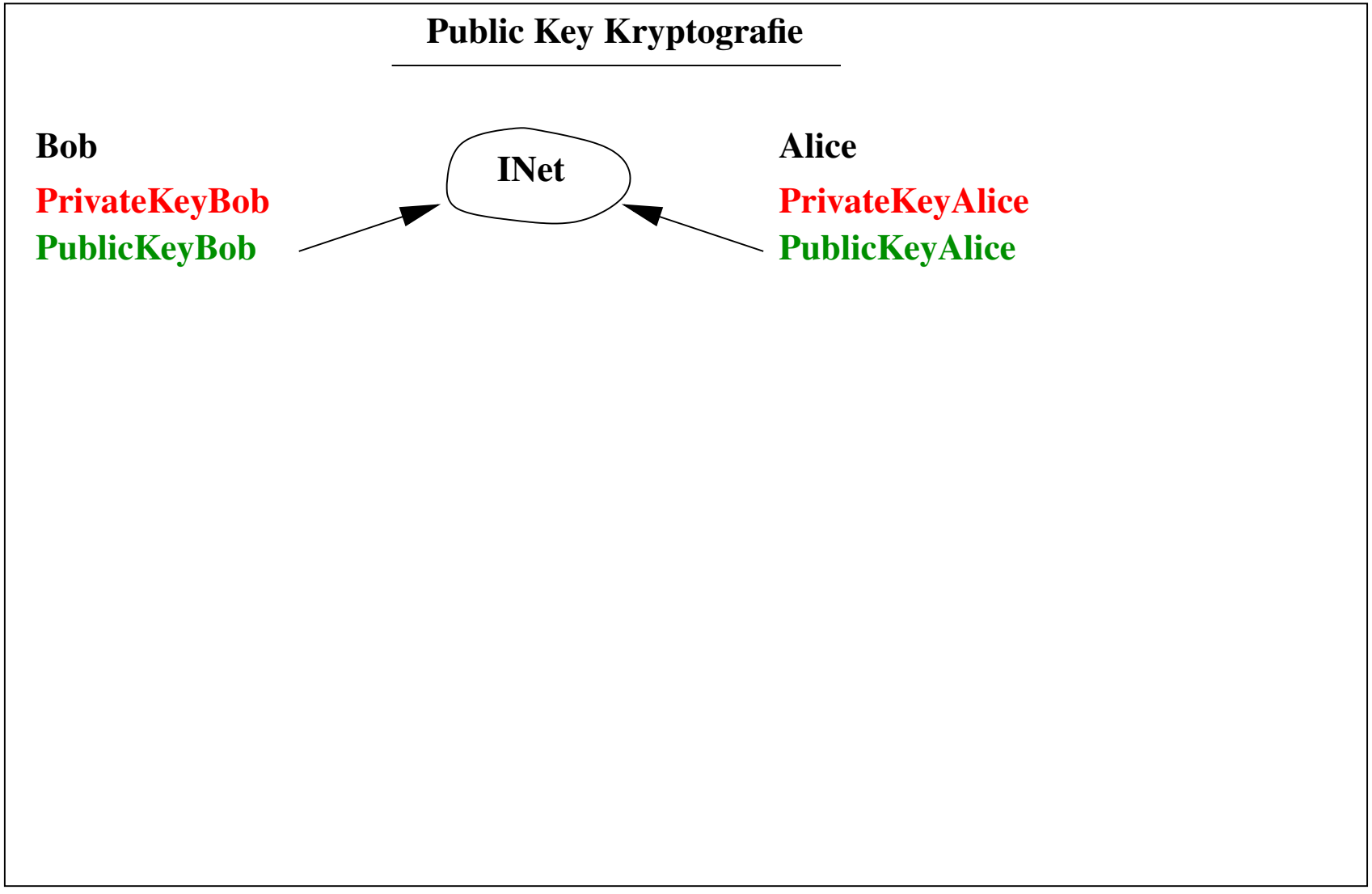
Bob	**Alice**

Bob schreibt einen Brief an Alice

Public Key Kryptografie

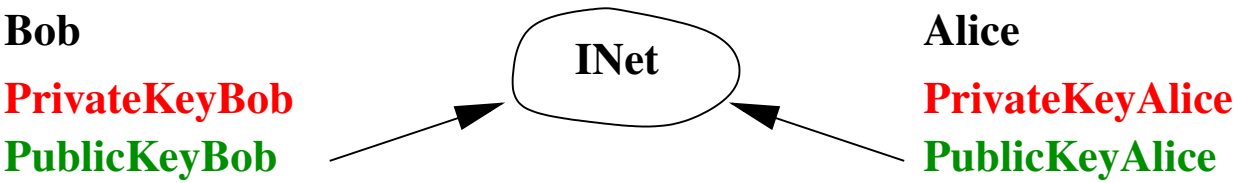
Bob	**Alice**
PrivateKeyBob	**PrivateKeyAlice**
PublicKeyBob	**PublicKeyAlice**

Bob schreibt einen Brief an Alice



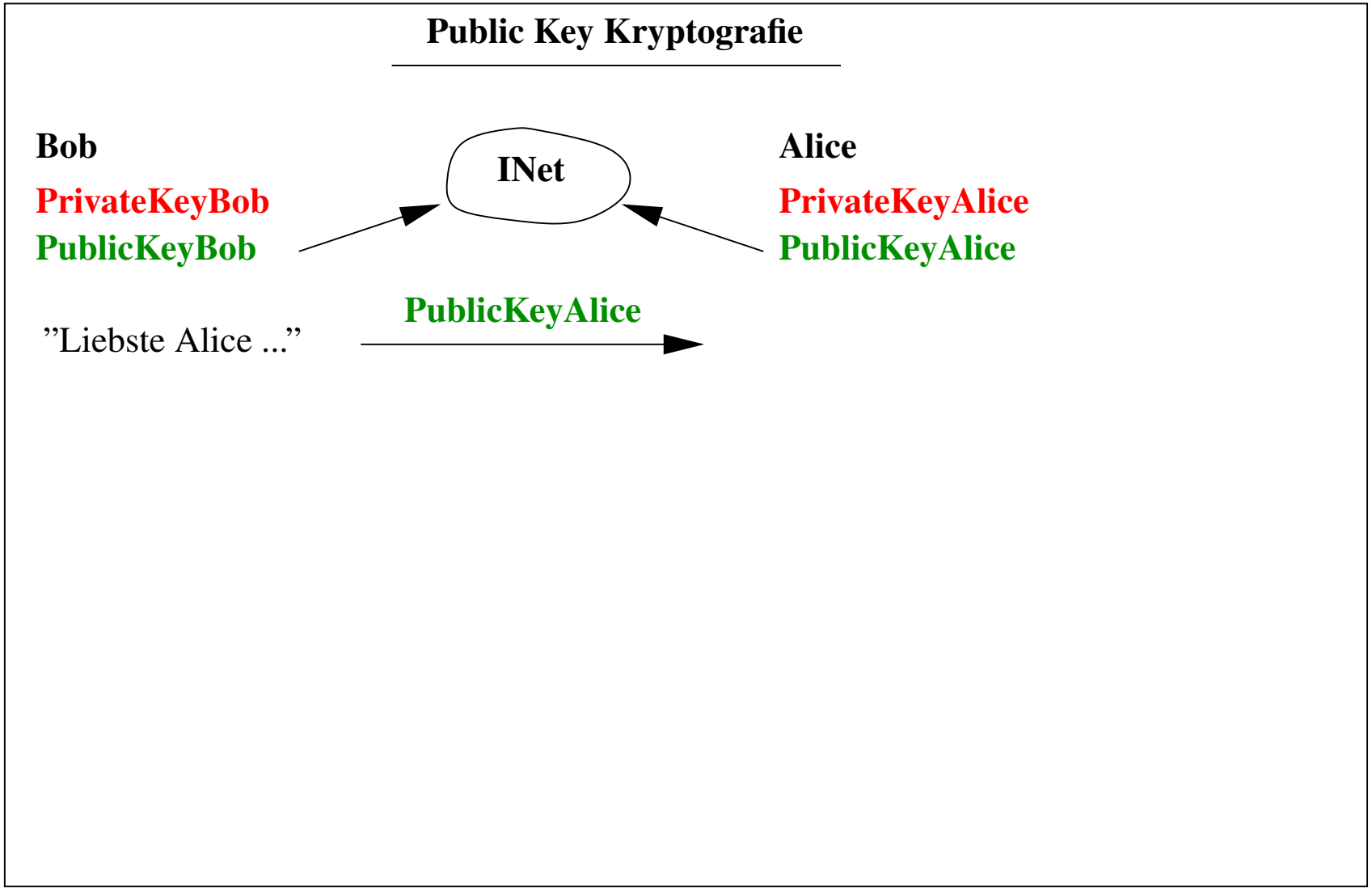
Bob schreibt einen Brief an Alice

Public Key Kryptografie

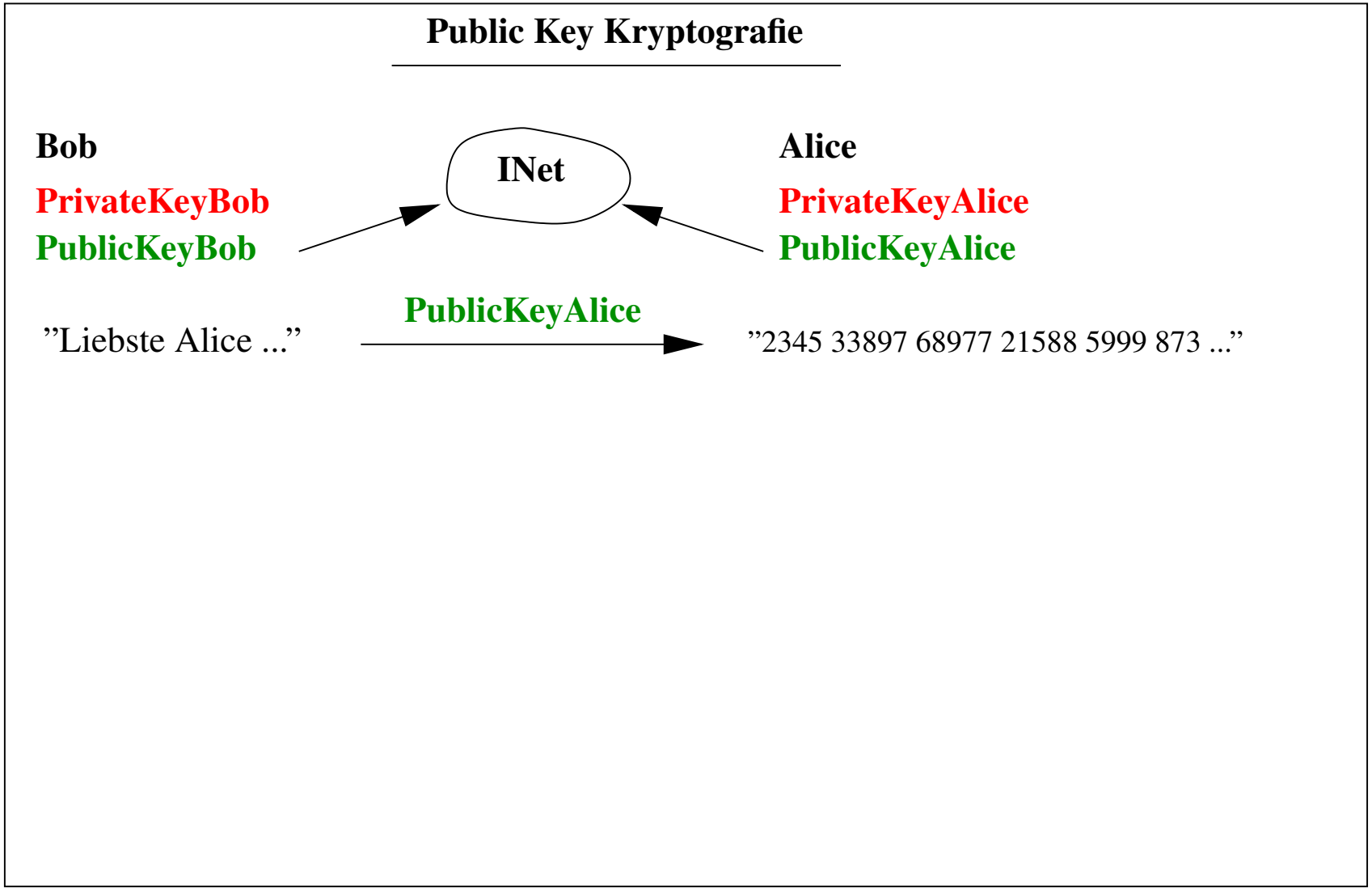


”Liebste Alice ...”

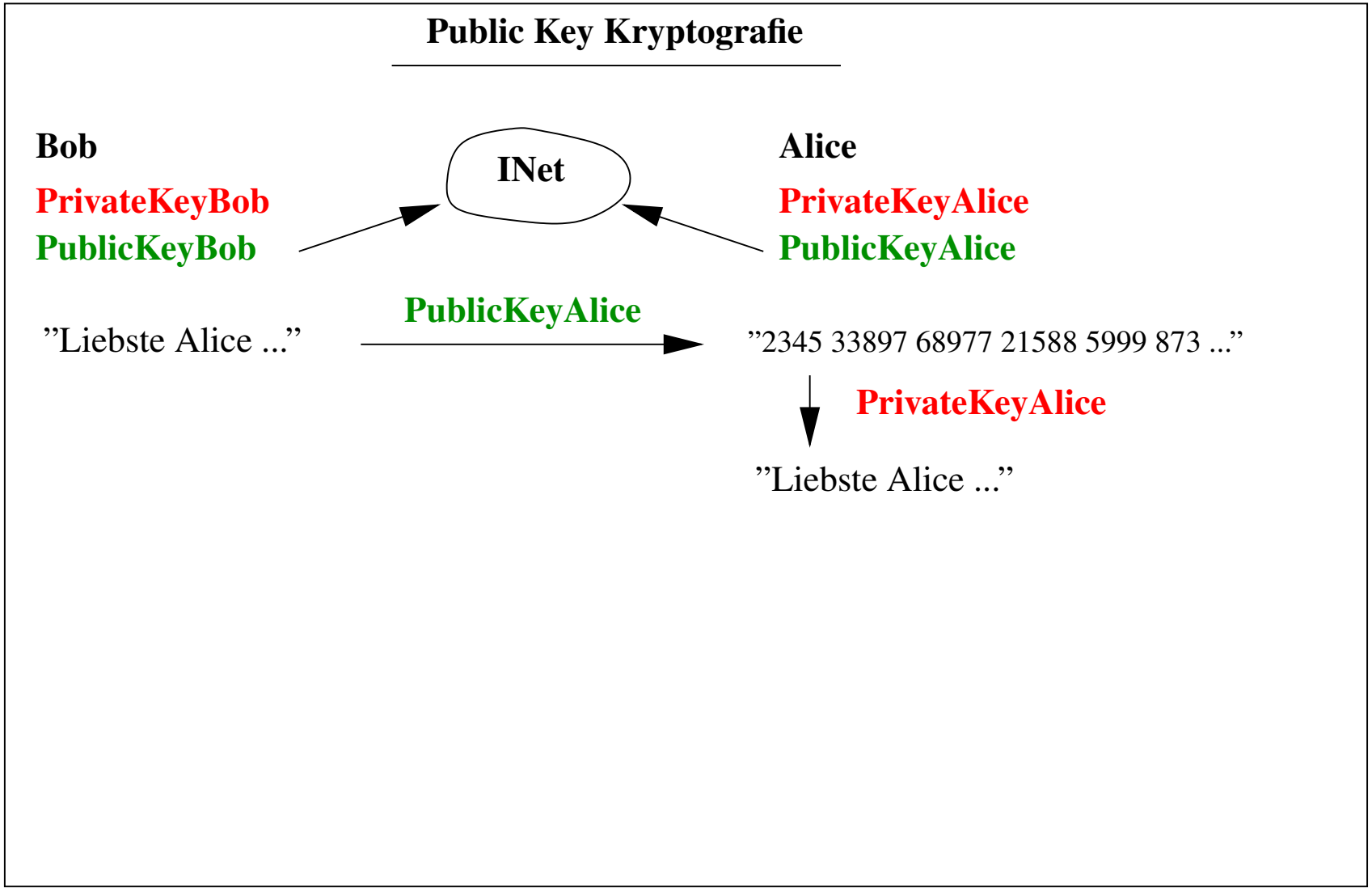
Bob schreibt einen Brief an Alice



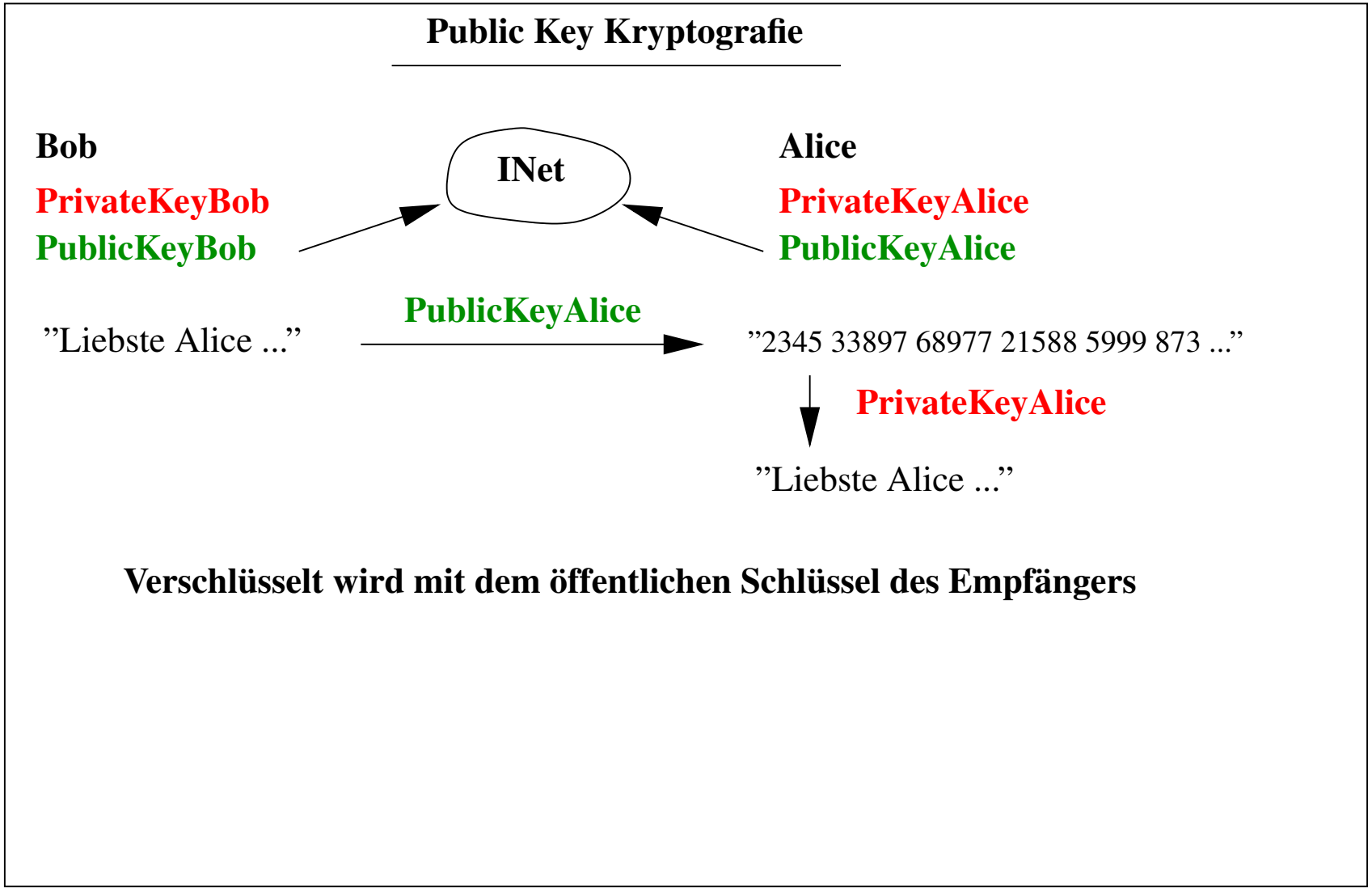
Bob schreibt einen Brief an Alice



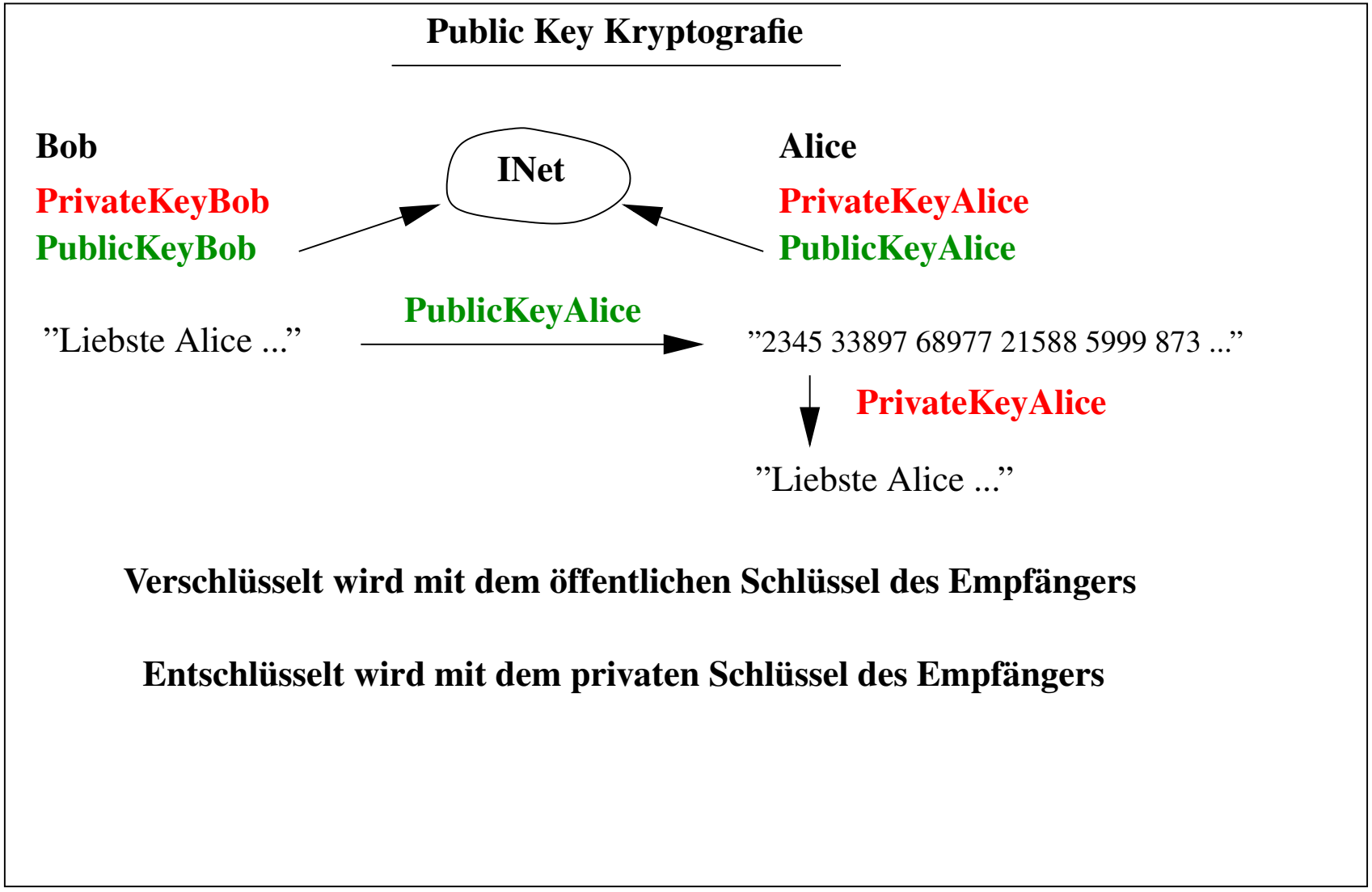
Bob schreibt einen Brief an Alice



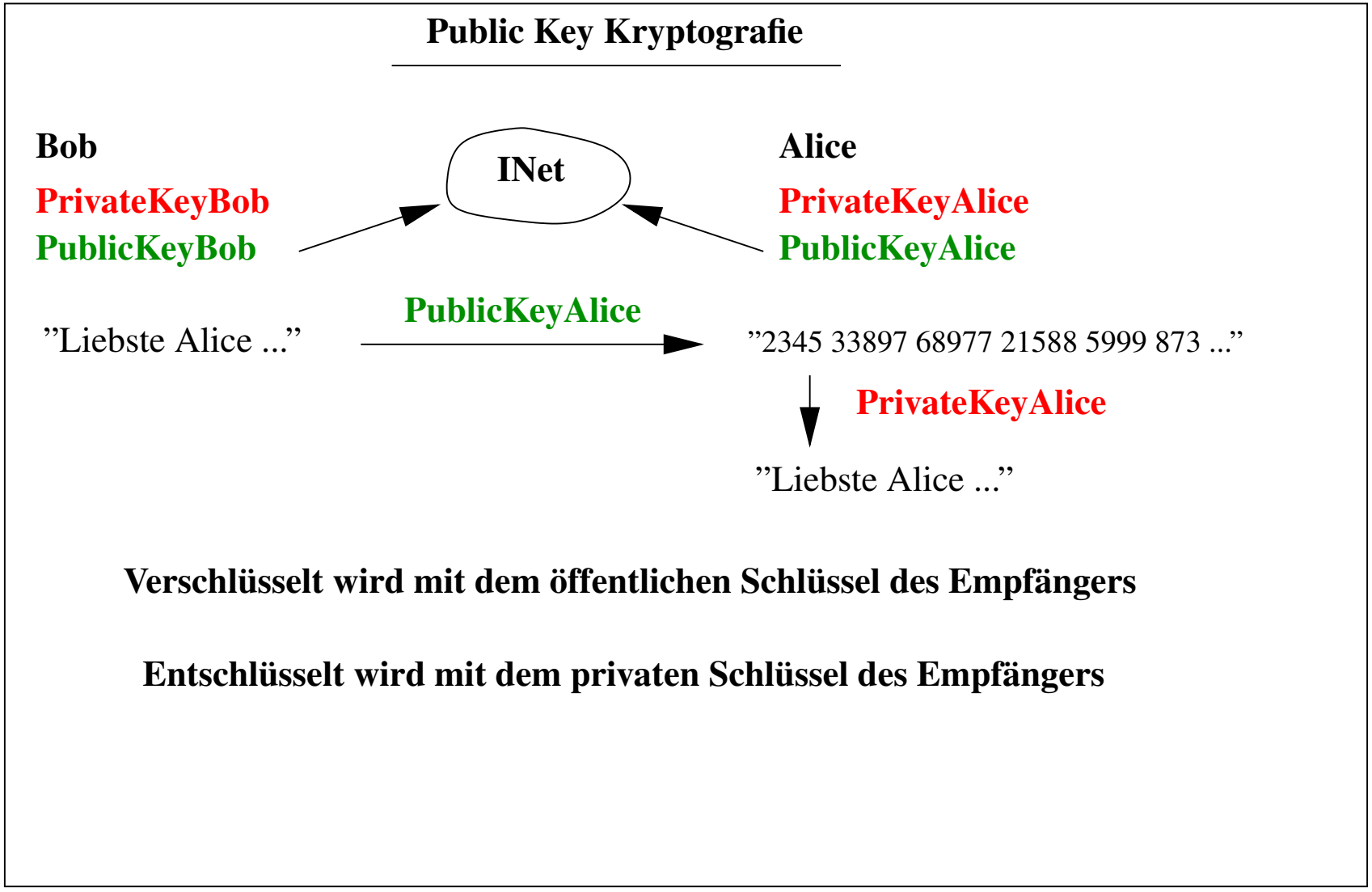
Bob schreibt einen Brief an Alice



Bob schreibt einen Brief an Alice



Bob schreibt einen Brief an Alice



Inhalt

RSA mit dem Programm *bc*

- *bc* ist ein Numerikprogramm mit beliebiger Auflösung für die Kommandozeile
- Ein RSA-Schlüsselpaar besteht aus 3 Zahlen (bis zu 1024 Bit Länge!)
  - Das Hautpmodul N, ein Produkt zweier grosser Primzahlen. N hat typ. 1024 Bit Länge
  - Dem Verschlüsselungsexponenten e = öffentlicher Schlüssel
  - Dem Entschlüsselungsexponenten d = privater Schlüssel
  - d und e lassen sich aus den Faktoren von N berechnen
  - Ganz wichtig: d und e sind austauschbar

RSA mit dem Programm *bc*

- *bc* ist ein Numerikprogramm mit beliebiger Auflösung für die Kommandozeile
- Ein RSA-Schlüsselpaar besteht aus 3 Zahlen (bis zu 1024 Bit Länge!)
  - Das Hautpmodul N, ein Produkt zweier grosser Primzahlen. N hat typ. 1024 Bit Länge
  - Dem Verschlüsselungsexponenten e = öffentlicher Schlüssel
  - Dem Entschlüsselungsexponenten d = privater Schlüssel
  - d und e lassen sich aus den Faktoren von N berechnen
  - Ganz wichtig: d und e sind austauschbar

RSA mit dem Programm *bc*

- *bc* ist ein Numerikprogramm mit beliebiger Auflösung für die Kommandozeile
- Ein RSA-Schlüsselpaar besteht aus 3 Zahlen (bis zu 1024 Bit Länge!)
  - Das Hautpmodul N, ein Produkt zweier grosser Primzahlen. N hat typ. 1024 Bit Länge
  - Dem Verschlüsselungsexponenten e = öffentlicher Schlüssel
  - Dem Entschlüsselungsexponenten d = privater Schlüssel
  - d und e lassen sich aus den Faktoren von N berechnen
  - Ganz wichtig: d und e sind austauschbar

RSA mit dem Programm *bc*

- *bc* ist ein Numerikprogramm mit beliebiger Auflösung für die Kommandozeile
- Ein RSA-Schlüsselpaar besteht aus 3 Zahlen (bis zu 1024 Bit Länge!)
  - Das Hautpmodul N, ein Produkt zweier grosser Primzahlen. N hat typ. 1024 Bit Länge
  - Dem Verschlüsselungsexponenten e = öffentlicher Schlüssel
  - Dem Entschlüsselungsexponenten d = privater Schlüssel
  - d und e lassen sich aus den Faktoren von N berechnen
  - Ganz wichtig: d und e sind austauschbar

RSA mit dem Programm *bc*

- *bc* ist ein Numerikprogramm mit beliebiger Auflösung für die Kommandozeile
- Ein RSA-Schlüsselpaar besteht aus 3 Zahlen (bis zu 1024 Bit Länge!)
  - Das Hautpmodul N, ein Produkt zweier grosser Primzahlen. N hat typ. 1024 Bit Länge
  - Dem Verschlüsselungsexponenten e = öffentlicher Schlüssel
  - Dem Entschlüsselungsexponenten d = privater Schlüssel
  - d und e lassen sich aus den Faktoren von N berechnen
  - Ganz wichtig: d und e sind austauschbar

RSA mit dem Programm *bc*

- *bc* ist ein Numerikprogramm mit beliebiger Auflösung für die Kommandozeile
- Ein RSA-Schlüsselpaar besteht aus 3 Zahlen (bis zu 1024 Bit Länge!)
  - Das Hautpmodul N, ein Produkt zweier grosser Primzahlen. N hat typ. 1024 Bit Länge
  - Dem Verschlüsselungsexponenten e = öffentlicher Schlüssel
  - Dem Entschlüsselungsexponenten d = privater Schlüssel
  - d und e lassen sich aus den Faktoren von N berechnen
  - Ganz wichtig: d und e sind austauschbar

RSA mit dem Programm *bc*

- *bc* ist ein Numerikprogramm mit beliebiger Auflösung für die Kommandozeile
- Ein RSA-Schlüsselpaar besteht aus 3 Zahlen (bis zu 1024 Bit Länge!)
  - Das Hautpmodul N, ein Produkt zweier grosser Primzahlen. N hat typ. 1024 Bit Länge
  - Dem Verschlüsselungsexponenten e = öffentlicher Schlüssel
  - Dem Entschlüsselungsexponenten d = privater Schlüssel
  - d und e lassen sich aus den Faktoren von N berechnen
  - Ganz wichtig: d und e sind austauschbar

RSA mit dem Programm *bc*

- *bc* ist ein Numerikprogramm mit beliebiger Auflösung für die Kommandozeile
- Ein RSA-Schlüsselpaar besteht aus 3 Zahlen (bis zu 1024 Bit Länge!)
  - Das Hautpmodul N, ein Produkt zweier grosser Primzahlen. N hat typ. 1024 Bit Länge
  - Dem Verschlüsselungsexponenten e = öffentlicher Schlüssel
  - Dem Entschlüsselungsexponenten d = privater Schlüssel
  - d und e lassen sich aus den Faktoren von N berechnen
  - Ganz wichtig: d und e sind austauschbar

RSA mit dem Programm *bc*

- *bc* ist ein Numerikprogramm mit beliebiger Auflösung für die Kommandozeile
- Ein RSA-Schlüsselpaar besteht aus 3 Zahlen (bis zu 1024 Bit Länge!)
  - Das Hautpmodul N, ein Produkt zweier grosser Primzahlen. N hat typ. 1024 Bit Länge
  - Dem Verschlüsselungsexponenten e = öffentlicher Schlüssel
  - Dem Entschlüsselungsexponenten d = privater Schlüssel
  - d und e lassen sich aus den Faktoren von N berechnen
  - Ganz wichtig: d und e sind austauschbar

RSA mit dem Programm *bc*

- *bc* ist ein Numerikprogramm mit beliebiger Auflösung für die Kommandozeile
- Ein RSA-Schlüsselpaar besteht aus 3 Zahlen (bis zu 1024 Bit Länge!)
  - Das Hautpmodul N, ein Produkt zweier grosser Primzahlen. N hat typ. 1024 Bit Länge
  - Dem Verschlüsselungsexponenten e = öffentlicher Schlüssel
  - Dem Entschlüsselungsexponenten d = privater Schlüssel
  - d und e lassen sich aus den Faktoren von N berechnen
  - Ganz wichtig: d und e sind austauschbar

RSA mit dem Programm *bc*

- *bc* ist ein Numerikprogramm mit beliebiger Auflösung für die Kommandozeile
- Ein RSA-Schlüsselpaar besteht aus 3 Zahlen (bis zu 1024 Bit Länge!)
  - Das Hautpmodul N, ein Produkt zweier grosser Primzahlen. N hat typ. 1024 Bit Länge
  - Dem Verschlüsselungsexponenten e = öffentlicher Schlüssel
  - Dem Entschlüsselungsexponenten d = privater Schlüssel
  - d und e lassen sich aus den Faktoren von N berechnen
  - Ganz wichtig: d und e sind austauschbar

RSA mit dem Programm *bc*

Im Beispiel verschlüsseln wir den ASCII-Code von 'A' = 65 mit $N = 681$, $e = 151$, $d = 3$

- $\mathit{Ciffre} = 65^{151} \mod 681 = 554$
- $\mathit{Klartext} = 554^{3} \mod 681 = 65$

Privater und öffentlicher Schlüsssel vertauscht, $e = 3$, $d = 151$:

- $\mathit{Ciffre} = 65^{3} \mod 681 = 182$
- $\mathit{Klartext} = 182^{151} \mod 681 = 65$

Führen Sie die Berechnung selbst mit dem Programm *bc* (Binary Calculator) durch! Hinweis: C-Syntax

RSA mit dem Programm *bc*

Im Beispiel verschlüsseln wir den ASCII-Code von 'A' = 65 mit $N = 681$, $e = 151$, $d = 3$

- $\mathit{Ciffre} = 65^{151} \mod 681 = 554$
- $\mathit{Klartext} = 554^{3} \mod 681 = 65$

Privater und öffentlicher Schlüsssel vertauscht, $e = 3$, $d = 151$:

- $\mathit{Ciffre} = 65^{3} \mod 681 = 182$
- $\mathit{Klartext} = 182^{151} \mod 681 = 65$

Führen Sie die Berechnung selbst mit dem Programm *bc* (Binary Calculator) durch! Hinweis: C-Syntax

RSA mit dem Programm *bc*

Im Beispiel verschlüsseln wir den ASCII-Code von 'A' = 65 mit $N = 681$, $e = 151$, $d = 3$

- $\mathit{Ciffre} = 65^{151} \mod 681 = 554$
- $\mathit{Klartext} = 554^{3} \mod 681 = 65$

Privater und öffentlicher Schlüsssel vertauscht, $e = 3$, $d = 151$:

- $\mathit{Ciffre} = 65^{3} \mod 681 = 182$
- $\mathit{Klartext} = 182^{151} \mod 681 = 65$

Führen Sie die Berechnung selbst mit dem Programm *bc* (Binary Calculator) durch! Hinweis: C-Syntax

RSA mit dem Programm *bc*

Im Beispiel verschlüsseln wir den ASCII-Code von 'A' = 65 mit $N = 681$, $e = 151$, $d = 3$

- $\mathit{Ciffre} = 65^{151} \mod 681 = 554$
- $\mathit{Klartext} = 554^{3} \mod 681 = 65$

Privater und öffentlicher Schlüsssel vertauscht, $e = 3$, $d = 151$:

- $\mathit{Ciffre} = 65^{3} \mod 681 = 182$
- $\mathit{Klartext} = 182^{151} \mod 681 = 65$

Führen Sie die Berechnung selbst mit dem Programm *bc* (Binary Calculator) durch! Hinweis: C-Syntax

RSA mit dem Programm *bc*

Im Beispiel verschlüsseln wir den ASCII-Code von 'A' = 65 mit $N = 681$, $e = 151$, $d = 3$

- $\mathit{Ciffre} = 65^{151} \mod 681 = 554$
- $\mathit{Klartext} = 554^{3} \mod 681 = 65$

Privater und öffentlicher Schlüsssel vertauscht, $e = 3$, $d = 151$:

- $\mathit{Ciffre} = 65^{3} \mod 681 = 182$
- $\mathit{Klartext} = 182^{151} \mod 681 = 65$

Führen Sie die Berechnung selbst mit dem Programm *bc* (Binary Calculator) durch! Hinweis: C-Syntax

RSA mit dem Programm *bc*

Im Beispiel verschlüsseln wir den ASCII-Code von 'A' = 65 mit $N = 681$, $e = 151$, $d = 3$

- $\mathit{Ciffre} = 65^{151} \mod 681 = 554$
- $\mathit{Klartext} = 554^{3} \mod 681 = 65$

Privater und öffentlicher Schlüsssel vertauscht, $e = 3$, $d = 151$:

- $\mathit{Ciffre} = 65^{3} \mod 681 = 182$
- $\mathit{Klartext} = 182^{151} \mod 681 = 65$

Führen Sie die Berechnung selbst mit dem Programm *bc* (Binary Calculator) durch! Hinweis: C-Syntax

RSA mit dem Programm *bc*

Im Beispiel verschlüsseln wir den ASCII-Code von 'A' = 65 mit $N = 681$, $e = 151$, $d = 3$

- $Ciffre = 65^{151} \mod 681 = 554$
- $Klartext = 554^{3} \mod 681 = 65$

Privater und öffentlicher Schlüsssel vertauscht, $e = 3$, $d = 151$:

- $Ciffre = 65^{3} \mod 681 = 182$
- $Klartext = 182^{151} \mod 681 = 65$

Führen Sie die Berechnung selbst mit dem Programm *bc* (Binary Calculator) durch! Hinweis: C-Syntax

Inhalt

Message-Digest Algorithmus 5 und Secure Hash Algorithm

- md5 von Ron Rivest 1991 entwickelt
- sha von NSA (Nat. Security Agency) / NIST (Nat. Inst. of Standards and Technology)
- Hash Algorithmen berechnen aus beliebigen Eingangsdaten einen z.B 128bit -langen *Hash-Wert*

$\Rightarrow$ **digitaler Fingerabdruck der Daten**

Message-Digest Algorithmus 5 und Secure Hash Algorithm

- md5 von Ron Rivest 1991 entwickelt
- sha von NSA (Nat. Security Agency) / NIST (Nat. Inst. of Standards and Technology)
- Hash Algorithmen berechnen aus beliebigen Eingangsdaten einen z.B 128bit -langen *Hash-Wert*

$\Rightarrow$ **digitaler Fingerabdruck der Daten**

Message-Digest Algorithmus 5 und Secure Hash Algorithm

- md5 von Ron Rivest 1991 entwickelt
- sha von NSA (Nat. Security Agency) / NIST (Nat. Inst. of Standards and Technology)
- Hash Algorithmen berechnen aus beliebigen Eingangsdaten einen z.B 128bit -langen *Hash-Wert*

  $\Rightarrow$ **digitaler Fingerabdruck der Daten**

Message-Digest Algorithmus 5 und Secure Hash Algorithm

- md5 von Ron Rivest 1991 entwickelt
- sha von NSA (Nat. Security Agency) / NIST (Nat. Inst. of Standards and Technology)
- Hash Algorithmen berechnen aus beliebigen Eingangsdaten einen z.B 128bit -langen *Hash-Wert*

$\Rightarrow$ **digitaler Fingerabdruck der Daten**

Message-Digest Algorithmus 5 und Secure Hash Algorithm

- md5 von Ron Rivest 1991 entwickelt
- sha von NSA (Nat. Security Agency) / NIST (Nat. Inst. of Standards and Technology)
- Hash Algorithmen berechnen aus beliebigen Eingangsdaten einen z.B 128bit -langen *Hash-Wert*

$\Rightarrow$ **digitaler Fingerabdruck der Daten**

Versuch: Hash-Werte mit openssl berechnen

- openssl = Eierlegende-Crypto-Wollmilchsau
- unzählige hash-Algorithmen $\Rightarrow$ man-Page lesen

```
micha@eddie:~$ man openssl

micha@eddie:~$ openssl dgst -md5 <text-datei>
```

Winzige Änderungen an der Datei erzeugen einen total anderen Hash-Wert!

Versuch: Hash-Werte mit openssl berechnen

- openssl = Eierlegende-Crypto-Wollmilchsau
- unzählige hash-Algorithmen $\Rightarrow$ man-Page lesen

```
micha@eddie:~$ man openssl

micha@eddie:~$ openssl dgst -md5 <text-datei>
```

Winzige Änderungen an der Datei erzeugen einen total anderen Hash-Wert!

Versuch: Hash-Werte mit openssl berechnen

- openssl = Eierlegende-Crypto-Wollmilchsau
- unzählige hash-Algorithmen $\Rightarrow$ man-Page lesen

```
micha@eddie:~$ man openssl

micha@eddie:~$ openssl dgst -md5 <text-datei>
```

Winzige Änderungen an der Datei erzeugen einen total anderen Hash-Wert!

Versuch: Hash-Werte mit openssl berechnen

- openssl = Eierlegende-Crypto-Wollmilchsau
- unzählige hash-Algorithmen $\Rightarrow$ man-Page lesen

```
micha@eddie:~$ man openssl

micha@eddie:~$ openssl dgst -md5 <text-datei>
```

Winzige Änderungen an der Datei erzeugen einen total anderen Hash-Wert!

Versuch: Hash-Werte mit openssl berechnen

- openssl = Eierlegende-Crypto-Wollmilchsau
- unzählige hash-Algorithmen $\Rightarrow$ man-Page lesen

```
micha@eddie:~$ man openssl

micha@eddie:~$ openssl dgst -md5 <text-datei>
```

Winzige Änderungen an der Datei erzeugen einen total anderen Hash-Wert!

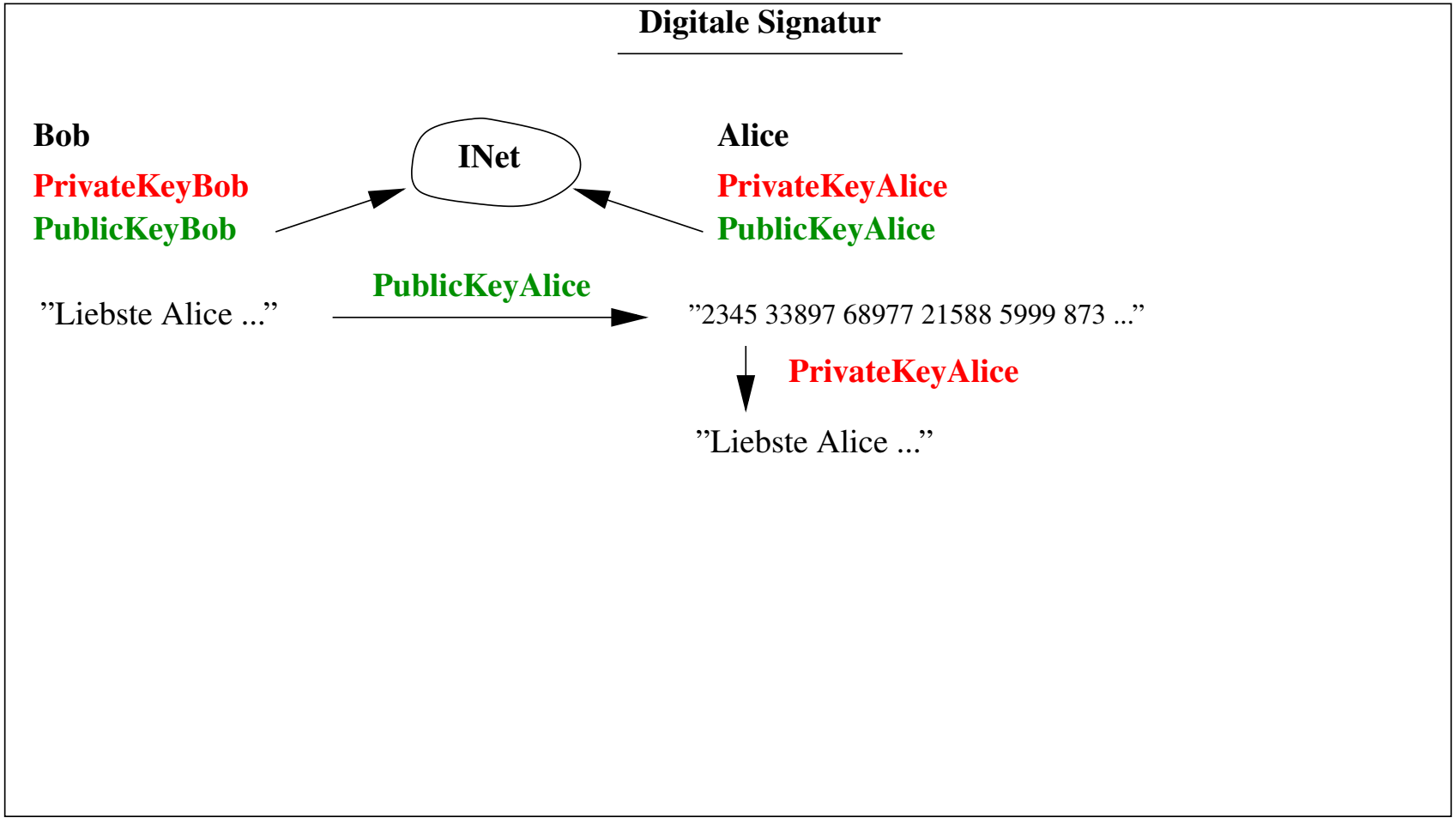
Versuch: Hash-Werte mit openssl berechnen

- openssl = Eierlegende-Crypto-Wollmilchsau
- unzählige hash-Algorithmen $\Rightarrow$ man-Page lesen

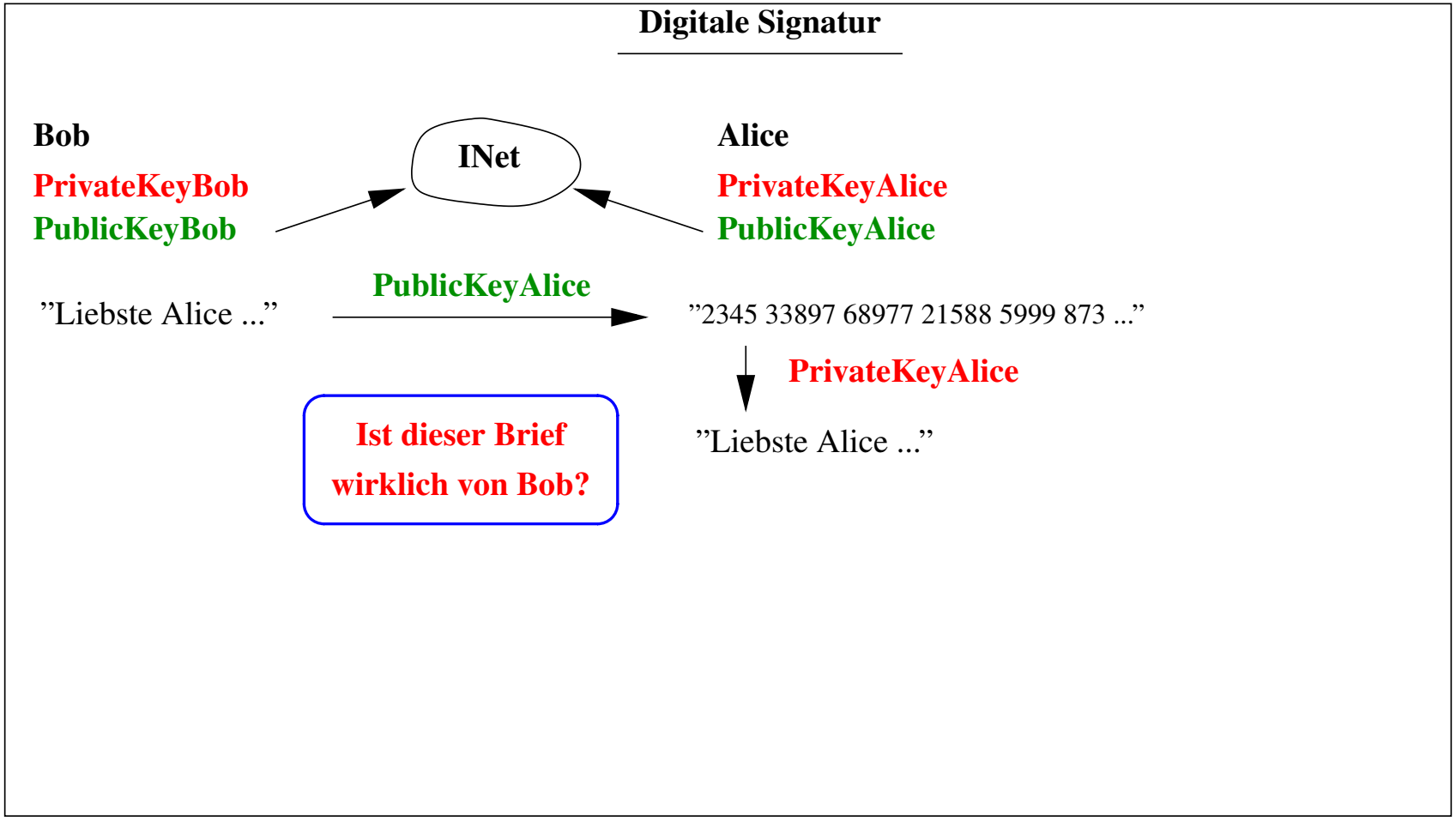
```
micha@eddie:~$ man openssl

micha@eddie:~$ openssl dgst -md5 <text-datei>
```

Winzige Änderungen an der Datei erzeugen einen total anderen Hash-Wert!

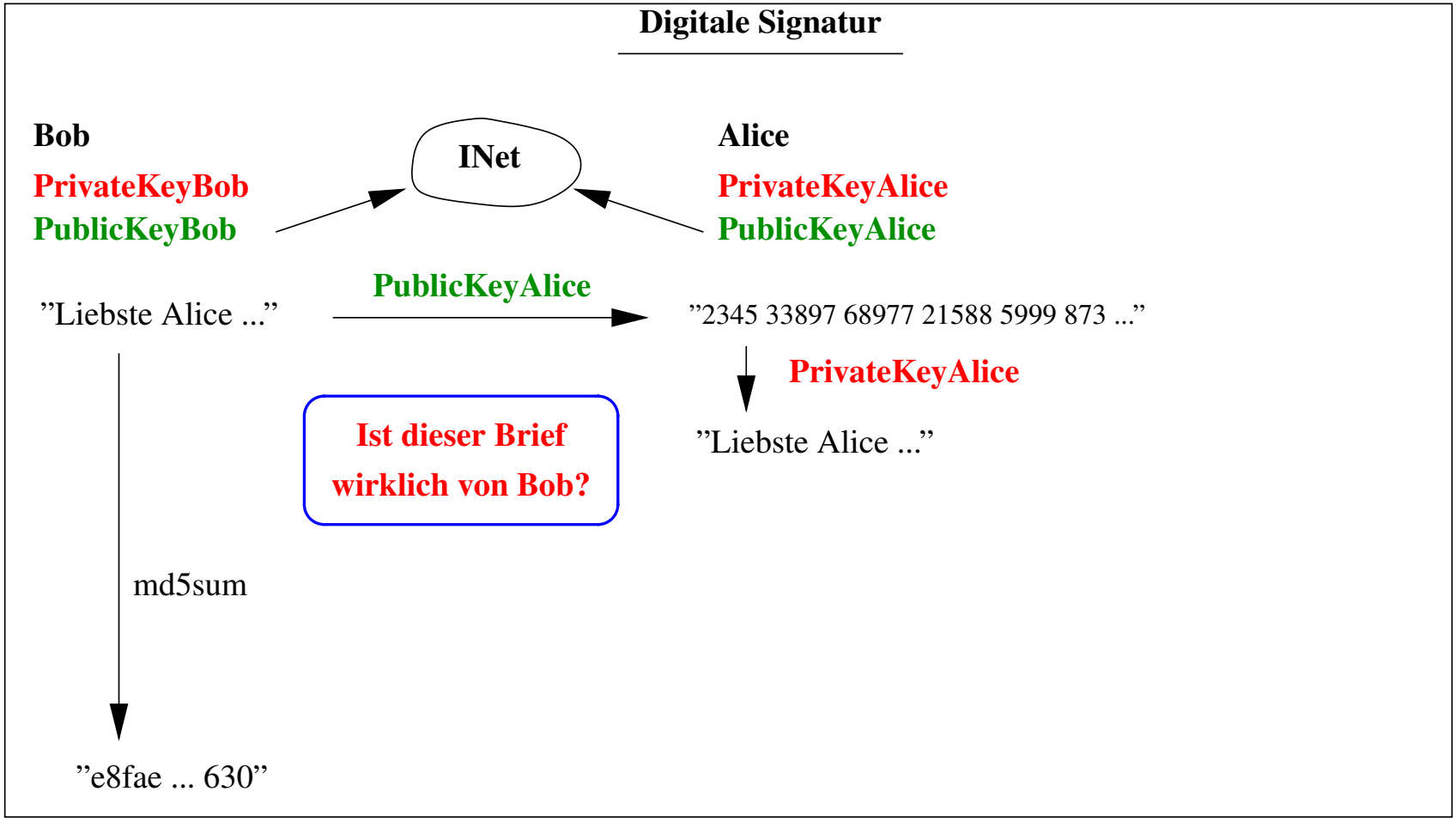
Ist Bob wirklich der Autor des Briefs?



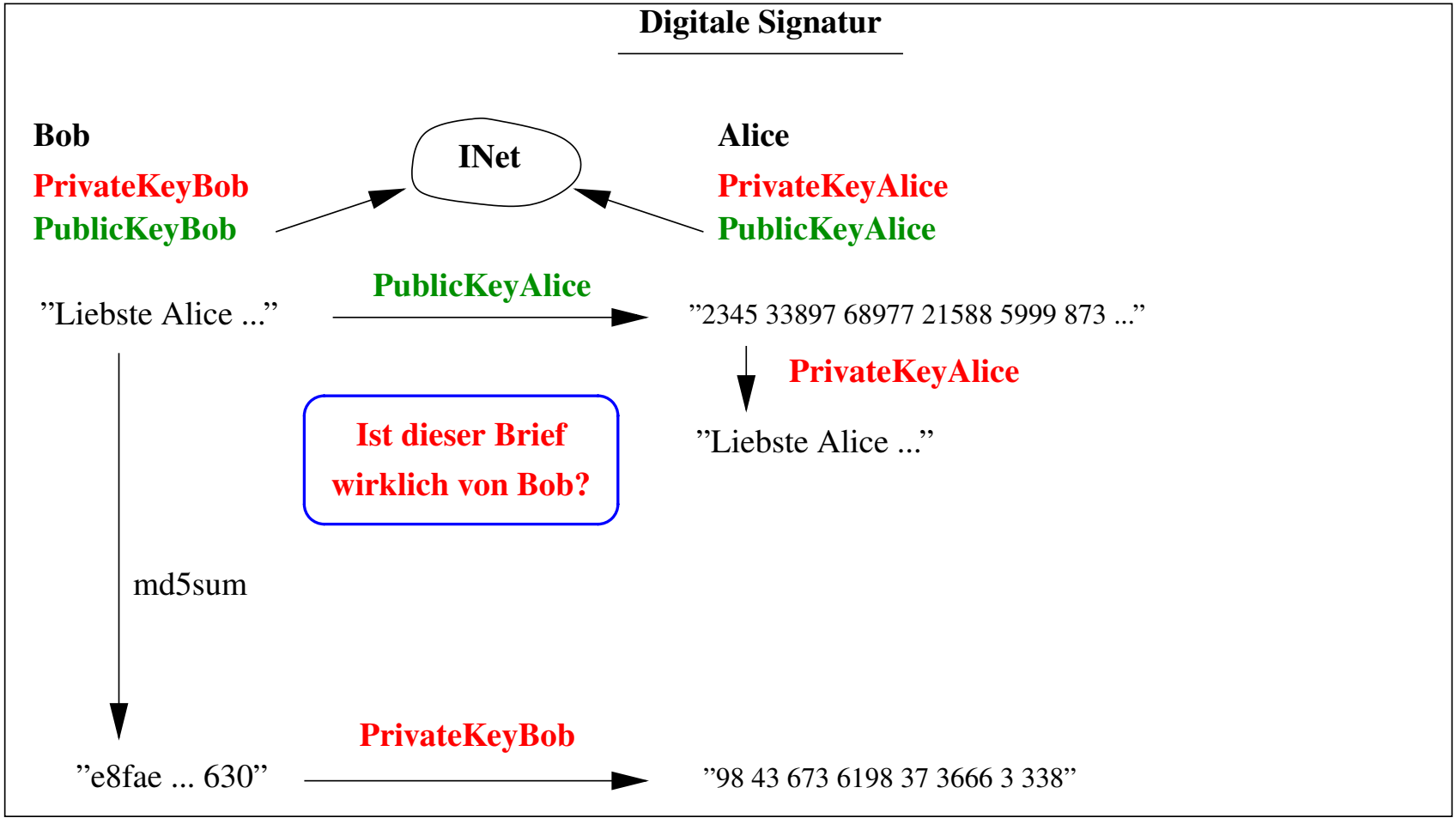
Ist Bob wirklich der Autor des Briefs?



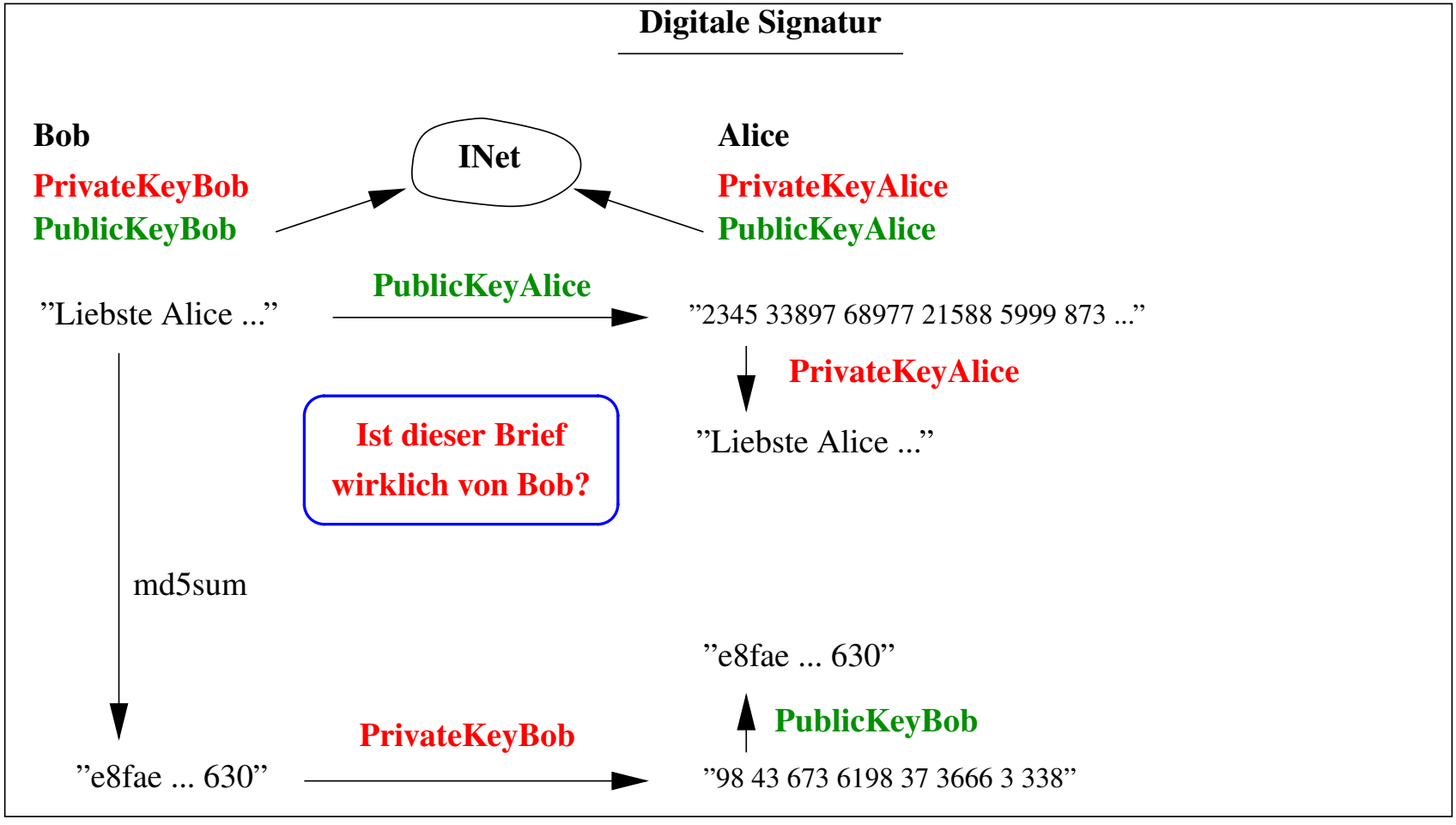
Ist Bob wirklich der Autor des Briefs?



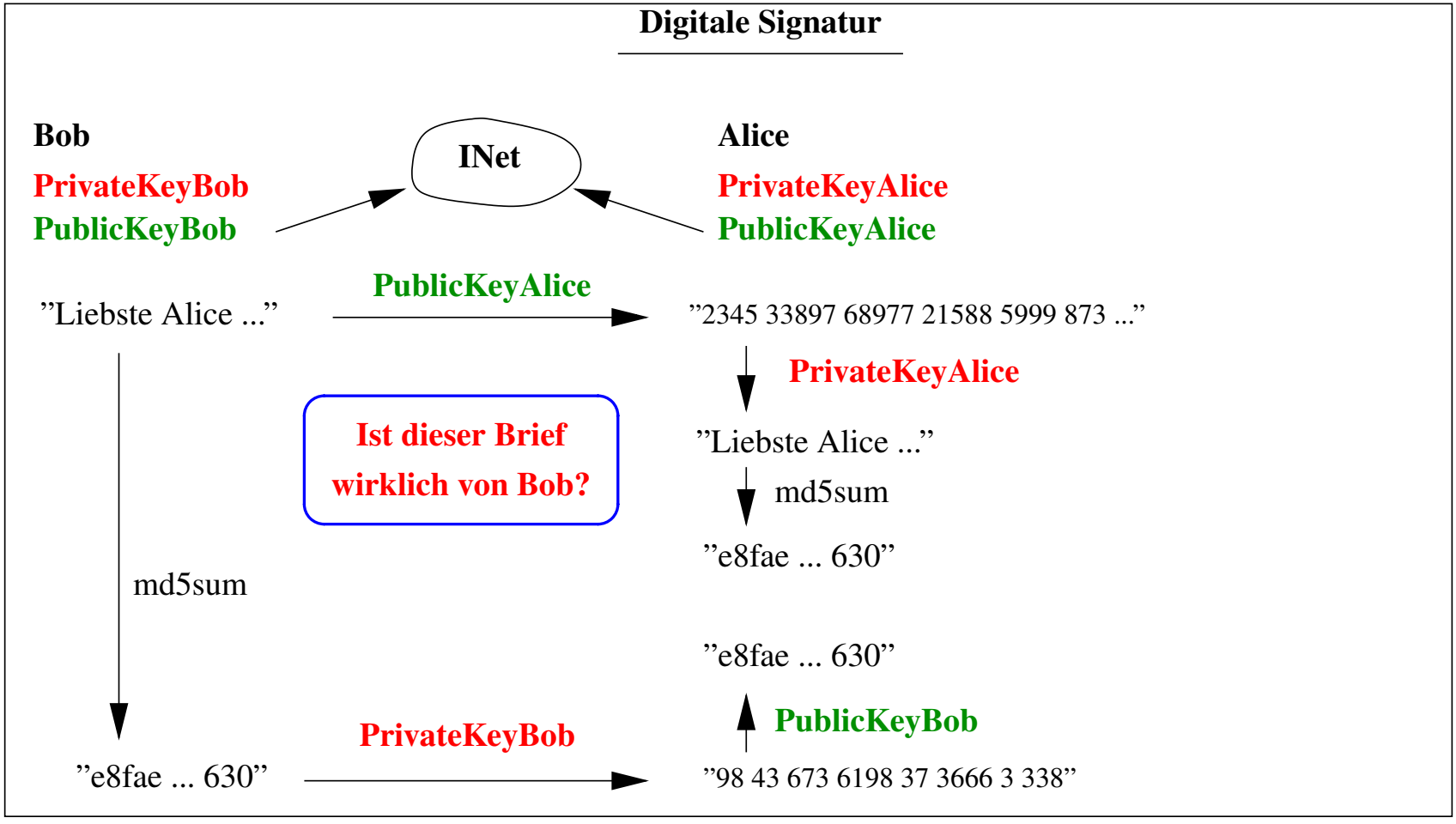
Ist Bob wirklich der Autor des Briefs?



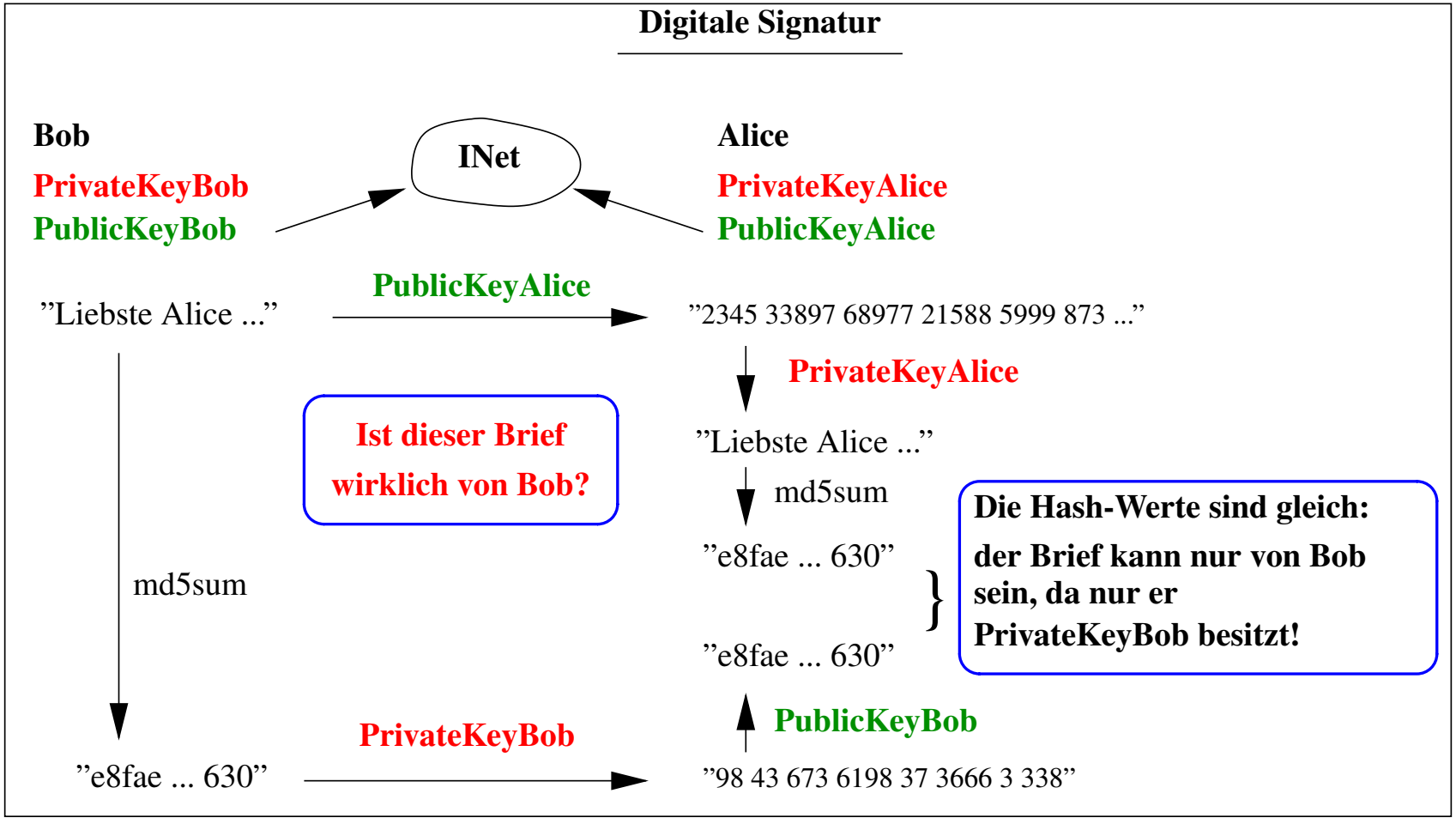
Ist Bob wirklich der Autor des Briefs?



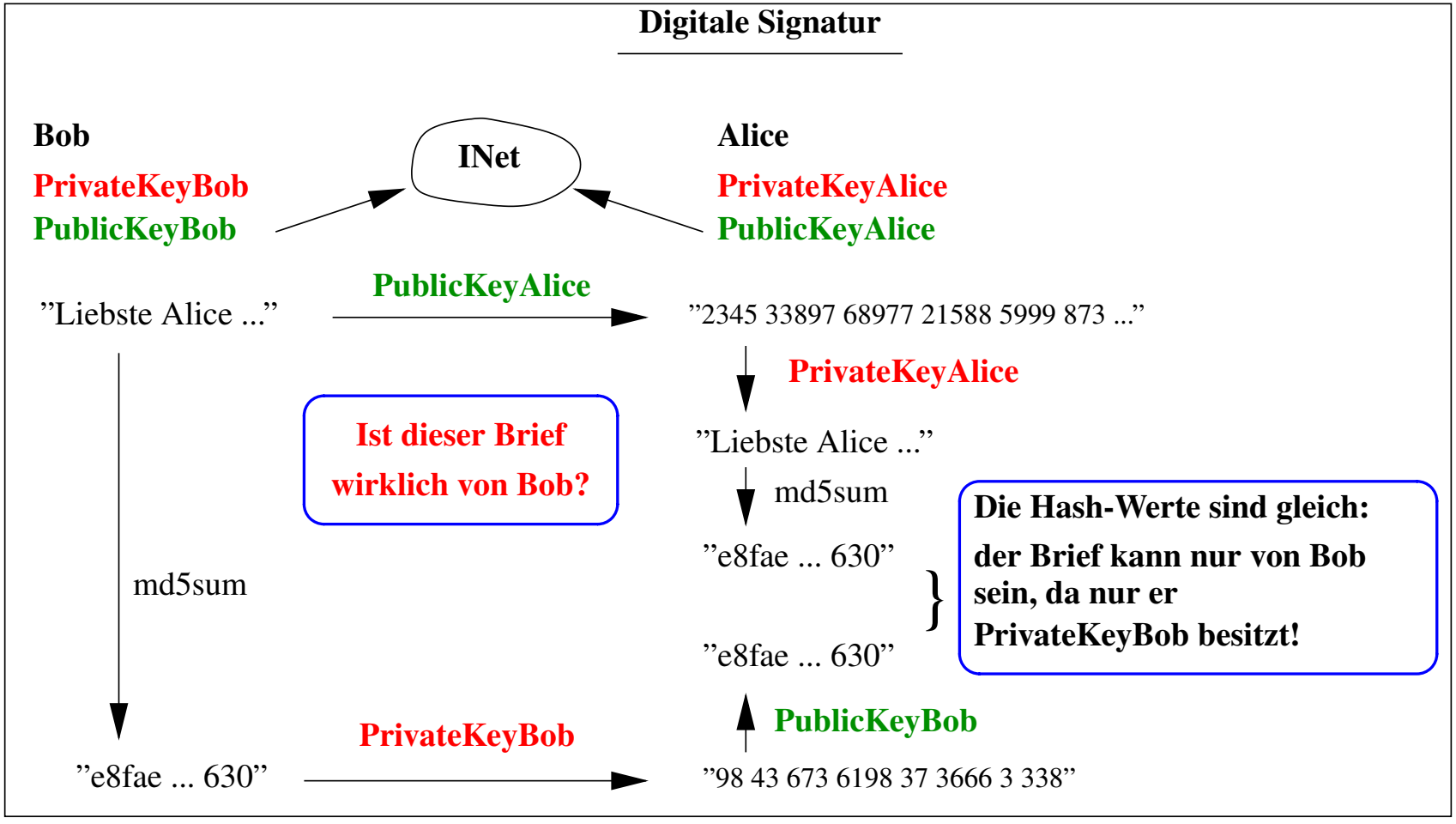
Ist Bob wirklich der Autor des Briefs?



Ist Bob wirklich der Autor des Briefs?



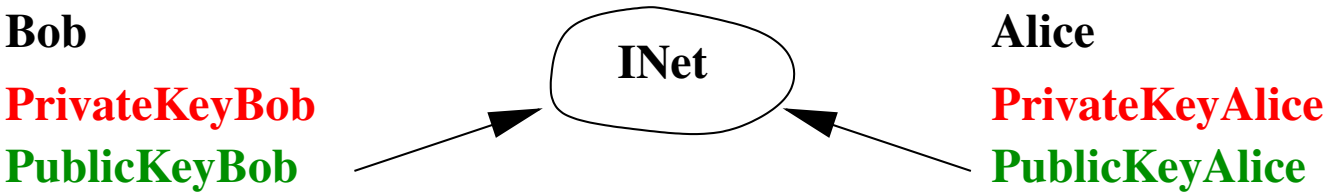
Ist Bob wirklich der Autor des Briefs?



Inhalt

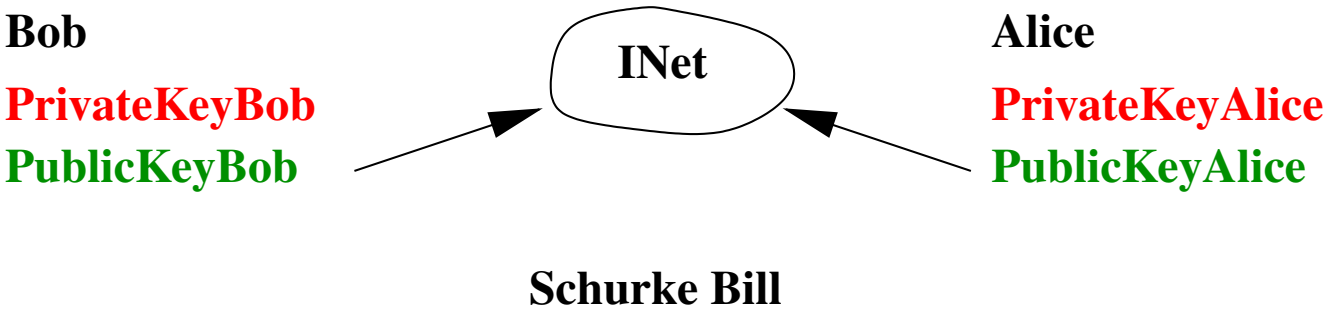
Habe ich den richtigen öffentlichen Schlüssel?

Man-In-The-Middle-Angriff



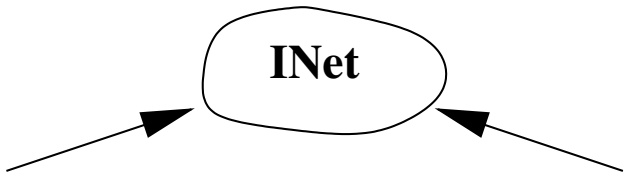
Habe ich den richtigen öffentlichen Schlüssel?

Man-In-The-Middle-Angriff



Habe ich den richtigen öffentlichen Schlüssel?

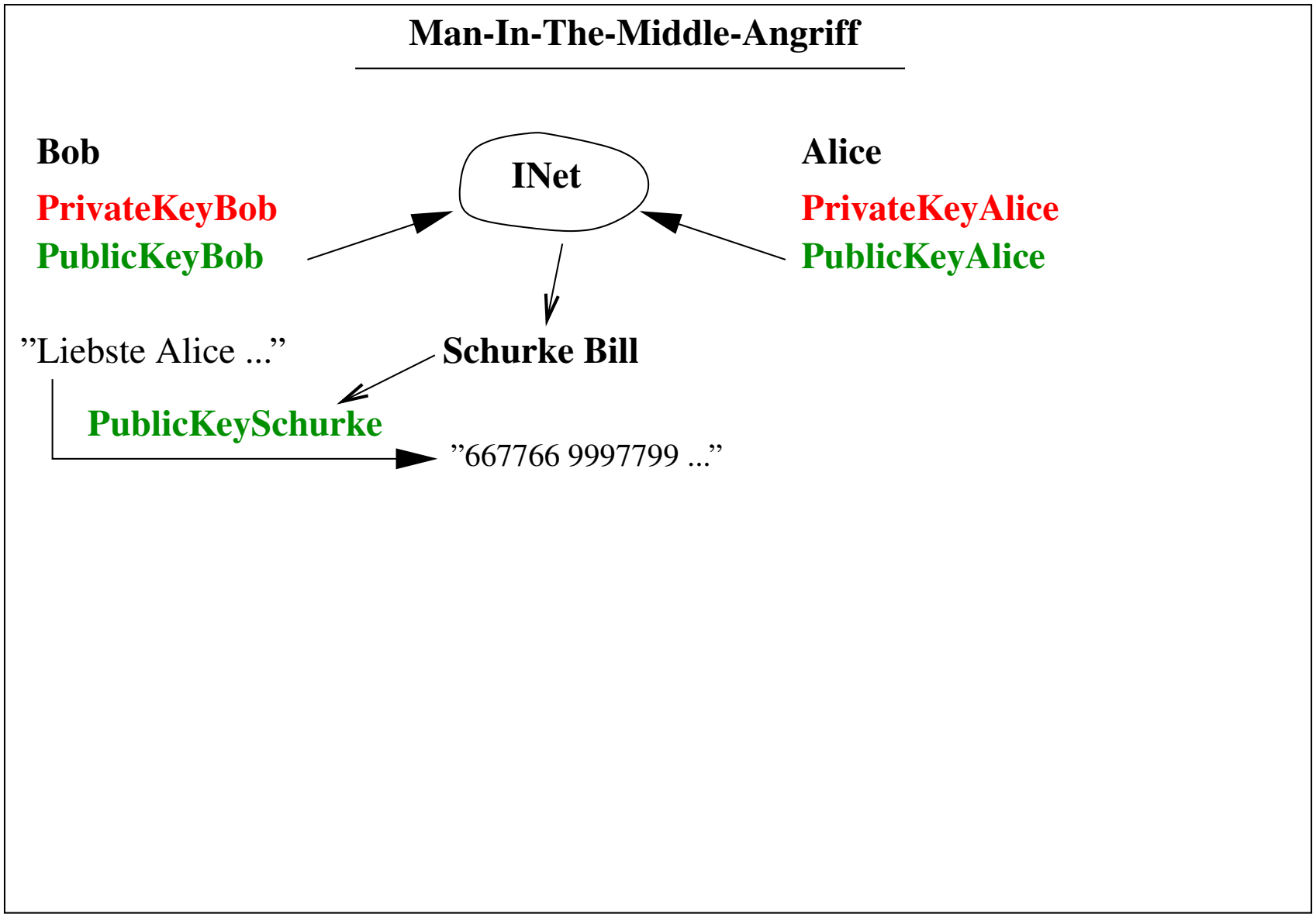
Man-In-The-Middle-Angriff



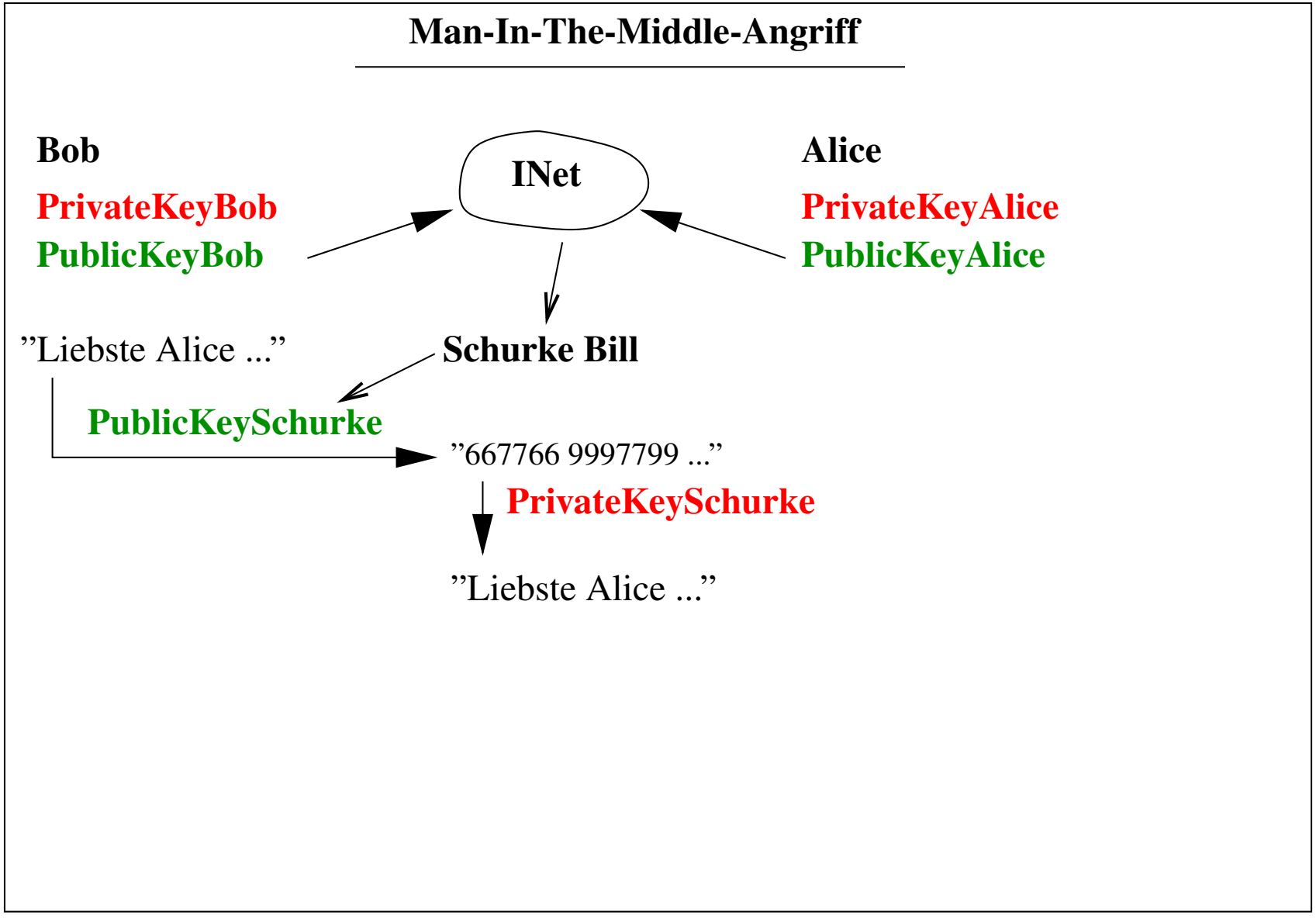
”Liebste Alice ...”

Schurke Bill

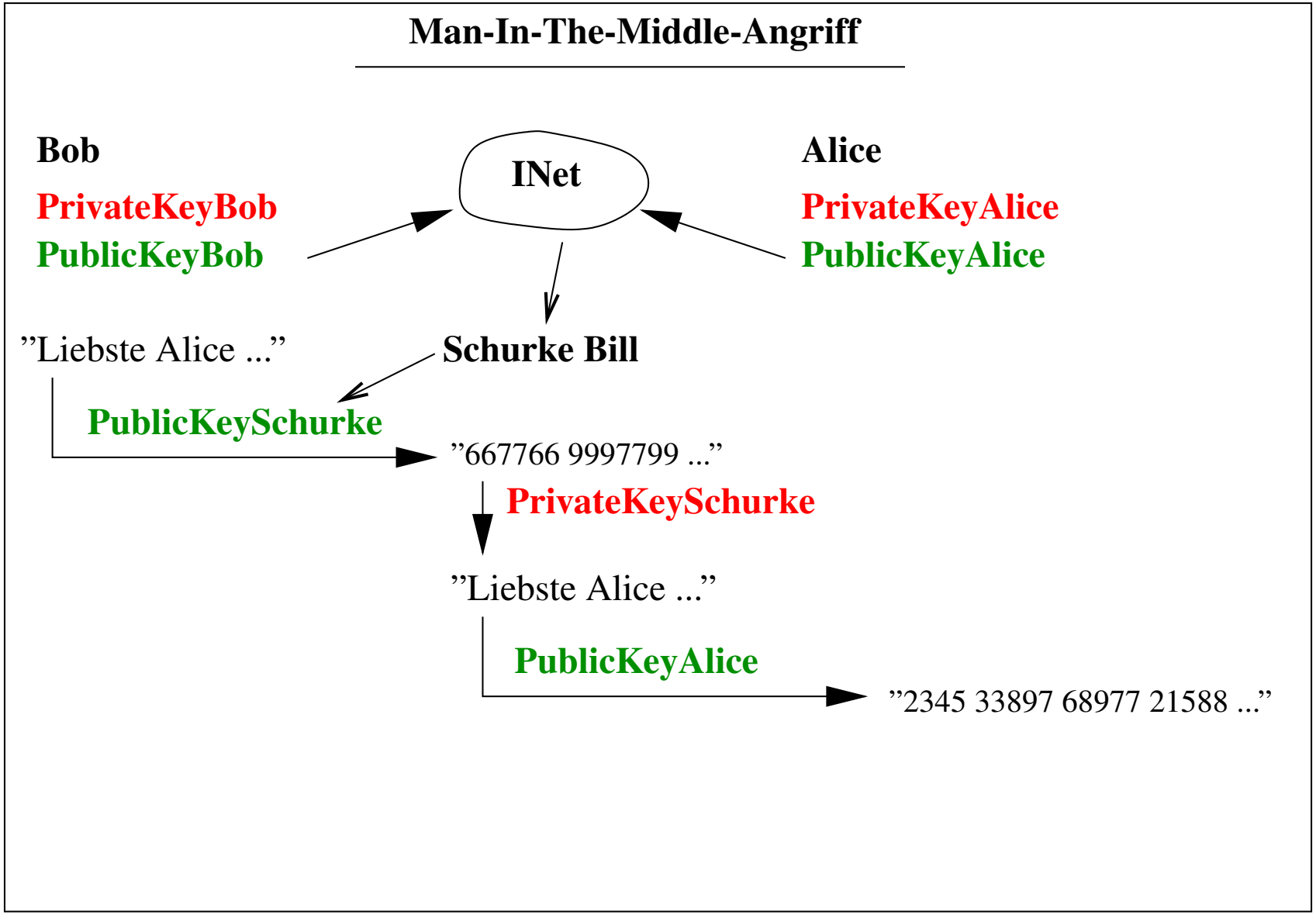
Habe ich den richtigen öffentlichen Schlüssel?



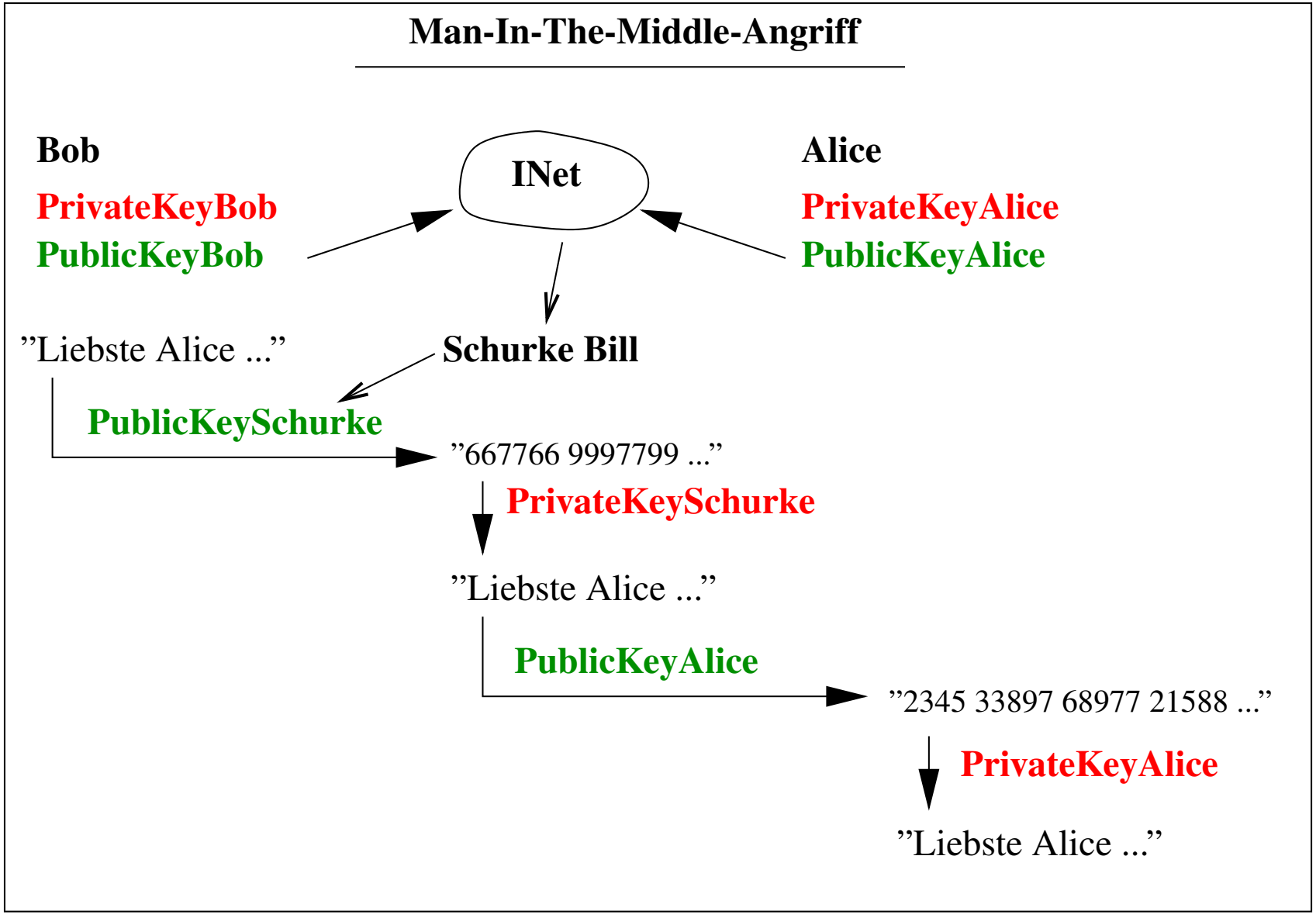
Habe ich den richtigen öffentlichen Schlüssel?



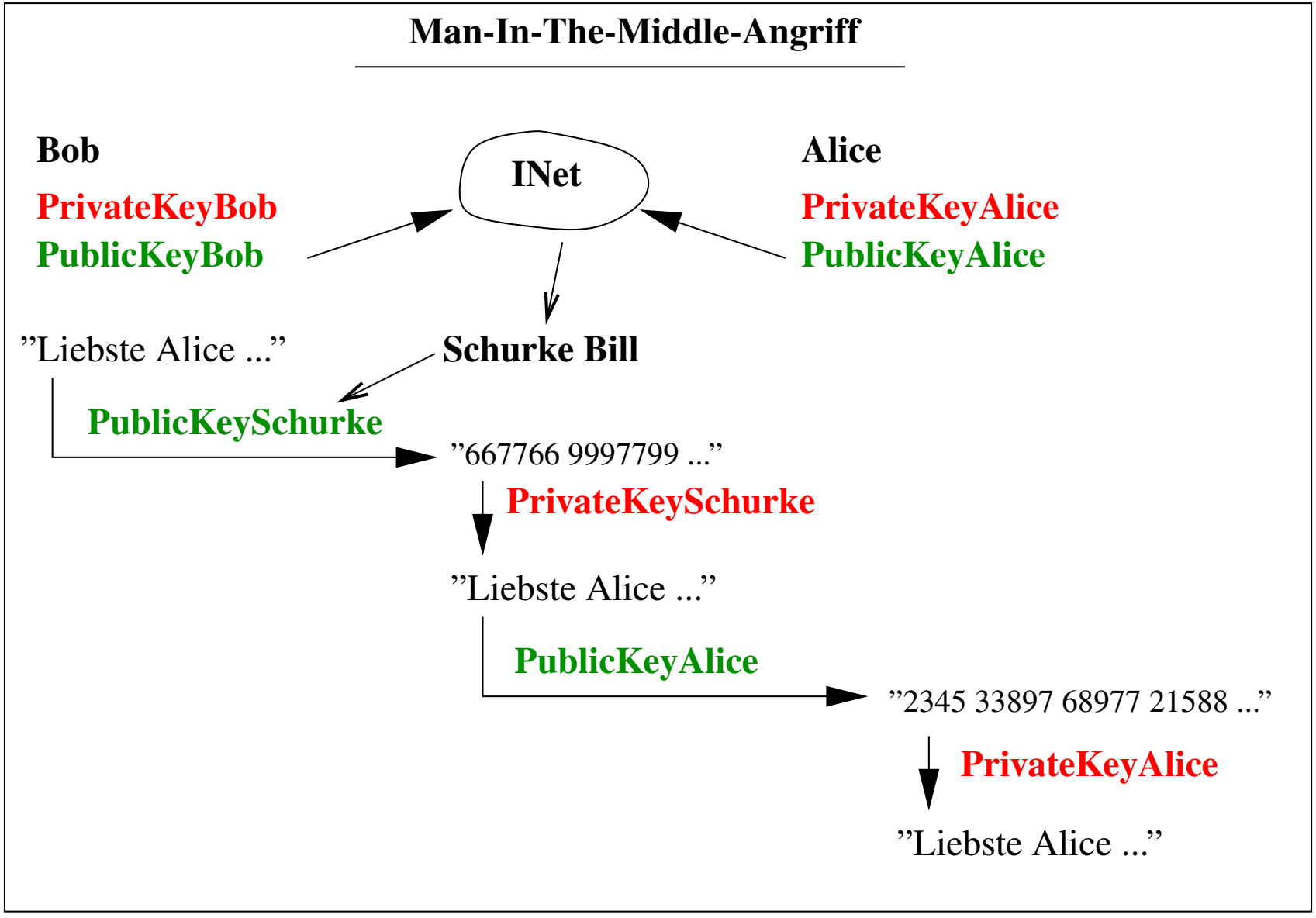
Habe ich den richtigen öffentlichen Schlüssel?



Habe ich den richtigen öffentlichen Schlüssel?



Habe ich den richtigen öffentlichen Schlüssel?



Signierte öffentliche Schlüssel

Problem: Bob muss sicher sein können, dass der angeforderte, öffentliche Schlüssel wirklich von Alice ist.

Lösung: Mit dem Schlüssel wird ein *Echtheitszertifikat* mitgeliefert, d.h. der PublicKeyAlice wird mit dem PrivateKeyNotariat signiert.

CA: Notariate heissen *Certificaton Authority* - **CA**

Bedingung: Die öffentlichen Schlüssel der CAs müssen vorab auf dem Rechner von Alice vorliegen, sonst wäre auch an dieser Stelle ein MITM-Angriff möglich.

Signierte öffentliche Schlüssel

Problem: Bob muss sicher sein können, dass der angeforderte, öffentliche Schlüssel wirklich von Alice ist.

Lösung: Mit dem Schlüssel wird ein *Echtheitszertifikat* mitgeliefert, d.h. der PublicKeyAlice wird mit dem PrivateKeyNotariat signiert.

CA: Notariate heissen *Certificaton Authority* - **CA**

Bedingung: Die öffentlichen Schlüssel der CAs müssen vorab auf dem Rechner von Alice vorliegen, sonst wäre auch an dieser Stelle ein MITM-Angriff möglich.

Signierte öffentliche Schlüssel

Problem: Bob muss sicher sein können, dass der angeforderte, öffentliche Schlüssel wirklich von Alice ist.

Lösung: Mit dem Schlüssel wird ein *Echtheitszertifikat* mitgeliefert, d.h. der PublicKeyAlice wird mit dem PrivateKeyNotariat signiert.

CA: Notariate heissen *Certificaton Authority* - **CA**

Bedingung: Die öffentlichen Schlüssel der CAs müssen vorab auf dem Rechner von Alice vorliegen, sonst wäre auch an dieser Stelle ein MITM-Angriff möglich.

Signierte öffentliche Schlüssel

Problem: Bob muss sicher sein können, dass der angeforderte, öffentliche Schlüssel wirklich von Alice ist.

Lösung: Mit dem Schlüssel wird ein *Echtheitszertifikat* mitgeliefert, d.h. der PublicKeyAlice wird mit dem PrivateKeyNotariat signiert.

CA: Notariate heissen *Certificaton Authority* - **CA**

Bedingung: Die öffentlichen Schlüssel der CAs müssen vorab auf dem Rechner von Alice vorliegen, sonst wäre auch an dieser Stelle ein MITM-Angriff möglich.

Signierte öffentliche Schlüssel

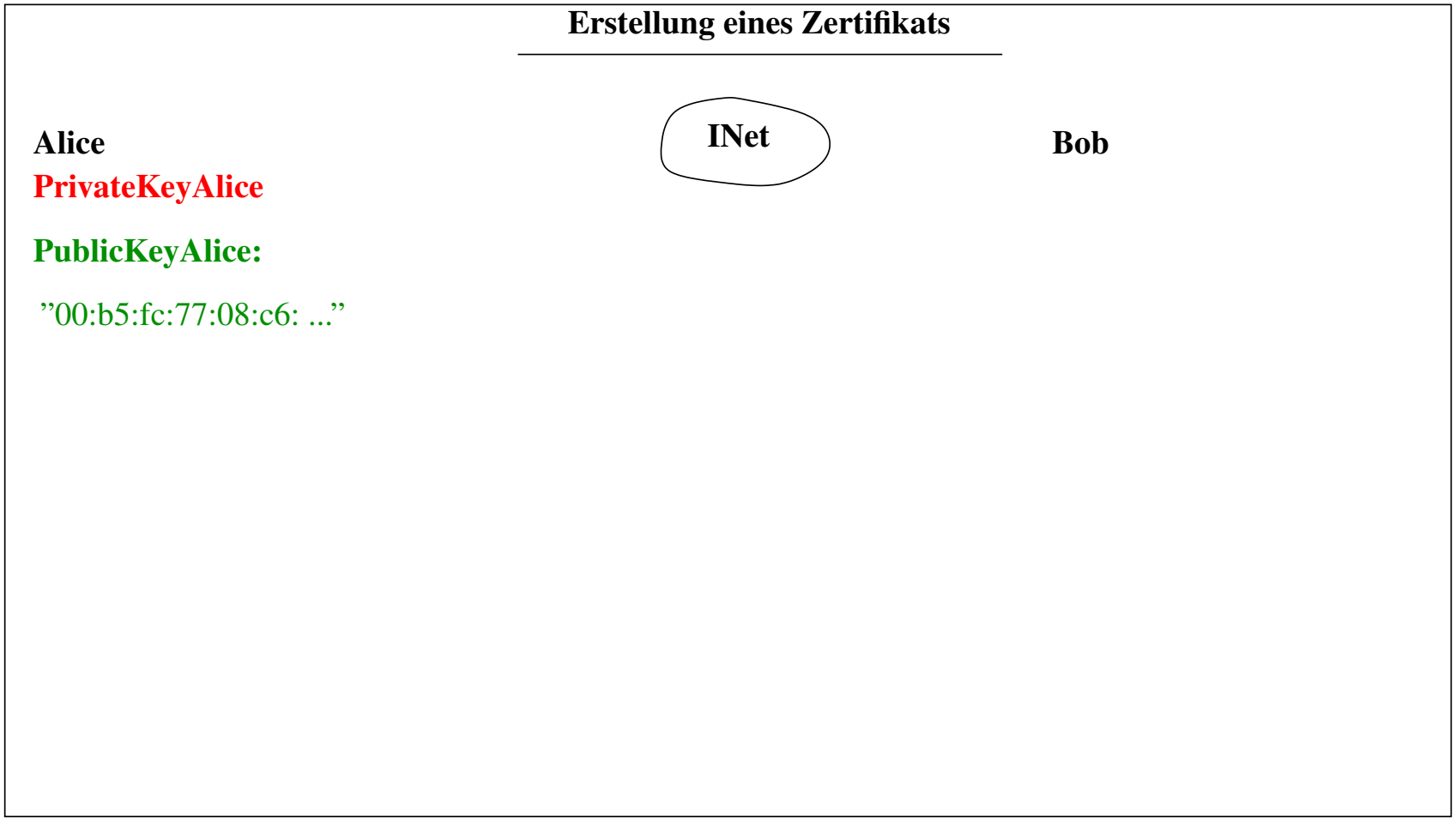
Problem: Bob muss sicher sein können, dass der angeforderte, öffentliche Schlüssel wirklich von Alice ist.

Lösung: Mit dem Schlüssel wird ein *Echtheitszertifikat* mitgeliefert, d.h. der PublicKeyAlice wird mit dem PrivateKeyNotariat signiert.

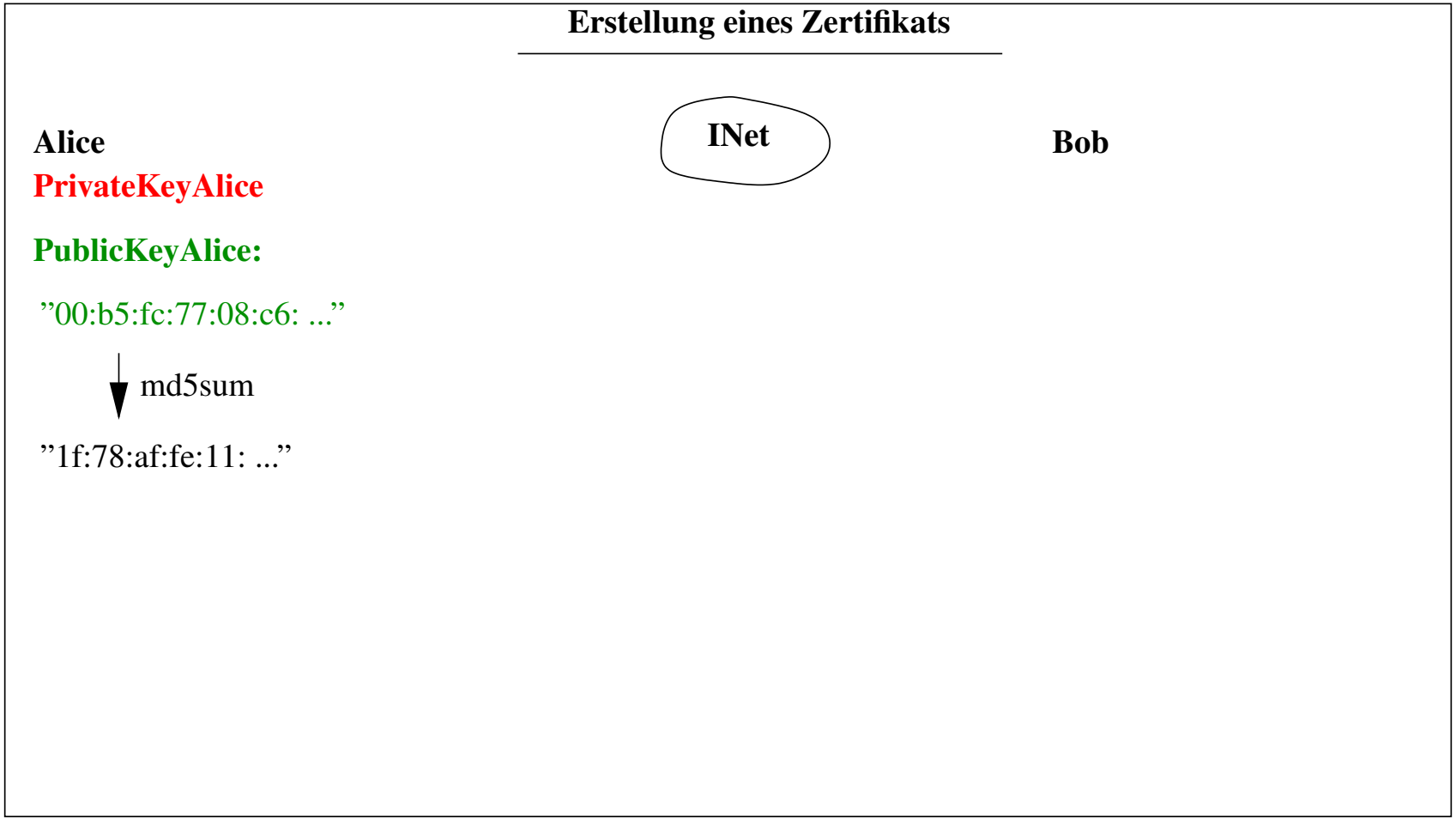
CA: Notariate heissen *Certificaton Authority* - **CA**

Bedingung: Die öffentlichen Schlüssel der CAs müssen vorab auf dem Rechner von Alice vorliegen, sonst wäre auch an dieser Stelle ein MITM-Angriff möglich.

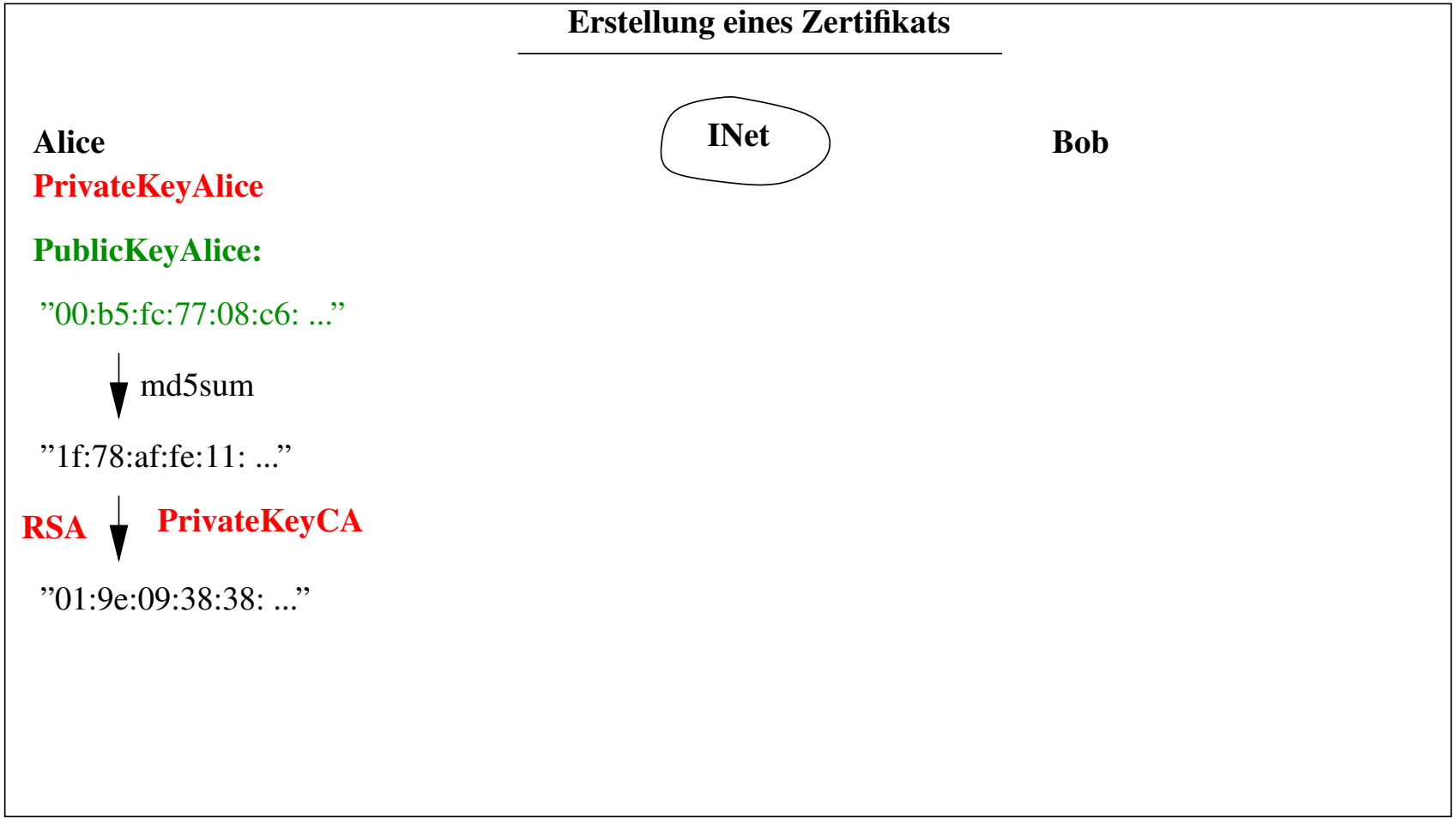
Wie wird ein Zertifikat erstellt



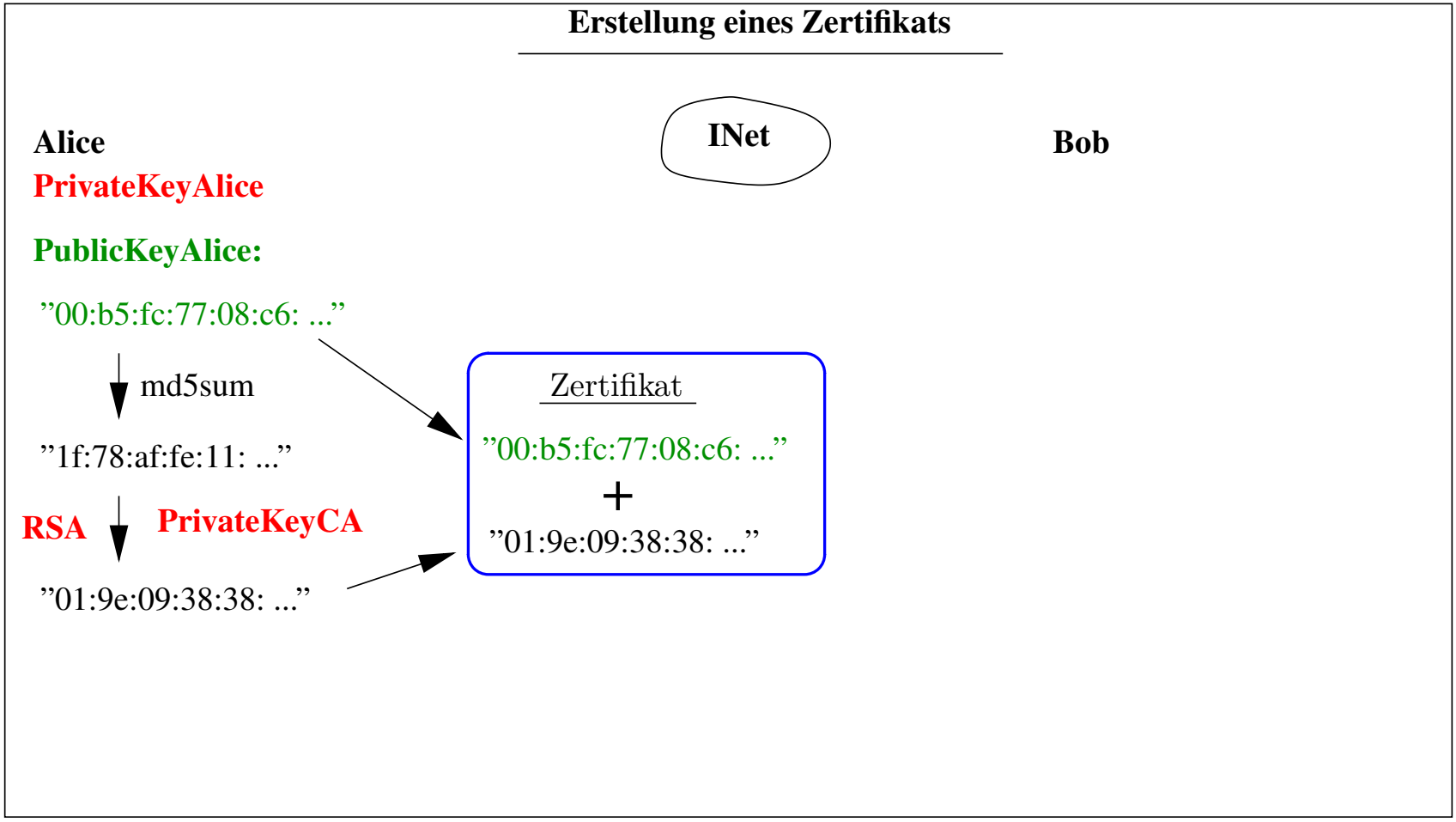
Wie wird ein Zertifikat erstellt



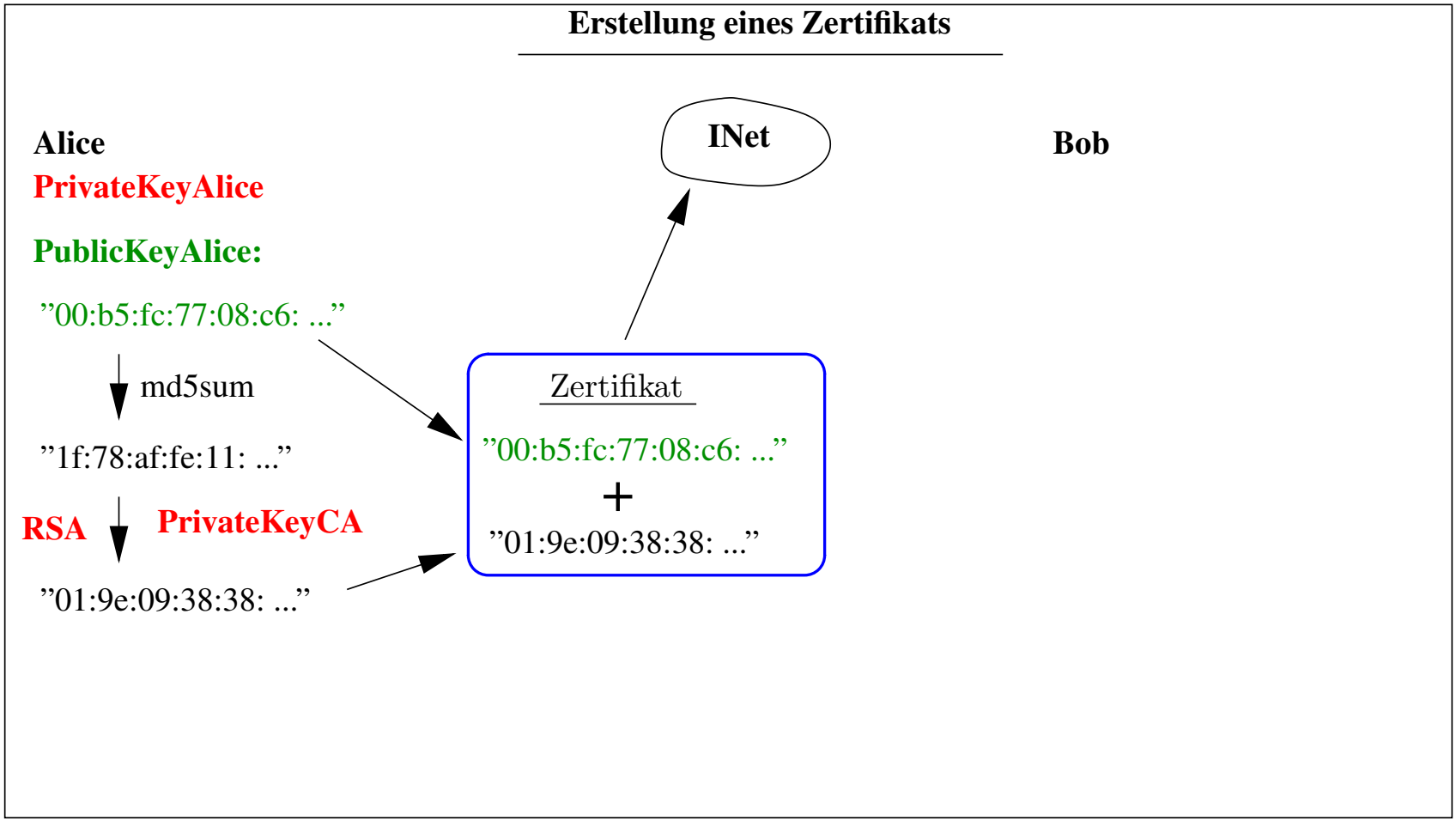
Wie wird ein Zertifikat erstellt



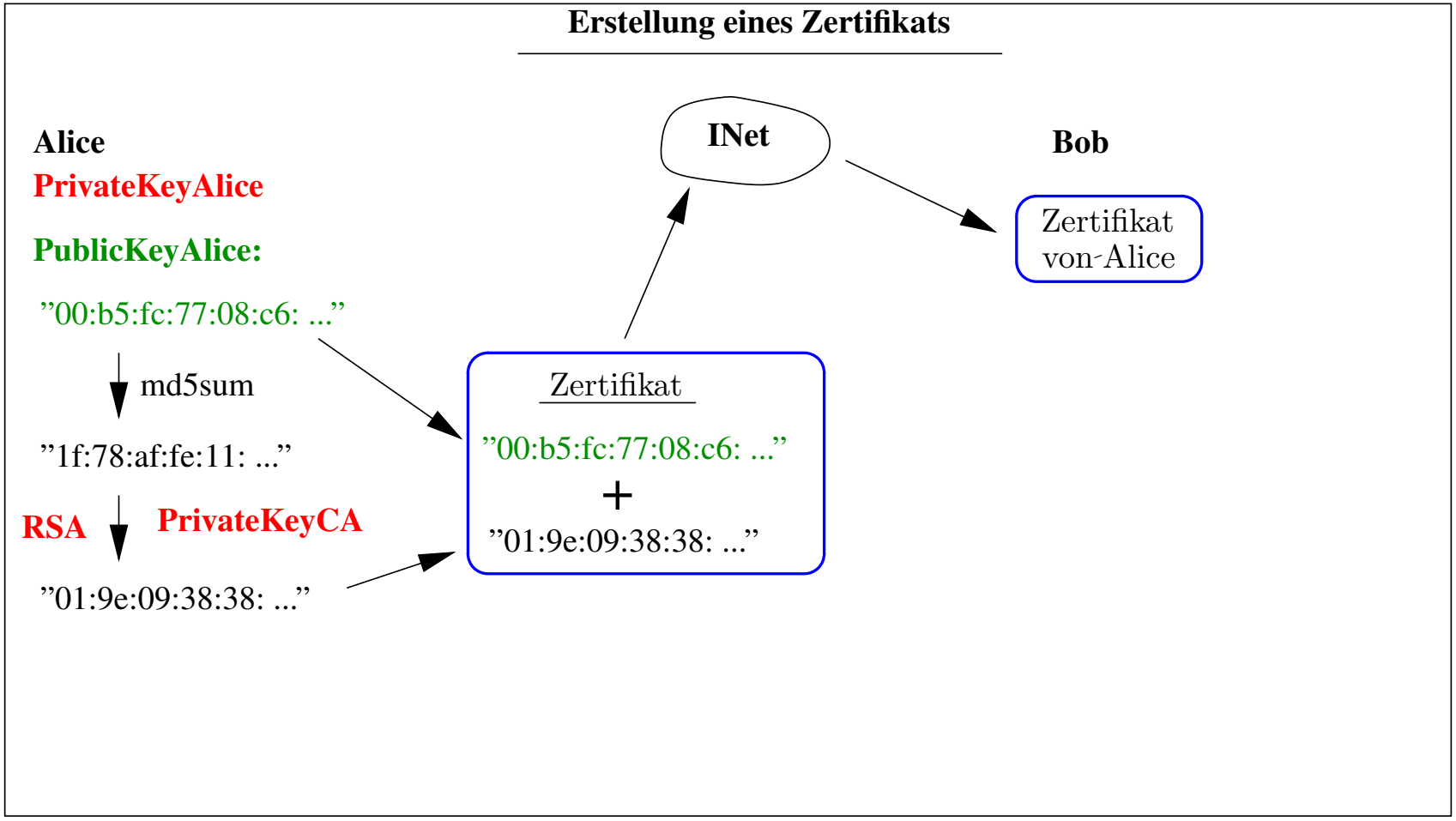
Wie wird ein Zertifikat erstellt



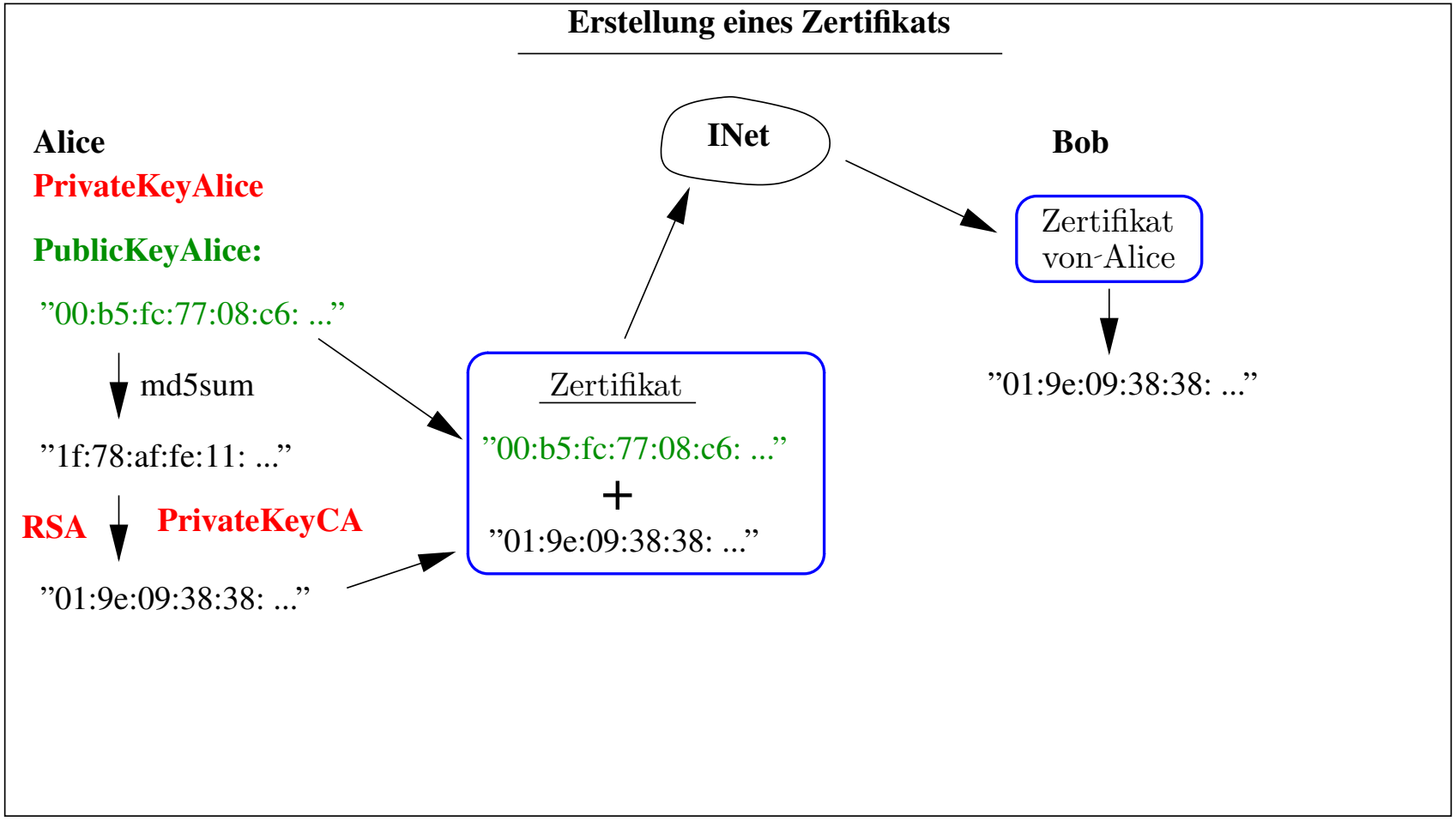
Wie wird ein Zertifikat erstellt



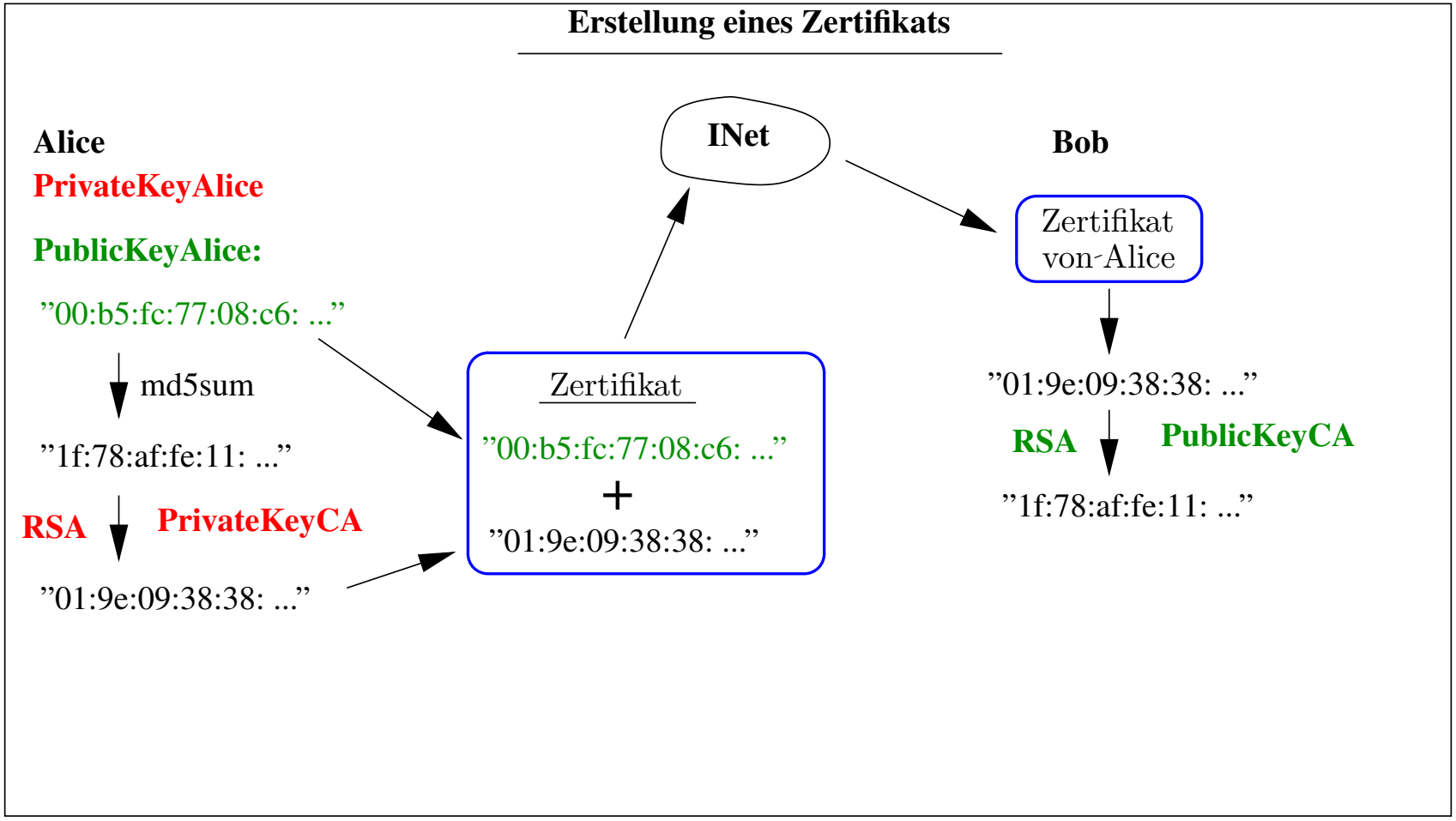
Wie wird ein Zertifikat erstellt



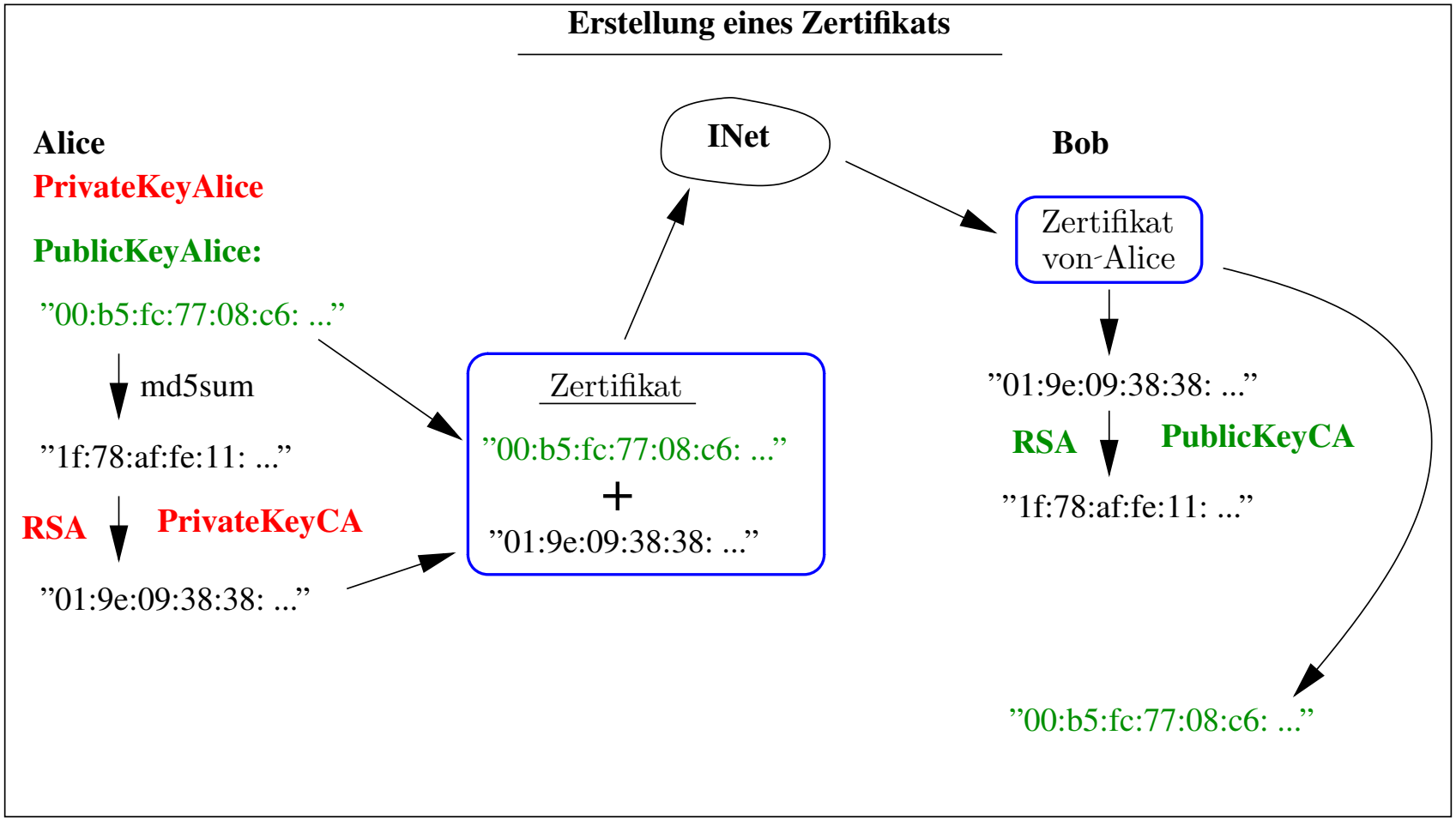
Wie wird ein Zertifikat erstellt



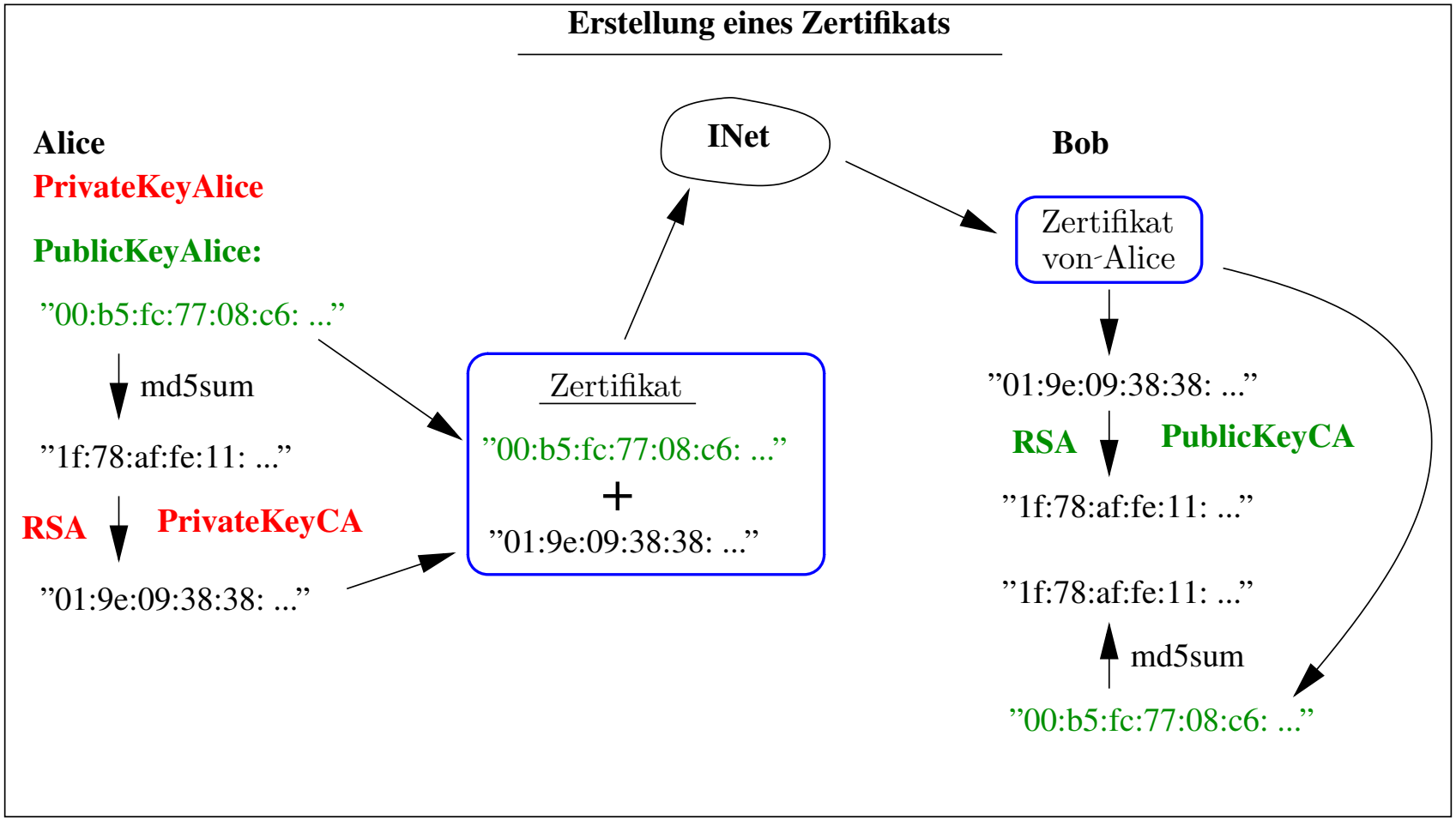
Wie wird ein Zertifikat erstellt



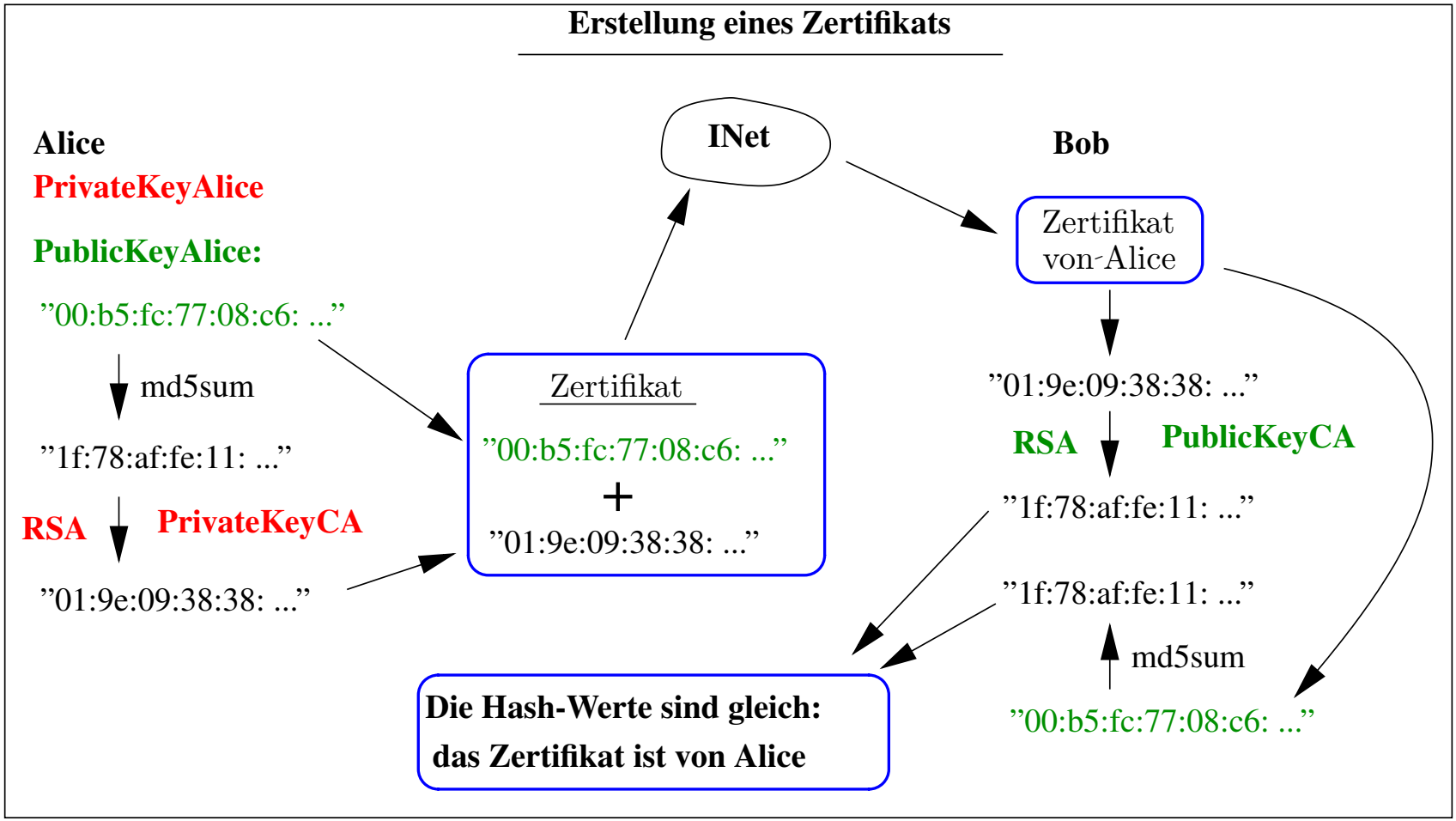
Wie wird ein Zertifikat erstellt



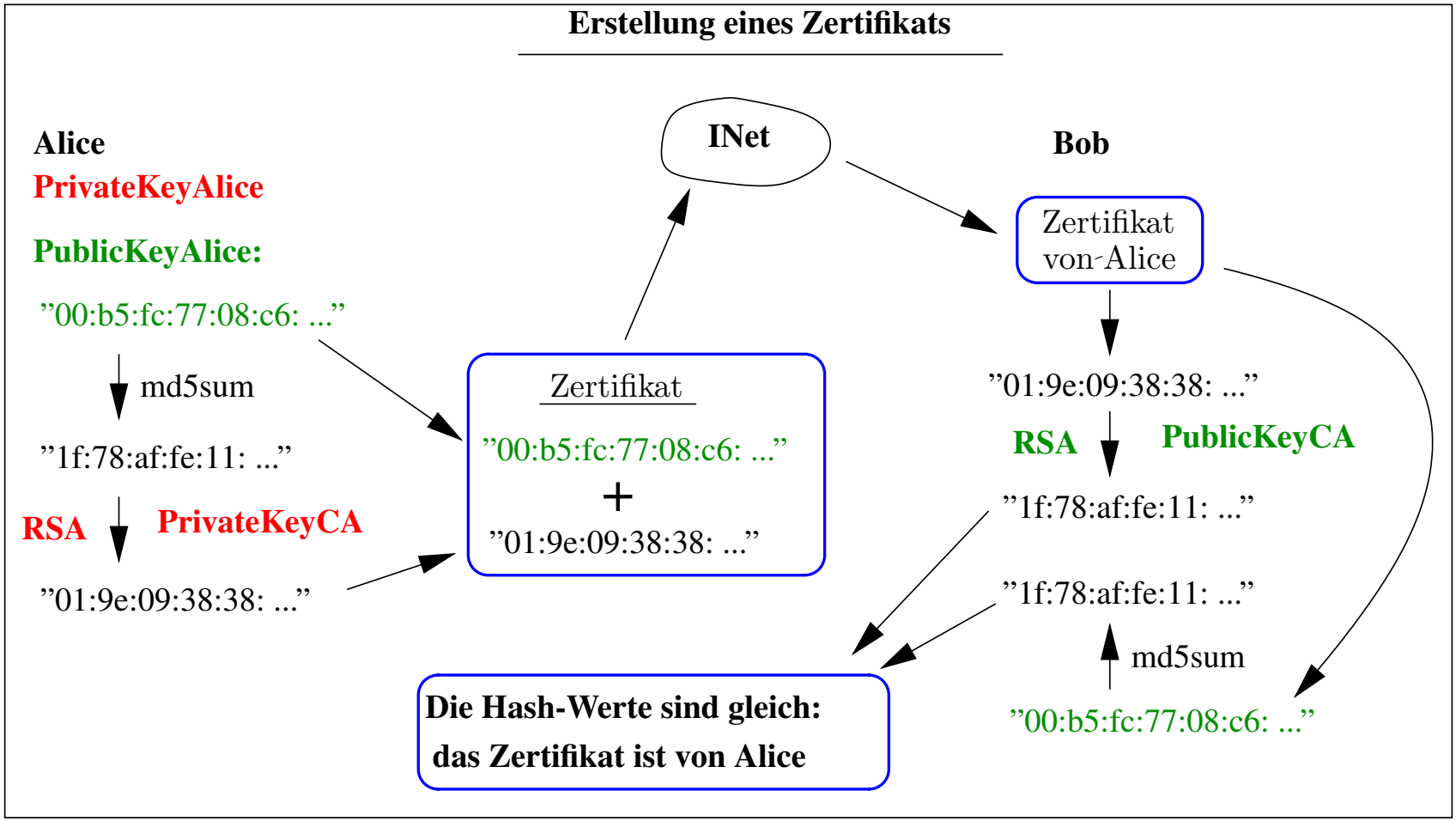
Wie wird ein Zertifikat erstellt



Wie wird ein Zertifikat erstellt



Wie wird ein Zertifikat erstellt



Zertifikat mit openssl analysieren

```
micha@eddie:~$ openssl x509 -text -noout -in client.crt
```

```
Certificate:
    Data:
        Version: 3 (0x2)
        Serial Number: 3 (0x3)
        Signature Algorithm: md5WithRSAEncryption
        Issuer: C=DE, ST=BW, L=FR, O=WARA, OU=IT, CN=MICHA/emailAddress=dienert@wara.de
        Validity
            Not Before: Jan 17 22:06:38 2010 GMT
            Not After : Jan 15 22:06:38 2020 GMT
        Subject: C=DE, ST=BW, O=WARA, OU=IT, CN=client/emailAddress=dienert@wara.de
        Subject Public Key Info:
            Public Key Algorithm: rsaEncryption
            RSA Public Key: (1024 bit)
                Modulus (1024 bit):
                    00:a9:50:c0:1e:e4:93:ce:ec:4c:bf:3b:c8:14:a1:
                    62:ae:c8:2c:6c:f1:78:3d:21:36:4f:45:6e:d3:ab:
                    90:99:4c:25:bf:e7:0d:91:ec:83:15:a8:b4:71:99:
                    3c:a5:28:a1:93:6b:a7:34:74:4a:c3:ad:4b:e3:7a:
                    2a:97:cf:8b:15:cc:f9:f1:9a:e9:0b:3a:ea:c2:4b:
                    40:8f:de:50:30:4d:d2:f8:6c:8b:0c:ff:c4:7a:31:
                    9c:2b:a7:41:df:13:0c:cf:aa:64:be:c3:67:44:f8:
                    22:b3:79:4d:bb:5c:95:fa:79:ad:cf:3a:05:79:3b:
                    88:8e:ad:fe:2c:59:4f:f9:81
                Exponent: 65537 (0x10001)
```

```
        X509v3 extensions:
            X509v3 Basic Constraints:
                CA:FALSE
            Netscape Comment:
                OpenSSL Generated Certificate
            X509v3 Subject Key Identifier:
                5C:9C:53:A7:46:E2:49:91:BF:F9:9C:69:0E:4E:5E:32:0C:E7:C1:F3
            X509v3 Authority Key Identifier:
                keyid:44:80:03:E9:3F:24:F0:0E:30:04:16:69:6A:7A:2F:A1:C5:5E:46:46
                DirName:/C=DE/ST=BW/L=FR/O=WARA/OU=IT/CN=MICHA/emailAddress=dienert@wara.de
                serial:C6:8A:A7:C8:B1:E2:DD:EF

    Signature Algorithm: md5WithRSAEncryption
        8a:c6:82:a0:48:59:2e:7f:55:f3:16:fa:0e:68:4c:11:d7:56:
        0b:d3:85:0b:da:22:e1:3b:d6:60:f7:0b:06:19:6f:11:1d:ca:
        c0:b9:1d:ff:d1:d1:7e:7f:97:63:89:04:18:93:cb:9a:09:06:
        aa:0a:b2:b5:88:de:c7:ec:db:49:93:1b:bc:13:cc:05:69:c9:
        ba:f7:92:67:2f:fd:e0:c1:98:6c:23:b9:38:39:17:f5:d7:6e:
        1f:70:58:79:1b:cb:d7:0d:7f:d9:5d:77:b9:3d:9e:90:80:67:
        54:be:f6:41:49:95:65:ed:67:81:84:2a:a8:19:65:91:4b:eb:
        5a:41
```

Inhalt

Wiederholung: Zertifikate

- Zwischen Server und Client wird eine verschlüsselte Verbindung mit SSL eingerichtet
- Server und Client benötigen dazu *signierte, öffentliche* Schlüssel: $\equiv$ **Zertifikate**
- Und natürlich die zugehörigen *privaten* Schlüssel.
- Wir werden mit *selbstsignierten* Schlüsseln arbeiten. Dazu muss eine eigene *Certification Authority* aufgebaut werden.
- Um die privaten Schlüssel und die Zertifikate von CA, Client und Server zu erzeugen, wird das Programm `easyrsa3` verwendet.

```
https://github.com/OpenVPN/easy-rsa.git
```

Wiederholung: Zertifikate

- Zwischen Server und Client wird eine verschlüsselte Verbindung mit SSL eingerichtet
- Server und Client benötigen dazu *signierte, öffentliche* Schlüssel: ≡ **Zertifikate**
- Und natürlich die zugehörigen *privaten* Schlüssel.
- Wir werden mit *selbstsignierten* Schlüsseln arbeiten. Dazu muss eine eigene *Certification Authority* aufgebaut werden.
- Um die privaten Schlüssel und die Zertifikate von CA, Client und Server zu erzeugen, wird das Programm `easyrsa3` verwendet.

```
https://github.com/OpenVPN/easy-rsa.git
```

Wiederholung: Zertifikate

- Zwischen Server und Client wird eine verschlüsselte Verbindung mit SSL eingerichtet
- Server und Client benötigen dazu *signierte, öffentliche* Schlüssel: ≡ **Zertifikate**
- Und natürlich die zugehörigen *privaten* Schlüssel.
- Wir werden mit *selbstsignierten* Schlüsseln arbeiten. Dazu muss eine eigene *Certification Authority* aufgebaut werden.
- Um die privaten Schlüssel und die Zertifikate von CA, Client und Server zu erzeugen, wird das Programm `easyrsa3` verwendet.

```
https://github.com/OpenVPN/easy-rsa.git
```

Wiederholung: Zertifikate

- Zwischen Server und Client wird eine verschlüsselte Verbindung mit SSL eingerichtet
- Server und Client benötigen dazu *signierte, öffentliche* Schlüssel: $\equiv$ **Zertifikate**
- Und natürlich die zugehörigen *privaten* Schlüssel.
- Wir werden mit *selbstsignierten* Schlüsseln arbeiten. Dazu muss eine eigene *Certification Authority* aufgebaut werden.
- Um die privaten Schlüssel und die Zertifikate von CA, Client und Server zu erzeugen, wird das Programm `easyrsa3` verwendet.

```
https://github.com/OpenVPN/easy-rsa.git
```

Wiederholung: Zertifikate

- Zwischen Server und Client wird eine verschlüsselte Verbindung mit SSL eingerichtet
- Server und Client benötigen dazu *signierte, öffentliche* Schlüssel: $\equiv$ **Zertifikate**
- Und natürlich die zugehörigen *privaten* Schlüssel.
- Wir werden mit *selbstsignierten* Schlüsseln arbeiten. Dazu muss eine eigene *Certification Authority* aufgebaut werden.
- Um die privaten Schlüssel und die Zertifikate von CA, Client und Server zu erzeugen, wird das Programm `easyrsa3` verwendet.

```
https://github.com/OpenVPN/easy-rsa.git
```

Wiederholung: Zertifikate

- Zwischen Server und Client wird eine verschlüsselte Verbindung mit SSL eingerichtet
- Server und Client benötigen dazu *signierte, öffentliche* Schlüssel: $\equiv$ **Zertifikate**
- Und natürlich die zugehörigen *privaten* Schlüssel.
- Wir werden mit *selbstsignierten* Schlüsseln arbeiten. Dazu muss eine eigene *Certification Authority* aufgebaut werden.
- Um die privaten Schlüssel und die Zertifikate von CA, Client und Server zu erzeugen, wird das Programm `easyrsa3` verwendet.

```
https://github.com/OpenVPN/easy-rsa.git
```

Wiederholung: Zertifikate

- Zwischen Server und Client wird eine verschlüsselte Verbindung mit SSL eingerichtet
- Server und Client benötigen dazu *signierte, öffentliche* Schlüssel: $\equiv$ **Zertifikate**
- Und natürlich die zugehörigen *privaten* Schlüssel.
- Wir werden mit *selbstsignierten* Schlüsseln arbeiten. Dazu muss eine eigene *Certification Authority* aufgebaut werden.
- Um die privaten Schlüssel und die Zertifikate von CA, Client und Server zu erzeugen, wird das Programm `easyrsa3` verwendet.

```
https://github.com/OpenVPN/easy-rsa.git
```

Wiederholung: Zertifikate

- Zwischen Server und Client wird eine verschlüsselte Verbindung mit SSL eingerichtet
- Server und Client benötigen dazu *signierte, öffentliche* Schlüssel: $\equiv$ **Zertifikate**
- Und natürlich die zugehörigen *privaten* Schlüssel.
- Wir werden mit *selbstsignierten* Schlüsseln arbeiten. Dazu muss eine eigene *Certification Authority* aufgebaut werden.
- Um die privaten Schlüssel und die Zertifikate von CA, Client und Server zu erzeugen, wird das Programm `easyrsa3` verwendet.

```
https://github.com/OpenVPN/easy-rsa.git
```

Erzeugung einer Public Key Infrastrukur

Unbedingt beachten:

Erzeugung einer Public Key Infrastrukur

Unbedingt beachten:

Beim Erzeugen, Installieren oder Verteilen von Schlüsseln darf der private Schlüssel

Erzeugung einer Public Key Infrastrukur

Unbedingt beachten:

Beim Erzeugen, Installieren oder Verteilen von Schlüsseln darf der private Schlüssel (erkennbar an der Dateiendung `*.key`)

Erzeugung einer Public Key Infrastrukur

Unbedingt beachten:

Beim Erzeugen, Installieren oder Verteilen von Schlüsseln darf der private Schlüssel (erkennbar an der Dateiendung `*.key`) **niemals über einen unsicheren Kanal übertragen werden**.

Erzeugung einer Public Key Infrastrukur

Unbedingt beachten:

Beim Erzeugen, Installieren oder Verteilen von Schlüsseln darf der private Schlüssel (erkennbar an der Dateiendung `*.key`) **niemals über einen unsicheren Kanal übertragen werden**.

Optimal ist, wenn der private Schlüssel dort erzeugt wird, wo er benötigt wird. Dann ist eine Übertragung nicht notwendig.

Erzeugung einer Public Key Infrastrukur

- In der Praxis sind an der Schlüsselerzeugung drei Instanzen beteiligt:
  1. die Certifiation Authority - CA
  2. der VPN-Server
  3. der VPN-Client
- Server und Client erzeugen je ein Schlüsselpaar
- Der öffentliche Schlüssel wird zur CA geschickt und von dieser signiert.
- Die CA schickt die so entstandenen Zertifikate (client.crt, server.crt) zurück
- Die privaten Schlüssel bleiben wo sie sind (je auf Server und Client)

Erzeugung einer Public Key Infrastrukur

- In der Praxis sind an der Schlüsselerzeugung drei Instanzen beteiligt:
  1. die Certifiation Authority - CA
  2. der VPN-Server
  3. der VPN-Client
- Server und Client erzeugen je ein Schlüsselpaar
- Der öffentliche Schlüssel wird zur CA geschickt und von dieser signiert.
- Die CA schickt die so entstandenen Zertifikate (client.crt, server.crt) zurück
- Die privaten Schlüssel bleiben wo sie sind (je auf Server und Client)

Erzeugung einer Public Key Infrastrukur

- In der Praxis sind an der Schlüsselerzeugung drei Instanzen beteiligt:
  1. die Certifiation Authority - CA
  2. der VPN-Server
  3. der VPN-Client
- Server und Client erzeugen je ein Schlüsselpaar
- Der öffentliche Schlüssel wird zur CA geschickt und von dieser signiert.
- Die CA schickt die so entstandenen Zertifikate (client.crt, server.crt) zurück
- Die privaten Schlüssel bleiben wo sie sind (je auf Server und Client)

Erzeugung einer Public Key Infrastrukur

- In der Praxis sind an der Schlüsselerzeugung drei Instanzen beteiligt:
  1. die Certifiation Authority - CA
  2. der VPN-Server
  3. der VPN-Client
- Server und Client erzeugen je ein Schlüsselpaar
- Der öffentliche Schlüssel wird zur CA geschickt und von dieser signiert.
- Die CA schickt die so entstandenen Zertifikate (client.crt, server.crt) zurück
- Die privaten Schlüssel bleiben wo sie sind (je auf Server und Client)

Erzeugung einer Public Key Infrastrukur

- In der Praxis sind an der Schlüsselerzeugung drei Instanzen beteiligt:
  1. die Certifiation Authority - CA
  2. der VPN-Server
  3. der VPN-Client
- Server und Client erzeugen je ein Schlüsselpaar
- Der öffentliche Schlüssel wird zur CA geschickt und von dieser signiert.
- Die CA schickt die so entstandenen Zertifikate (client.crt, server.crt) zurück
- Die privaten Schlüssel bleiben wo sie sind (je auf Server und Client)

Erzeugung einer Public Key Infrastrukur

- In der Praxis sind an der Schlüsselerzeugung drei Instanzen beteiligt:
  1. die Certifiation Authority - CA
  2. der VPN-Server
  3. der VPN-Client
- Server und Client erzeugen je ein Schlüsselpaar
- Der öffentliche Schlüssel wird zur CA geschickt und von dieser signiert.
- Die CA schickt die so entstandenen Zertifikate (client.crt, server.crt) zurück
- Die privaten Schlüssel bleiben wo sie sind (je auf Server und Client)

Erzeugung einer Public Key Infrastrukur

- In der Praxis sind an der Schlüsselerzeugung drei Instanzen beteiligt:
  1. die Certifiation Authority - CA
  2. der VPN-Server
  3. der VPN-Client
- Server und Client erzeugen je ein Schlüsselpaar
- Der öffentliche Schlüssel wird zur CA geschickt und von dieser signiert.
- Die CA schickt die so entstandenen Zertifikate (client.crt, server.crt) zurück
- Die privaten Schlüssel bleiben wo sie sind (je auf Server und Client)

Erzeugung einer Public Key Infrastrukur

- In der Praxis sind an der Schlüsselerzeugung drei Instanzen beteiligt:
  1. die Certifiation Authority - CA
  2. der VPN-Server
  3. der VPN-Client
- Server und Client erzeugen je ein Schlüsselpaar
- Der öffentliche Schlüssel wird zur CA geschickt und von dieser signiert.
- Die CA schickt die so entstandenen Zertifikate (client.crt, server.crt) zurück
- Die privaten Schlüssel bleiben wo sie sind (je auf Server und Client)

Erzeugung einer Public Key Infrastrukur

- In der Praxis sind an der Schlüsselerzeugung drei Instanzen beteiligt:
  1. die Certifiation Authority - CA
  2. der VPN-Server
  3. der VPN-Client
- Server und Client erzeugen je ein Schlüsselpaar
- Der öffentliche Schlüssel wird zur CA geschickt und von dieser signiert.
- Die CA schickt die so entstandenen Zertifikate (client.crt, server.crt) zurück
- Die privaten Schlüssel bleiben wo sie sind (je auf Server und Client)

Schlüsselerzeugung mit easyrsa3

- Aufgabe: mit dem Programm `easyrsa3` sollen die für openVPN nötigen Schlüssel erzeugt werden.
- Man kann dazu 3 verschiedene Rechner verwenden
- Oder man erzeugt 3 verschiedene Verzeichnisse auf einem Rechner
- Folgendes How-To zeigt die Erzeugung auf einem einzelnen Rechner

Schlüsselerzeugung mit easyrsa3

- Aufgabe: mit dem Programm `easyrsa3` sollen die für openVPN nötigen Schlüssel erzeugt werden.
- Man kann dazu 3 verschiedene Rechner verwenden
- Oder man erzeugt 3 verschiedene Verzeichnisse auf einem Rechner
- Folgendes How-To zeigt die Erzeugung auf einem einzelnen Rechner

Schlüsselerzeugung mit easyrsa3

- Aufgabe: mit dem Programm `easyrsa3` sollen die für openVPN nötigen Schlüssel erzeugt werden.
- Man kann dazu 3 verschiedene Rechner verwenden
- Oder man erzeugt 3 verschiedene Verzeichnisse auf einem Rechner
- Folgendes How-To zeigt die Erzeugung auf einem einzelnen Rechner

Schlüsselerzeugung mit easyrsa3

- Aufgabe: mit dem Programm `easyrsa3` sollen die für openVPN nötigen Schlüssel erzeugt werden.
- Man kann dazu 3 verschiedene Rechner verwenden
- Oder man erzeugt 3 verschiedene Verzeichnisse auf einem Rechner
- Folgendes How-To zeigt die Erzeugung auf einem einzelnen Rechner

Schlüsselerzeugung mit easyrsa3

- Aufgabe: mit dem Programm `easyrsa3` sollen die für openVPN nötigen Schlüssel erzeugt werden.
- Man kann dazu 3 verschiedene Rechner verwenden
- Oder man erzeugt 3 verschiedene Verzeichnisse auf einem Rechner
- Folgendes How-To zeigt die Erzeugung auf einem einzelnen Rechner

Schlüsselerzeugung mit easyrsa3

```
cd ~
git clone https://github.com/OpenVPN/easy-rsa.git
cd easy-rsa/
cp -a easyrsa3/ easyrsa3Server
cp -a easyrsa3/ easyrsa3Client

mv easyrsa3 easyrsa3CA
cd easyresa3CA
./easyrsa init-pki
./easyrsa build-ca nopass
# common-name beliebig

cd ../easyrsa3Client/
./easyrsa init-pki
./easyrsa gen-req client nopass
# common-name muss 'client' heissen
```

Schlüsselerzeugung mit easyrsa3

```
cd ../easyrsa3Server/
./easyrsa init-pki
./easyrsa gen-req server nopass
# common-name muss 'server' heissen
./easyrsa gen-dh

cd ../easyrsa3CA
./easyrsa import-req ../easyrsa3Client/pki/reqs/client.req client
./easyrsa import-req ../easyrsa3Server/pki/reqs/server.req server

./easyrsa sign client client
./easyrsa sign server server

openssl x509 -text -noout -in pki/issued/client.crt
openssl x509 -text -noout -in pki/issued/server.crt
```

Ergebnis der Schlüsselerzeugung

Der Inhalt des Verzeichnisses *easyrsa3CA/pki* müsste jetzt so aussehen:

```
.
|-- ca.crt
|-- certs_by_serial
|   |-- 01.pem
|   `-- 02.pem
|-- index.txt
|-- index.txt.attr
|-- index.txt.attr.old
|-- index.txt.old
|-- issued
|   |-- client.crt
|   `-- server.crt
|-- private
|   `-- ca.key
|-- reqs
|   |-- client.req
|   `-- server.req
|-- serial
`-- serial.old
```

Ergebnis der Schlüsselerzeugung

Der Inhalt der pki-Verzeichnisse von easyrsa3Server und easyrsa3Client ist einfacher:

```
.
|-- dh.pem
|-- private
|   `-- server.key
`-- reqs
    `-- server.req


.
|-- private
|   `-- client.key
`-- reqs
    `-- client.req
```

Installation der Schlüssel und Zertifikate

- Das Verzeichnis `~/serverAlles` erzeugen
- Das Verzeichnis `~/clientAlles` erzeugen
- Die erzeugten Schlüssel in die Verzeichnisse *serverAlles/* und *clientAlles/* kopieren
- Diese beiden Verzeichnisse müssen dann wie folgt aussehen. (Die Dateien *server.conf* und *client.conf* werden nach der Installation des openvpn-Quellpakets erzeugt):

Installation der Schlüssel und Zertifikate

- Das Verzeichnis `~/serverAlles` erzeugen
- Das Verzeichnis `~/clientAlles` erzeugen
- Die erzeugten Schlüssel in die Verzeichnisse *serverAlles/* und *clientAlles/* kopieren
- Diese beiden Verzeichnisse müssen dann wie folgt aussehen. (Die Dateien *server.conf* und *client.conf* werden nach der Installation des openvpn-Quellpakets erzeugt):

Installation der Schlüssel und Zertifikate

- Das Verzeichnis `~/serverAlles` erzeugen
- Das Verzeichnis `~/clientAlles` erzeugen
- Die erzeugten Schlüssel in die Verzeichnisse *serverAlles/* und *clientAlles/* kopieren
- Diese beiden Verzeichnisse müssen dann wie folgt aussehen. (Die Dateien *server.conf* und *client.conf* werden nach der Installation des openvpn-Quellpakets erzeugt):

Installation der Schlüssel und Zertifikate

- Das Verzeichnis `~/serverAlles` erzeugen
- Das Verzeichnis `~/clientAlles` erzeugen
- Die erzeugten Schlüssel in die Verzeichnisse *serverAlles/* und *clientAlles/* kopieren
- Diese beiden Verzeichnisse müssen dann wie folgt aussehen. (Die Dateien *server.conf* und *client.conf* werden nach der Installation des openvpn-Quellpakets erzeugt):

Installation der Schlüssel und Zertifikate

- Das Verzeichnis `~/serverAlles` erzeugen
- Das Verzeichnis `~/clientAlles` erzeugen
- Die erzeugten Schlüssel in die Verzeichnisse *serverAlles/* und *clientAlles/* kopieren
- Diese beiden Verzeichnisse müssen dann wie folgt aussehen. (Die Dateien *server.conf* und *client.conf* werden nach der Installation des openvpn-Quellpakets erzeugt):

Installation der Schlüssel und Zertifikate

```
serverAlles
|-- ca.crt
|-- dh.pem
|-- server.conf
|-- server.crt
`-- server.key

clientAlles
|-- ca.crt
|-- client.conf
|-- client.crt
`-- client.key
```

Installation von openvpn aus den Quellen

Die Installation von *openvpn* erfolgt direkt aus den Quellen. Dazu das Quellpaket ins Heimatverzeichnis (~) herunterladen und den Rest in einer Konsole ausführen. Hierzu sind root-Rechte notwendig:

```
cd ~
wget https://swupdate.openvpn.org/community/\
             releases/openvpn-2.3.8.tar.gz
tar -xzf openvpn-2.3.8.tar.gz
cd openvpn-2.3.8
./configure
make
make install
```

Konfiguration

Folgende, abschliessende Schritte sind notwendig:

- Kopieren Sie die Datei *server.conf* aus dem Verzeichnis *sample-config-files/* nach *serverAlles/*
- Kopieren Sie die Datei *client.conf* aus dem Verzeichnis *sample-config-files/* nach *clientAlles/*
- In *server.config* muss man den Namen der Diffie-Hellman-Parameterdatei nach `dh.pem` ändern, in *client.config* müssen Sie die **Remote-Adresse** anpassen.

Konfiguration

Folgende, abschliessende Schritte sind notwendig:

- Kopieren Sie die Datei *server.conf* aus dem Verzeichnis *sample-config-files/* nach *serverAlles/*
- Kopieren Sie die Datei *client.conf* aus dem Verzeichnis *sample-config-files/* nach *clientAlles/*
- In *server.config* muss man den Namen der Diffie-Hellman-Parameterdatei nach `dh.pem` ändern, in *client.config* müssen Sie die **Remote-Adresse** anpassen.

Konfiguration

Folgende, abschliessende Schritte sind notwendig:

- Kopieren Sie die Datei *server.conf* aus dem Verzeichnis *sample-config-files/* nach *serverAlles/*
- Kopieren Sie die Datei *client.conf* aus dem Verzeichnis *sample-config-files/* nach *clientAlles/*
- In *server.config* muss man den Namen der Diffie-Hellman-Parameterdatei nach `dh.pem` ändern, in *client.config* müssen Sie die **Remote-Adresse** anpassen.

Konfiguration

Folgende, abschliessende Schritte sind notwendig:

- Kopieren Sie die Datei *server.conf* aus dem Verzeichnis *sample-config-files/* nach *serverAlles/*
- Kopieren Sie die Datei *client.conf* aus dem Verzeichnis *sample-config-files/* nach *clientAlles/*
- In *server.config* muss man den Namen der Diffie-Hellman-Parameterdatei nach `dh.pem` ändern, in *client.config* müssen Sie die **Remote-Adresse** anpassen.

Konfiguration

Die öffentlichen Schlüssel in `serverAlles` und `clientAlles` sind nun mit dem gleichen, privaten Schlüssel der *Certification Authority*, dem `ca.key` signiert. Aus Gründen der Einfachheit haben wir das alles auf *einer* Maschine gemacht. Das bedeutet aber nun, dass das die entsprechenden Verzeichnisse (`serverAlles, clientAlles`) auf den entsprechenden Host kopiert werden müssen.
Z.B. können wir das Verzeichnis `clientAlles` mit scp auf einen entfernten Host kopieren:

```
scp -r ~/clientAlles  root@r025-99:~
```

Konfiguration

Die öffentlichen Schlüssel in `serverAlles` und `clientAlles` sind nun mit dem gleichen, privaten Schlüssel der *Certification Authority*, dem `ca.key` signiert. Aus Gründen der Einfachheit haben wir das alles auf *einer* Maschine gemacht. Das bedeutet aber nun, dass das die entsprechenden Verzeichnisse (`serverAlles, clientAlles`) auf den entsprechenden Host kopiert werden müssen.
Z.B. können wir das Verzeichnis `clientAlles` mit scp auf einen entfernten Host kopieren:

```
scp -r ~/clientAlles  root@r025-99:~
```

Konfiguration

Jetzt können Server und Client gestartet werden. Da openvpn die Schlüssel und Konfigurationen **relativ zum aktuellen Verzeichnis** sucht, müssen Sie das Kommando **innerhalb** von *serverAlles/* bzw. *clientAlles/* ausführen: Im Verzeichnis *serverAlles/* auf dem Server-Host:

```
openvpn server.conf
```

Im Verzeichnis *clientAlles/* auf dem Client-Host:

```
openvpn client.conf
```

Konfiguration

Jetzt können Server und Client gestartet werden. Da openvpn die Schlüssel und Konfigurationen **relativ zum aktuellen Verzeichnis** sucht, müssen Sie das Kommando **innerhalb** von *serverAlles/* bzw. *clientAlles/* ausführen: Im Verzeichnis *serverAlles/* auf dem Server-Host:

```
openvpn server.conf
```

Im Verzeichnis *clientAlles/* auf dem Client-Host:

```
openvpn client.conf
```

Konfiguration

Jetzt können Server und Client gestartet werden. Da openvpn die Schlüssel und Konfigurationen **relativ zum aktuellen Verzeichnis** sucht, müssen Sie das Kommando **innerhalb** von *serverAlles/* bzw. *clientAlles/* ausführen: Im Verzeichnis *serverAlles/* auf dem Server-Host:

```
openvpn server.conf
```

Im Verzeichnis *clientAlles/* auf dem Client-Host:

```
openvpn client.conf
```

Analyse des Datenverkehrs durch den Tunnel mit tcpdump und nc

Damit der Tunnelverkehr lesbar, also unverschlüsselt übertragen wird, tragen Sie bitte in *server.conf* und *client.conf* folgende Zeile ein und schalten die lzo-Komprimierung aus:

```
cipher none
;comp-lzo
```

Mit dem Kommando *tcpdump* kann nun der Datenverkehr an der physikalischen Schnittstelle mitgeschnitten werden:

```
tcpdump -nti eth0 -XX port 1194
```

Analyse des Datenverkehrs durch den Tunnel mit tcpdump und nc

Damit der Tunnelverkehr lesbar, also unverschlüsselt übertragen wird, tragen Sie bitte in *server.conf* und *client.conf* folgende Zeile ein und schalten die lzo-Komprimierung aus:

```
cipher none
;comp-lzo
```

Mit dem Kommando *tcpdump* kann nun der Datenverkehr an der physikalischen Schnittstelle mitgeschnitten werden:

```
tcpdump -nti eth0 -XX port 1194
```

Analyse des Datenverkehrs durch den Tunnel mit tcpdump und nc

Damit der Tunnelverkehr lesbar, also unverschlüsselt übertragen wird, tragen Sie bitte in *server.conf* und *client.conf* folgende Zeile ein und schalten die lzo-Komprimierung aus:

```
cipher none
;comp-lzo
```

Mit dem Kommando *tcpdump* kann nun der Datenverkehr an der physikalischen Schnittstelle mitgeschnitten werden:

```
tcpdump -nti eth0 -XX port 1194
```

Analyse des Datenverkehrs durch den Tunnel mit tcpdump und nc

Damit nun Daten durch den Tunnel geschickt werden, verwenden wir das Programm *netcat*. Und zwar auf der Client **und** auf der Serverseite (auf BSD-Systemen muss man den Serverport mit dem Schalter -p angeben, unter Linux nicht): Auf dem Server:

```
nc -l 5000 (bsd: nc -l -p 5000)
```

Auf dem Client:

```
nc 10.8.0.1 5000
hallo, ist da wer im tunnel?
```

Analyse des Datenverkehrs durch den Tunnel mit tcpdump und nc

Damit nun Daten durch den Tunnel geschickt werden, verwenden wir das Programm *netcat*. Und zwar auf der Client **und** auf der Serverseite (auf BSD-Systemen muss man den Serverport mit dem Schalter -p angeben, unter Linux nicht): Auf dem Server:

```
nc -l 5000 (bsd: nc -l -p 5000)
```

Auf dem Client:

```
nc 10.8.0.1 5000
hallo, ist da wer im tunnel?
```

Analyse des Datenverkehrs durch den Tunnel mit tcpdump und nc

Damit nun Daten durch den Tunnel geschickt werden, verwenden wir das Programm *netcat*. Und zwar auf der Client **und** auf der Serverseite (auf BSD-Systemen muss man den Serverport mit dem Schalter -p angeben, unter Linux nicht): Auf dem Server:

```
nc -l 5000 (bsd: nc -l -p 5000)
```

Auf dem Client:

```
nc 10.8.0.1 5000
hallo, ist da wer im tunnel?
```

Analyse des Datenverkehrs durch den Tunnel mit tcpdump und nc

Und so soll es aussehen:

```
IP 192.168.2.101.51625 > 192.168.2.102.1194: UDP, length 107
   0x0000:  001b 63fe 8862 001c b3c3 830f 0800 4500  ..c..b........E.
   0x0010:  0087 5602 0000 4011 9e48 c0a8 0265 c0a8  ..V...@..H...e..
   0x0020:  0266 c9a9 04aa 0073 7931 30c6 0974 9156  .f.....sy10..t.V
   0x0030:  1912 07dc f814 0bb3 c19e b31f c5c0 2200  ..............".
   0x0040:  0000 f8fa 4500 0051 2825 4000 4006 fe6b  ....E..Q(%@.@..k
   0x0050:  0a08 0006 0a08 0001 c2fb 1388 17a9 3e1b  ..............>.
   0x0060:  130d b2a4 8018 ffff a1dc 0000 0101 080a  ................
   0x0070:  0573 769c 24ad 0718 6861 6c6c 6f2c 2069  .sv.$...hallo,.i
   0x0080:  7374 2064 6120 7765 7220 696d 2074 756e  st.da.wer.im.tun
   0x0090:  6e65 6c3f 0a                             nel?.
```

Schluss

Danke für’s Zuhören und mitmachen!