
Rechnernetze I

SoSe 2025

Roland Wismüller
Universität Siegen
roland.wismueller@uni-siegen.de
Tel.: 0271/740-4050, Büro: H-B 8404

Stand: 17. April 2025

Rechnernetze I

SoSe 2025

2 Protokolle und Protokollhierarchie



Inhalt

- ➔ Einführung
- ➔ Protokolle und Dienste
- ➔ Die OSI-Architektur
- ➔ Die Internet-Architektur

- ➔ Peterson, Kap. 1.3
- ➔ CCNA, Kap. 3

Teilaufgaben bei der Kommunikation in Rechnernetzen

- ➔ Bestimmung eines Weges vom Sender zum Empfänger (**Routing**)
- ➔ Aufteilen der Daten in Pakete (wegen Multiplexing und Zwischenspeicherung), Zusammenbau beim Empfänger (in der richtigen Reihenfolge)
- ➔ Fehlerbehandlung: was, wenn ein Paket verlorengelht?
 - ➔ Quittierung der Pakete
 - ➔ nach Ablauf bestimmter Zeit: Sendung wiederholen
 - ➔ jetzt aber Behandlung von Kopien des Pakets nötig!
- ➔ **Flußkontrolle**
 - ➔ Empfänger an Sender: „nicht so schnell!“



Teilaufgaben bei der Kommunikation in Rechnernetzen ...

- ➔ Behandlung verschiedener Datendarstellungen bei Sender und Empfänger (Formate, Byte-Reihenfolge...)
- ➔ Verschlüsselung der Daten?
- ➔ Bei Mehrfachzugriffs-Verbindungen: Regelung des Zugriffs auf das Übertragungsmedium
- ➔ Festlegung des Übertragungsmediums: Kabel / Funk, Stecker, Frequenzen, ...
- ➔ Kodierung und Format der Daten bei der Übertragung über dieses Medium (z.B. wie wird eine 1 bzw. 0 dargestellt?)
- ➔ ...

Ordnung ins Chaos: Schichten und Protokolle

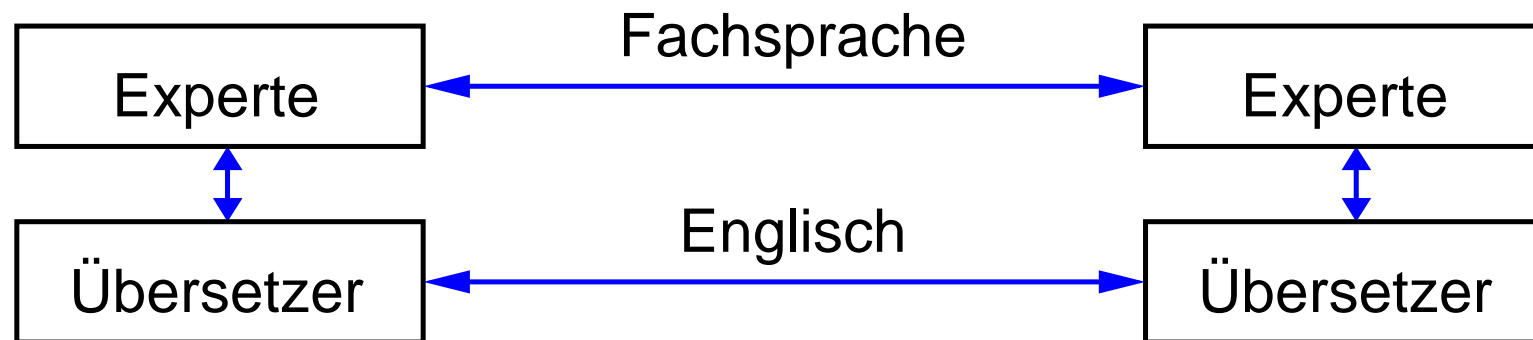
➔ Beispiel: zwei Experten unterhalten sich



Die beiden Experten benutzen
ihre gemeinsame Fachsprache

Ordnung ins Chaos: Schichten und Protokolle

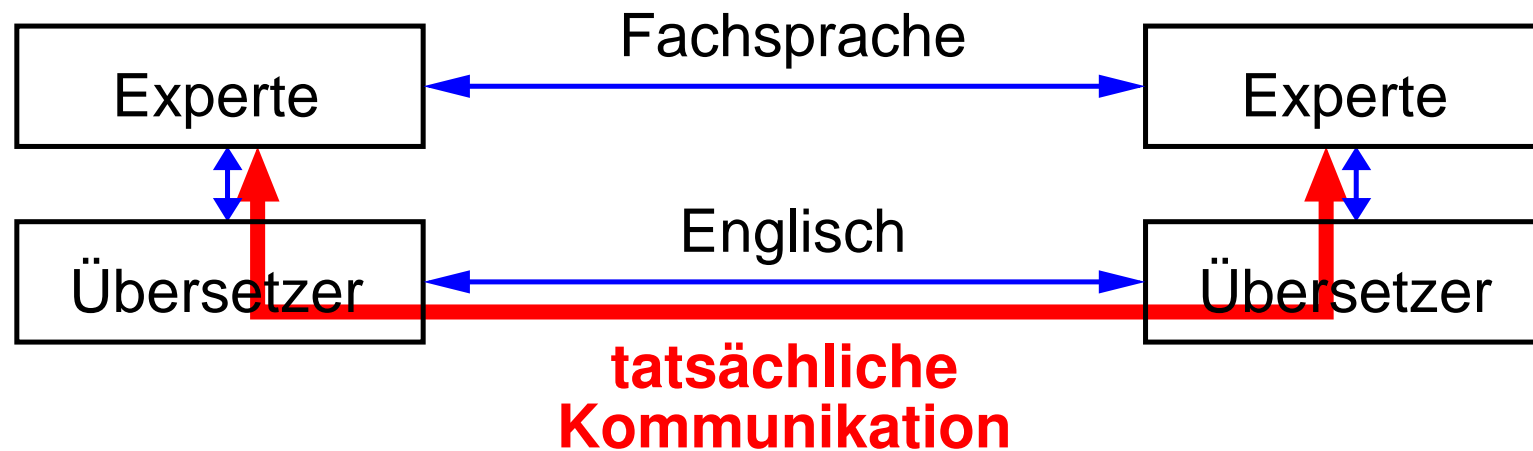
➔ Beispiel: zwei Experten unterhalten sich



Tatsächlich ist einer Österreicher und der andere Japaner. Sie unterhalten sich daher über zwei Simultandolmetscher, die miteinander Englisch reden

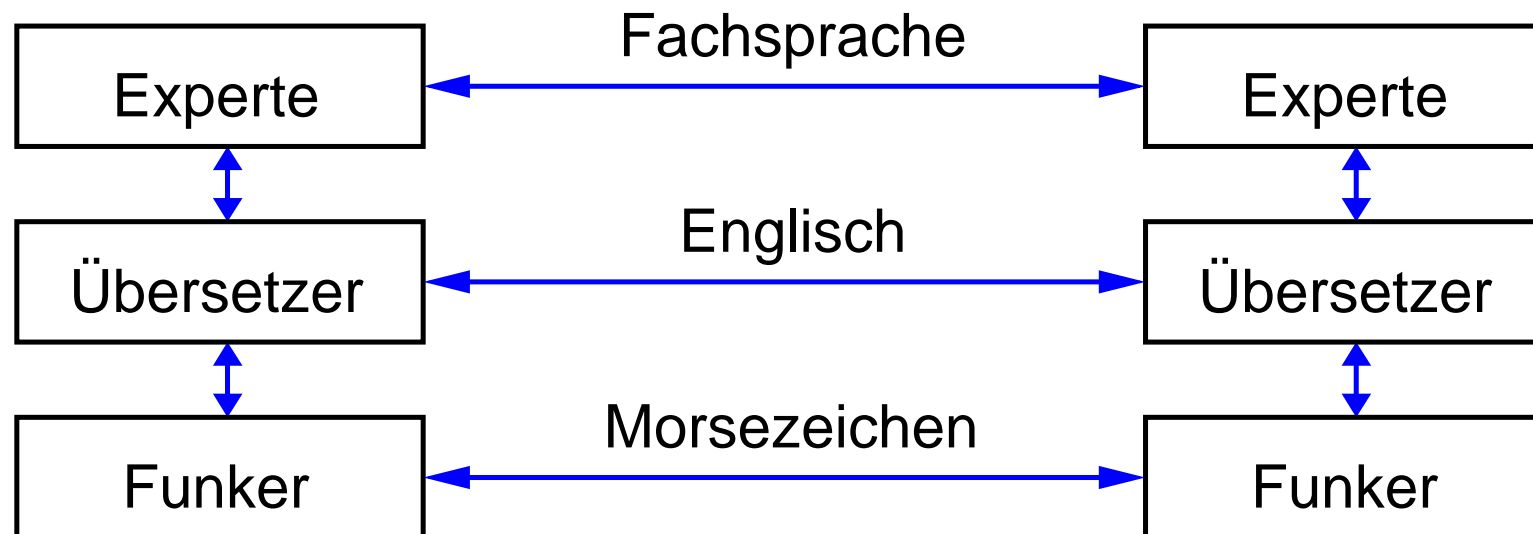
Ordnung ins Chaos: Schichten und Protokolle

➔ Beispiel: zwei Experten unterhalten sich



Ordnung ins Chaos: Schichten und Protokolle

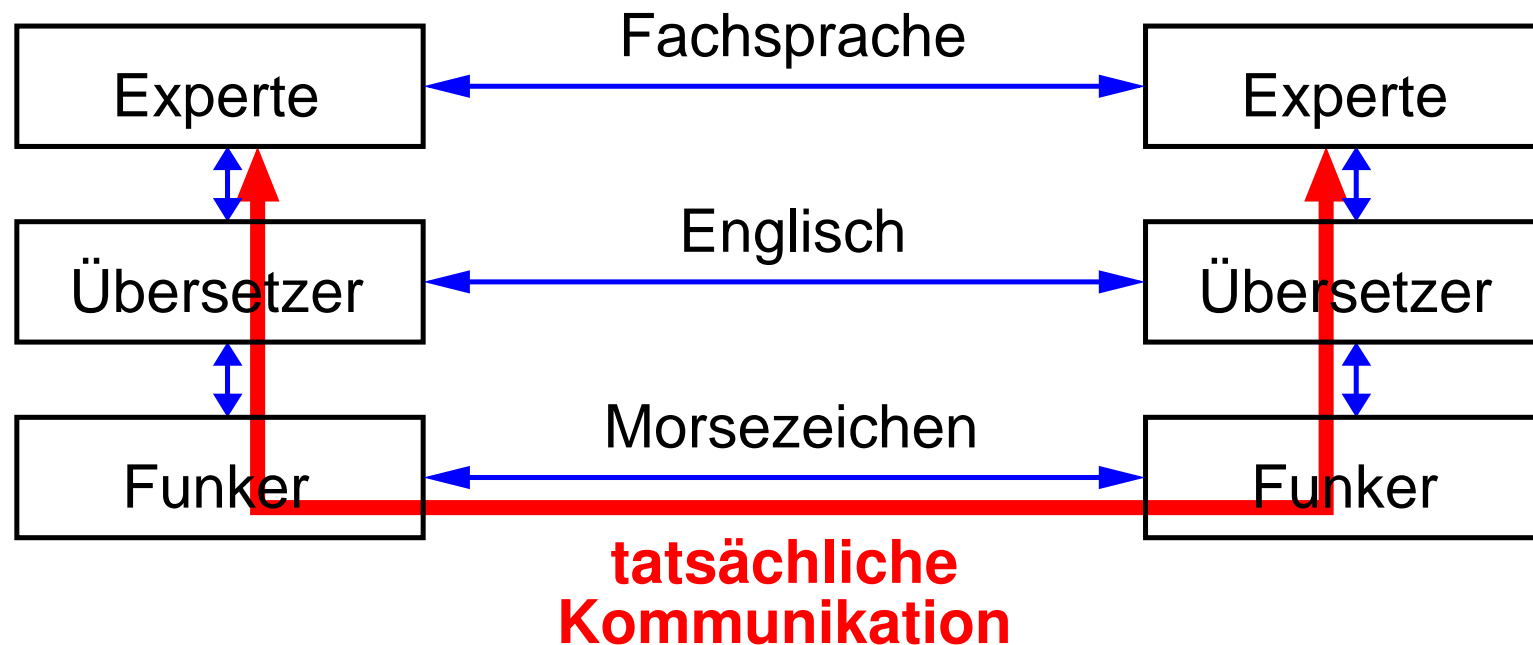
➔ Beispiel: zwei Experten unterhalten sich



Die Experten befinden sich in U-Booten,
zwischen denen nur Morsefunk möglich ist ...

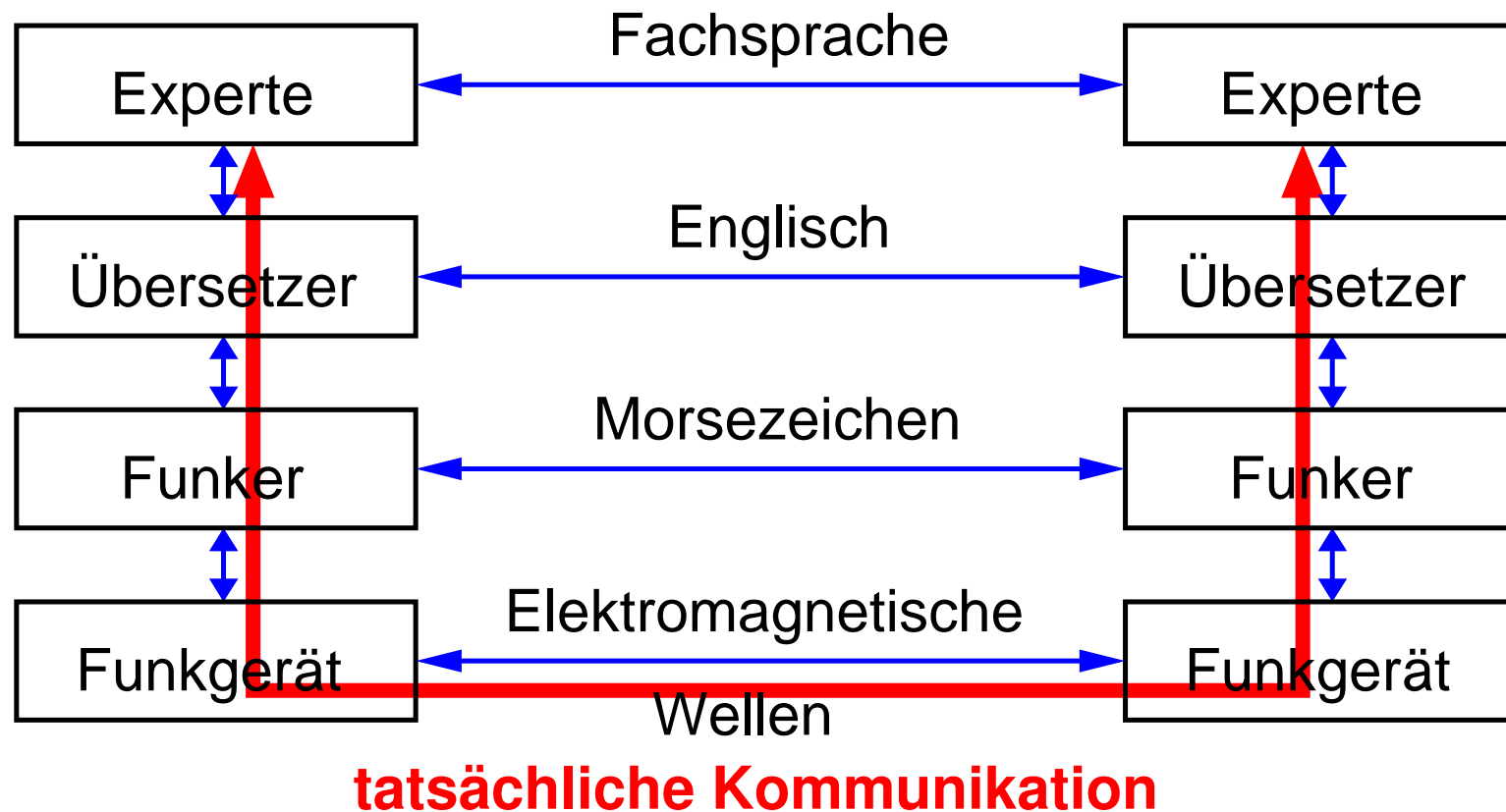
Ordnung ins Chaos: Schichten und Protokolle

➔ Beispiel: zwei Experten unterhalten sich



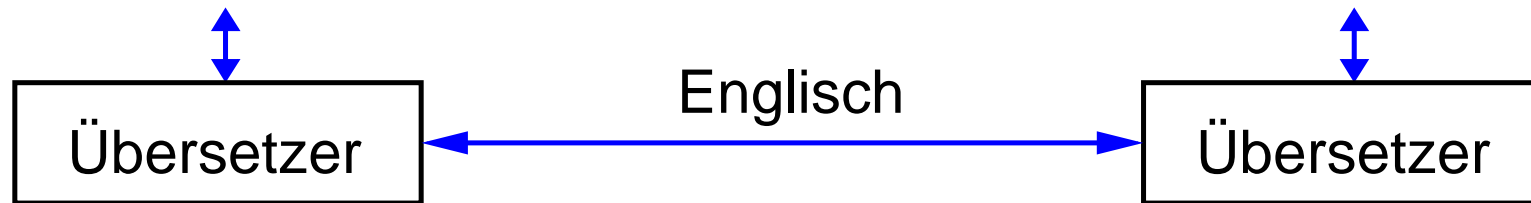
Ordnung ins Chaos: Schichten und Protokolle

➔ Beispiel: zwei Experten unterhalten sich



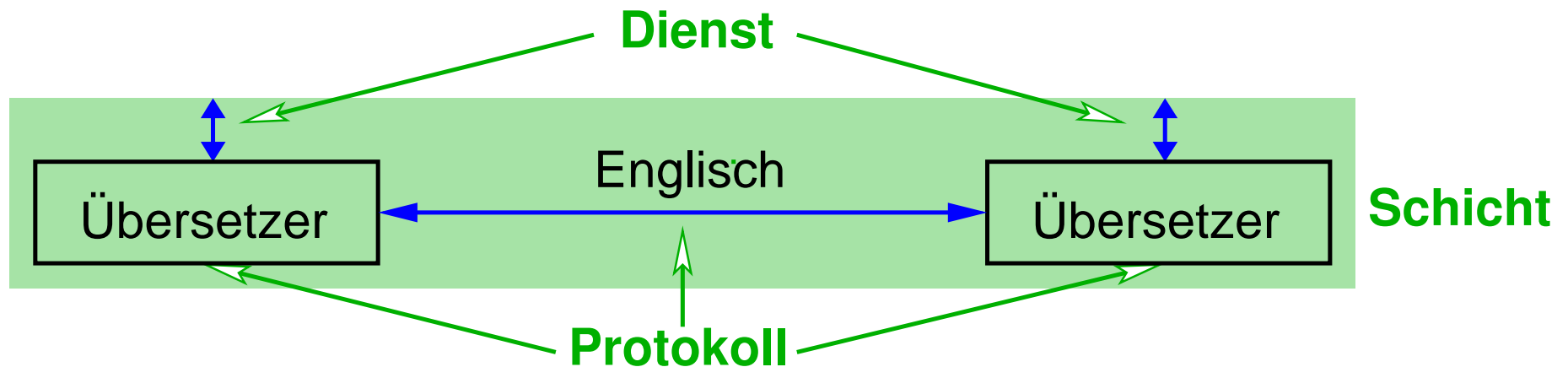
Ordnung ins Chaos: Schichten und Protokolle

➔ Beispiel: zwei Experten unterhalten sich

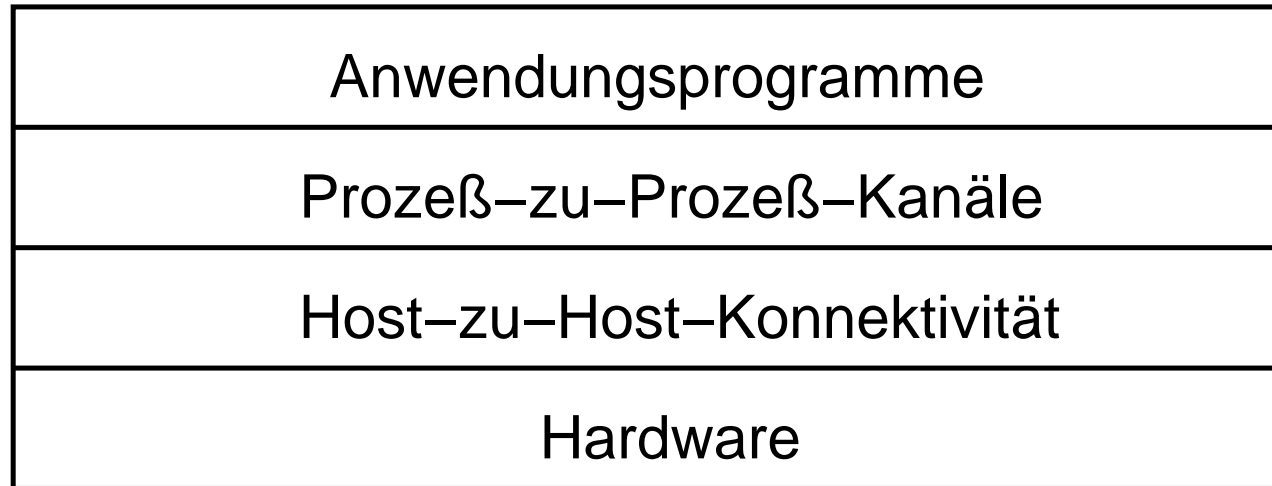


Ordnung ins Chaos: Schichten und Protokolle

➔ Beispiel: zwei Experten unterhalten sich



➔ Netzwerksysteme werden in Schichten organisiert



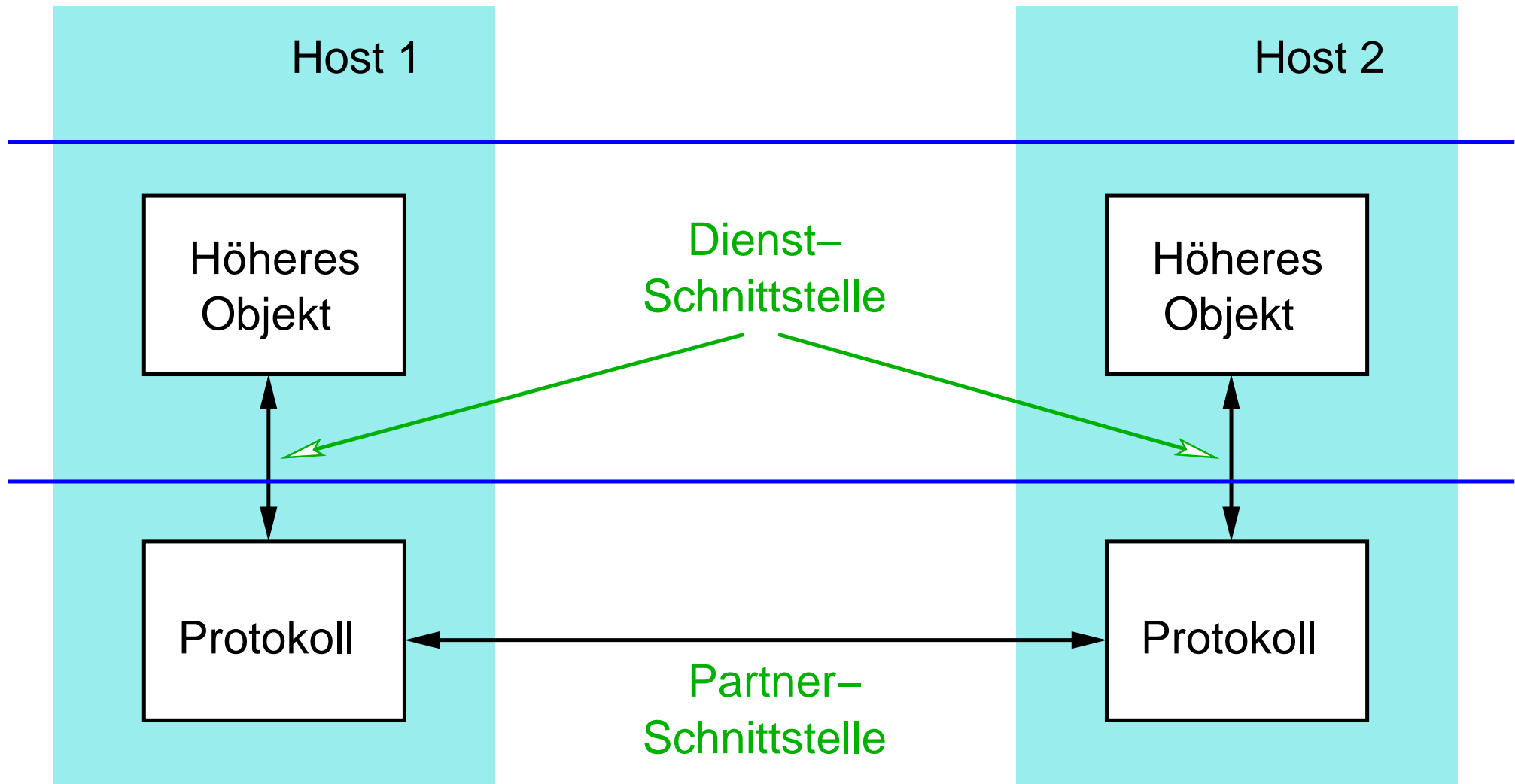
➔ Ziel der Schichtung:

- ➔ jede Schicht definiert eine Abstraktionsebene
- ➔ jede Schicht bietet eine definierte Schnittstelle
- ➔ Implementierung der Schicht ist austauschbar

Protokolle

- ➔ Objekte, aus denen sich die Schichten zusammensetzen
- ➔ Bieten Objekten der höheren Ebene Kommunikationsdienste an
- ➔ Ein Protokoll bietet zwei Schnittstellen:
 - ➔ **Dienst-Schnittstelle (*Service interface*)**
 - ➔ für Nutzer der Dienste auf demselben Rechner
 - ➔ **Partner-Schnittstelle (*Peer-to-Peer Interface*)**
 - ➔ zu seinem Gegenstück auf dem anderen Rechner
- ➔ **Achtung:** Der Begriff Protokoll ist überladen:
 - ➔ Partner-Schnittstelle
 - ➔ Implementierung dieser Schnittstelle

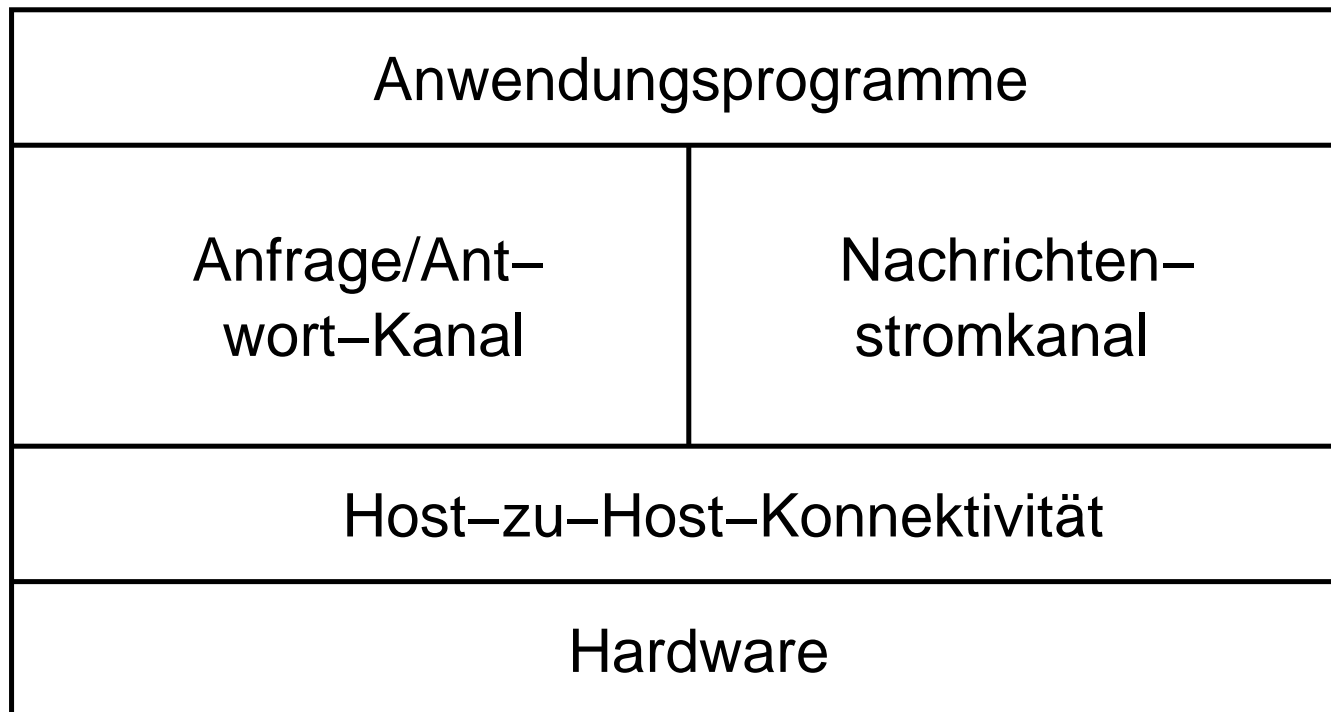
Dienst- und Partnerschnittstellen





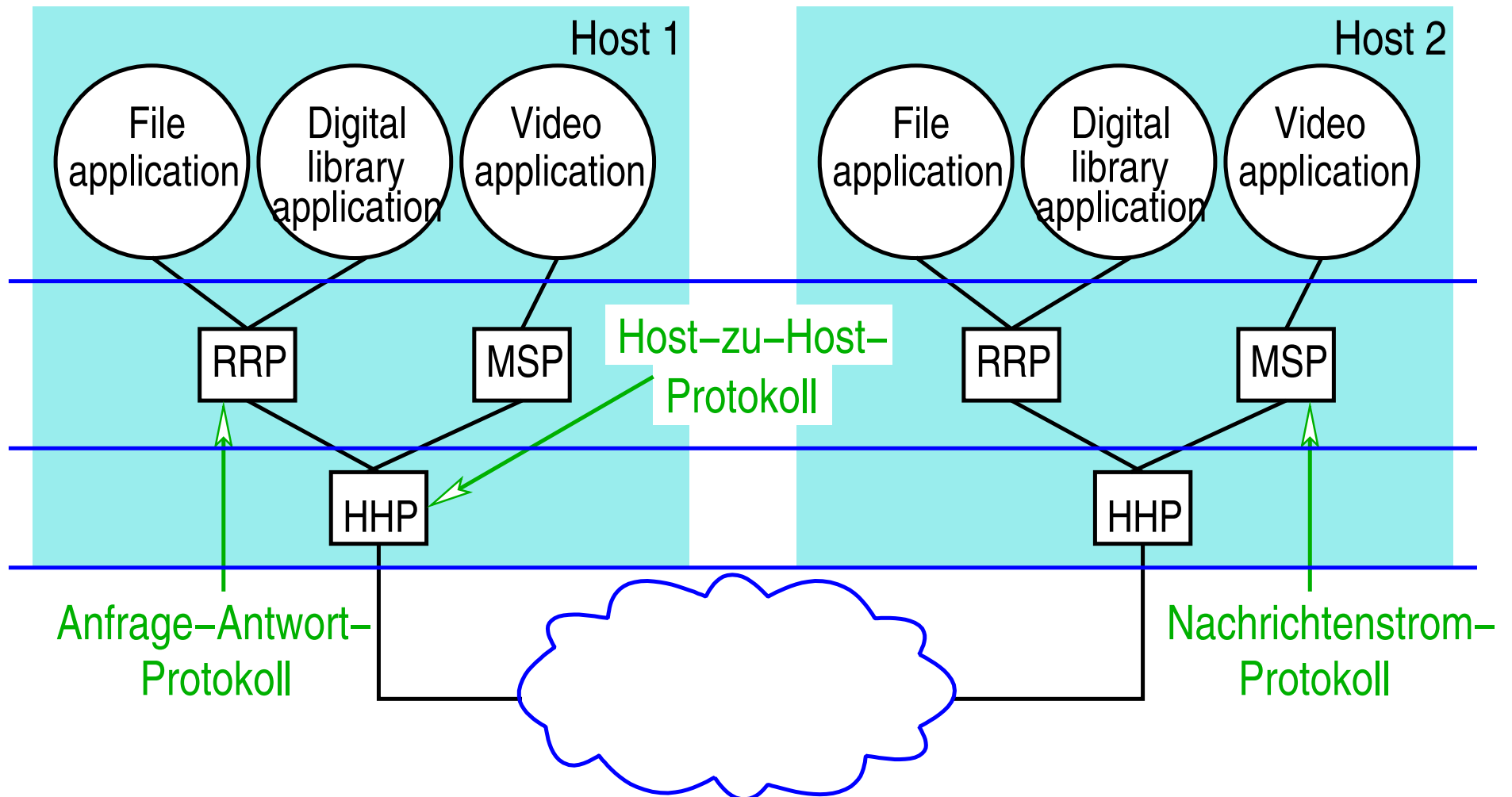
Protokollgraphen

- ➔ Häufig unterschiedliche Abstraktionen / Dienste in einer Schicht
- ➔ Realisiert durch unterschiedliche Protokolle



Protokollgraphen ...

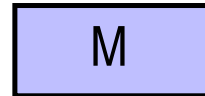
➔ **Protokollgraph** stellt Abhängigkeiten zwischen Protokollen dar:



Beispielhafter Informationsfluß zwischen den Schichten

Schicht

7



4

3

2

Quellrechner

Zielrechner

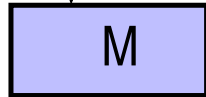
Beispielhafter Informationsfluß zwischen den Schichten

Schicht

7



4



3

2

Quellrechner

Zielrechner

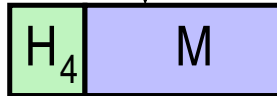
Beispielhafter Informationsfluß zwischen den Schichten

Schicht

7



4



3

2

Quellrechner

Zielrechner

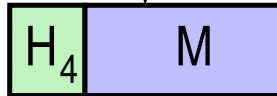
Beispielhafter Informationsfluß zwischen den Schichten

Schicht

7



4



3

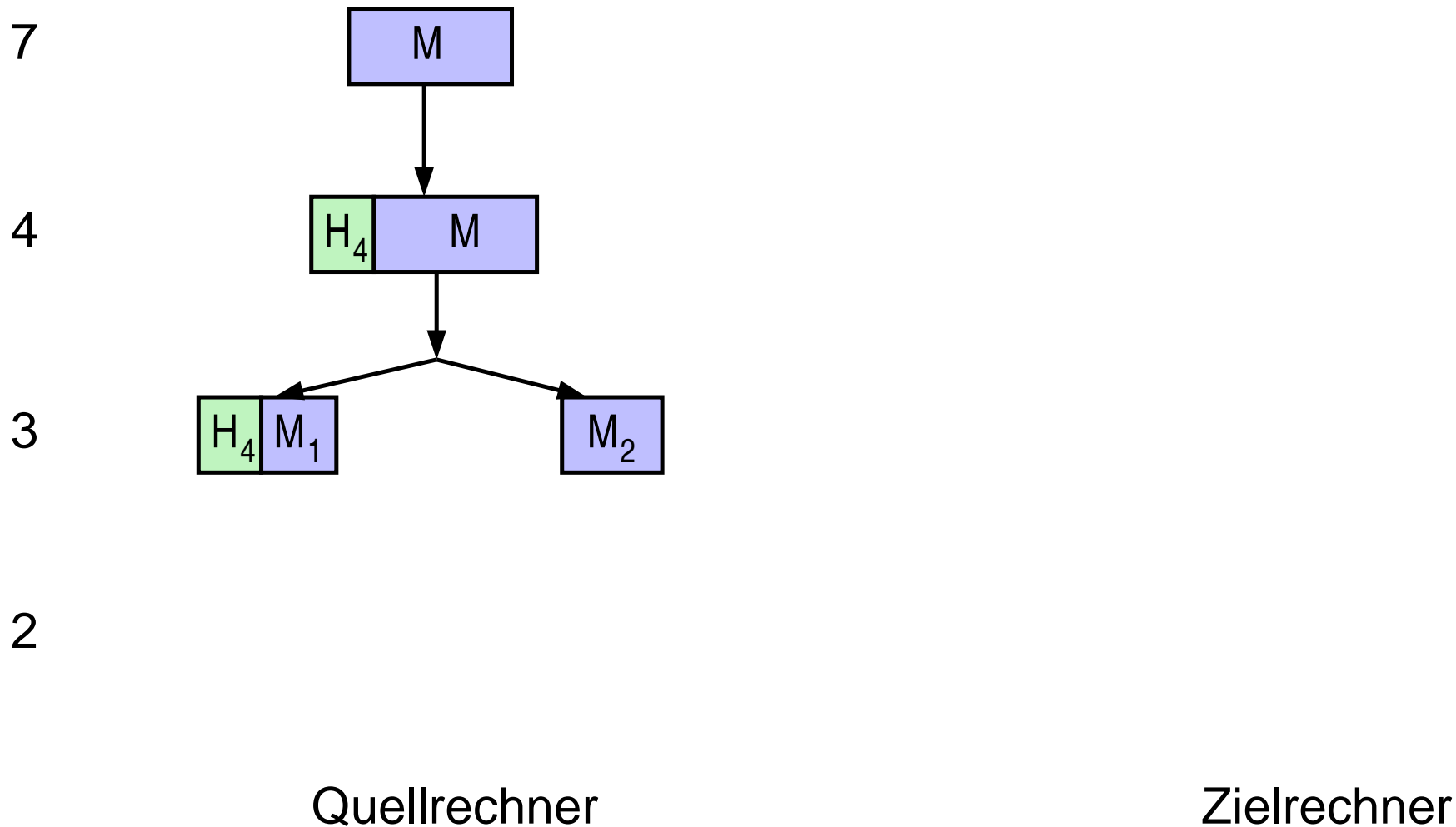
2

Quellrechner

Zielrechner

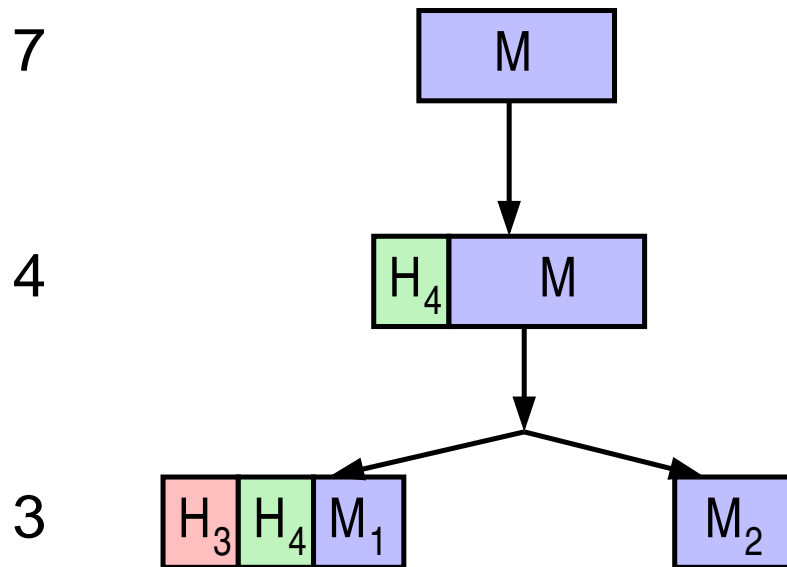
Beispielhafter Informationsfluß zwischen den Schichten

Schicht



Beispielhafter Informationsfluß zwischen den Schichten

Schicht



2

3

4

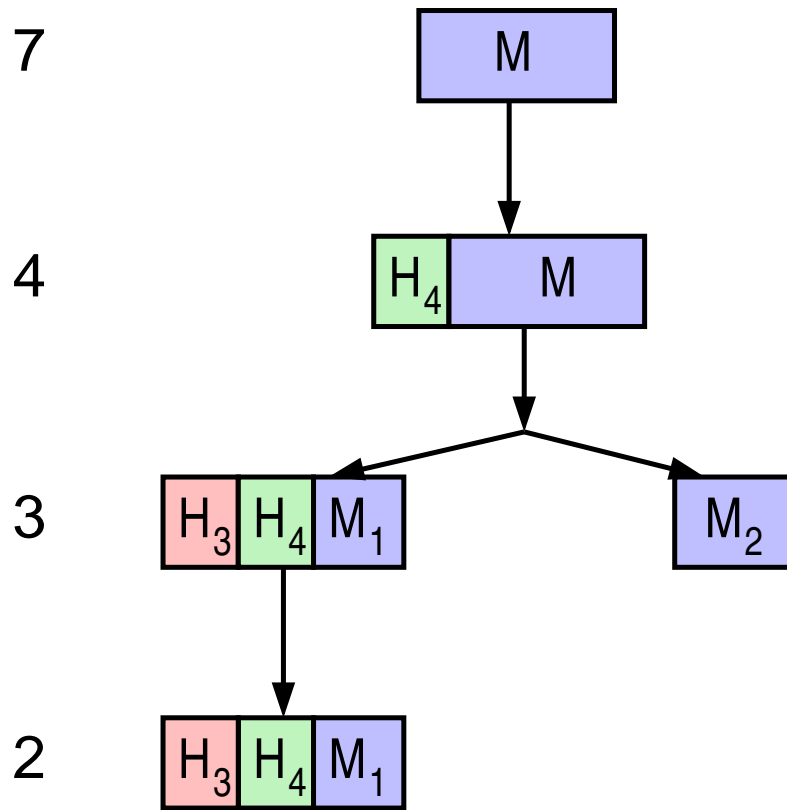
7

Quellrechner

Zielrechner

Beispielhafter Informationsfluß zwischen den Schichten

Schicht

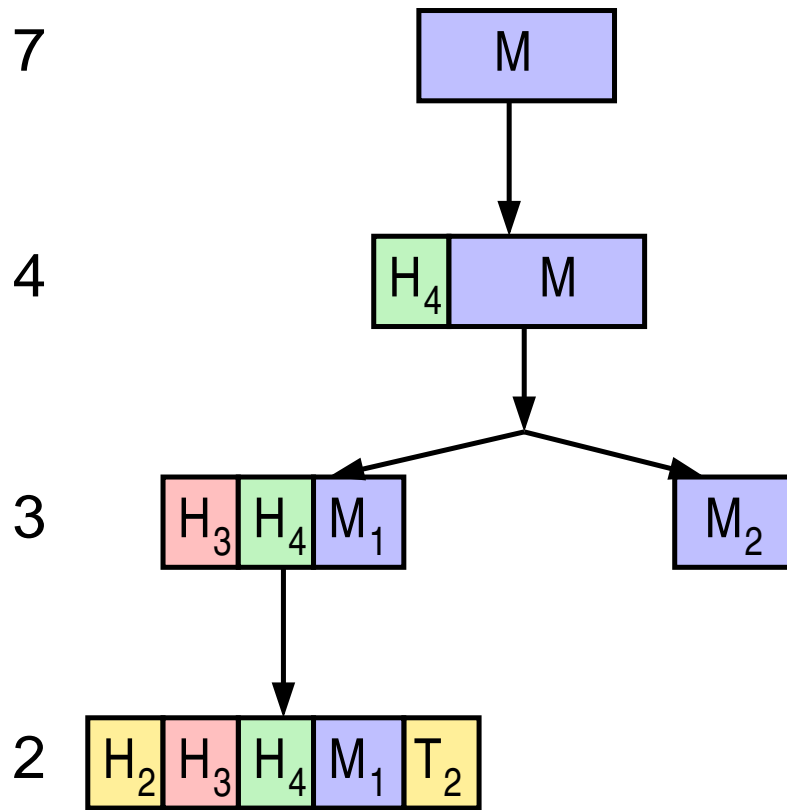


Quellrechner

Zielrechner

Beispielhafter Informationsfluß zwischen den Schichten

Schicht

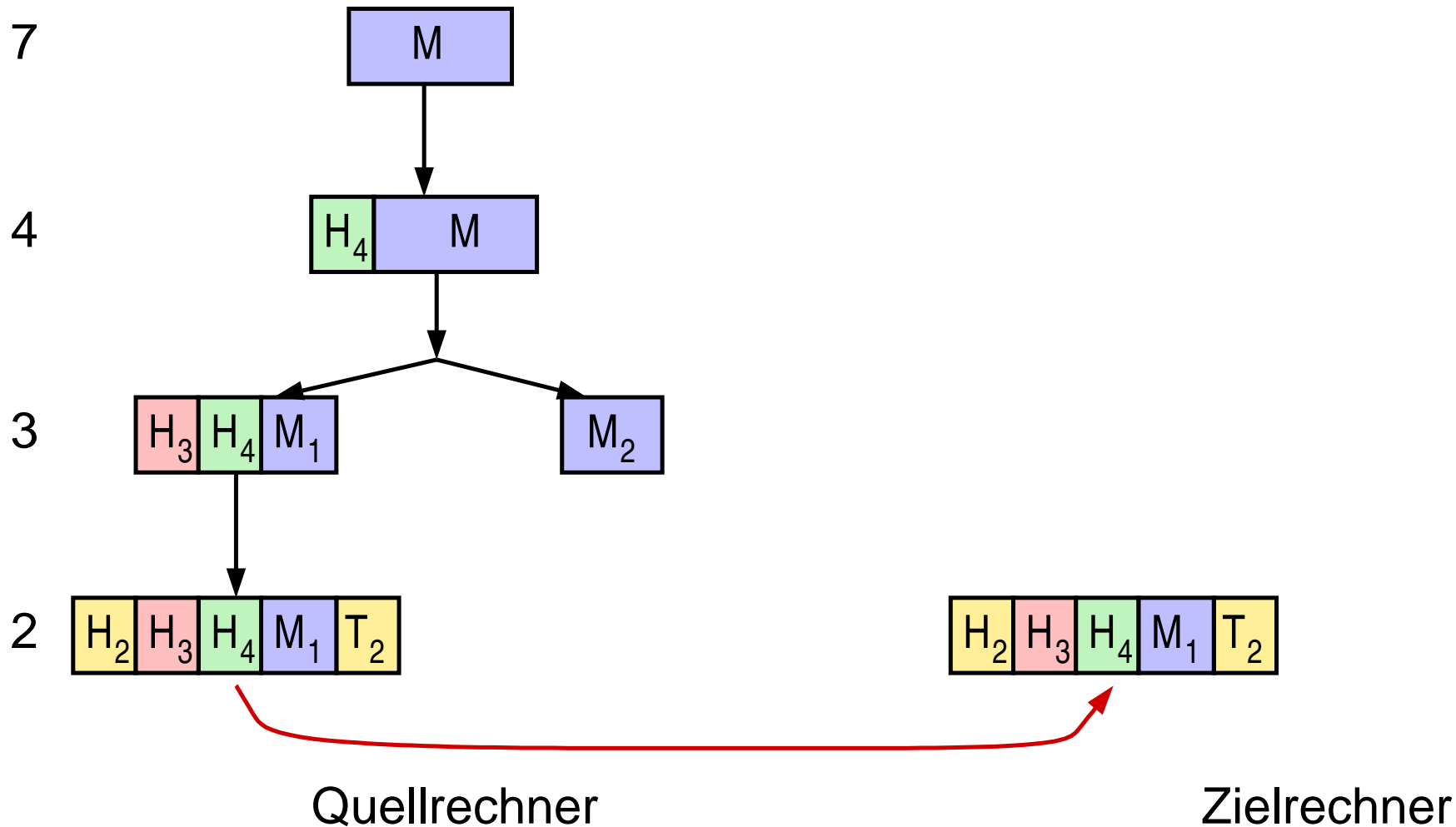


Quellrechner

Zielrechner

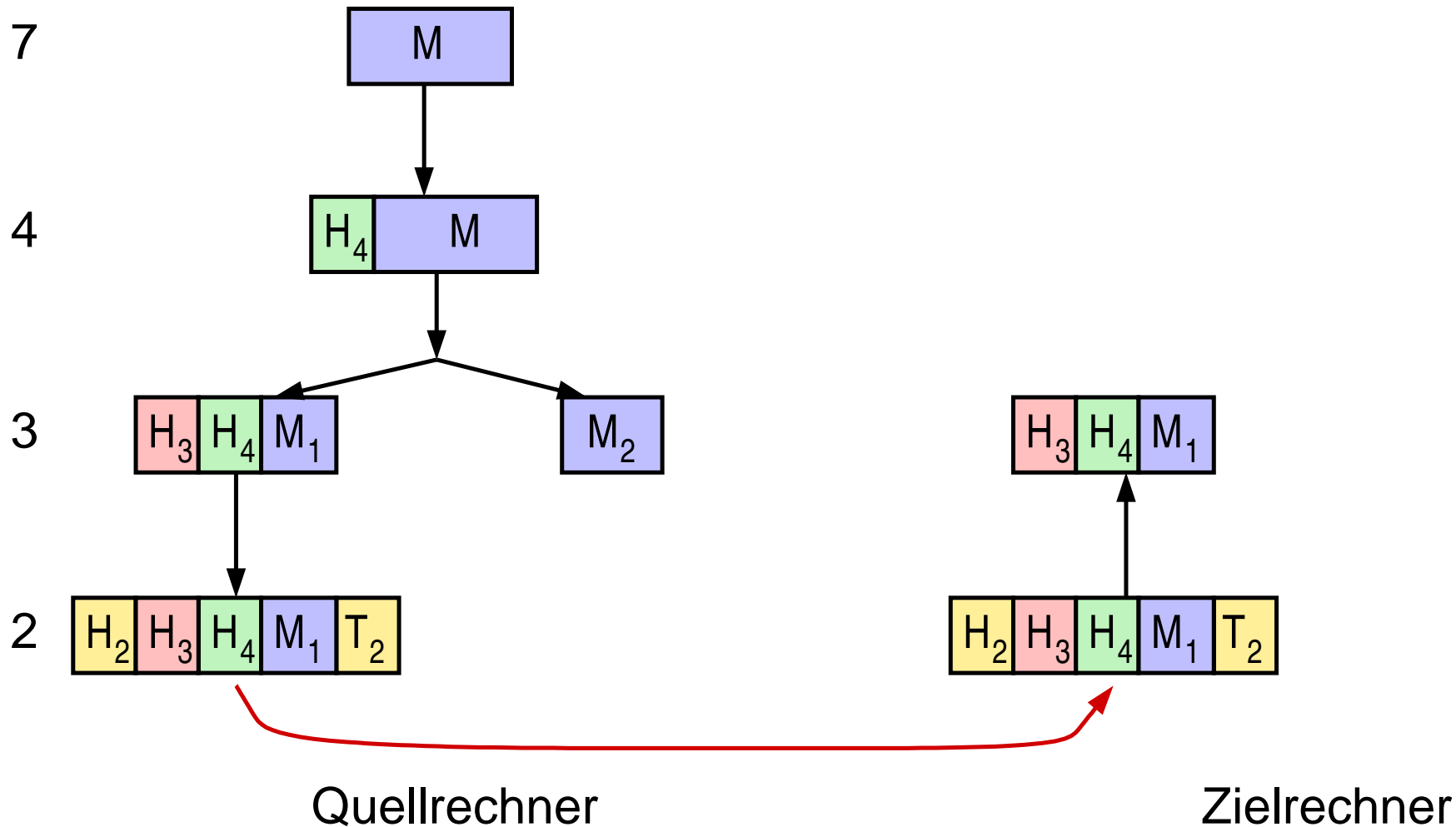
Beispielhafter Informationsfluß zwischen den Schichten

Schicht



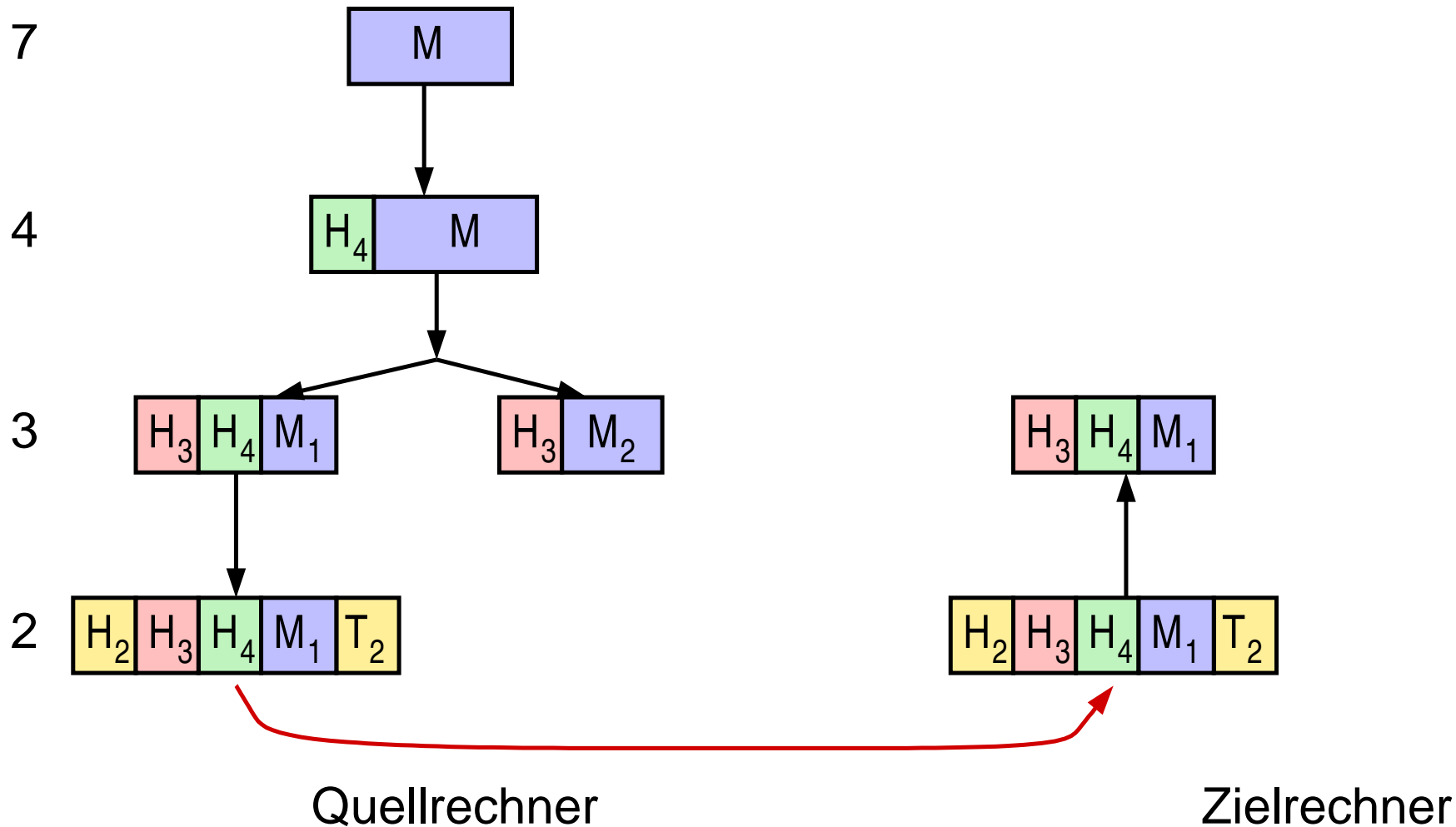
Beispielhafter Informationsfluß zwischen den Schichten

Schicht



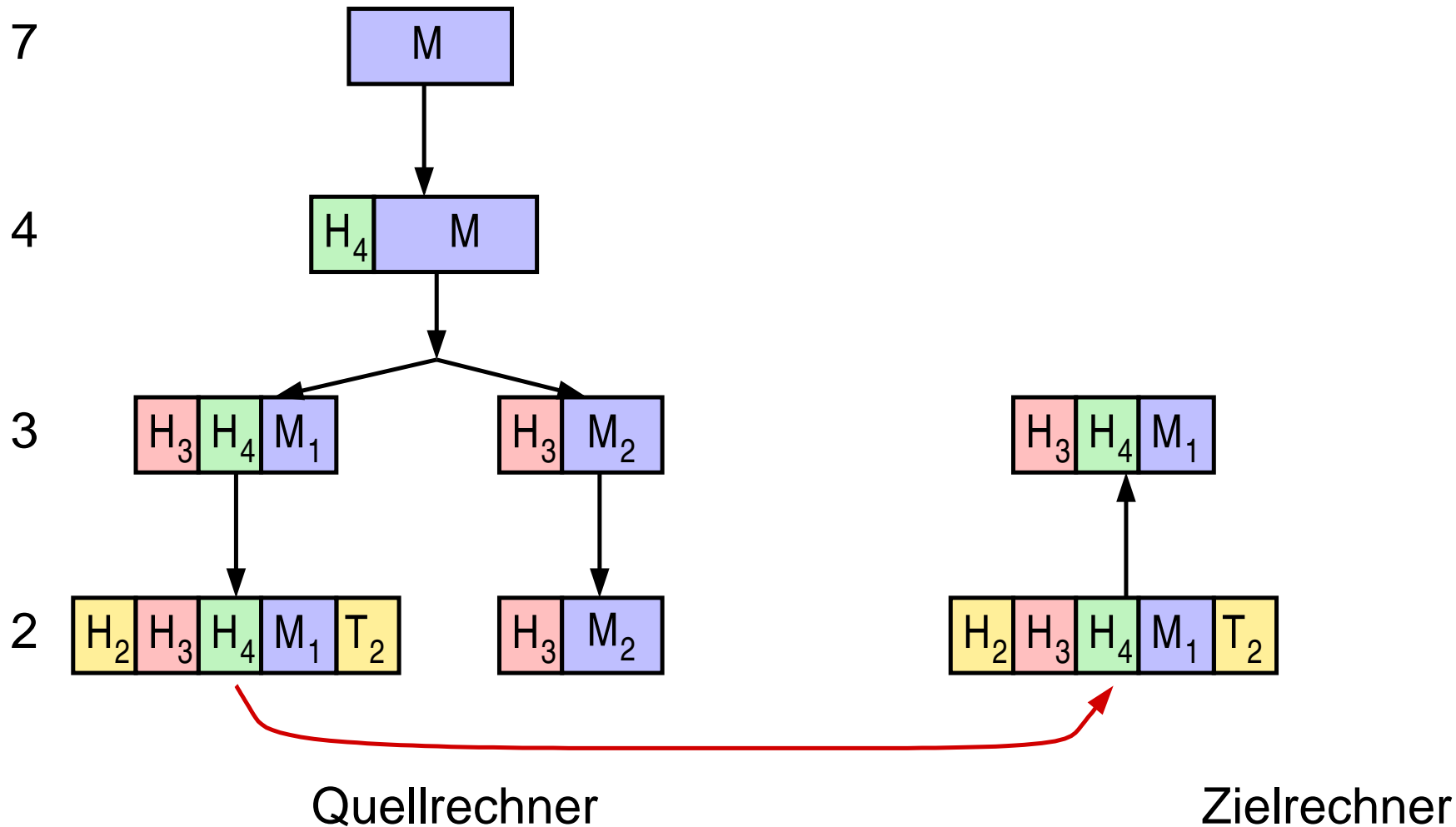
Beispielhafter Informationsfluß zwischen den Schichten

Schicht



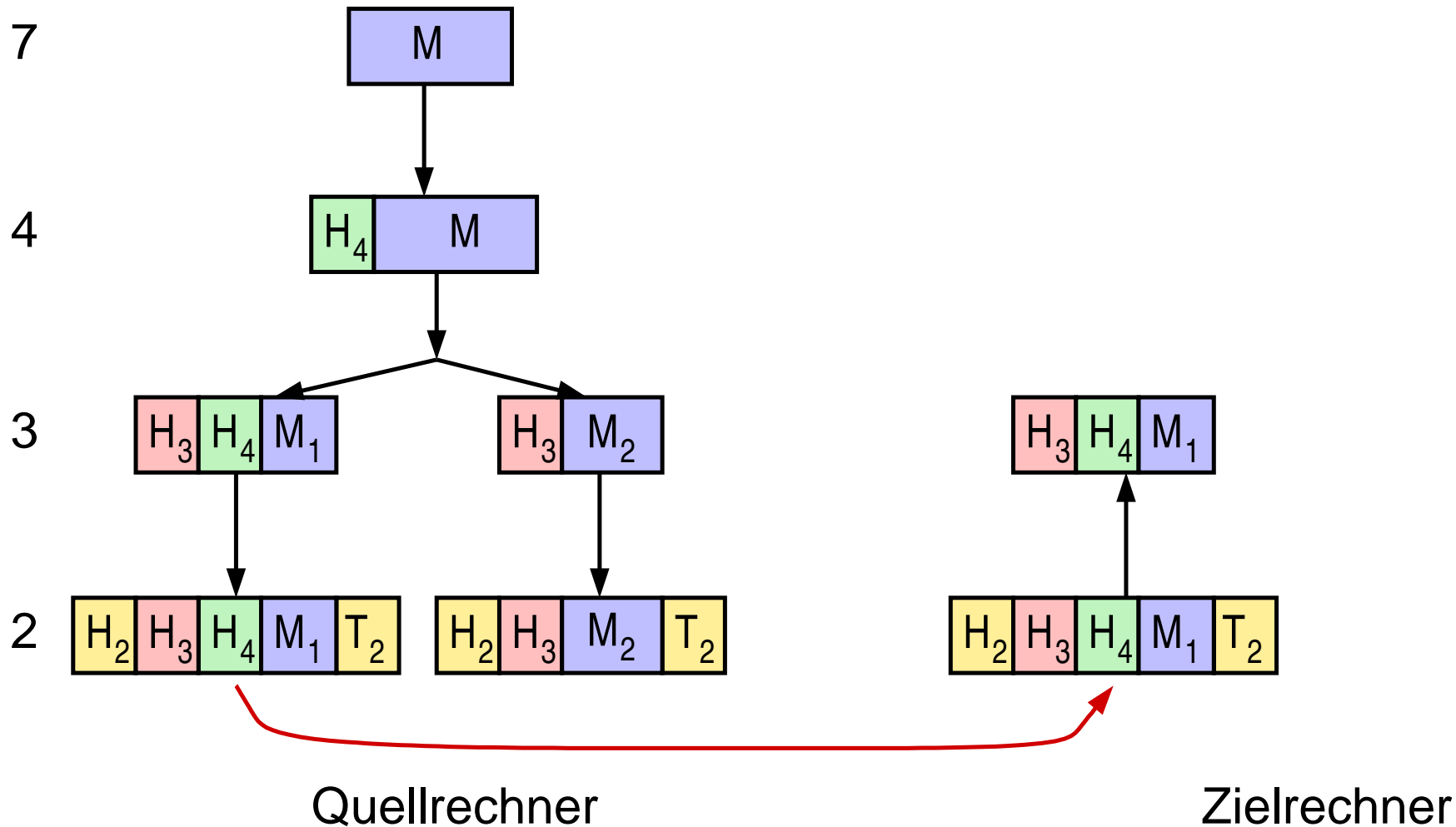
Beispielhafter Informationsfluß zwischen den Schichten

Schicht



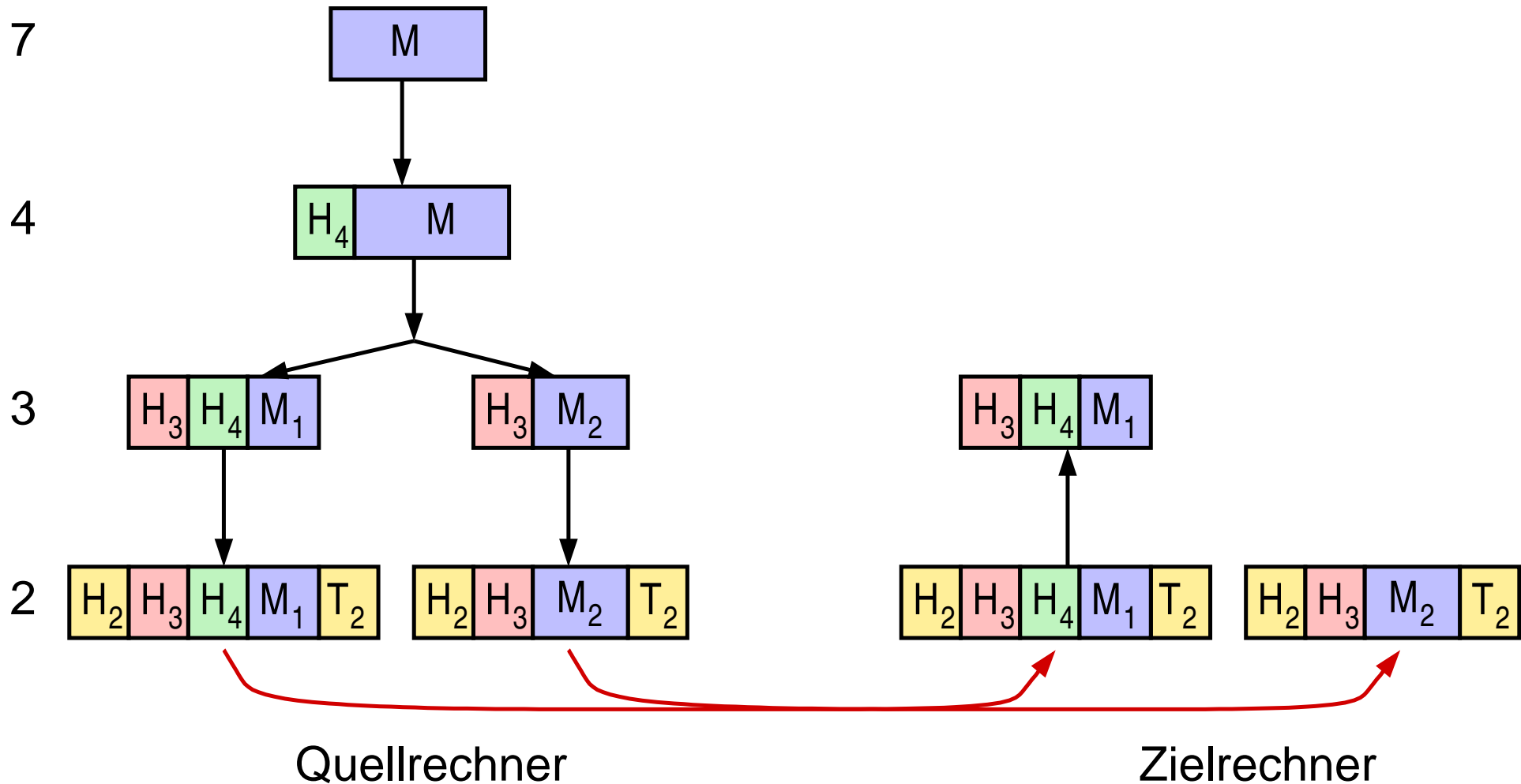
Beispielhafter Informationsfluß zwischen den Schichten

Schicht



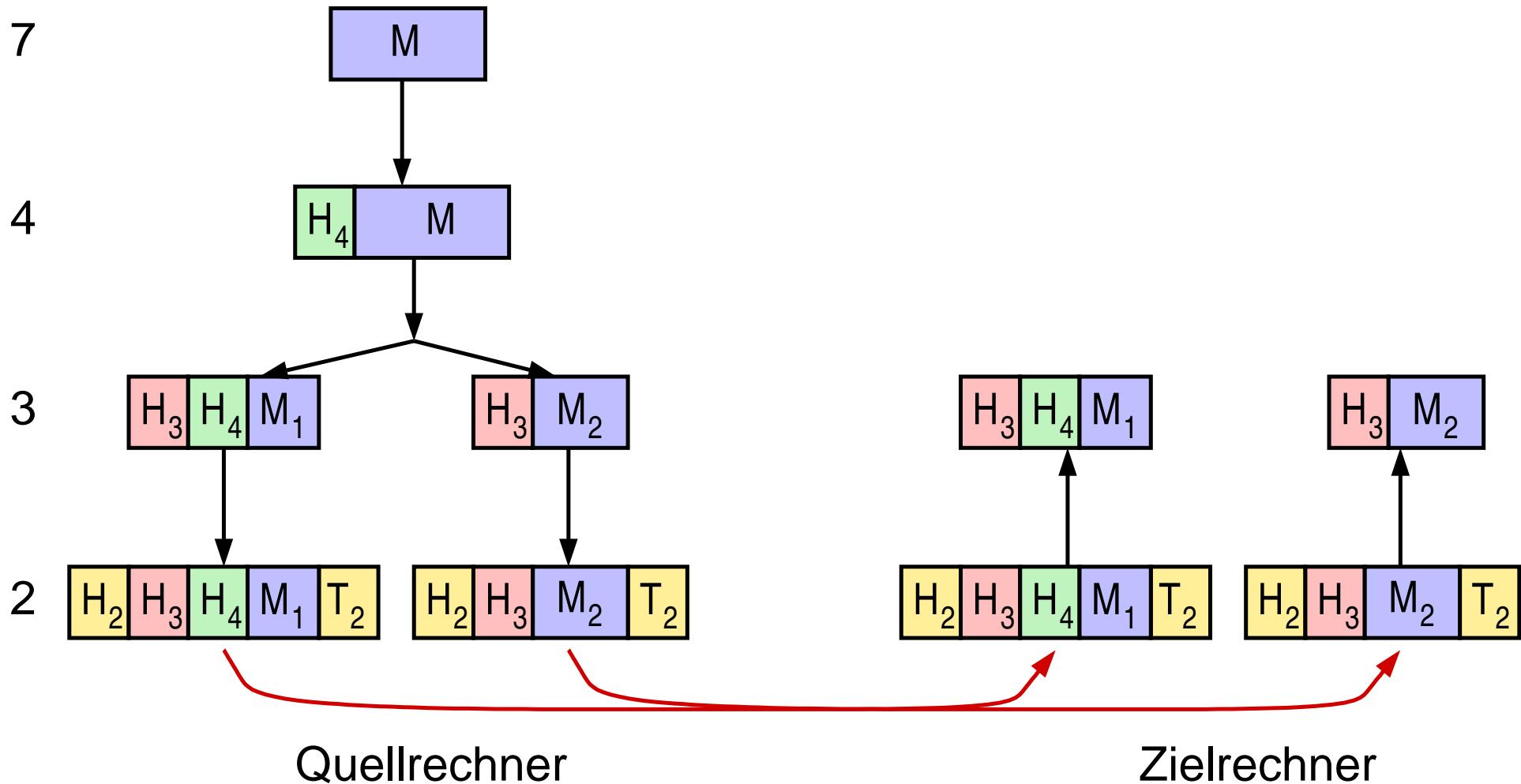
Beispielhafter Informationsfluß zwischen den Schichten

Schicht



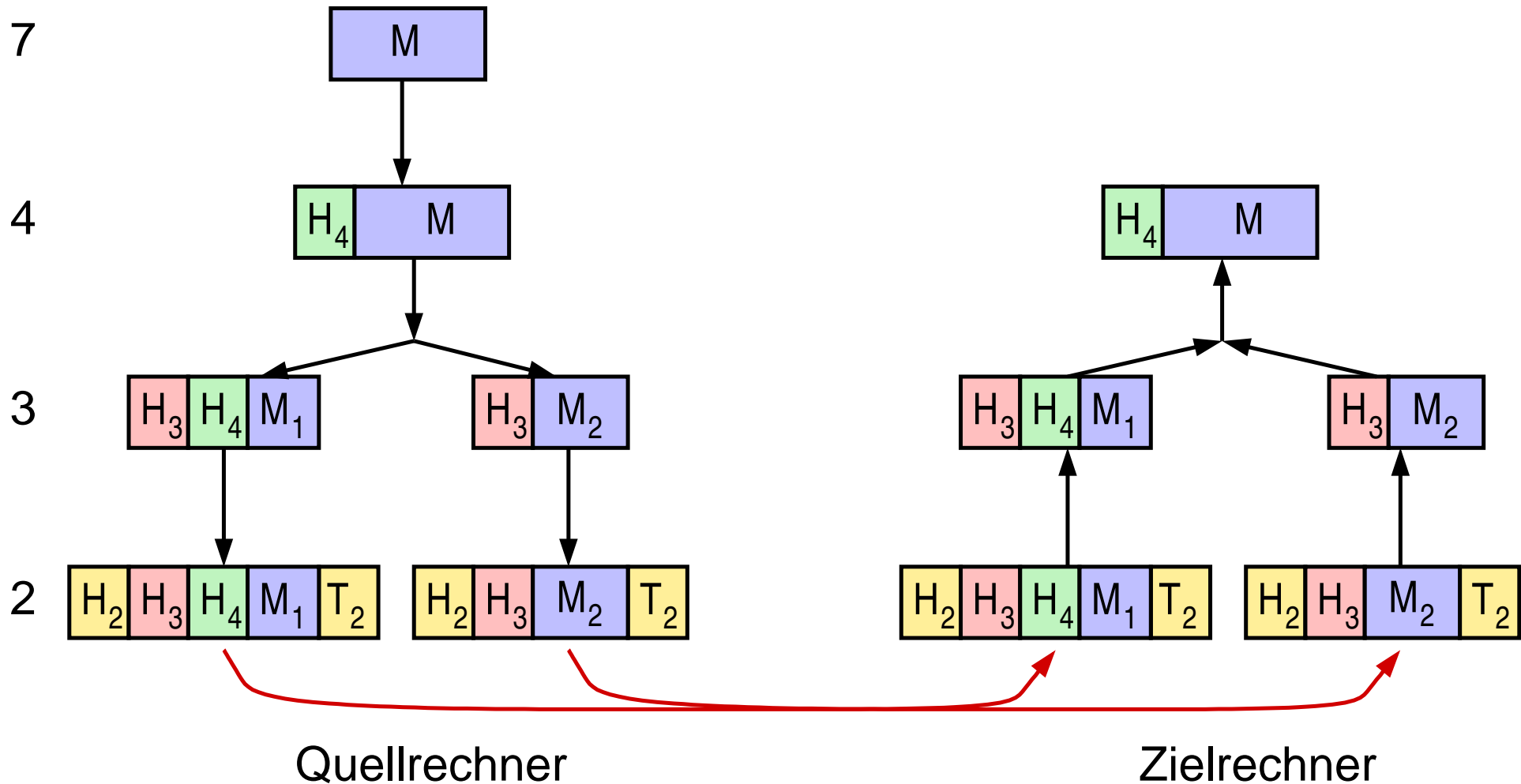
Beispielhafter Informationsfluß zwischen den Schichten

Schicht



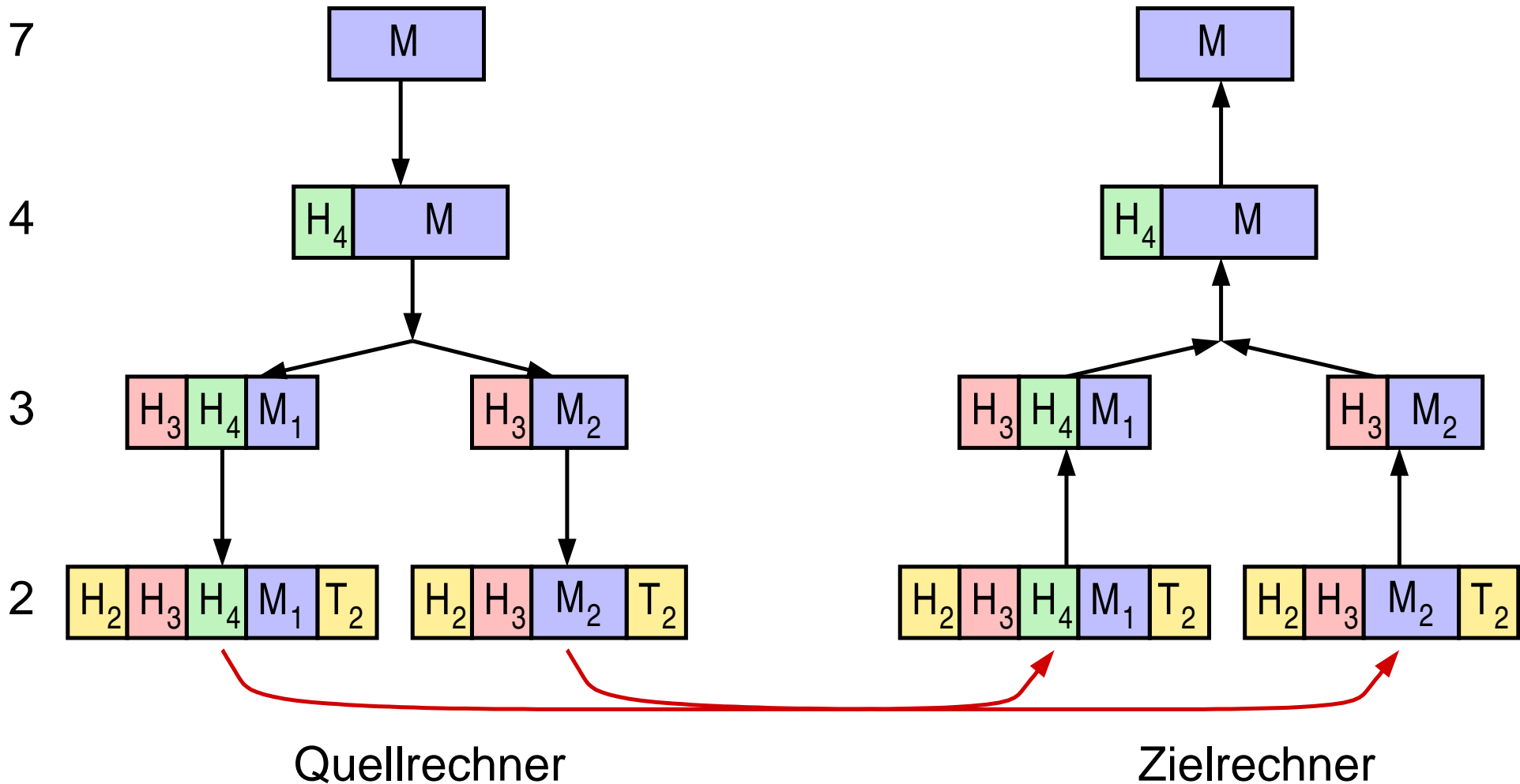
Beispielhafter Informationsfluß zwischen den Schichten

Schicht



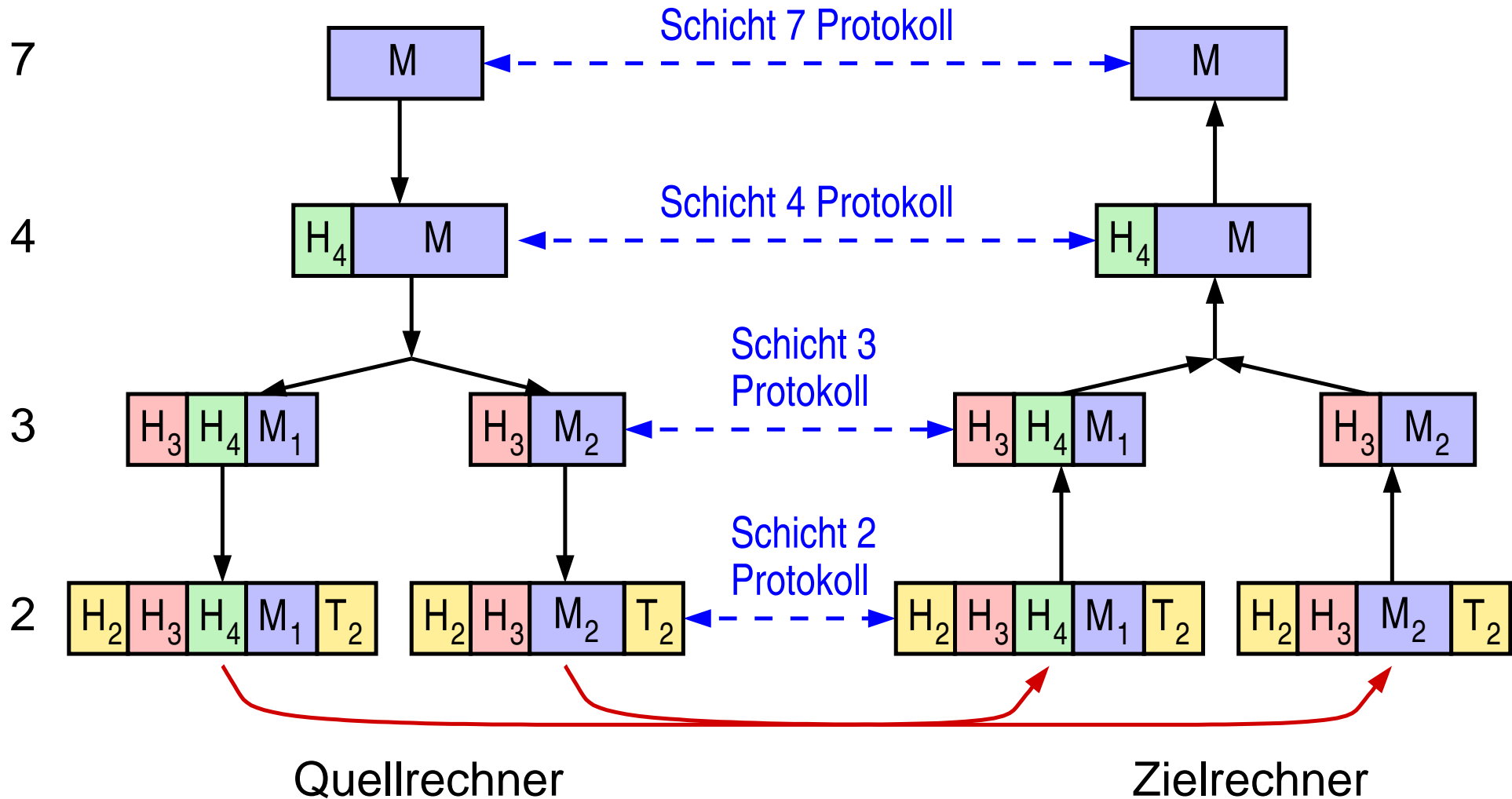
Beispielhafter Informationsfluß zwischen den Schichten

Schicht



Beispielhafter Informationsfluß zwischen den Schichten

Schicht



Rechnernetze I

SoSe 2025

17.04.2025

Roland Wismüller
Universität Siegen
roland.wismueller@uni-siegen.de
Tel.: 0271/740-4050, Büro: H-B 8404

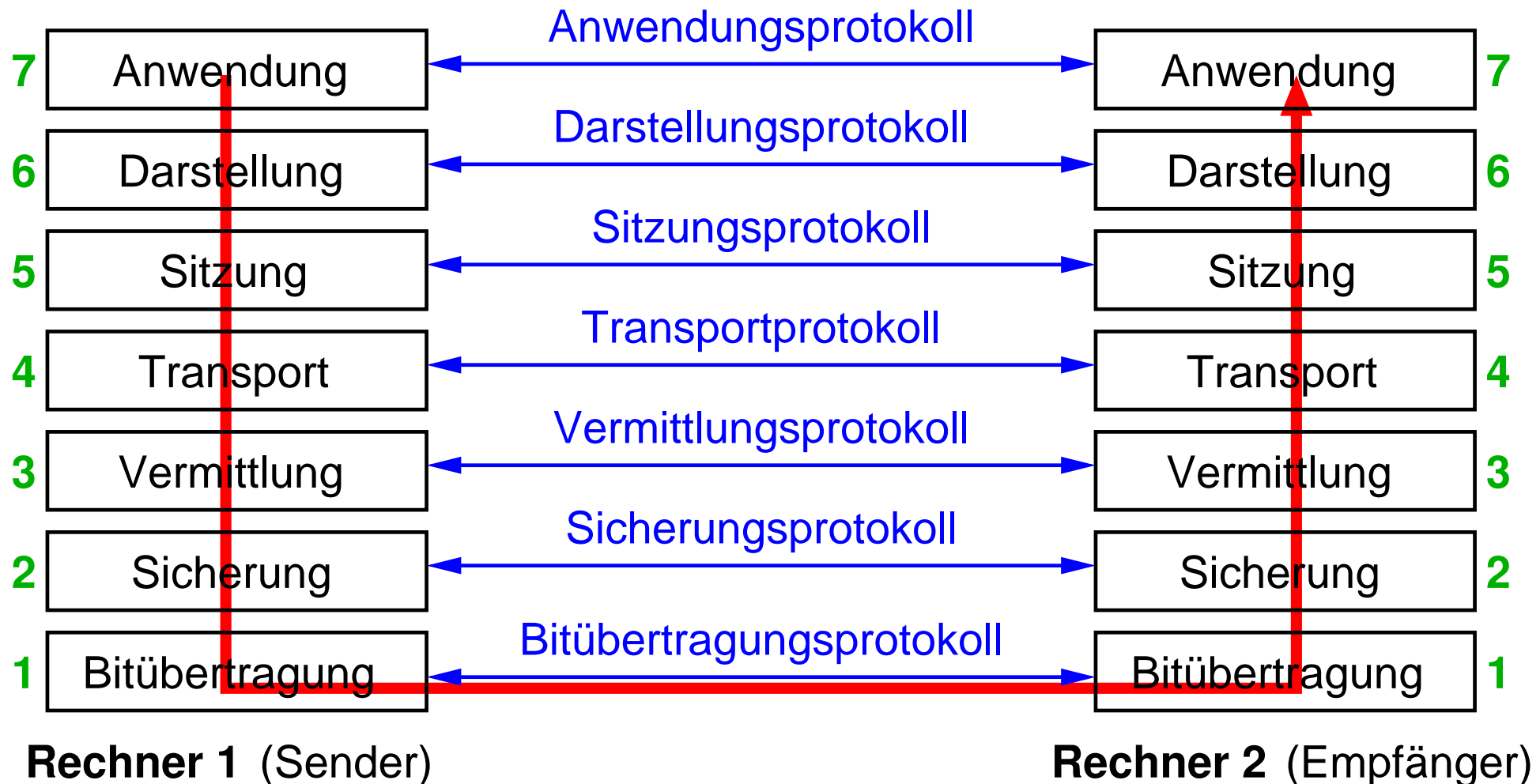
Stand: 17. April 2025



- ➔ KI Chat-Bot zur Vorlesung, mit Verlinkung auf Vorlesungsvideos
- ➔ Erreichbar unter <https://lecturelinker.bshef12.bs.informatik.uni-siegen.de>
 - ➔ nur aus dem Uni-Netz
 - ➔ Anmeldung mit ZIMT-Zugangsdaten über CAS erforderlich
- ➔ Einschreibelink für RN-2: <https://lecturelinker.bshef12.bs.informatik.uni-siegen.de/dashboard?passphrase=petite-colossal-dog>
- ➔ Link auch im Moodle-Kurs

Das ISO/OSI Referenzmodell

➔ OSI: *Open Systems Interconnection*



Vorbemerkung: Begriffe

- ➔ **PDU** (*Protocol Data Unit*)
 - ➔ Dateneinheit, die ein Protokoll überträgt

- ➔ **Segment**: PDU der Transportschicht

- ➔ **Paket**: PDU der Vermittlungsschicht

- ➔ **Frame**: PDU der Sicherungsschicht

Schicht 1: Bitübertragungsschicht (*Physical Layer*)

- ➔ Übertragung einzelner „roher“ Bits
- ➔ Elektrische Spezifikation
 - ➔ Medium: Kabel, Glasfaser, Funk, Infrarot, ...
 - ➔ Spannungspegel, Frequenzen, Lichtwellenlänge, ...
 - ➔ Zeitverhalten
 - ➔ Codierung und Modulationsverfahren
 - ➔ Übertragung in nur eine oder beide Richtungen?
- ➔ Mechanische Spezifikation
 - ➔ Form / Art der Stecker und Kabel
 - ➔ Anzahl der Pins, ...

Schicht 2: Sicherungsschicht (*Data Link Layer*)

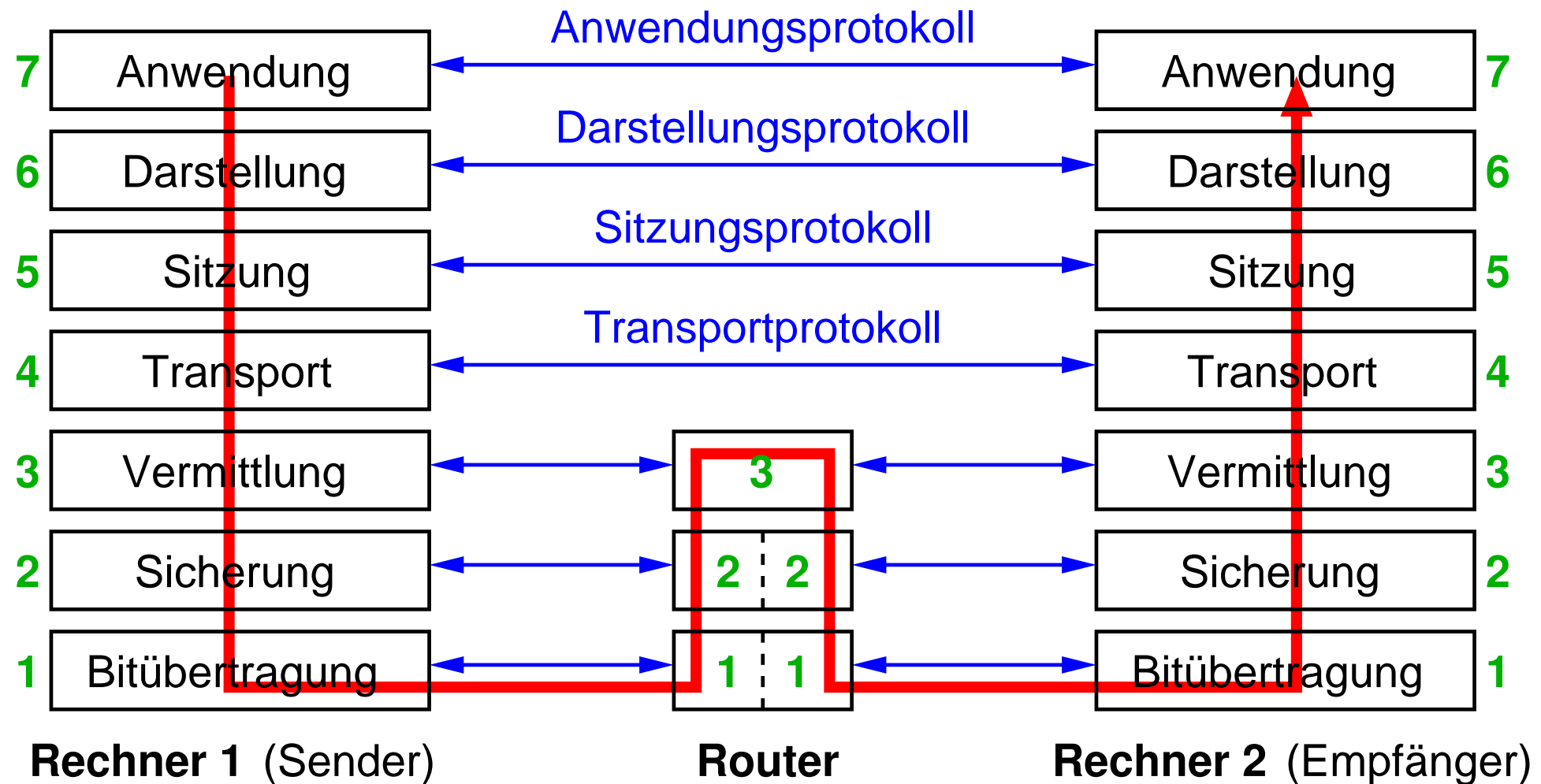
- ➔ **Zugriffskontrolle (MAC, *Media Access Control*)**
 - ➔ physische Adressierung der Kommunikationspartner
 - ➔ regelt Zugriff auf das gemeinsam genutzte Medium
 - ➔ nur bei Mehrfachzugriffs-Verbindungen

- ➔ **LLC (*Logical Link Control*)**
 - ➔ sichert Datenübertragung auf einer Verbindung
 - ➔ Fehlerbehandlung, Flußkontrolle
 - ➔ Daten sind in Frames aufgeteilt (typ. \sim 100-1000 Byte)
 - ➔ Frame durch Header und Trailer begrenzt
 - ➔ Trailer enthält Redundanzbits (z.B. Prüfsumme) zur Fehlererkennung bzw. -korrektur

Schicht 3: Vermittlungsschicht (*Network Layer*)

- ➔ Unterste Schicht, die Kommunikation zwischen Knoten in verschiedenen (Sub-)Netzen ermöglicht
 - ➔ Host-zu-Host-Kommunikation
- ➔ Oberste Schicht der Netzwerk-Zwischenknoten
 - ➔ definiert Schnittstelle der Subnetze
- ➔ Definiert einheitliches Adressierungsschema (logische Adressen)
- ➔ Hauptaufgabe: **Routing** = Bestimmung eines Weges zwischen Sender und Empfänger
 - ➔ statisch, nur aufgrund der Verbindungstopologie
 - ➔ dynamisch, z.B. lastabhängig
- ➔ Beispiel: IP-Protokoll im Internet

Netzwerk-Zwischenknoten (Router) im OSI-Modell



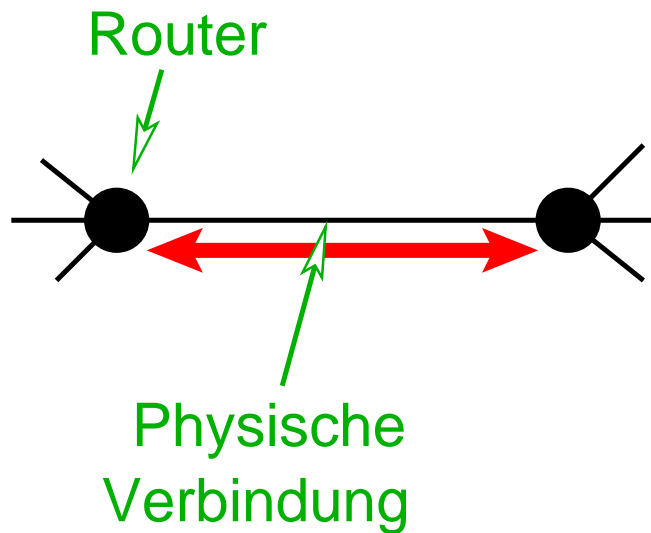
Schicht 4: Transportschicht (*Transport Layer*)

- ➔ Ermöglicht Kommunikation zwischen Endpunkten (Prozessen) auf verschiedenen Rechnern
 - ➔ Ende-zu-Ende-Kommunikation
- ➔ Stellt i.a. auch verbindungsorientierte Dienste bereit
 - ➔ Kommunikationspartner erhalten den Eindruck einer Leitungsvermittlung
 - ➔ selbst wenn untere Schichten paketorientiert arbeiten
- ➔ Aufgaben:
 - ➔ Adressierung der zu kontaktierenden Prozesse
 - ➔ Multiplexing von Kommunikationen
 - ➔ ggf. Auf- und Abbau von Verbindungen
- ➔ Beispiel: TCP-Protokoll im Internet

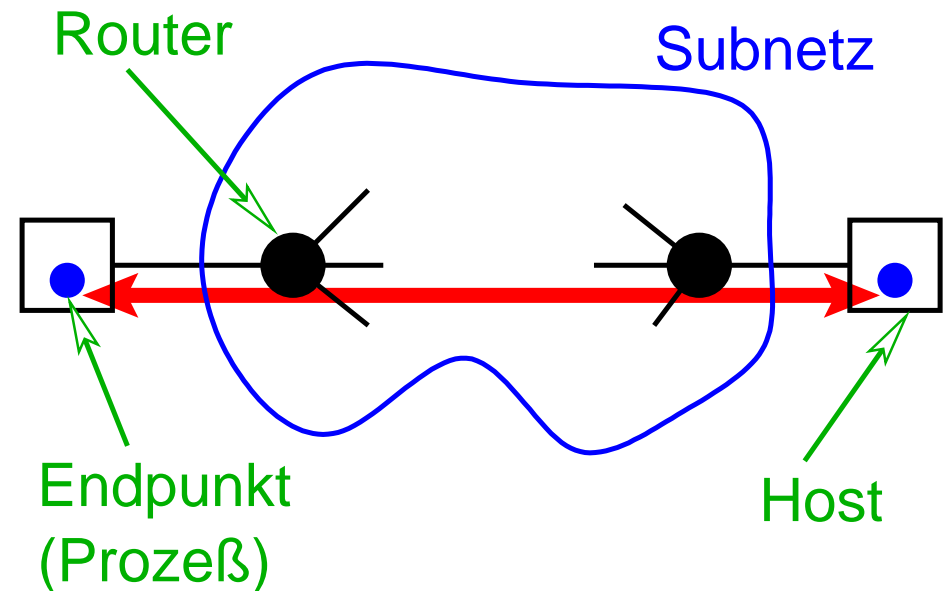
Schicht 4: Transportschicht (*Transport Layer*) ...

- ➔ Sichert ggf. auch Datentransport zwischen Endpunkten
- ➔ u.a. Fehlerbehandlung, Flußkontrolle
- ➔ Abgrenzung der Schichten:

Sicherungsschicht



Transportschicht



Schicht 5: Sitzungsschicht (*Session Layer*)

- ➔ Dienste zur Verwaltung von Sitzungen, z.B.
 - ➔ Dialogsteuerung („wer darf wann senden?“)
 - ➔ atomare Aktionen („alles oder gar nichts“)
 - ➔ Synchronisierung (z.B. Weiterführung eines unterbrochenen Transfers)

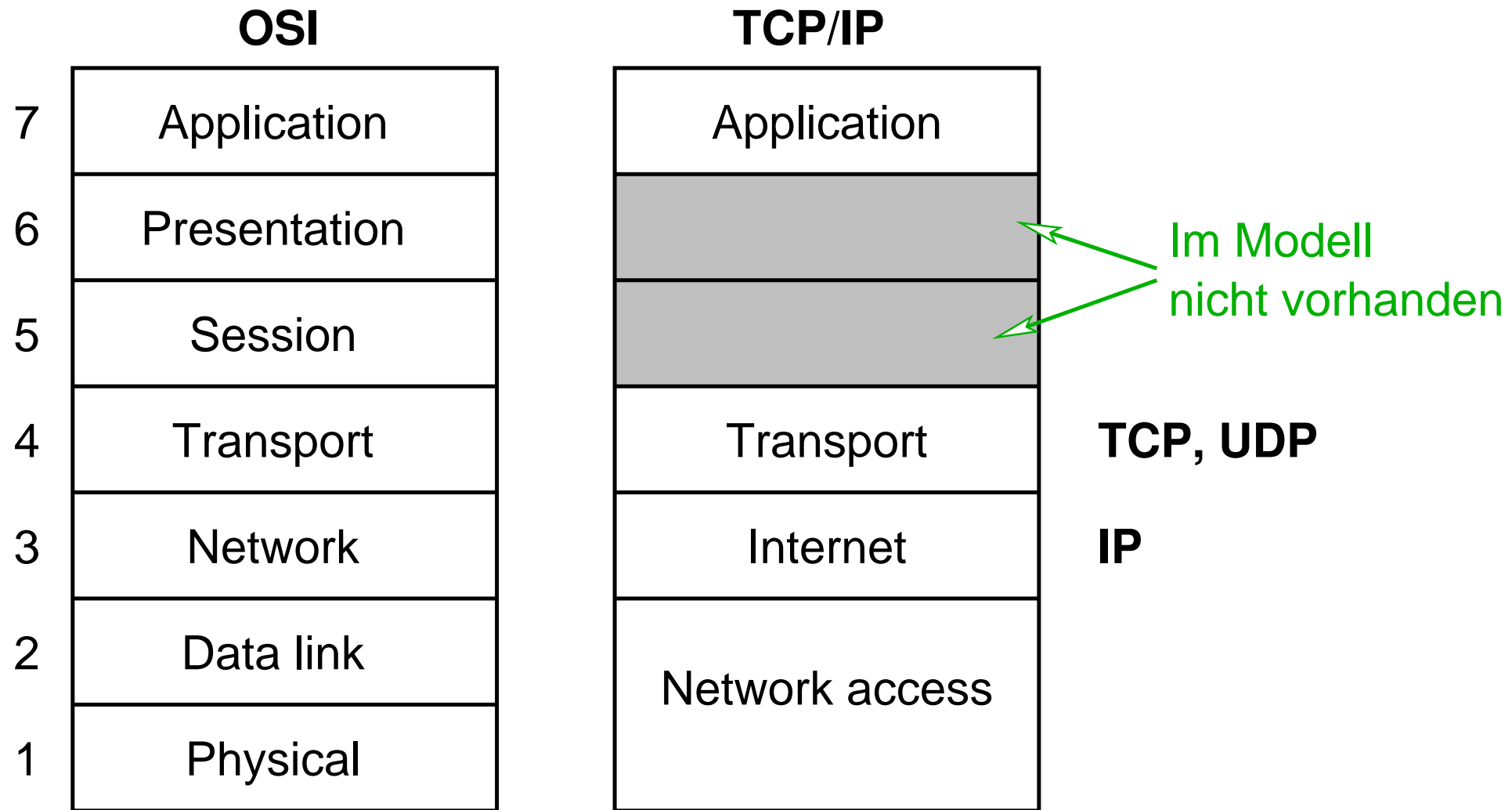
Schicht 6: Darstellungsschicht (*Presentation Layer*)

- ➔ Unterste Schicht, die die Semantik der Daten kennt
- ➔ Konvertiert Datenformate und –darstellung
- ➔ Auch: Kompression, Verschlüsselung
- ➔ Schicht 5 und 6 heute i.a. in Anwendungsschicht integriert!

Schicht 7: Anwendungsschicht (*Application Layer*)

- ➔ Spezialisierte Dienste und Protokolle für verschiedene Anwendungsbereiche
- ➔ Beispiele:
 - ➔ HTTP (*Hypertext Transport Protocol*)
 - ➔ zur Übertragung von Web-Seiten
 - ➔ SMTP (*Simple Mail Transport Protocol*)
 - ➔ zum Austausch von Email
 - ➔ SMB (*Server Message Block*) / NFS (*Network File System*)
 - ➔ Protokolle für Netzwerk-Dateisysteme
 - ➔ SSH (*Secure Shell*)
 - ➔ sicheres Protokoll zur Nutzung entfernter Rechner

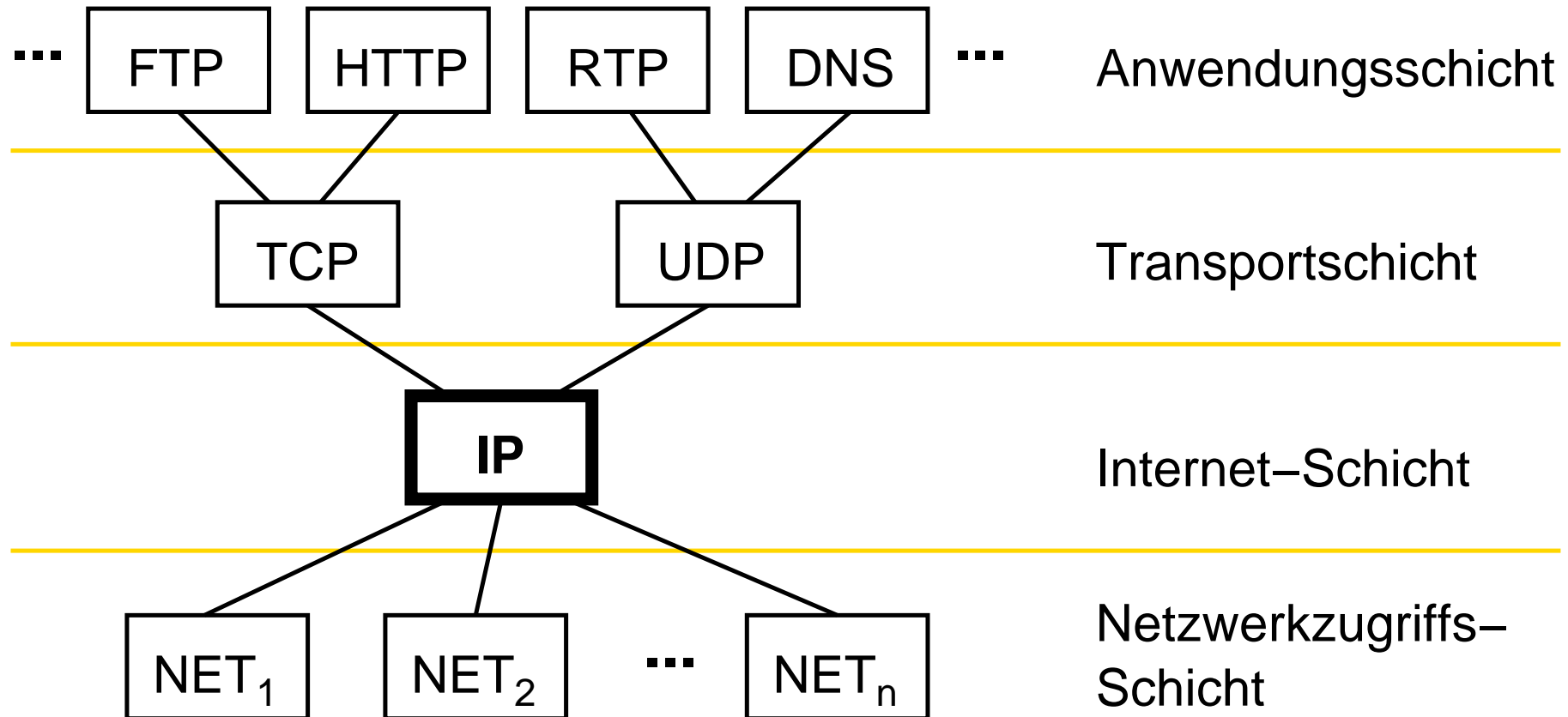
Die Internet-Architektur im Vergleich mit OSI



Schichten der Internet-Architektur

- ➔ Netzwerk-Zugriffsschicht (*Network access*)
 - ➔ wird nicht von der Internet-Architektur spezifiziert
 - ➔ d.h. das IP-Protokoll kann auf beliebige Netzwerke aufgesetzt werden
- ➔ Internet-Schicht
 - ➔ ein zentrales Protokoll: **IP (*Internet Protocol*)**
 - ➔ verbindungslos, paketvermittelt, unzuverlässig
- ➔ Transportschicht
 - ➔ **TCP (*Transmission Control Protocol*)**
 - ➔ verbindungsorientiert, zuverlässig
 - ➔ **UDP (*User Datagram Protocol*)**
 - ➔ verbindungslos, unzuverlässig

Protokollgraph der Internet-Architektur

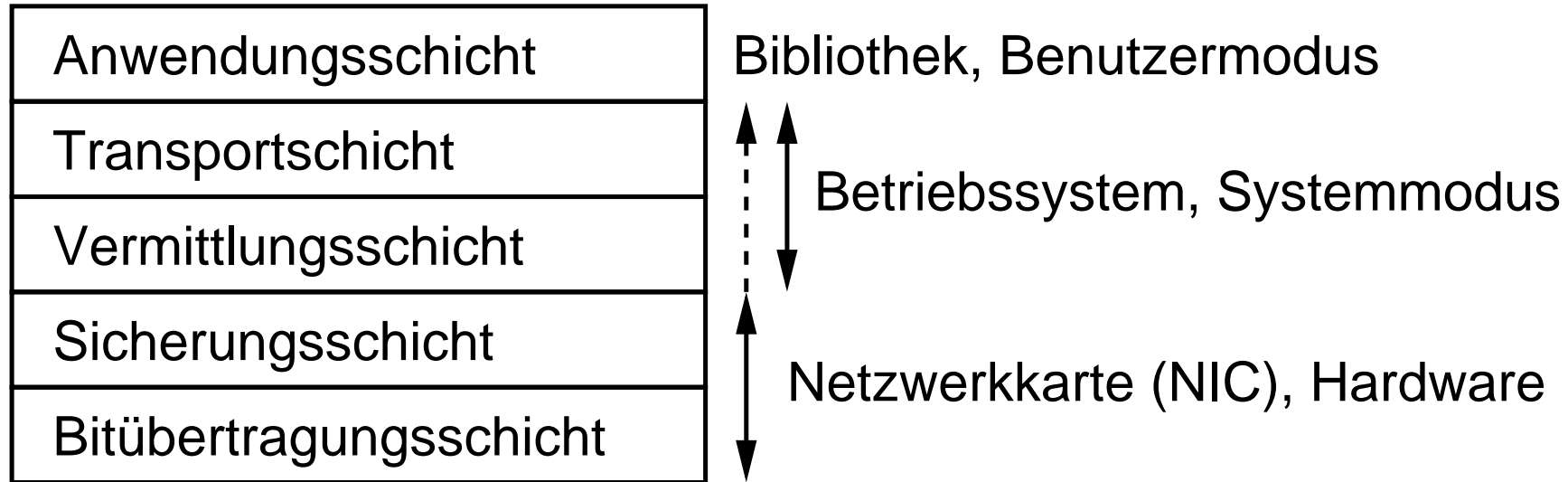


- ➔ Sanduhr-Modell: IP als zentrale Verbindung der höheren Protokolle und der Netzwerk-Zugriffsschicht

Adressierung von Hosts im Internet

- ➔ Anwendungsschicht: **Hostname**
 - ➔ z.B. www.bs.informatik.uni-siegen.de
- ➔ Vermittlungsschicht: **IP-Adresse** (logische Adresse)
 - ➔ z.B. 141.99.179.6
- ➔ Sicherungsschicht: **MAC-Adresse** (physische Adresse)
 - ➔ z.B. 1a:68:25:f0:a3:d9

➔ Typische Implementierung der OSI-Schichten:



➔ Zur Vermeidung von Kopieroperationen: Nachrichten oft als Liste von Blöcken realisiert

➔ erlaubt Hinzufügen / Entfernen von Headern ohne Kopie

➔ Netzwerkkarten realisieren heute typisch direkten Speicherzugriff mit Scatter/Gather

➔ Z.T. auch Funktionen der Schicht 3/4 durch NIC realisiert



- ➔ Schichten, Protokolle und Dienste
- ➔ ISO-OSI Referenzmodell
 - ➔ 7 Schichten: Bitübertragung, Sicherung, Vermittlung, Transport, Sitzung, Darstellung, Anwendung
- ➔ Internet Protokollarchitektur
 - ➔ Netzwerk-Zugriff, IP, TCP/UDP, Anwendung

Nächste Lektion:

- ➔ Direktverbindungsnetze
 - ➔ Codierung, Framing, Fehlererkennung und -korrektur
 - ➔ Medienzugriffssteuerung (MAC), Ethernet