

Kapitel WT:II

II. Kommunikation und Protokolle für Web-Systeme

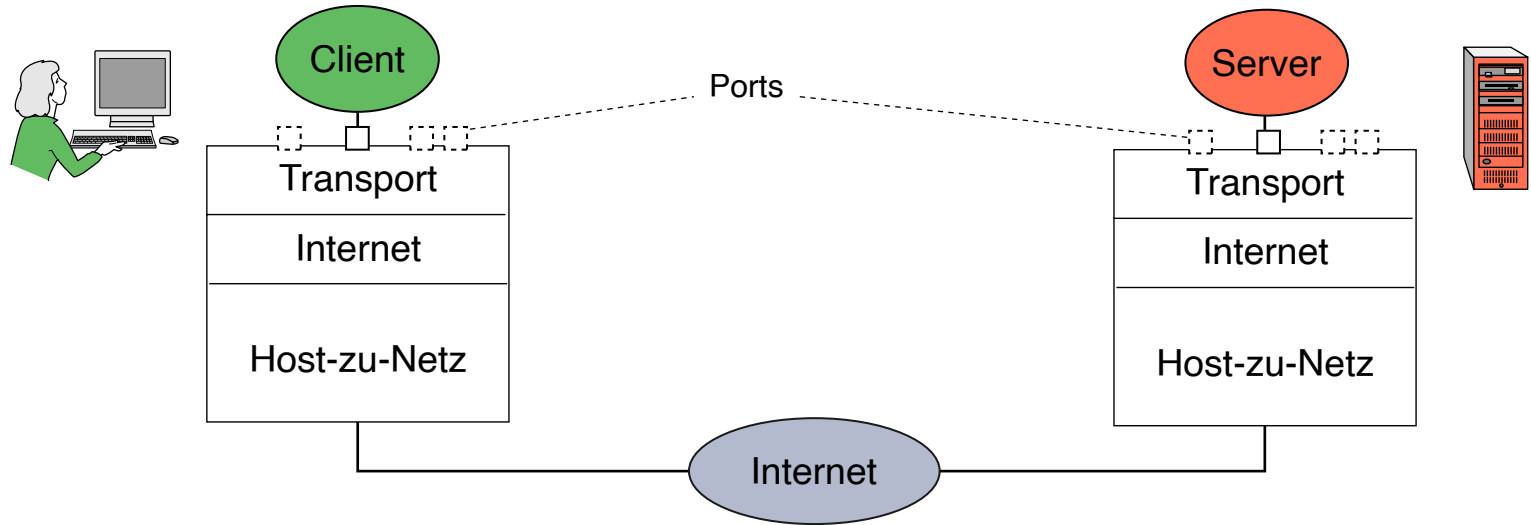
- ☐ Rechnernetze
- ☐ Prinzipien des Datenaustauschs
- ☐ Netzsoftware und Kommunikationsprotokolle
- ☐ Internetworking

- ☐ Client-Server-Interaktionsmodell
- ☐ Uniform Resource Locator

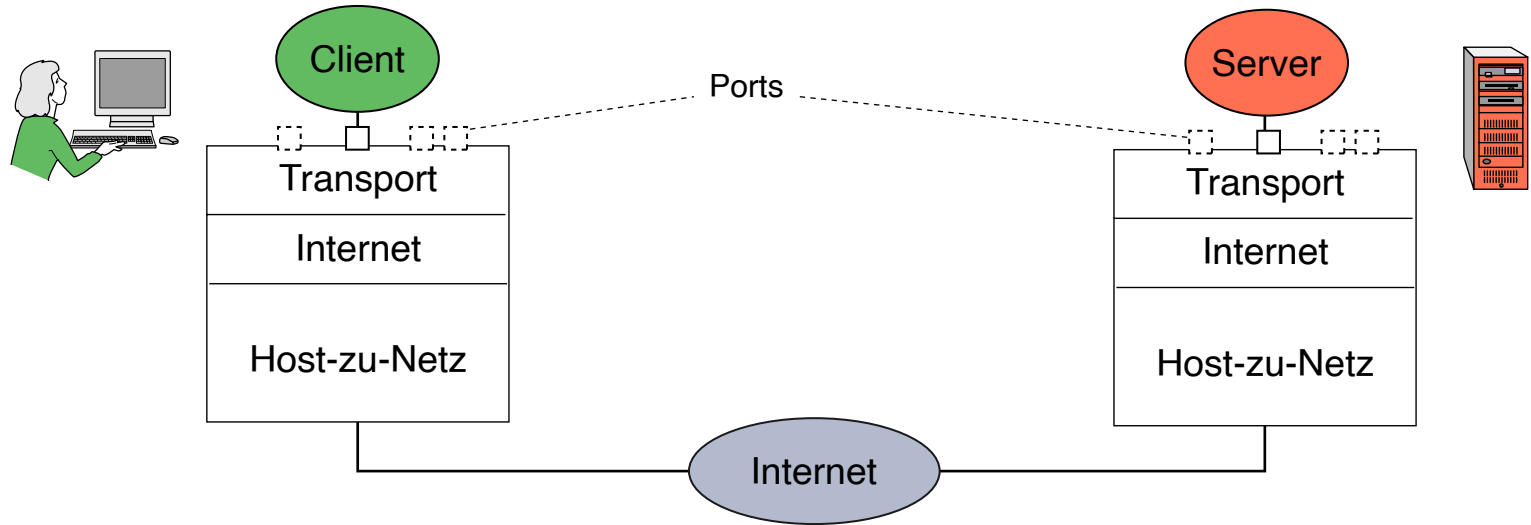
- ☐ Grundlagen HTTP-Protokoll
- ☐ Weitere HTTP-Konzepte
- ☐ Grundlagen TLS-Protokoll

- ☐ Zeichen und Codierung

Client-Server-Interaktionsmodell



Client-Server-Interaktionsmodell



Rollenverteilung in einem Web-basierten Informationssystem:

- ❑ **Dienstgeber (*Server*)**, die einen bestimmten Dienst (*Service*) erbringen. Ein Dienst besteht aus einer oder mehreren Funktionen (Operationen, Methoden), die aufgerufen werden können. Ein Server ist ein Prozess oder eine Prozessgruppe auf einem Rechner.
- ❑ **Dienstnehmer (*Clients*)**, die Serverdienste von anderen Prozessen in Anspruch nehmen.

Bemerkungen:

- ❑ Das Client-Server-Interaktionsmodell wird auch als Client-Server-Paradigma bezeichnet.
- ❑ Ein Prozess ist häufig sowohl Server (d.h., er bietet einen Dienst an) als auch Client (d.h., er benutzt andere Dienste). Siehe die Definition für “Server” in der [RFC 2616](#):
[...] Any given program may be capable of being both a client and a server; our use of these terms refers only to the role being performed by the program for a particular connection, rather than to the program’s capabilities in general. [...]
- ❑ Das Gegenstück zum Client-Server-Paradigma ist das [Peer-to-Peer](#)-Paradigma: die Kommunikation unter Gleichgestellten.

Client-Server-Interaktionsmodell

Portkonzept

- ❑ Dienste (auf Anwendungsebene) werden über eine Endpunkt-zu-Endpunkt- bzw. Ende-zu-Ende-Verbindung auf Basis der Transportschicht abgewickelt.
- ❑ Ein Port ist ein Dienstzugriffspunkt (*Service Access Point*) der Transportschicht des TCP/IP-Protokolls. Ports sind als 16 Bit-Zahl codiert.
- ❑ Zusammen definieren die IP-Adresse (Internetschicht, Schicht 3) und die Portnummer (Transportschicht, Schicht 4) einen Kommunikationskanal.

Ende-zu-Ende: $\underbrace{\text{IP-Adresse} + \text{Portnummer}}_{\text{Source}} \longleftrightarrow \underbrace{\text{IP-Adresse} + \text{Portnummer}}_{\text{Destination}}$

Client-Server-Interaktionsmodell

Portkonzept

- ❑ Dienste (auf Anwendungsebene) werden über eine Endpunkt-zu-Endpunkt- bzw. Ende-zu-Ende-Verbindung auf Basis der Transportschicht abgewickelt.
- ❑ Ein Port ist ein Dienstzugriffspunkt (*Service Access Point*) der Transportschicht des TCP/IP-Protokolls. Ports sind als 16 Bit-Zahl codiert.
- ❑ Zusammen definieren die IP-Adresse (Internetschicht, Schicht 3) und die Portnummer (Transportschicht, Schicht 4) einen Kommunikationskanal.

Ende-zu-Ende: $\underbrace{\text{IP-Adresse} + \text{Portnummer}}_{\text{Source}} \longleftrightarrow \underbrace{\text{IP-Adresse} + \text{Portnummer}}_{\text{Destination}}$

Unterscheidung nach Verbindungsart bzw. Zuverlässigkeit:

- ❑ TCP-Port.
Einrichtung von verbindungsorientiertem, zuverlässigem Transportdienst.
- ❑ UDP-Port.
Einrichtung von verbindungslosem, unzuverlässigem Transportdienst.

Client-Server-Interaktionsmodell

Klassifikation von Ports

1. Standardisierte (“well-known”) Ports.

Weltweit eindeutig für Standarddienste reserviert: 0 - 255 für TCP/IP-Anwendungen, 256 – 1.023 für besondere Unix-Anwendungen.

2. Registrierte (“registered”) Ports.

1.024 – 49.151, werden von der IANA verwaltet.

3. Private, dynamische (“ephemeral”) Ports.

Restliche Nummern von 49.152 – 65.535.

Client-Server-Interaktionsmodell

Klassifikation von Ports

1. Standardisierte (“well-known”) Ports.

Weltweit eindeutig für Standarddienste reserviert: 0 - 255 für TCP/IP-Anwendungen, 256 – 1.023 für besondere Unix-Anwendungen.

2. Registrierte (“registered”) Ports.

1.024 – 49.151, werden von der IANA verwaltet.

3. Private, dynamische (“ephemeral”) Ports.

Restliche Nummern von 49.152 – 65.535.

Portnummern nach RFC 1700 [related] :

Port	Beschreibung
20	File Transfer (Daten)
21	File Transfer (Steuerung)
23	Telnet, Network Virtual Terminal
25	Simple Mail Transfer (Mail-Weiterleitung)
53	Domain Name Service
80	World Wide Web, Hyper Text Transfer

Bemerkungen:

- ❑ Die Ports von 0 bis 1023 (“well-known Ports”) sind in der [RFC 1700](#) spezifiziert (Seite 16ff.).
- ❑ Auf Unix-Systemen sind in der Datei `/etc/services` die Ports mit ihren Service-Zuordnungen beschrieben.

Client-Server-Interaktionsmodell

Socket-API

- ❑ Die (Programmier-)Schnittstelle einer Anwendung zur Transportschicht wird als API (*Application Program Interface*) bezeichnet.
- ❑ Protokollstandards wie z.B. TCP/IP definieren keine API, sondern abstrakte Dienste bzw. Operationen.
- ❑ Der de-Facto-Standard der API zur Transportschicht ist die Socket-API – kurz: Sockets. Sie stellt einen Dienst von Schicht 4 für Schicht 5 bereit.
- ❑ Ursprung (1983) : Teil von BSD-Unix, University of California at Berkeley.

Client-Server-Interaktionsmodell

Socket-API

- ❑ Die (Programmier-)Schnittstelle einer Anwendung zur Transportschicht wird als API (*Application Program Interface*) bezeichnet.
- ❑ Protokollstandards wie z.B. TCP/IP definieren keine API, sondern abstrakte Dienste bzw. Operationen.
- ❑ Der de-Facto-Standard der API zur Transportschicht ist die Socket-API – kurz: Sockets. Sie stellt einen Dienst von Schicht 4 für Schicht 5 bereit.
- ❑ Ursprung (1983) : Teil von BSD-Unix, University of California at Berkeley.

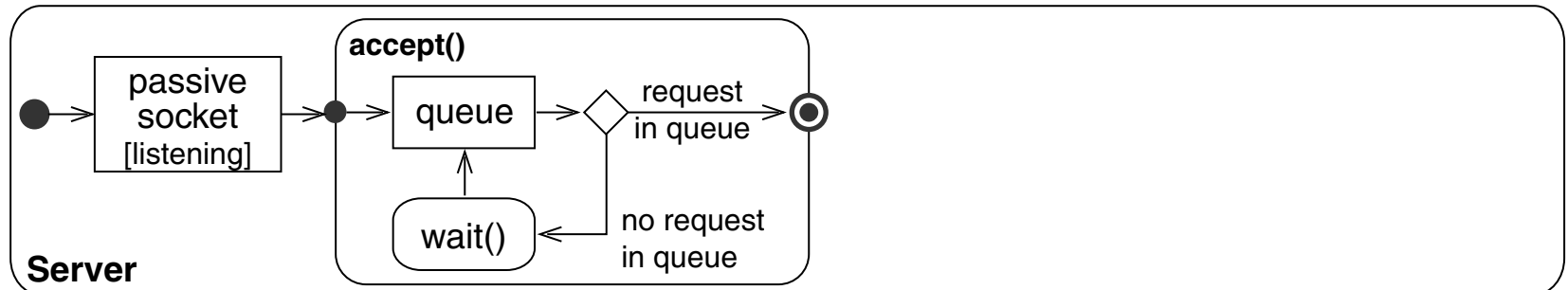
Socket-Datenstruktur:

- ❑ implementiert bei Client und Server einen Kommunikationsendpunkt
- ❑ ist vom Typ Stream, `SOCK_STREAM`, oder Datagramm, `SOCK_DGRAM`
- ❑ macht die Abwicklung des TCP/IP-Protokolls (IP-Adressen, Ports, Pufferung) transparent
- ❑ stellt Funktionen zum Schreiben, Lesen, Lauschen, etc. zur Verfügung

Client-Server-Interaktionsmodell

Verbindungsherstellung mit Sockets [\[Aktivitätsdiagramm\]](#)

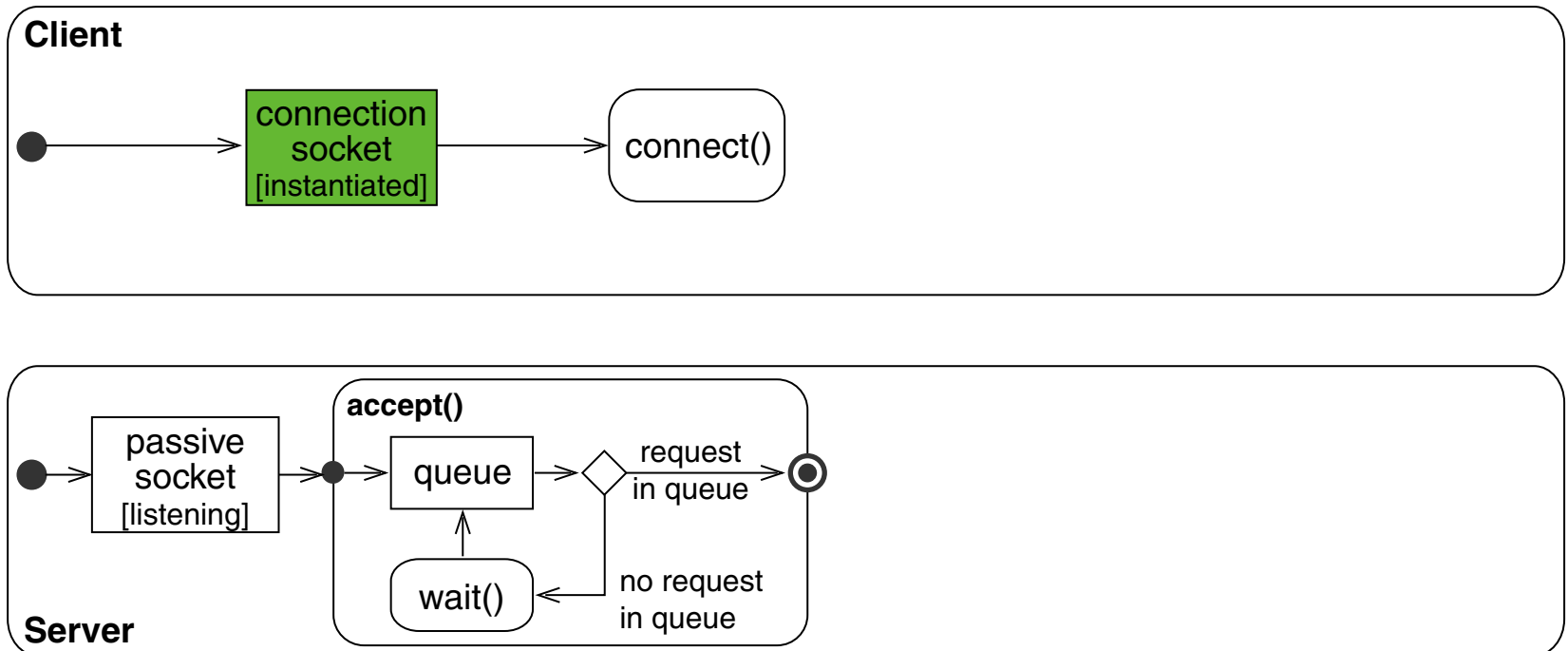
1. Server fordert vom Betriebssystem eine Server-Socket-Datenstruktur an (eigene IP-Adresse, Service-Port). Wartet auf Anfrage.



Client-Server-Interaktionsmodell

Verbindungsherstellung mit Sockets [\[Aktivitätsdiagramm\]](#)

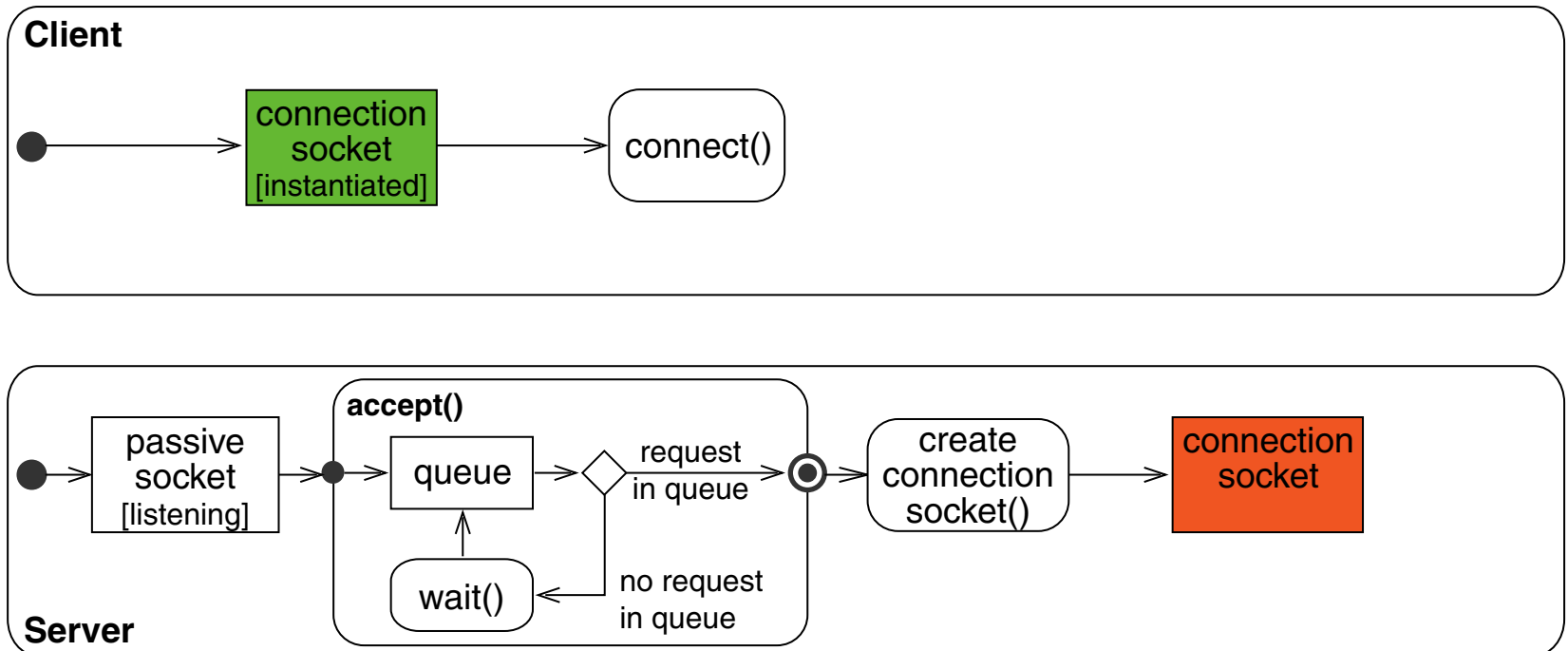
1. Server fordert vom Betriebssystem eine Server-Socket-Datenstruktur an (eigene IP-Adresse, Service-Port). Wartet auf Anfrage.
2. Client fordert vom Betriebssystem eine Client-Socket-Datenstruktur an (Server-IP-Adresse, Server-Service-Port). Reserviert lokalen Port. Setzt Verbindungswunsch ab.



Client-Server-Interaktionsmodell

Verbindungsherstellung mit Sockets [\[Aktivitätsdiagramm\]](#)

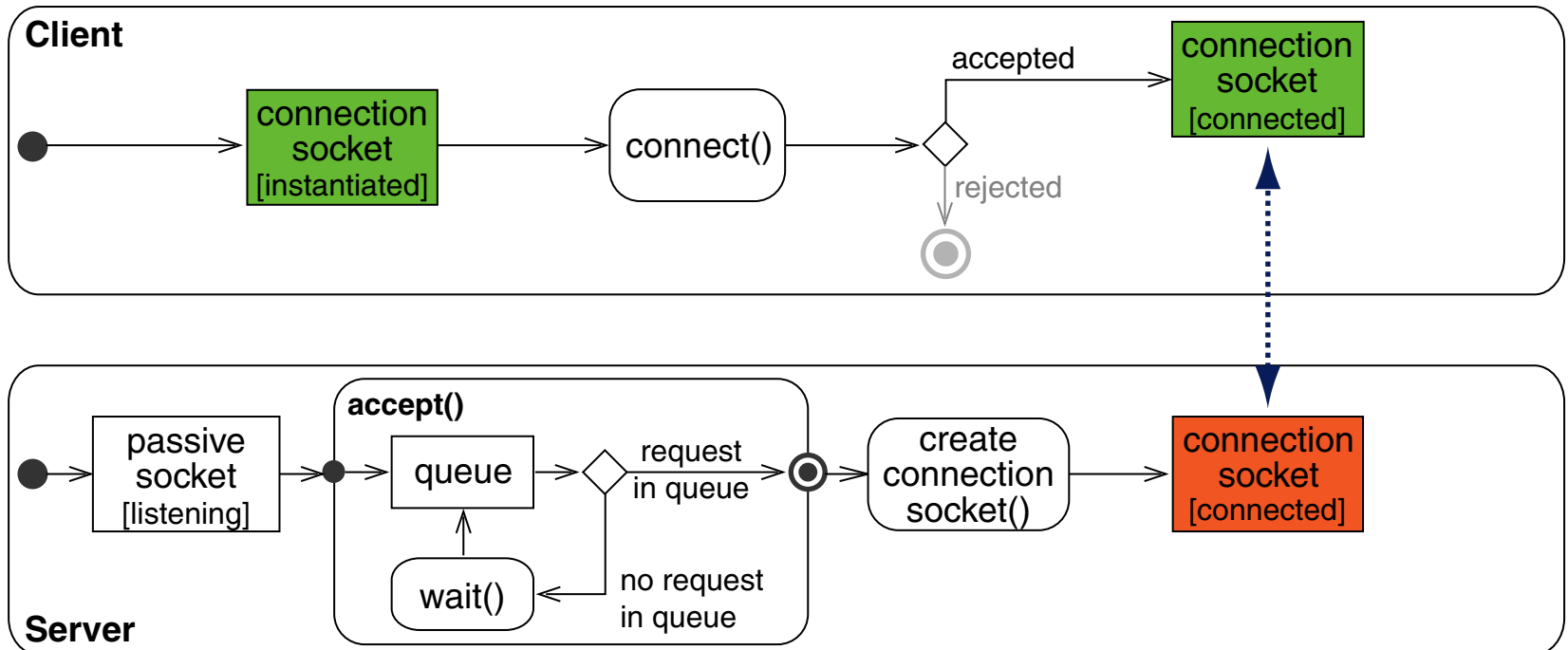
1. Server fordert vom Betriebssystem eine Server-Socket-Datenstruktur an (eigene IP-Adresse, Service-Port). Wartet auf Anfrage.
2. Client fordert vom Betriebssystem eine Client-Socket-Datenstruktur an (Server-IP-Adresse, Server-Service-Port). Reserviert lokalen Port. Setzt Verbindungswunsch ab.



Client-Server-Interaktionsmodell

Verbindungsherstellung mit Sockets [Aktivitätsdiagramm]

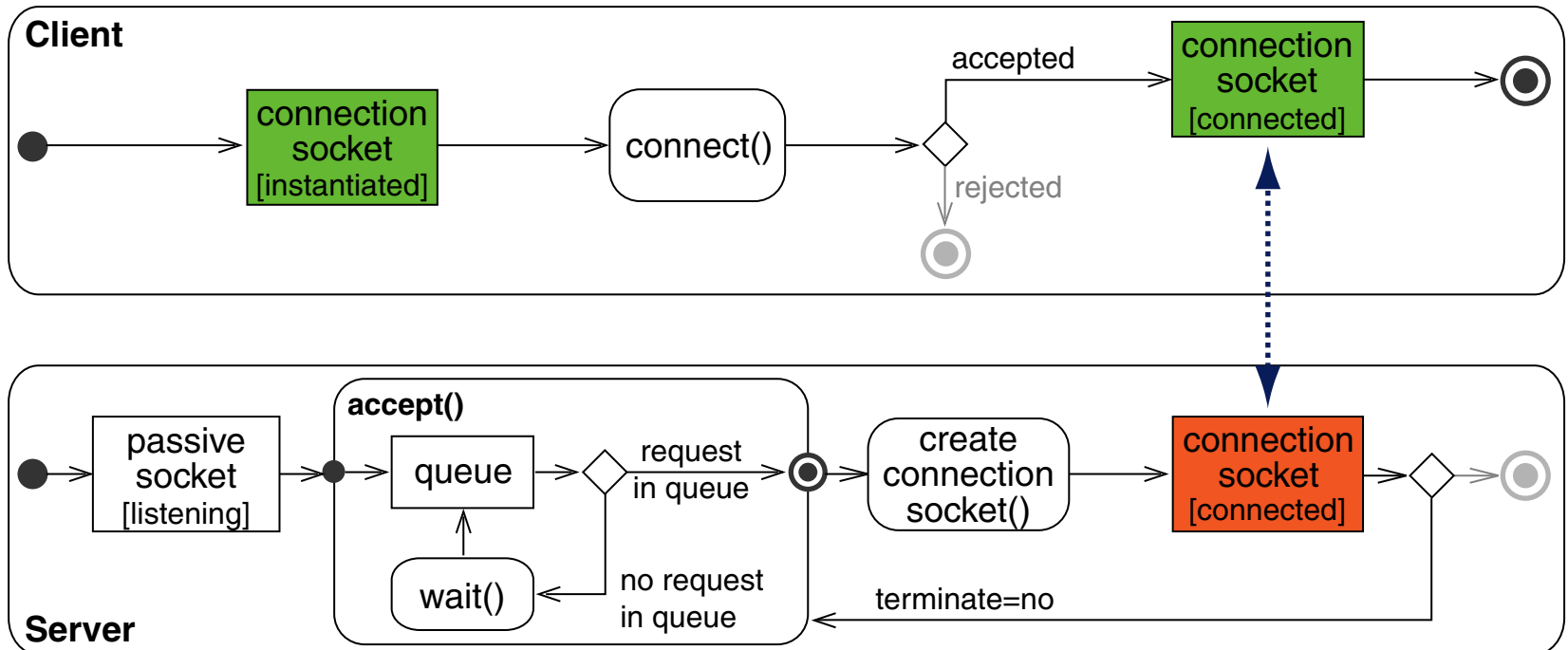
1. Server fordert vom Betriebssystem eine Server-Socket-Datenstruktur an (eigene IP-Adresse, Service-Port). Wartet auf Anfrage.
2. Client fordert vom Betriebssystem eine Client-Socket-Datenstruktur an (Server-IP-Adresse, Server-Service-Port). Reserviert lokalen Port. Setzt Verbindungswunsch ab.



Client-Server-Interaktionsmodell

Verbindungsherstellung mit Sockets [Aktivitätsdiagramm]

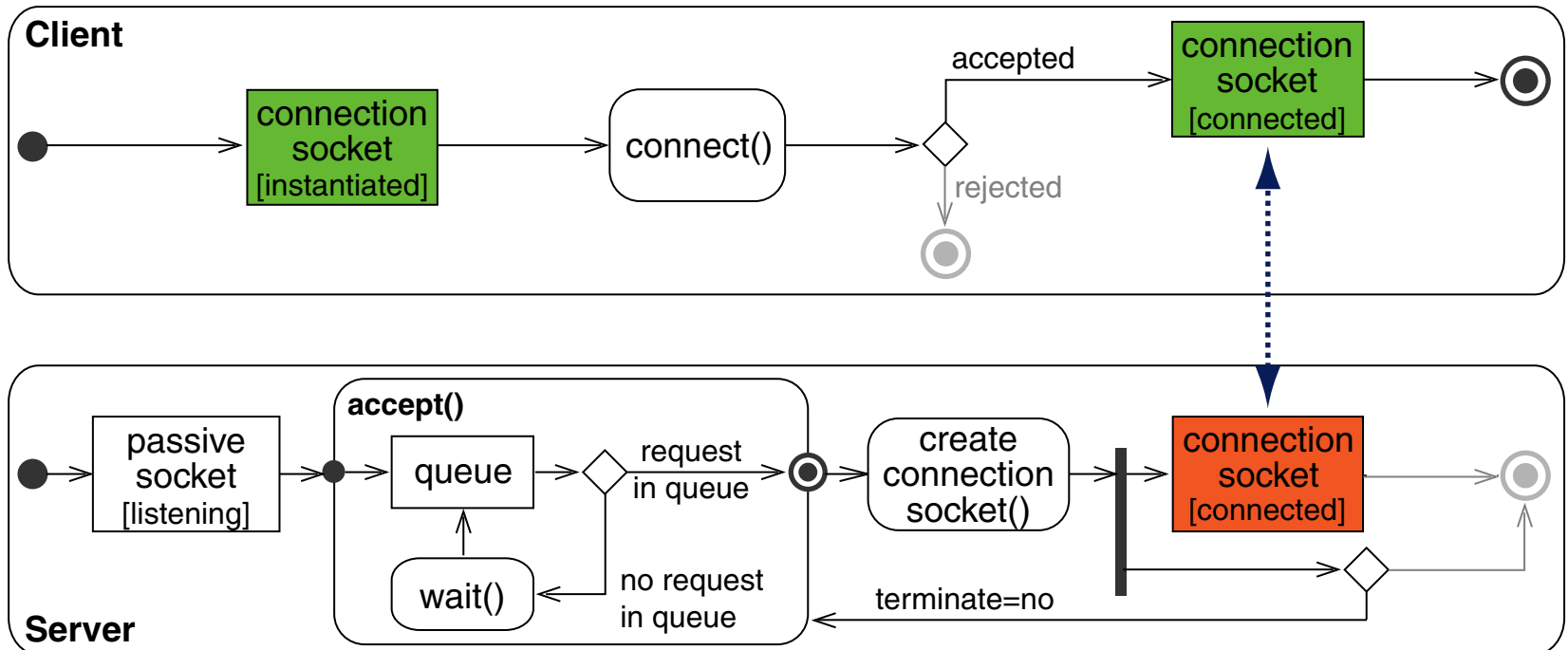
1. Server fordert vom Betriebssystem eine Server-Socket-Datenstruktur an (eigene IP-Adresse, Service-Port). Wartet auf Anfrage.
2. Client fordert vom Betriebssystem eine Client-Socket-Datenstruktur an (Server-IP-Adresse, Server-Service-Port). Reserviert lokalen Port. Setzt Verbindungswunsch ab.



Client-Server-Interaktionsmodell

Verbindungsherstellung mit Sockets [Aktivitätsdiagramm]

1. Server fordert vom Betriebssystem eine Server-Socket-Datenstruktur an (eigene IP-Adresse, Service-Port). Wartet auf Anfrage.
2. Client fordert vom Betriebssystem eine Client-Socket-Datenstruktur an (Server-IP-Adresse, Server-Service-Port). Reserviert lokalen Port. Setzt Verbindungswunsch ab.



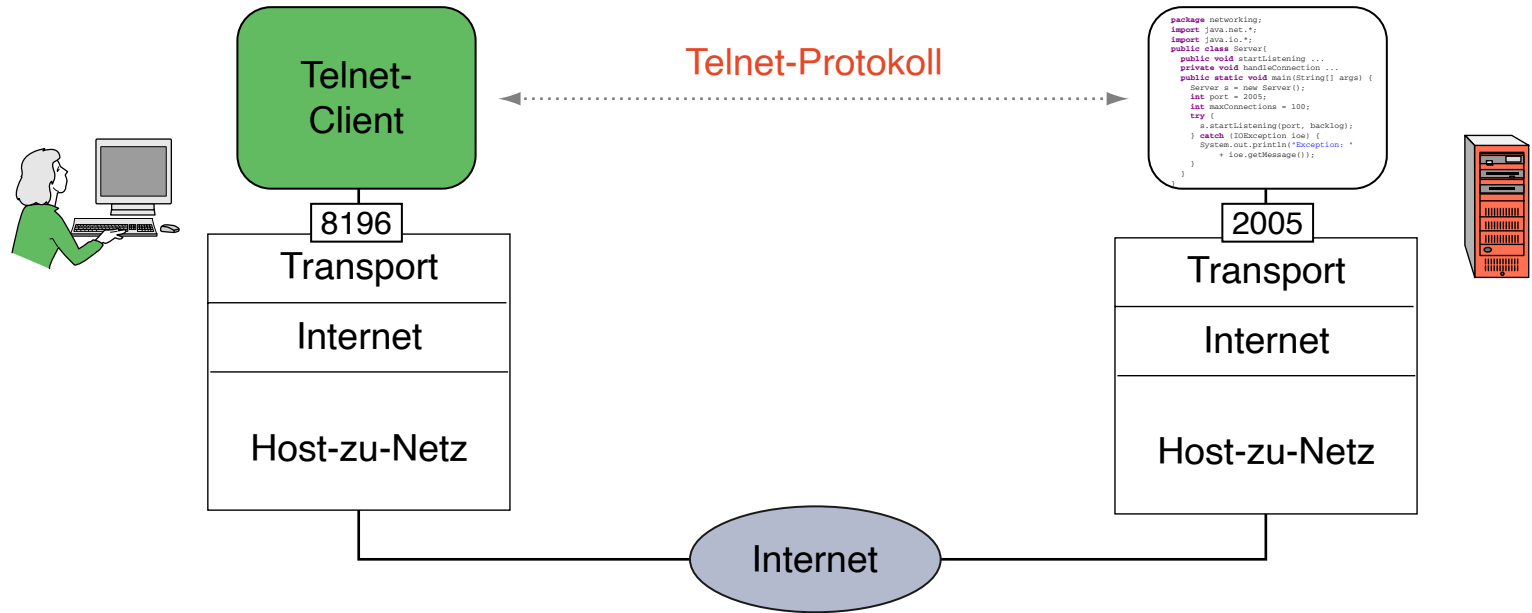
Bemerkungen:

- ❑ Schritte bei der Verbindungsherstellung:
 1. a) Server: Instanziert passiven Socket (einmalig).
b) Server: Wartet auf Anfrage (`accept()`, synchron).
 2. a) Client: Instanziert Verbindungs-Socket.
b) Client: Setzt Verbindungswunsch ab (`connect()`, synchron).
 3. Server: Der `accept()`-Aufruf liefert (auf Serverseite) einen neuen Verbindungs-Socket bzgl. des Clients.
 4. Server, Client: Die beiden Verbindungs-Sockets bilden einen gemeinsamen Kommunikationskanal. Im Falle eines Stream-Sockets ist das ein bidirektionaler Stream.
- ❑ Der passive Socket ist in Java durch die Klasse `ServerSocket` implementiert. [\[Javadoc\]](#)
- ❑ Der Verbindungs-Socket ist in Java durch die Klasse `Socket` implementiert. [\[Javadoc\]](#)

Client-Server-Interaktionsmodell

Socket-Verbindung mit Java

[Client-side] [ISO-OSI-Modell]



Auf der Client-Seite bildet ein Telnet-Client das Gegenstück einer Verbindung zu dem Beispiel-Server. Der Telnet-Client lässt sich auf diese Art einsetzen, weil das Telnet-Protokoll lediglich Tastatureingaben vom Client zum Server bzw. Textausgaben vom Server zum Client überträgt. [[RFC 854](#)] [[Wikipedia](#)]

Client-Server-Interaktionsmodell

Socket-Verbindung mit Java

```
public void startListening(ServerSocket sock, int port) throws IOException {  
    // Start a passive socket, step (1a).  
    sock.bind(new InetSocketAddress("0.0.0.0", port));  
    // Now the passive socket is listening.  
    System.out.println("Server started on port " + port + ".");  
    while(true) {  
        // Blocking wait for a connection.  
        // If a client connects, a connection socket is returned  
        // by the passive socket.  
        Socket conn = sock.accept(); // step (1b+3)  
        handleConnection(conn); // step (4)  
    }  
}
```

Client-Server-Interaktionsmodell

Socket-Verbindung mit Java (Fortsetzung)

```
private void handleConnection(Socket conn) throws IOException {
    // Send a string to the client, step (4).
    OutputStream os = conn.getOutputStream();
    PrintWriter pw = new PrintWriter(os);
    pw.println("Tell me your name, please.");
    pw.flush(); // "Flushing" empties the send buffer.

    // Receive a string from the client, step (4).
    InputStream is = conn.getInputStream();
    BufferedReader br = new BufferedReader(new InputStreamReader(is));
    String name = br.readLine();
    if (name != null) {
        pw.println("Welcome " + name + "!");
        pw.flush();
    }

    // Close the connections.
    br.close();
    pw.close();
    conn.close();
}
```

Client-Server-Interaktionsmodell

Socket-Verbindung mit Java (Fortsetzung)

```
package networkprotocol;

import java.net.*;
import java.io.*;

public class Server {

    public static void startListening(ServerSocket sock, int port) ...
    private static void handleConnection(Socket conn) ...

    public static void main(String[] args) {
        int port = 2005;

        try {
            ServerSocket sock = new ServerSocket();
            startListening(sock, port);
        } catch (IOException ioe) {
            System.out.println("There was an exception, the message is: "
                               + ioe.getMessage());
        }
    }
}
```

Client-Server-Interaktionsmodell

Socket-Verbindung mit Python

```
⋮  
  
def start_listening(sock, port):  
    # Start a passive socket, step (1a).  
    sock.bind(('0.0.0.0', port))  
    sock.listen()  
    # Now the passive socket is listening.  
    print('Server started on port ' + str(port) + '.')  
  
    while True:  
        # Blocking wait for a connection.  
        # If a client connects, a connection socket is returned  
        # by the passive socket.  
        conn, _ = sock.accept()      # step (1b+3)  
        handle_connection(conn)      # step (4)  
  
⋮
```

Client-Server-Interaktionsmodell

Socket-Verbindung mit Python (Fortsetzung)

```
import socket

def start_listening(sock, port): ...

def handle_connection(conn):
    stream_file = conn.makefile('rw')
    stream_file.write('Tell me your name please.\n')
    stream_file.flush()
    # Receive a string from the client, step (4).
    name = stream_file.readline().strip()
    if name:
        stream_file.write('Welcome ' + name + '!\n')
    # Close the connection.
    conn.close()

def main():
    port = 2005
    sock = socket.socket()
    # Reuse a free socket that is still blocked by the operating system.
    sock.setsockopt(socket.SOL_SOCKET, socket.SO_REUSEADDR, 1)
    start_listening(sock, port)
    .
    .
    .
```


Client-Server-Interaktionsmodell

Socket-Verbindung mit Java / Python

```
user@some_computer:~$  
user@some_computer:~$ host webis  
webis has address 141.54.178.141
```

```
user@some_computer:~$ telnet 141.54.178.141 2005
```

```
user@webis:~$ telnet localhost 2005
```

```
Trying 141.54.178.141...  
Connected to 141.54.178.141.  
Escape character is '^]'.  
Tell me your name, please.
```

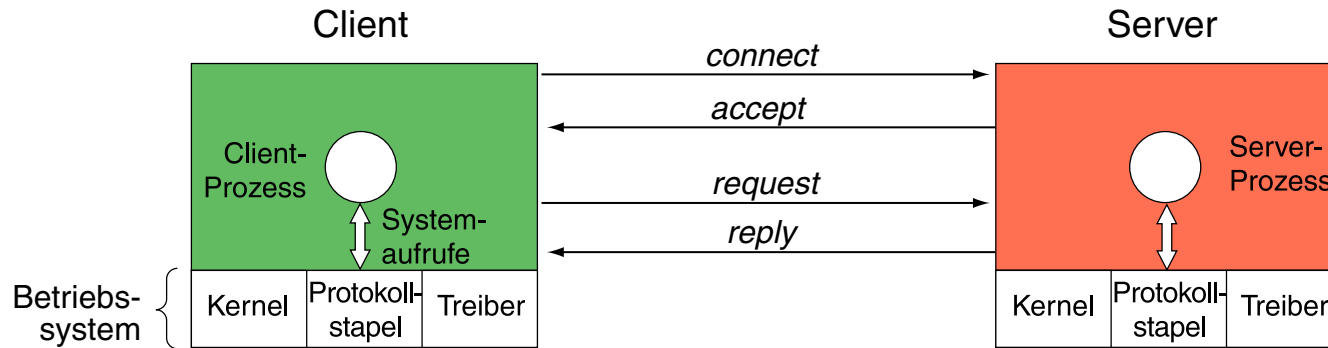
Benno

```
Welcome Benno!  
Connection closed by foreign host.  
user@some_computer:~$
```

Client-Server-Interaktionsmodell

Dienstabwicklung durch Anforderungs-/Antwortprotokoll

Zur Abwicklung eines Dienstes ist neben dem Kommunikationskanal noch ein Protokoll notwendig. Vorherrschend im Web: Anforderungs-/Antwortprotokoll.



[Tanenbaum 2004]

- ❑ **Client initiiert Kommunikation**, sendet Auftrag an Server.
- ❑ Server nimmt Auftrag entgegen, bearbeitet ihn und schickt das Ergebnis an den Client zurück.
- ❑ Stichwort „synchrone Kommunikation“: Client blockiert, bis Antwort eintrifft.
- ❑ Server wartet auf nächsten Auftrag.

Client-Server-Interaktionsmodell

Dienstabwicklung durch Anforderungs-/Antwortprotokoll (Fortsetzung)

Ein Protokoll spezifiziert die zugelassenen Anfragen (*Message Types*), die Art der Parameter-Codierung, Verhalten im Fehlerfall, Timeouts, etc.

Bekannte Anforderungs-/Antwortprotokolle [\[related\]](#) :

Dienst	Port		Beschreibung
	unsicher	sicher	
ftp-data	20		File Transfer (Daten)
ftp	21		File Transfer (Steuerung)
sftp		22	Secure File Transfer (Daten + Steuerung)
ssh		22	Secure Shell
dns	53	853	Domain Name Service
http	80	443	Hyper Text Transfer
pop3	110	995	Post Office v3 (Mail ausliefern und abholen)
nntp	119		Network News Transfer
imap	110	993	Interactive Mail Access (Mail ausliefern und abholen)
smtp	587	465	Simple Mail Transfer (Mail-Weiterleitung auf Port 25)

Bemerkungen:

- ❑ Bei „sicheren“ Diensten wird bereits der Verbindungsaufbau in der Anwendungsschicht über [TLS](#) (Transport Layer Security) abgesichert.

Verschiedene Protokolle und Anwendungen ermöglichen es jedoch auch, eine Verschlüsselung *nach* dem Verbindungsaufbau einzuleiten. Beispiele für letztere: [STARTTLS](#), [OpenPGP](#), [S/MIME](#)

- ❑ Gesicherte Kommunikation kann bereits auf unteren Schichten gewährleistet werden. Beispiele hierfür sind [IPsec](#) auf der Vermittlungsschicht (= ISO-OSI-Schicht 3 bzw. Internetschicht) und [WPA2](#) auf der Sicherungsschicht (= ISO-OSI-Schicht 2 bzw. Host-zu-Netz-Schicht).

Kapitel WT:II

II. Kommunikation und Protokolle für Web-Systeme

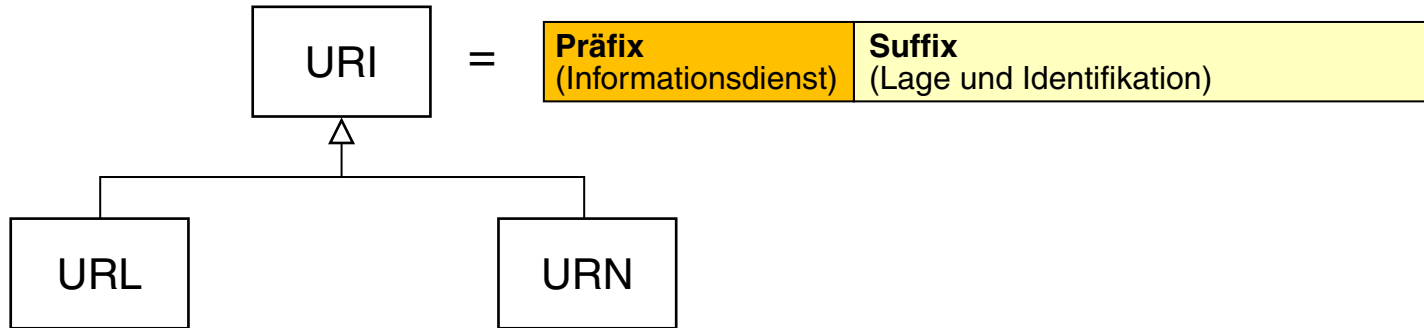
- ❑ Rechnernetze
- ❑ Prinzipien des Datenaustauschs
- ❑ Netzsoftware und Kommunikationsprotokolle
- ❑ Internetworking

- ❑ Client-Server-Interaktionsmodell
- ❑ Uniform Resource Locator

- ❑ Grundlagen HTTP-Protokoll
- ❑ Weitere HTTP-Konzepte
- ❑ Grundlagen TLS-Protokoll

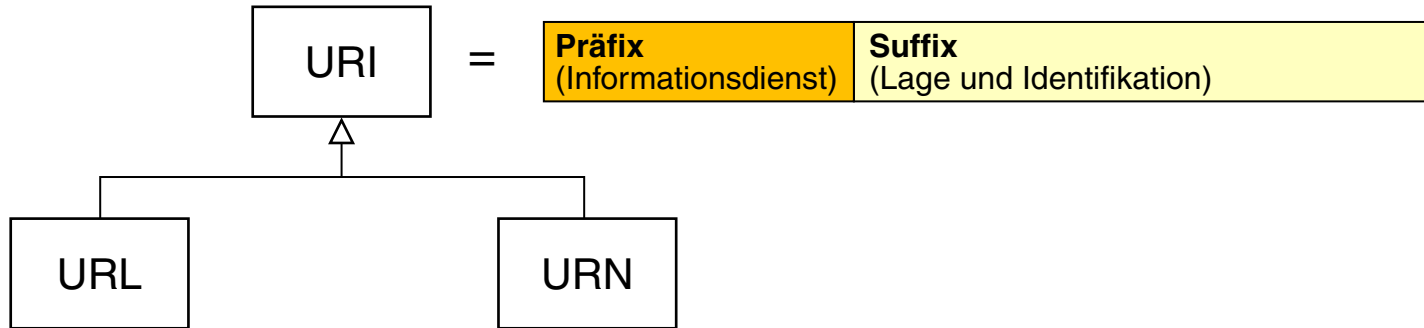
- ❑ Zeichen und Codierung

Uniform Resource Locator



- ❑ URI [[RFC 3986](#)]
- ❑ URL [[RFC 1738](#)]
- ❑ URN [[RFC 2141](#)]

Uniform Resource Locator



❑ URI [\[RFC 3986\]](#)

Identifiziert eindeutig eine Informationsressource im WWW, unabhängig davon, ob es sich um ein Hypermedia-Dokument handelt.

❑ URL [\[RFC 1738\]](#)

Identifiziert über eine eindeutige Adresse den Ort (*Location*) einer Informationsressource im WWW.

❑ URN [\[RFC 2141\]](#)

Identifiziert über einen eindeutigen Namen eine Informationsressource im WWW. Auf Basis der URN soll der Zugriff auf die Ressource sowie die Abfrage ihrer Eigenschaften ermöglicht werden.

Uniform Resource Locator

URL versus URI [\[RFC 1630, RFC 3986:1.1.3\]](#)

The term “Uniform Resource Locator” (URL) refers to the subset of URIs that, in addition to identifying a resource, provide a means of locating the resource by describing its primary access mechanism (e.g., its network “location”).

[...]

A common misunderstanding of URIs is that they are only used to refer to accessible resources. The URI itself only provides identification; access to the resource is neither guaranteed nor implied by the presence of a URI. Instead, any operation associated with a URI reference is defined by the protocol element, data format attribute, or natural language text in which it appears.

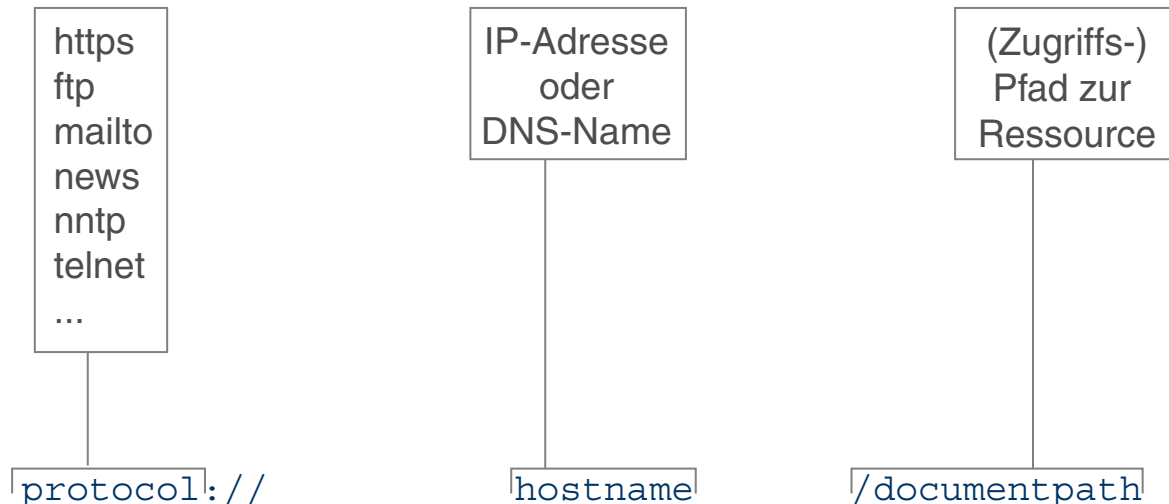
Uniform Resource Locator

URL versus URI [\[RFC 1630, RFC 3986:1.1.3\]](#)

The term “Uniform Resource Locator” (URL) refers to the subset of URIs that, in addition to identifying a resource, provide a means of locating the resource by describing its primary access mechanism (e.g., its network “location”).

[...]

A common misunderstanding of URIs is that they are only used to refer to accessible resources. The URI itself only provides identification; access to the resource is neither guaranteed nor implied by the presence of a URI. Instead, any operation associated with a URI reference is defined by the protocol element, data format attribute, or natural language text in which it appears.



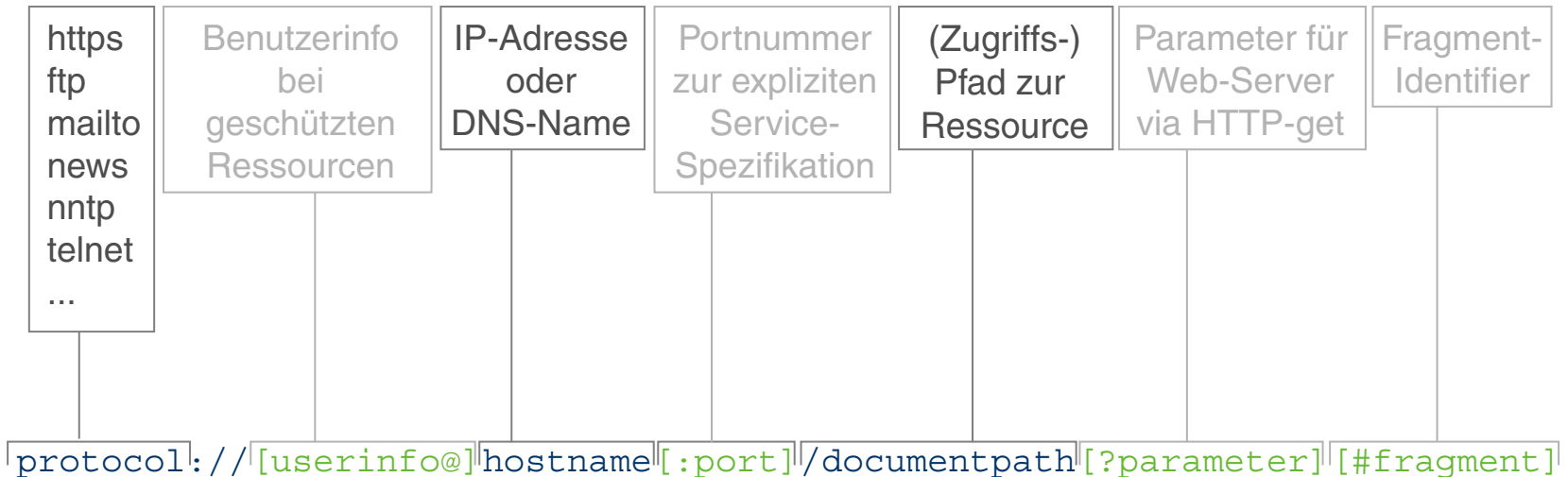
Uniform Resource Locator

URL versus URI [RFC 1630, RFC 3986:1.1.3]

The term “Uniform Resource Locator” (URL) refers to the subset of URIs that, in addition to identifying a resource, provide a means of locating the resource by describing its primary access mechanism (e.g., its network “location”).

[...]

A common misunderstanding of URIs is that they are only used to refer to accessible resources. The URI itself only provides identification; access to the resource is neither guaranteed nor implied by the presence of a URI. Instead, any operation associated with a URI reference is defined by the protocol element, data format attribute, or natural language text in which it appears.



Uniform Resource Locator

BNF-Syntax der HTTP-URL

```
URI ::=                               scheme ':' hier-part [ '?' query ] [ '#' fragment ]

scheme ::=                             'https' | 'sftp' | ...
hier-part ::=                          '//' authority path-rooted
authority ::=                          [ userinfo '@' ] host [ ':' port ]
host ::=                              hostname | IPv4address | IPv6address

hostname ::=                           { domainlabel '.' }* toplabel
domainlabel ::=                       alphanumeric { { alphanumeric | '-' }* alphanumeric }?
toplabel ::=                           alpha { { alphanumeric | '-' }* alphanumeric }?

path-rooted ::=                       { '/' segment }*
path ::=                              { segment-r }? { '/' segment }*
segment ::=                           { uchar | ':' | '@' }*
segment-r ::=                         { uchar | '@' }+

query ::=                             { uchar | ':' | '@' | '/' | '?' }*
fragment ::=                          { uchar | ':' | '@' | '/' | '?' }*

userinfo ::=                           { uchar | ':' }*
IPv4address ::=                       digits . digits . digits . digits
port ::=                              digits
```

Uniform Resource Locator

BNF-Syntax der HTTP-URL

```
URI ::= scheme '.' hier-part [ '?' query ] [ '#' fragment ]

scheme ::= 'https' | 'sftp' | ...
hier-part ::= '//' authority path-rooted
authority ::= [ userinfo '@' ] host [ ':' port ]
host ::= hostname | IPv4address | IPv6address

hostname ::= { domainlabel '.' }* toplabel
domainlabel ::= alphadigit { { alphadigit | '-' }* alphadigit }?
toplabel ::= alpha { { alphadigit | '-' }* alphadigit }?

path-rooted ::= { '/' segment }*
path ::= { segment-r }? { '/' segment }*
segment ::= { uchar | ':' | '@' }*
segment-r ::= { uchar | '@' }+

query ::= { uchar | ':' | '@' | '/' | '?' }*
fragment ::= { uchar | ':' | '@' | '/' | '?' }*

userinfo ::= { uchar | ':' }*
IPv4address ::= digits . digits . digits . digits
port ::= digits
```

Uniform Resource Locator

BNF-Syntax der HTTP-URL

```
URI ::=          scheme ':' hier-part [ '?' query ] [ '#' fragment ]

scheme ::=       'https' | 'sftp' | ...
hier-part ::=   '//' authority path-rooted
authority ::=   [ userinfo '@' ] host [ ':' port ]
host ::=        hostname | IPv4address | IPv6address

hostname ::=    { domainlabel '.' }* toplabel
domainlabel ::= alphadigit { { alphadigit | '-' }* alphadigit }?
toplabel ::=    alpha { { alphadigit | '-' }* alphadigit }?

path-rooted ::= { '/' segment }*
path ::=        { segment-r }? { '/' segment }*
segment ::=     { uchar | ':' | '@' }*
segment-r ::=   { uchar | '@' }+

query ::=       { uchar | ':' | '@' | '/' | '?' }*
fragment ::=    { uchar | ':' | '@' | '/' | '?' }*

userinfo ::=    { uchar | ':' }*
IPv4address ::= digits . digits . digits . digits
port ::=        digits
```

Uniform Resource Locator

BNF-Syntax der HTTP-URL

```
URI ::=          scheme ':' hier-part [ '?' query ] [ '#' fragment ]

scheme ::=       'https' | 'sftp' | ...
hier-part ::=    '//' authority path-rooted
authority ::=    [ userinfo '@' ] host [ ':' port ]
host ::=        hostname | IPv4address | IPv6address

hostname ::=     { domainlabel '.' }* toplabel
domainlabel ::=  alphanumerical { { alphanumerical | '-' }* alphanumerical }?
toplabel ::=     alpha { { alphanumerical | '-' }* alphanumerical }?

path-rooted ::=  { '/' segment }*
path ::=         { segment-r }? { '/' segment }*
segment ::=      { uchar | ':' | '@' }*
segment-r ::=    { uchar | '@' }+

query ::=        { uchar | ':' | '@' | '/' | '?' }*
fragment ::=     { uchar | ':' | '@' | '/' | '?' }*

userinfo ::=     { uchar | ':' }*
IPv4address ::=  digits . digits . digits . digits
port ::=         digits
```

Uniform Resource Locator

BNF-Syntax der HTTP-URL

```
URI ::=          scheme ':' hier-part [ '?' query ] [ '#' fragment ]

scheme ::=       'https' | 'sftp' | ...
hier-part ::=    '//' authority path-rooted
authority ::=    [ userinfo '@' ] host [ ':' port ]
host ::=         hostname | IPv4address | IPv6address

hostname ::=     { domainlabel '.' }* toplabel
domainlabel ::=  alphadigit { { alphadigit | '-' }* alphadigit }?
toplabel ::=     alpha { { alphadigit | '-' }* alphadigit }?

path-rooted ::=  { '/' segment }*
path ::=         { segment-r }? { '/' segment }*
segment ::=      { uchar | ':' | '@' }*
segment-r ::=    { uchar | '@' }+

query ::=        { uchar | ':' | '@' | '/' | '?' }*
fragment ::=     { uchar | ':' | '@' | '/' | '?' }*

userinfo ::=     { uchar | ':' }*
IPv4address ::=  digits . digits . digits . digits
port ::=         digits
```

Uniform Resource Locator

BNF-Syntax der HTTP-URL

```
URI ::=          scheme ':' hier-part [ '?' query ] [ '#' fragment ]

scheme ::=       'https' | 'sftp' | ...

hier-part ::=    '/' authority path-rooted

authority ::=    [ userinfo '@' ] host [ ':' port ]

host ::=        hostname | IPv4address | IPv6address

hostname ::=    { domainlabel '.' }* toplabel

domainlabel ::= alphadigit { { alphadigit | '-' }* alphadigit }?

toplabel ::=    alpha { { alphadigit | '-' }* alphadigit }?

path-rooted ::= { '/' segment }*

path ::=        { segment-r }? { '/' segment }*

segment ::=     { uchar | ':' | '@' }*

segment-r ::=   { uchar | '@' }+

query ::=       { uchar | ':' | '@' | '/' | '?' }*

fragment ::=    { uchar | ':' | '@' | '/' | '?' }*

userinfo ::=    { uchar | ':' }*

IPv4address ::= digits . digits . digits . digits

port ::=        digits
```


Uniform Resource Locator

BNF-Syntax der HTTP-URL

```
URI ::=          scheme ':' hier-part [ '?' query ] [ '#' fragment ]

scheme ::=       'https' | 'sftp' | ...
hier-part ::=   '//' authority path-rooted
authority ::=   [ userinfo '@' ] host [ ':' port ]
host ::=       hostname | IPv4address | IPv6address

hostname ::=    { domainlabel '.' }* toplabel
domainlabel ::= alphadigit { { alphadigit | '-' }* alphadigit }?
toplabel ::=    alpha { { alphadigit | '-' }* alphadigit }?

path-rooted ::= { '/' segment }*
path ::=        { segment-r }? { '/' segment }*
segment ::=     { uchar | ':' | '@' }*
segment-r ::=   { uchar | '@' }+

query ::=       { uchar | ':' | '@' | '/' | '?' }*
fragment ::=    { uchar | ':' | '@' | '/' | '?' }*

userinfo ::=    { uchar | ':' }*
IPv4address ::= digits . digits . digits . digits
port ::=       digits
```

Uniform Resource Locator

BNF-Syntax der HTTP-URL

```
URI ::=          scheme ':' hier-part [ '?' query ] [ '#' fragment ]

scheme ::=       'https' | 'sftp' | ...

hier-part ::=    '/' authority path-rooted

authority ::=    [ userinfo '@' ] host [ ':' port ]

host ::=        hostname | IPv4address | IPv6address

hostname ::=     { domainlabel '.' }* toplevel
domainlabel ::= alphadigit { { alphadigit | '-' }* alphadigit }?
toplevel ::=    alpha { { alphadigit | '-' }* alphadigit }?

path-rooted ::= { '/' segment }*
path ::=        { segment-r }? { '/' segment }*
segment ::=     { uchar | ':' | '@' }*
segment-r ::=   { uchar | '@' }+

query ::=       { uchar | ':' | '@' | '/' | '?' }*
fragment ::=    { uchar | ':' | '@' | '/' | '?' }*

userinfo ::=    { uchar | ':' }*
IPv4address ::= digits . digits . digits . digits
port ::=       digits
```

Bemerkungen:

- ❑ Die Aufteilung von URIs in zwei disjunkte Mengen von [URLs und URNs](#) gilt mittlerweile als überholt. Stattdessen betrachtet man die Menge der URIs aufgeteilt durch (1) die Protokolle für URLs (`https`, `ftp`, etc.) und (2) die Namespace-Identifizierer für URNs (`isbn`, `doi`, etc.). [\[RFC 3305:2.1\]](#)
- ❑ Die angegebene BNF basiert auf der BNF für URIs [RFC 3986: [3](#), [Appendix](#)] und für URNs [\[RFC 1738:5\]](#).
- ❑ `alpha`, `alphanum`, `alphanum` und `uchar` sind Zeichenmengen, die Buchstaben, Ziffern und ggf. zusätzliche Sonderzeichen (ohne Sonderbedeutung) enthalten und unterschiedliche Repräsentationen erlauben.
- ❑ BNF steht für Backus-Naur-Form bzw. Backus-Normalform und ist eine Metasprache zur Notation kontextfreier Grammatiken. [Wikipedia: [BNF](#), [EBNF](#)] [W3C [EBNF](#)]

Uniform Resource Locator

Namensauflösung URN → URL

- ❑ URN-Syntax [\[RFC 2141:2\]](#):

URN ::= 'urn:' namespace-id ':' namespace-specific-string

- ❑ Beispiel: urn:ISBN:0-262-01210-3

Uniform Resource Locator

Namensauflösung URN → URL

- ❑ URN-Syntax [\[RFC 2141:2\]](#):

URN ::= 'urn:' namespace-id ':' namespace-specific-string

- ❑ Beispiel: urn:ISBN:0-262-01210-3

Uniform Resource Locator

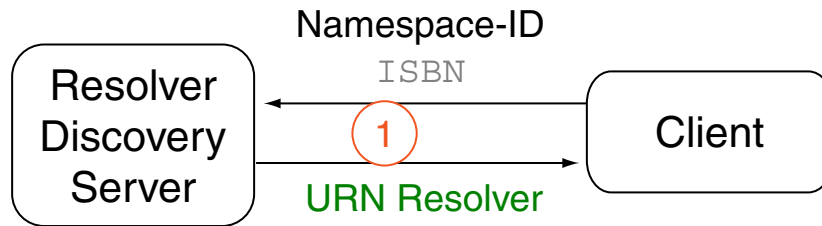
Namensauflösung URN → URL

❑ URN-Syntax [\[RFC 2141:2\]](#) :

URN ::= 'urn:' namespace-id ':' namespace-specific-string

❑ Beispiel: urn:ISBN:0-262-01210-3

Namensauflösung URN → URL mittels Resolver Discovery Service [\[RFC 2276\]](#) :



Uniform Resource Locator

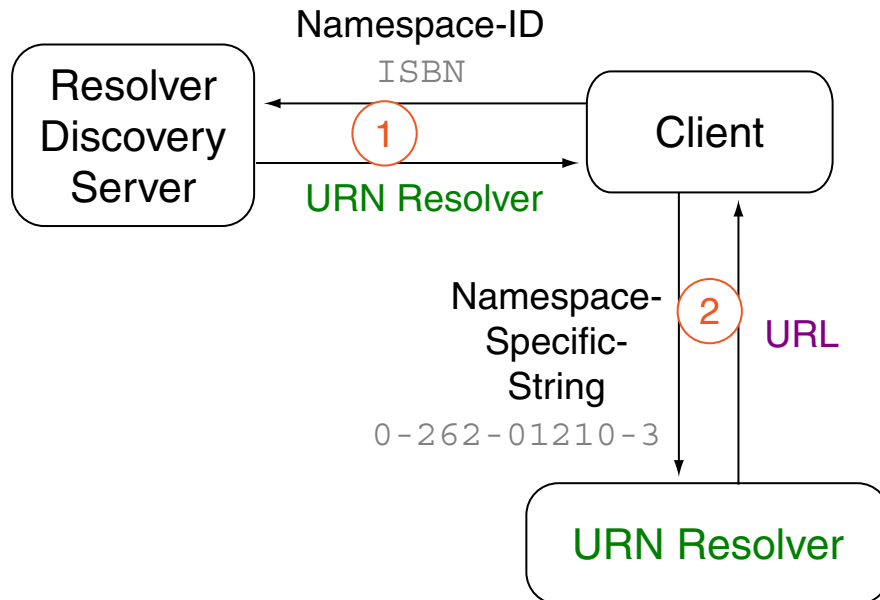
Namensauflösung URN → URL

- URN-Syntax [\[RFC 2141:2\]](#) :

URN ::= 'urn:' namespace-id ':' namespace-specific-string

- Beispiel: urn:ISBN:0-262-01210-3

Namensauflösung URN → URL mittels Resolver Discovery Service [\[RFC 2276\]](#) :



Uniform Resource Locator

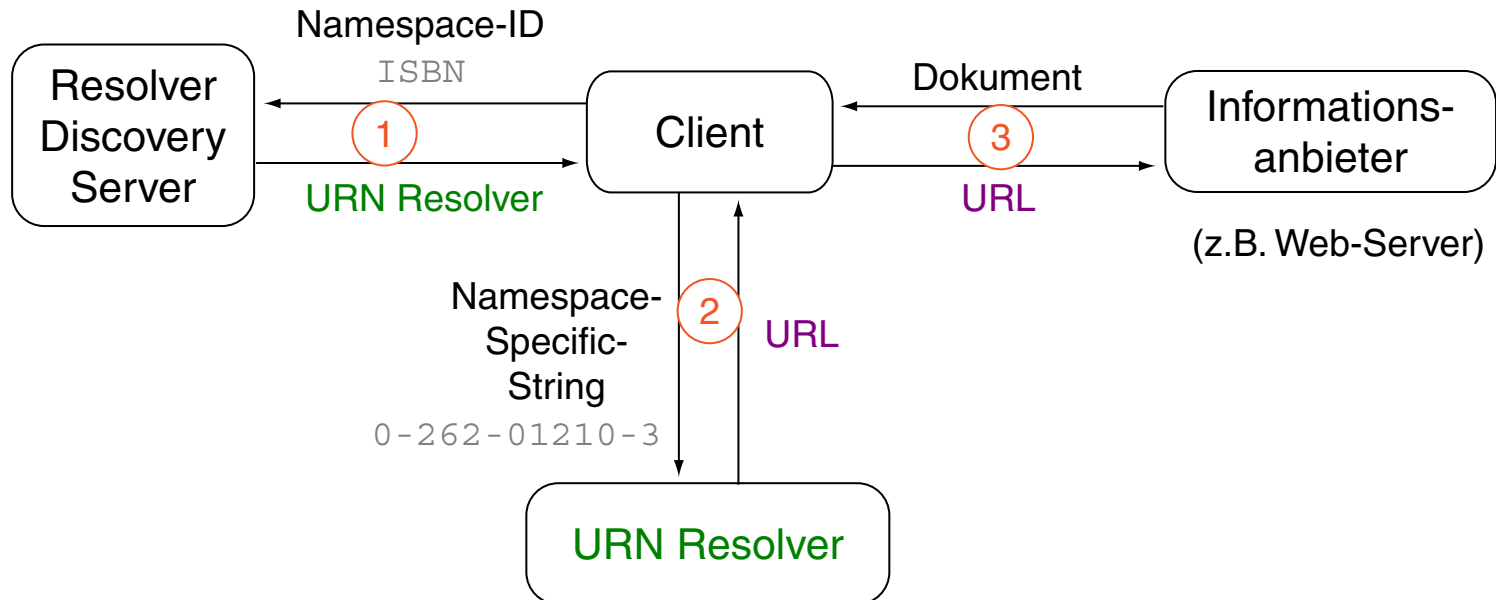
Namensauflösung URN → URL

❑ URN-Syntax [\[RFC 2141:2\]](#) :

URN ::= 'urn:' namespace-id ':' namespace-specific-string

❑ Beispiel: urn:ISBN:0-262-01210-3

Namensauflösung URN → URL mittels Resolver Discovery Service [\[RFC 2276\]](#) :



Bemerkungen:

- ❑ Ein Ort (URL) einer Ressource kann sich ändern, ihr Name (URN) nicht. Ziel ist es, Änderungen des Ortes einer Ressource automatisch nachzuvollziehen. Hierfür ist ein Dienst erforderlich, der aus dem Namen einer Ressource deren Standort ermitteln kann.
- ❑ Zurzeit werden im WWW fast ausschließlich URLs zur Identifikation von Ressourcen verwendet; hinsichtlich der Standardisierung eines Dienstes zur Abbildung URN → URL konnte sich bislang nicht geeinigt werden: Die Category von [RFC 2276](#) (URN Resolution) ist „Informational“, die von [RFC 2141](#) (URN Syntax) ist „Standards Track“.
- ❑ Namensauflösung URN → URL bei *Digital Object Identifiern*, DOI, [www.doi.org] :
 1. Für den Namespace-ID „DOI“ wird der URN-Resolver dx.doi.org herausgesucht.
 2. Der URN-Resolver ermittelt für den Namespace-Specific-String 10.1007/s10579-010-9115-y die URL <https://link.springer.com/article/10.1007/s10579-010-9115-y>.
 3. Die URL verweist auf das Dokument „Stein/Lipka/Prettenhofer: Intrinsic Plagiarism Analysis“, das durch den in der URL spezifizierten Web-Server ausgeliefert wird.

Die Schritte 2 und 3 werden für den entsprechenden Publikationseintrag auf der Web-Seite publications.webis.de durch Klicken des [\[doi\]](#)-Links transparent ausgeführt.