Das DFN-Projekt AMBIX-D:

X.500 für alle

Vortrag gehalten in Sigmaringen
am 8. Mai 1996

Karl-Peter Gietz, DFN-Projekt AMBIX-D,
Zentrum für Datenverarbeitung, Universität Tübingen

Theoretische Grundlagen zu X.500

X.500 - Ein OSI-Standard

- X.500 ist ein Mechanismus zur weltweiten Verteilung von Daten.
- Es wird auch Directory-Service genannt.
- Es ist ein internationaler Standard, ein Teilbereich von OSI (Open Systems Interconnection)
- Es ist nicht aus dem Internet als RFC (Request for Commnets) entstanden.
- Es ist sozusagen am „grünen Tisch" der Normierungsgremien entstanden.

- Dies hat Nachteile:
  - Praxisferne
  - Anfänglich geringere Akzeptanz
  - Komplexität
- aber auch Vorteile:
  - OSI-Konformität
  - Einheitlichkeit (theoretisch)
  - Sauberes Konzept
  - Modernes Design

Internationale Gremien

- Der X.500-Standard wurde von zwei wichtigen internationalen Normierungsgremien definiert:
  - ISO (International Standards Organization): Die Vereinigung der nationalen Normierungsgremien
  - CCITT (Comitée Consultativ International Telephonique et Telegraphique): Das ehemalige internationale Beratungsgremium der Telekommunikationsgesellschaften
  - ITU (International Telecommunications Union): Die Nachfolgeorganisation der CCITT
- In Europa gibt es das Koordinierungsgremium DANTE (Delivery of Advanced Network Technology to Europe).
- In Deutschland ist der DFN-Verein (Deutsches Forschungs Netzt) für die Einführung und den Betrieb von X.500 zuständig.

Geschichte des Standards

- Seit 1984 gibt es Bemühungen zu einem Standard zur weltweiten Verteilung von Daten.
- Diese Bemühungen führten 1988 zur ersten Definition eines Standards, dem sogenannten 1988er Standard des X.500 bzw. ISO 9594.
  - Der 1988er Standard wurde schon 1989 in ersten Implementierungen weltweit eingeführt.
  - Wichtige Komponenten wie Zugangsbeschränkung und Replikation waren unzureichend definiert.
- Der Standard wurde 1993 erweitert zum 93er Standard.
  - Auf Grundlage der Implementierungserfahrungen wurden die fehlenden Komponenten ergänzt.
  - Das Datenmodell und die Protokolle wurden erweitert.
  - Die weltweite Einführung des 93er Standards wird sich vorraussichtlich 1997 vollziehen.

Projekte

- Das erste größere internationale X.500-Projekt war das 1989 gestartete NYSERNet White Pages Pilot project. Es war zwar eine Initiative der USA, beinhaltete aber 90 DSAs in 12 Ländern.
- 1992 wurde ein nationales X.500-Projekt in den USA gestartet: das North American Directory Forum (NADF).
- 1991 wurde das europäische Projekt „Piloting A ReseArchers Directory Service in Europa“ (PARADISE) gegründet.
- 1993 übernahm DANTE das Projekt und führt es seitdem als NameFlow-Paradise.
- In Deutschland wurde schon seit 1986 ein X.500 Projekt namens VERDI von der GMD im Auftrag des DFN gestartet.
- Seit 1993 verwaltet das Pilotprojekt „Betrieb und Betreuung des zentralen DSA (First-Level-DSA) in Deutschland“ an der TU Chemnitz den deutschen Teilbaum des X.500 für den DFN.
- 1994 wurde das DFN-Projekt AMBIX-D ins Leben gerufen, um ein zentrales DFN-E-Mail-Verzeichnis unterhalb dieses Teilbaums aufzubauen.

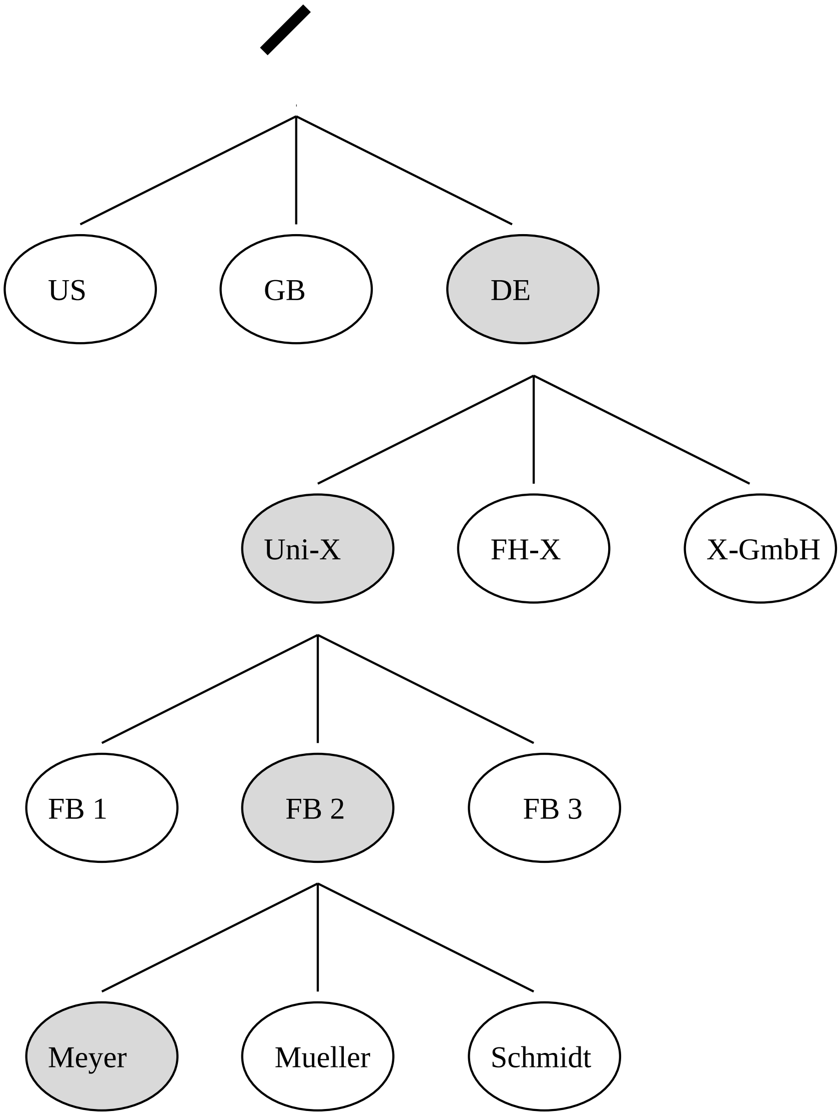
X.500 - Abbildung von Wirklichkeit

Das Ziel des X.500-Verzeichnisses ist es, Informationen über beliebige Wirklichkeit weltweit verteilt und weltweit zugreifbar speichern zu können.

Eigenschaften von X.500

Im wesentlichen ist „das X.500-Verzeichnis“ eine Datenbank mit bestimmten Schlüsselcharakteristika:

- Es kann sehr große Datenmengen aufnehmen, die hochgradig verteilt werden können.
- Es ist hierarchisch strukturiert, alle Einträge werden in einer Baumstruktur (*directory information tree*, DIT) geordnet.
- Auf das Verzeichnis kann von überall zugegriffen werden.
- Prinzipiell sehen die Daten überall gleich aus.
- Lese- und Suchoperationen werden gegenüber Schreiboperationen bevorzugt abgearbeitet.
- Temporäre Inkonsistenz wird in Kauf genommen.
- Dafür stehen automatische Replikationsmechanismen zur Verfügung
- Man kann auf *record locking* verzichten.


US
GB
DE
Uni-X
FH-X
X-GmbH
FB 1
FB 2
FB 3
Meyer
Mueller
Schmidt

Alles ist möglich

- Das X.500-Verzeichnis wurde ursprünglich zu zwei Zwecken definiert:
  - Menschlichen Benutzern Informationen wie Telefonnummern, Adressen und sonstigen Details von Organisationen und deren Mitarbeiter zur Verfügung zu stellen.
  - Anwendungen einheitlich erreichbare Informationen zu liefern. Dies schließt *message handling*, Datei-Transfer (*file transfer access management*, FTAM), sowie Namensmapping für X.400 E-Mail-Dienste mit ein.
- Der X.500 Standard ist aber so offen wie möglich definiert.
- Es gibt möglichst wenig Beschränkungen bezüglich der Art der aufzunehmenden Daten.
- Mit X.500 ist alles möglich (von der Briefmarkensammlung bis zur Abbildung komplexer Netzwerkarchitekturen), solange die Daten baumartig hierarchisieren werden können.

X.500 ist besonders geignet für Personendaten

- Vor allem Mitarbeiterverzeichnisse sind ideal im X.500 zu verwalten.
- Die hierarchische Einordnung ergibt sich aus der Organisation in der der Mitarbeiter tätig ist.
- Auch für international operierende, bzw. übernationale Organisationen gibt es Abbildungsmodelle.
- Alle zu einer Person benötigten Daten sind im Standard vordefiniert.

Repräsentierung der Information I

- Die Information wird in Informationsobjekten (Einträgen) vorgehalten.
- Mechanismen der Datenrepräsentation werden, wie die Daten selbst, baumartig als Objekte verwaltet.
- Wie in den anderen Bereichen der OSI-Welt, werden alle Objekte durch einen *object identifier* (OID) definiert.
- Ein Eintrag besteht aus einer Ansammlung von Attributen.
- Ein Attribut besteht aus einem Attribut-Typ und einem Attribut-Wert.
- Ein Attribut-Typ ist ein definierbares Objekt.
- Jedem Attribut-Type ist eine bestimmte Attribut-Syntax zugeordnet.
- Attribut-Syntaxen werden ebenfalls als definierbare Objekte verwaltet.
- Ein Attribut-Wert ist eine Zeichenkette, die abhängig vom Attribut-Typ einer bestimmten Attribut-Syntax folgen muß.
- Attribute können in Attributsätzen *(attribute set)* gruppiert werden.

Repräsentierung der Information II

- Attribute, die den oder die Schlüsselwerte für den Gesamteintrag enthalten, heißen *distinguished attributes*
- Durch *distinguished attributes* wird die Einordnung im DIT definiert.
- Die Aneinanderreihung der *distinguished attributes*, wird *relative distinguished name* (RDN) genannt.
- Durch RDNs wird der relativen Ort im DIT bestimmt.
- RDNs müssen nur unterhalb eines gegebenen übergeordneten Eintrags eindeutig sein.
- Die gemäß der baumartigen Struktur aneinandergereihten RDNs ergeben den *distinguished name* (DN)
- Durch den DN wird der absolute Ort im DIT eindeutig bestimmt.
- Eine weiteres spezielles Attribut ist das Objektklassen-Attribut das abhängig von der Art des Eintrags vergeben wird.
- Ein Objektklassen-Attribut definiert einen Satz möglicher anderer Attribute zur Beschreibung des Eintrags.
- Ein Eintrag kann mehrere Objektklassen-Attribute enthalten.

Vordefinierte Felder

Im X.500 Standard sind eine ganze Reihe von Objekt-Klassen mit dazugehörigen Einzelattributen bzw. ganzen Attributssätzen vordefiniert.

Tabelle: ausgewählte Attributsätze (AttributeSet, AS)

Attribut-Satz	Attribute
telecommunicationAS	facsimileTelephoneNumber, telephoneNumber, ...
postalAS	postalAdress, postalCode, postOfficeBox, street-Adress, ...
organizationalAS	description, postalAS, telecommunicationAS, see also, userPassword, ...

Tabelle: ausgewählten Objekt-Klassen

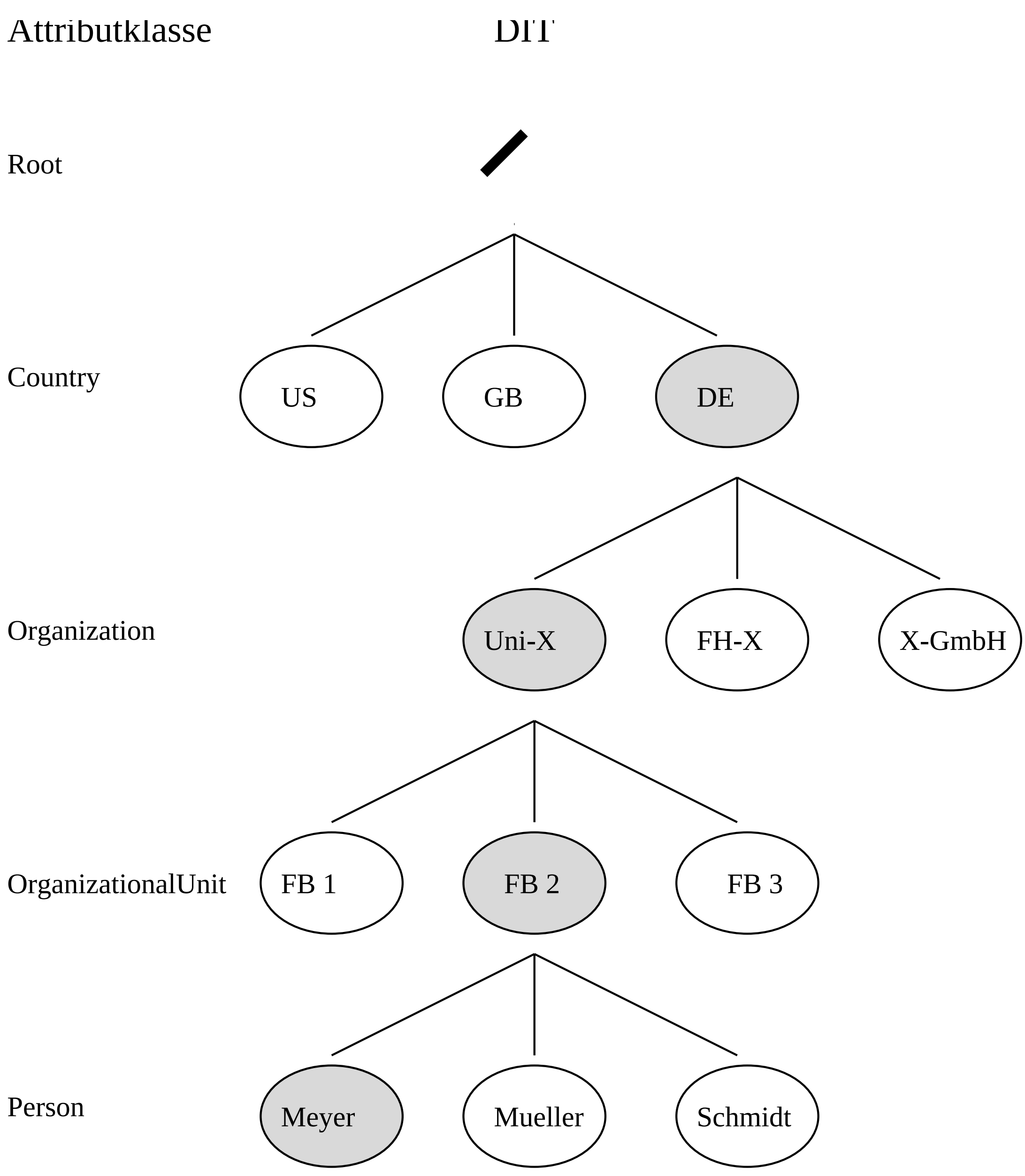
Objekt-Klasse	distinguished attribute	weitere Attribute
country	countryName	description, searchGuide
locality	localityName	description, searchGuide, see also, ...
organization	organizationName	organizationalAS
organizationalUnit	organizationalUnitName	organizationalAS
organizationalPerson	commonName	surname, postalAS, telecommunicationAS, title, ...

Lokale Erweiterbarkeit

- Attribut-Syntaxen, Attribut-Sätze und Attribut-Klassen sind beliebig selbst definierbar.
- lokale Erweiterungen stören nicht den externen Zugriff auf die Daten.

Weltweit verteilte und weltweit zugängliche Datenbank

Der Directory Information Tree: DIT

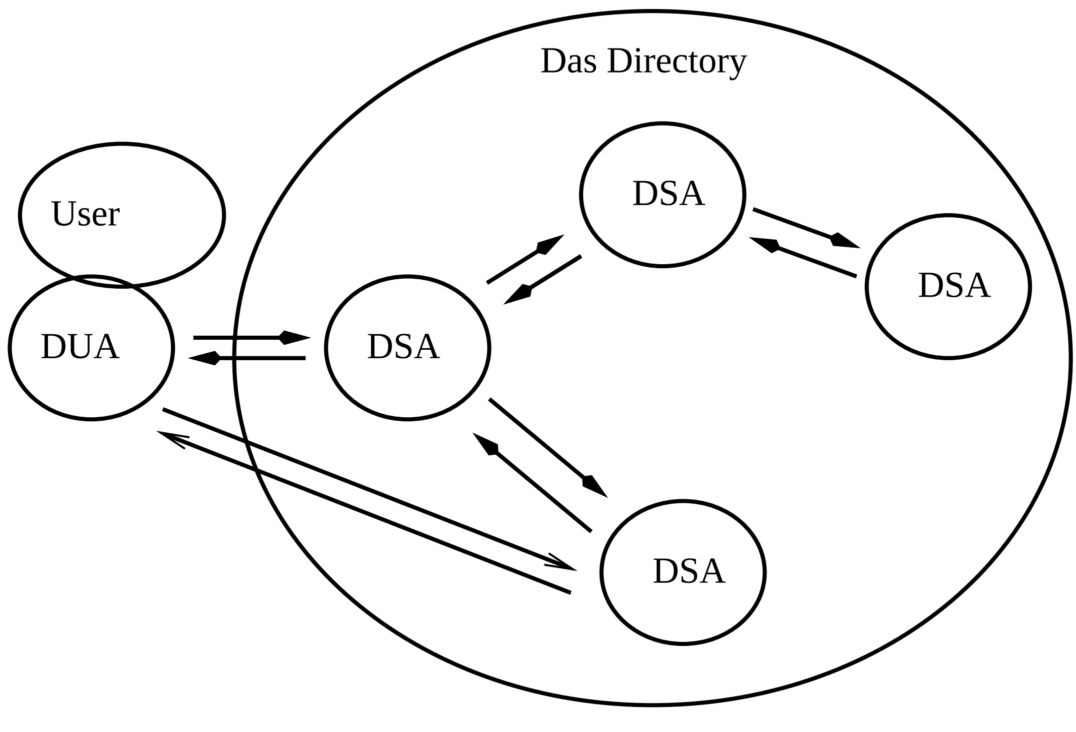


RDN	DN
c=DE	c=DE
o=Uni-X	c=DE; o=Uni-X
ou=FB 2	c=DE; o=Uni-X; ou=FB 2
cn=Meyer	c=DE; o=Uni-X ou=FB 2; cn=Meyer

Das Client-Server-Modell

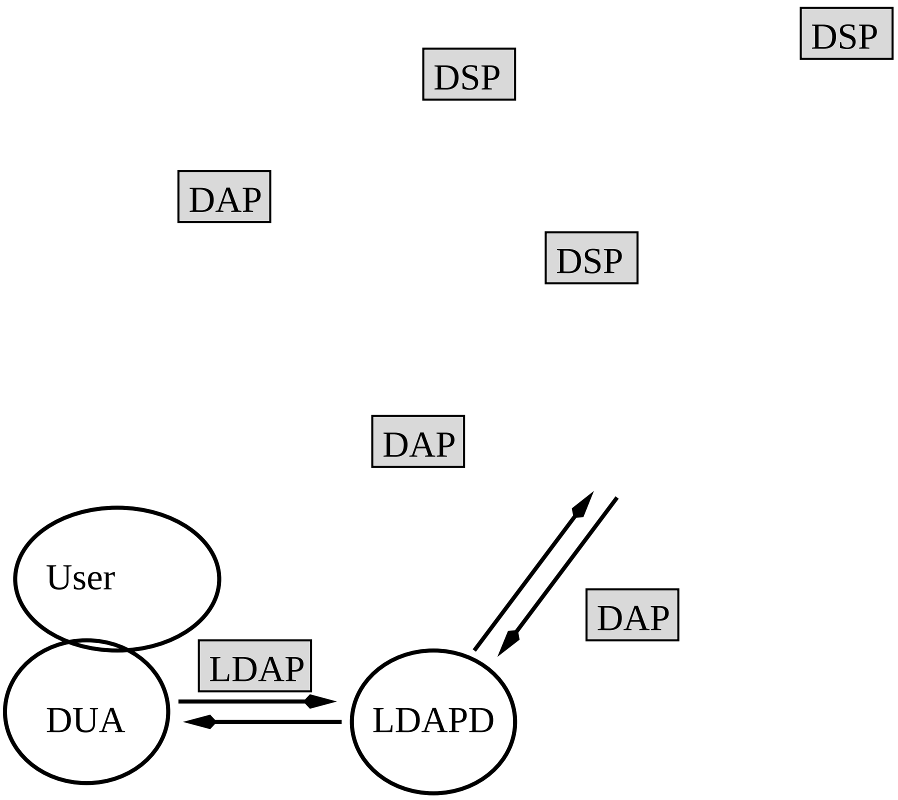
Netzkommunikation mit dem Directory geschieht über zwei Programme:

- DUA Directory User Agent (Client)
- DSA Directory System Agent (Server)

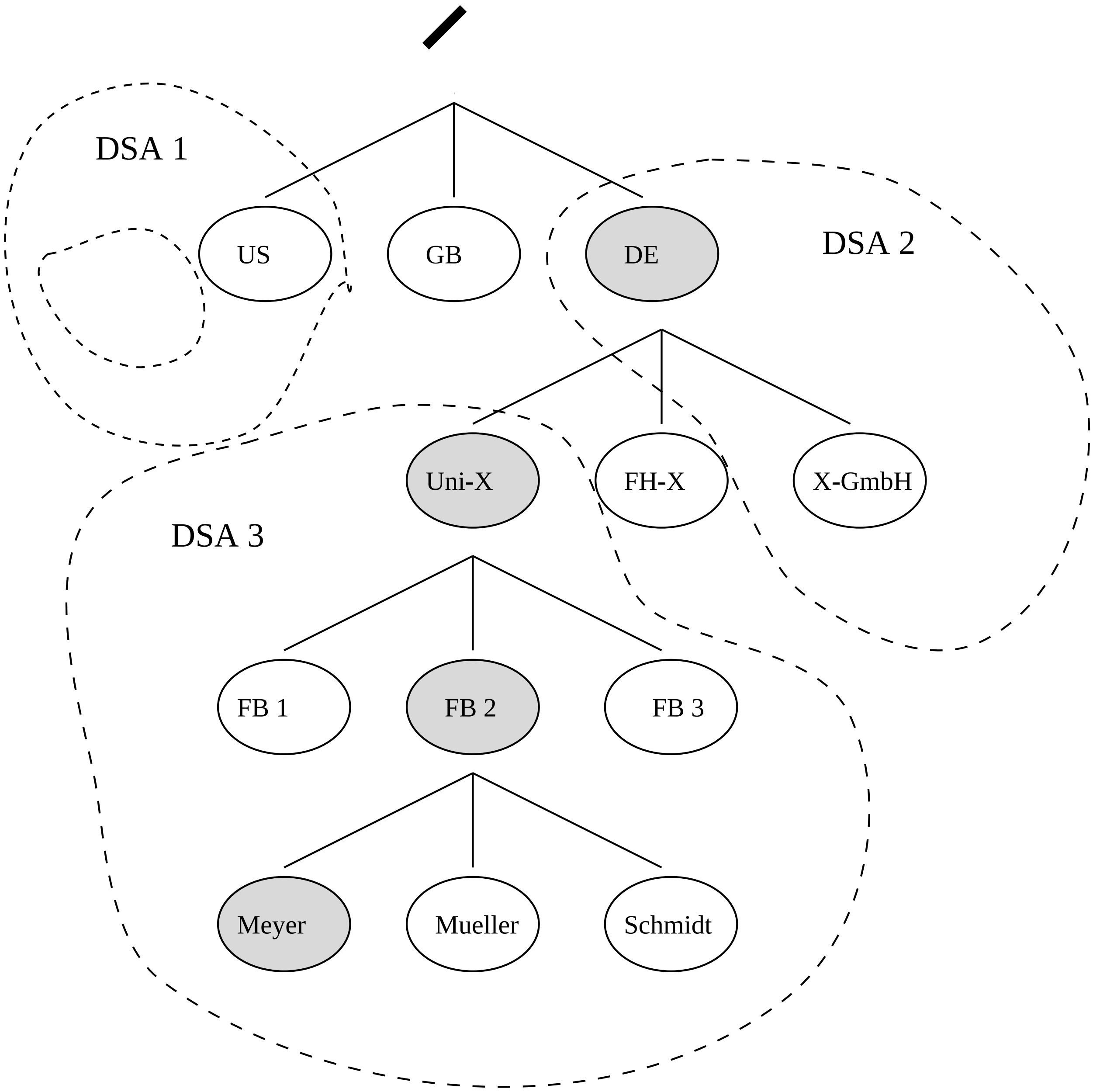

Das Directory
User
DUA
DSA
DSA
DSA
DSA

Die verschiedenen Protokolle

- im 88er Standard wurden zwei Protokolle definiert:
  - *directory access protocol* DAP
  - *directory system protocol* DSP
- Zusätzlich wurde von der University of Michigan eine Programmierschnittstelle für DUAs entwickelt: Das *lightweight directory access protocol* (LDAP).


DSP
DSP
DAP
DSP
DAP
User
DAP
LDAP
DUA
LDAPD

Verteilung des DITs auf die DSAs

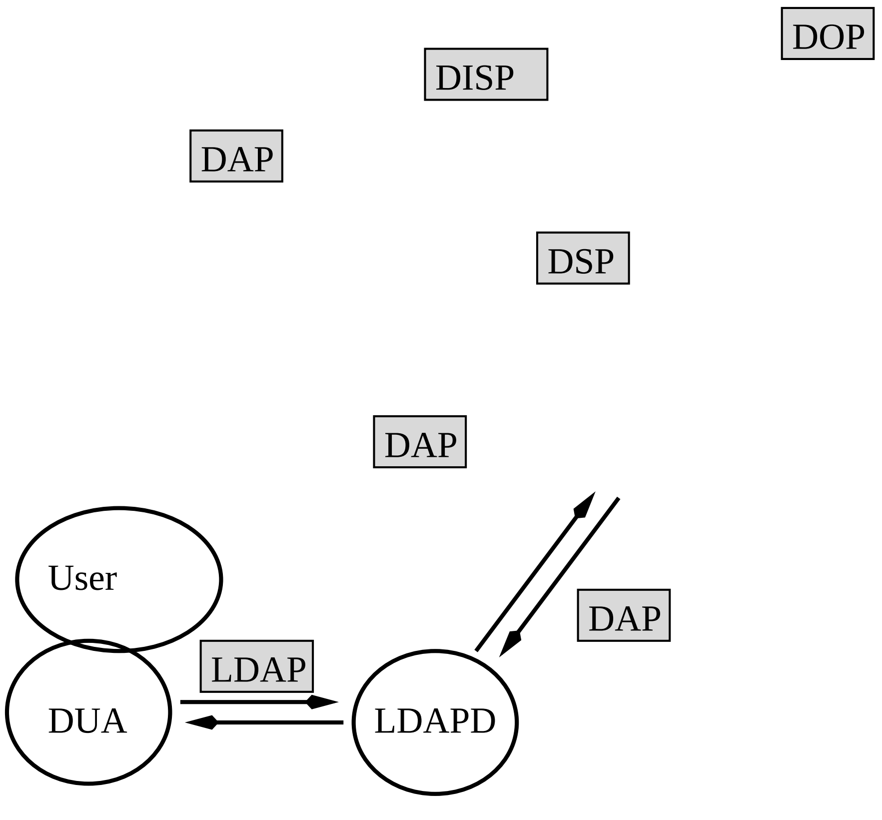


Replikation I

- Jeder Eintrag hat einen sog. Master-DSA wo das Original der Daten gespeichert wird.
- Beliebig viele weitere DSAs können eine Kopie dieser Daten speichern (= Replikation).
- Replikation dient dazu, Daten für möglichst viele DUAs schnell zugänglich zu machen.
- im 88er Standard sind zwei Formen der Replikation vorgesehen, jedoch ungenau definiert:
  - Caching: Ergebnisse von Suchanfragen werden gespeichert, und sind damit schnell wieder verfügbar.
  - Bilaterale Übereinkunft: Zwei DSA-Betreiber entschliessen sich, Ihre Daten zu spiegeln. Es wird ein regelmäßiger Update der Daten eingerichtet.

Replikation II

- Der 93er Standard definiert ein neuen Mechanismen für Replikation, das sogenannte *shadowing*:
  - Mit einem *shadowing agreement* wird Shadowing zwischen einem DSA, dem *shadow consumer* mit einem anderen DSA, dem *shadow supplier* eingerichtet.
  - Der *shadow suplier* informiert den *shadow consumer* automatisch über jede Änderung.
  - Die Kommunikation der beiden DSA geschieht über ein *directory information shadow service.*
  - Hierfür wurde ein eigenes Protokoll eingerichtet, das *directory information shadowing protocol* (DISP).
- Ein weiterer Mechanismus im 93er Standard, mit dem Replikation bewirkt werden kann, ist das sog. *operational binding*:
  - *operational binding* dient auch zu anderen DSA-Interaktionen.
  - Hierfür wurde ebenfalls ein eigenes Protokoll definiert, das *operational binding management protocoll* (DOP).


DOP
DISP
DAP
DSP
DAP
User
DAP
LDAP
DUA
LDAPD

Weitere Features von X.500

- Konform mit dem OSI-7-Schichten-Modell
- Vererbbarkeit von Attributwerten entlang der DIT-Hierarchie
- Authentifizierungsmechanismen
- Zugriffskontrolle mit ACL-Attributen *(access control list)*

Die X.500 Implementierungen

ISODE

- Das ISODE-Consortium steht in engen Kontakt mit den Standardisierungsgremien.
- im ISODE-Softwarepacket ist eine Implementierung vom 88er Standard des X.500-DSA enthalten: QUIPU, eine Entwicklung des University College London.
- Ebenfalls enthalten sind mehrere DUAs:
  - DE (**D**irectory **E**nquiries): Ein DUA für zeilenorientierte Terminals
  - SD (**S**creen **D**irectory): Ein Seitenorientierter DUA im Textmodus, mit Menü-Struktur
  - Xlu (**X**-Windows **l**ook **u**p): Ein DUA für X-Windows
  - DISH (**Di**rectory **Sh**ell): Ein komplexer zeilenorientierter DUA für DSA-Administration
- Das ISODE-Packet war ursprünglich Public Domain.
- Jetzt muß man Mitglied des Consortiums werden um neuere Versionen erwerben zu können.
- Staatliche Forschungseinrichtungen erhalten Sonderkonditionen.

Kommerzielle Anbieter

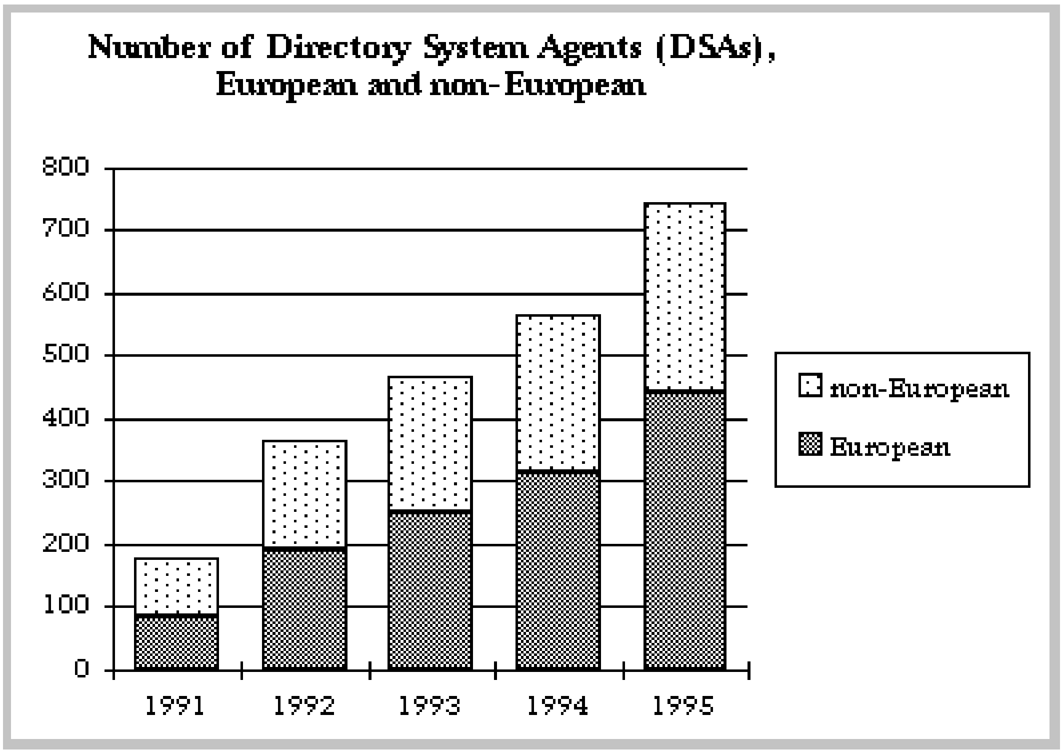
Meistens auf die frühere Public-Domain ISODE-Implementierung QUI-PU aufbauend, haben mehrere Kommerzielle Anbieter X.500-Produkte auf den Markt gebracht, z.B.:

- CDC
- NEXOR
- Siemens Nixdorf

Daten im X.500

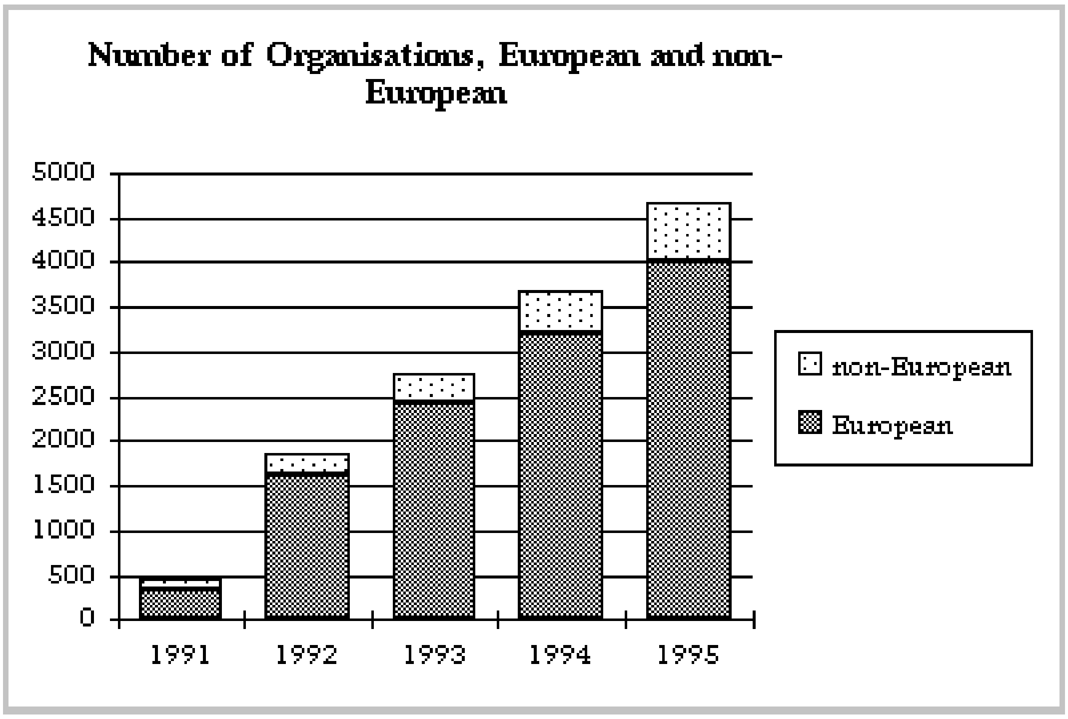
Internationale Statistik

Anzahl der DSAs im X.500



Quelle: DANTE, http://www.dante.net/np/growth.html

Anzahl der Organisationen im X.500



Quelle: DANTE, http://www.dante.net/np/growth.html

Heutiger Stand

- Weit über eine Million Personendatensätze,
- in über 4500 Organisationen in 38 Länder,
- von 750 DSAs verwaltet.

X.500 in Deutschland

Das Ergebnis einer Umfrage, an der sich allerdings nicht alle DSA-Betreiber beteiligt haben, ergab folgende Zahlen:

• Anzahl der Gesamteinträge:	ca. 100.000
• davon Personeneinträge:	ca. 45.000
• Zugriffe pro Tag:	ca. 90.000
• davon Zugriffe auf Personen:	ca. 53.000
• davon Zugriffe von Personen:	ca. 17.000
• Zugriffe auf Personen von Anwendungen aus:	ca. 36.000
• sonstige Zugriffe von Anwendungen aus:	ca. 36.000

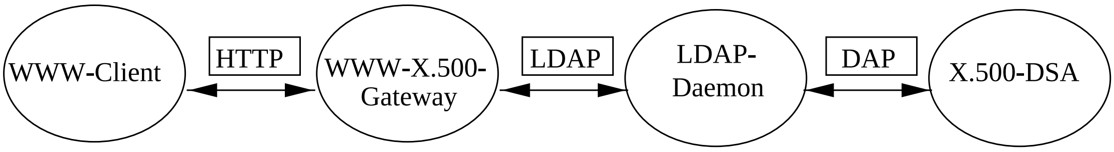
- Die Daten sind auf insgesamt 46 Master-DSAs verteilt.

Zugriffsmöglichkeiten auf das X.500

Die „alten“ Zugänge

- Die meisten vorliegenden DUAs sind entweder sehr benutzerunfreundlich, oder haben einen eingeschränkten Funktionsumfang.
- Für administratorische Arbeiten ist DISH unerläßlich.
- Auch der Gopher-Zugang über ein X.500-Gopher-Gateway ist veraltet.
- Das Fehlen eines bequemen Benutzer-Zugangs war mitverantwortlich für die anfänglich schleppende Akzeptanz von X.500

„Der“ Zugang: WWW



- Durch die Weiterentwicklung des X.500-Gopher-Gateways entstand das erste X.500-WWW-Gateway Web500gw von Frank Richter, TU-Chemnitz.
- Kurt Spanier, Universität Tübingen, hat das Gateway erheblich weiterentwickelt zu TWEB.
- Die Zugriffs-Statistiken zeigen, daß mit steigender Tendenz WWW zum einzigen Benutzer-Zugang zu X.500 wird.
- Durch das WWW-Gateway wird eine geordnete Datenbank im WWW-Chaos zur Verfügung gestellt.
- Alle Vorteile von X.500 bleiben erhalten.

Die Features von TWEB

Konfigurierbarkeit

TWEB ist im hohen Maße konfigurierbar, was Betreibern große Entscheidungsmöglichkeiten bietet:

- Technische Konfiguration:
  - Zuordnung LDAPD/DSA
  - Gateway-Basisport
  - Zugriffskontrolle
- Gestalterische Konfiguration:
  - Darstellung der Attribute
  - Selektive Ausgabe
  - Sprachspezifische Texte
- Politische Konfiguration:
  - Zugriffskontrolle: Wer darf Zugreifen
  - Modify-Zugriff abschaltbar
  - Listeneinschränkungen
  - Erklärungstexte

Gatewayswitching zur Entlastung der DSAs

- „Corporate Identity“: Darbietung und Zugriff
- Lastverteilung vor dem DSA-Zugriff
- Zwei Methoden des Switching:
  - statische Konfiguration
  - dynamische Konfiguration

Erweiterte Funktionalität für AMBIX-D

AMBIX-D: Das DFN-E-Mail-Verzeichnis

Ausgangslage

- Frühere Projekte haben nur wenig Daten ins X.500 gebracht.
- Die vorhandenen Daten sind schnell veraltet.
- Die datenschutzrechtliche Lage war unklar
- Wegen der Komplexität von X.500 waren wenig Organisationen bereit, eigene DSAs zu betreiben.

Datenschutz

Datenschutzproblematik

- Das berechtigte Interesse an einem Mitarbeiterverzeichnis steht dem gleichfalls berechtigten Datenschutzinteresse der betroffenen entgegen.
- Datenschutz sollte nicht als Hemmnis verstanden werden.
- Hauptproblem: Werbung durch E-Mail.

Vorkehrungen zum Datenschutz

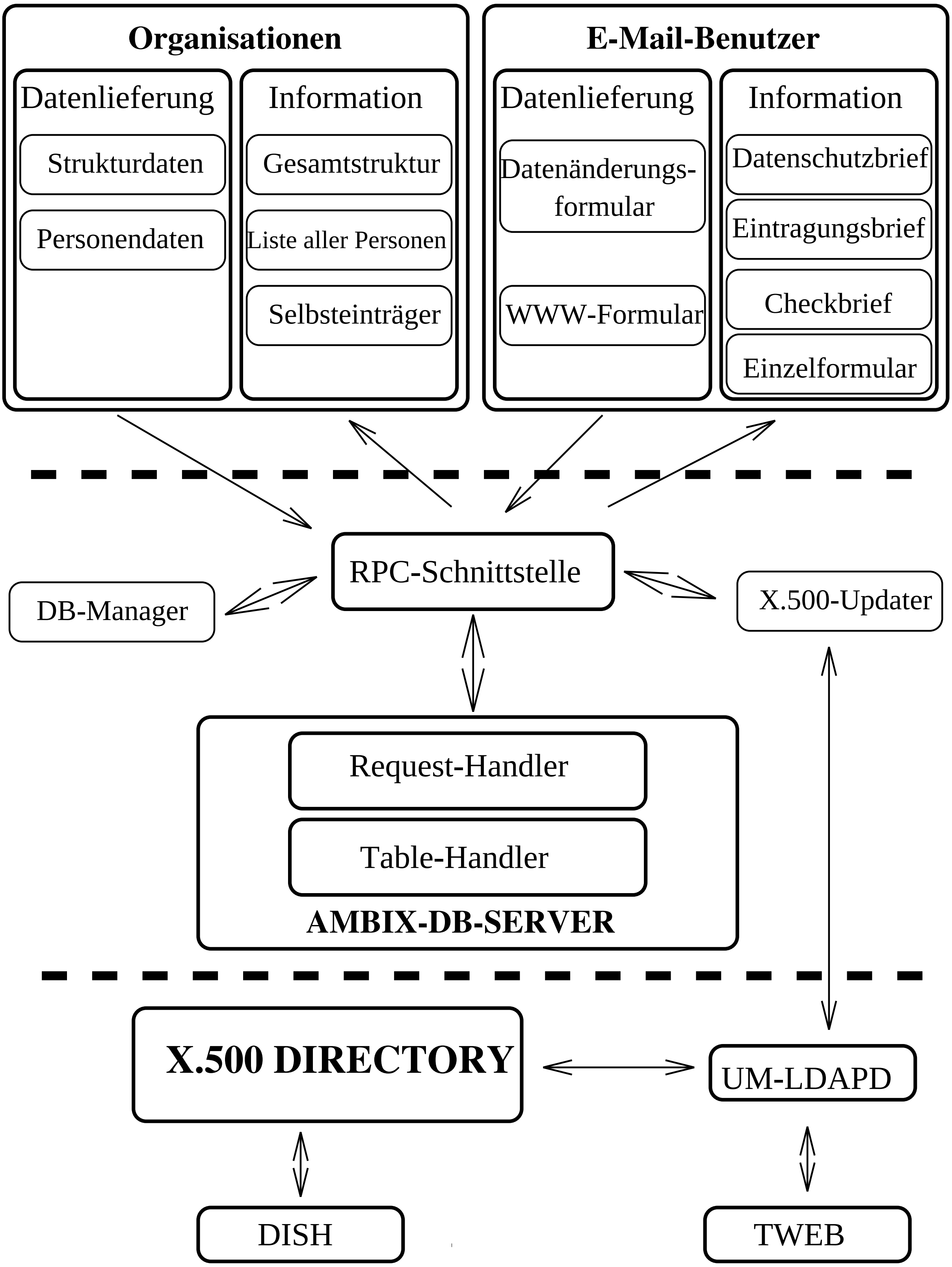
- Bei der Konzeption von AMBIX-D stand die Datenschutzdiskussion im Vordergrund.
- Es wurde vom DFN-Verein eine Datenschutzexpertise in Auftrag gegeben. (ftp://ambix.uni-tuebingen.de/pub/Expertise.ps.Z)
- Das Vorgehen von AMBIX-D beruht auf dieser Expertise.
- Die Rechte der Betroffenen auf Auskunft, Veränderung, Sperrung und Löschung ihrer Daten werden eingehalten.
- Gegen Gefahren eines Personenverzeichnisses sind Maßnahmen getroffen worden.

Die AMBIX-Maschine

Im Projekt AMBIX-D wurde eine Maschine in einem netzwerkfähigen Client-Server-Modell implementiert, die

- von den Einzelorganisationen gelieferte Struktur- und Personendaten verarbeitet;
- die Betroffenen automatisch anschreibt und über die geplante Veröffentlichung der Daten im X.500, sowie über die Widerspruchsmöglichkeit informiert;
- per E-Mail-Formular von den Betroffenen gelieferte Widersprüche bzw. Datenänderungen verarbeitet, bzw. im Fehlerfalle automatisch entsprechend zurückschreibt;
- die Daten ins X.500 einspeist, verändert, bzw. löscht;
- die vorhandenen Daten turnusmäßig überprüft und gegebenenfalls aus dem X.500 löscht;
- Selbsteinträge per WWW-Formular verarbeitet;
- turnusmäßig Administratoren in den Einzelorganisationen über die Selbsteinträger informiert;
- die vom DFN gelieferten Personendaten der WinShuttle-Benutzer gesondert verarbeitet.

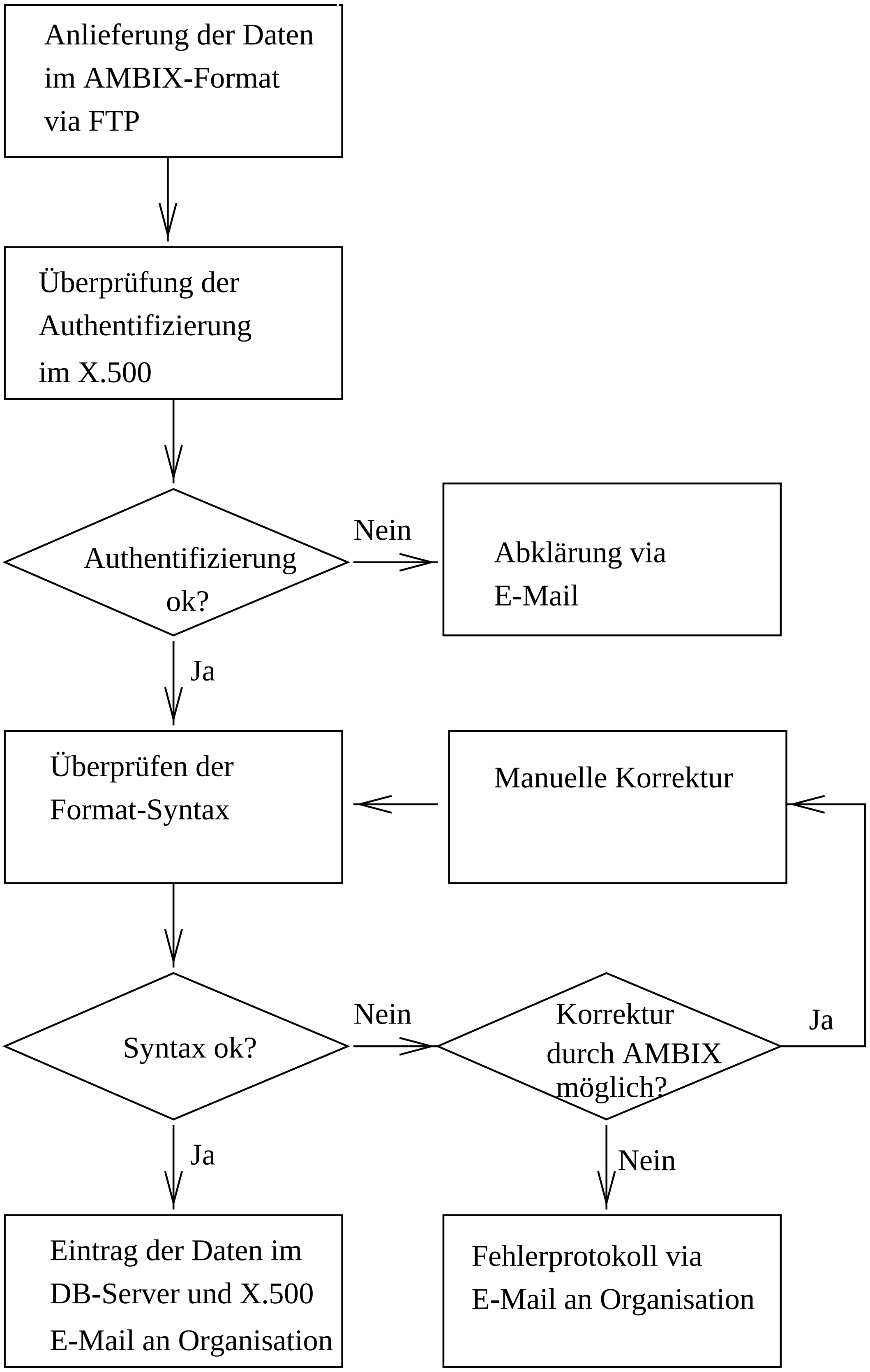
Datenverarbeitungsstruktur



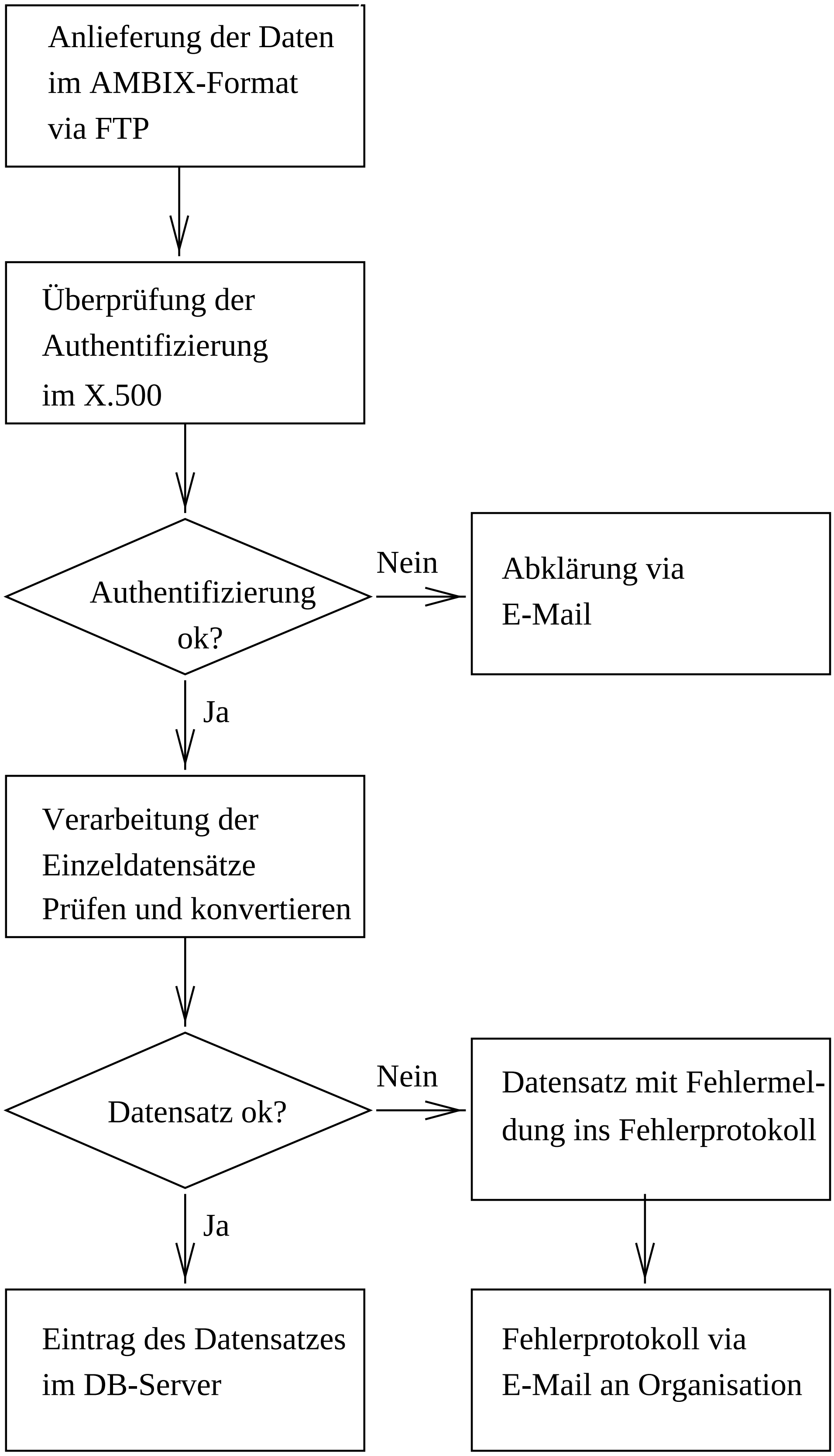
Die Infrastruktur

- Es sind ASCII-Formate für Eingabedaten der AMBIX-Maschine definiert und dokumentiert:
  - für Strukturdatenlieferungen
  - für Personendatenlieferungen
- Ein Anonymous-FTP-Server ist eingerichtet, mit einem *incoming*-Bereich, wo die Dateien von den Organistaionen abgelegt werden können.
- An jeder bisher beteiligten Organisation gibt es Ansprechpartner für AMBIX-D. Diese:
  - haben ein Paßwort mitgeteilt bekommen, das sie zu Datenlieferungen berechtigt.
  - sind als DS-Manager im jeweiligen Teilbaum der Organisation eingetragen.
  - sind in einer Mailing-Liste eingetragen, die über die neuen Entwicklungen des Projektes informiert.
  - werden regelmäßig über neue Selbsteinträger in ihrer Organisation unterrichtet.
- insgesamt sind 190 Administratoren für 110 Organisationen registriert.
- Anregungen der Administratoren werden bei der Weiterentwicklung berücksichtigt.

Strukturdatenlieferung der Organisationen



Personendatenlieferung der Organisationen



Widerspruchsverfahren

- Alle neu von Organisationen gemeldeten Personen vom DB-Server holen.
- Datenschutzbrief an diese Personen schicken.

  Die Betroffenen werden hierdurch informiert über:

  - das Projekt,
  - die Übermittlung ihrer Daten durch ihre Organisation,
  - ihre Möglichkeit der Datenänderung, Sperrung bzw. Löschung.
- Personen als benachrichtigt an den DB-Server melden.
- Die Widerspruchsfrist beginnt.

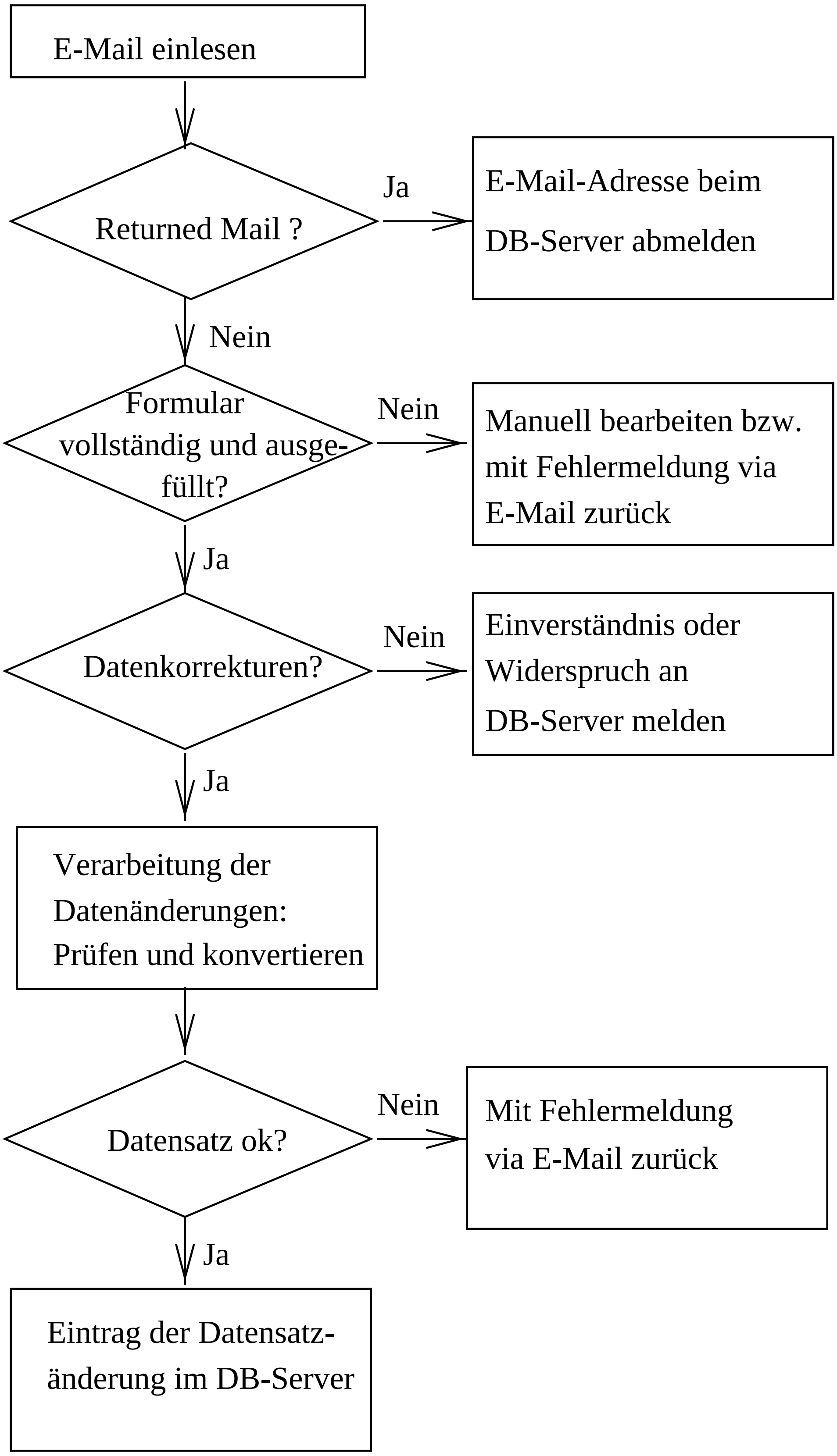
X.500 Update

- Widerspruchsfrist checken.
- Abgleich der Datenänderungen im DB-Server mit dem X.500.
- X.500 Eintrag an DB-Server als aktualisiert melden.

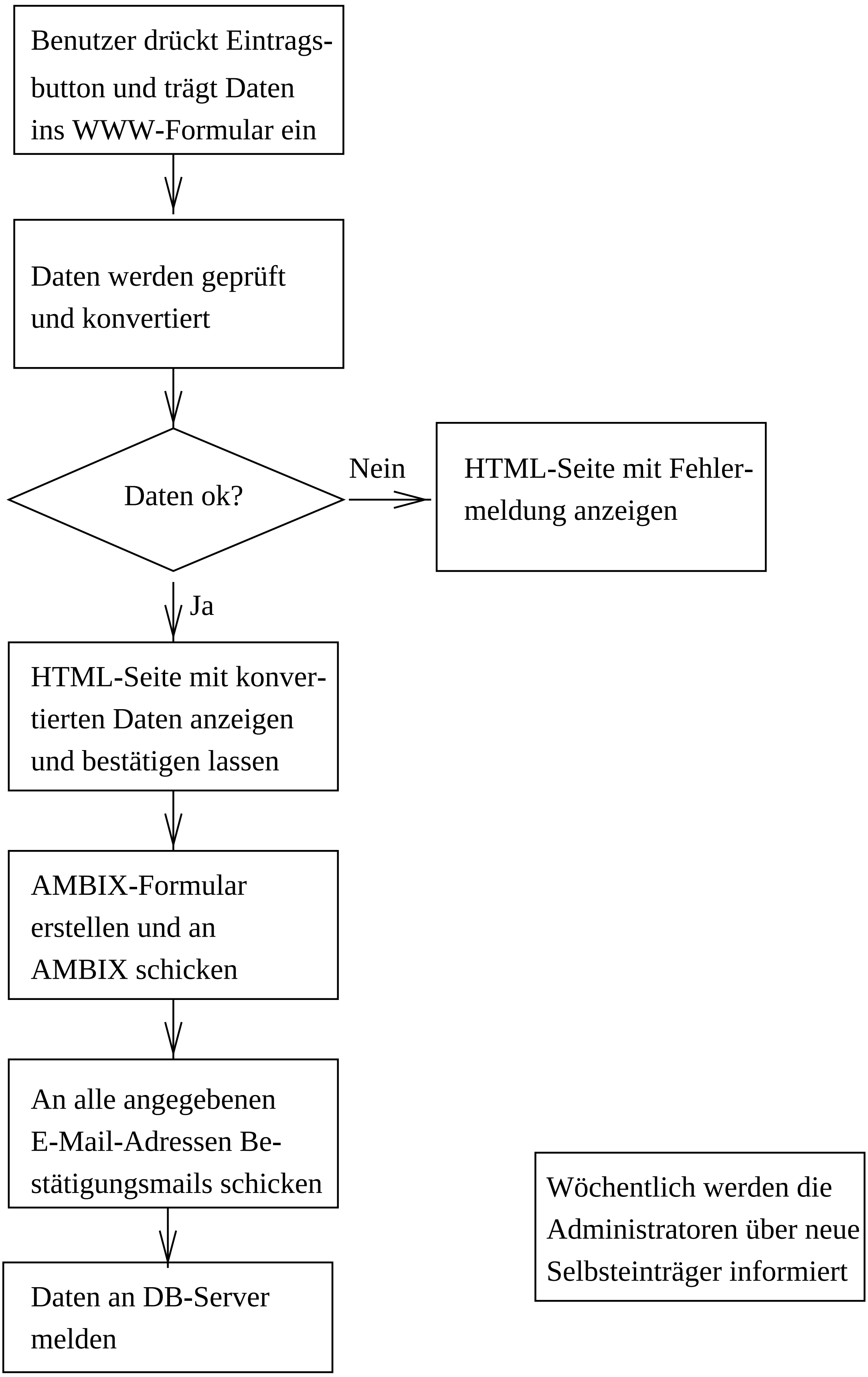
Das Datenänderungsformular

```
========================== FORMULAR [#00030/2] ANFANG =======================

### Nr.: [#12345678] (UNBEDINGT mitschicken)

                                                       (zutreffendes ankreuzen)

 -  Ich bin damit einverstanden, dass meine untenstehenden
    Daten im X-500-Directory veroeffentlicht werden . . . . . .  ( )

 -  Ich habe in den unten stehenden Daten Korrekturen vorgenommen.
    Bitte fuehren Sie diese Korrekturen vor der Veroeffentlichung
    aus . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .  ( )

 -  Ich widerspreche der Veroeffentlichung meiner Daten im
    X-500-Directory und verlange deren Loeschung bis auf
    meine Mailadresse aus Ihrer Datenbank . . . . . . . . . . .  ( )

 -  Ich widerspreche der Veroeffentlichung meiner Daten im
    X-500-Directory und verlange die Loeschung aller meiner
    Daten aus Ihrer Datenbank . . . . . . . . . . . . . . . . .  ( )


                                 X.500 Daten

Organisation:      Universitaet Tuebingen
                   ou= Biologie
                   ou= Biologisches Institut

Nachname:          Niemand

Vorname(n):        Ohne Vornamen

Titel:             Priv.Doz.

Telefonnummer(n):  +49 7071 29-9999, +49 7071 29-8888

Fax:               +49 7071 29-7777

E-Mail-Adresse(n): niemand@uni-tuebingen.de

================================ FORMULAR ENDE ==============================
```

Formularverarbeitung



Selbsteintrag per WWW



Aktualisierungsmechanismen

- Alle Personendatensätze von DB-Server holen, die seit 6 Monaten nicht verändert wurden.
- Ersten Checkbrief mit der Bitte um Rückmeldung an alle angegebenen E-Mail-Adressen schicken und dies dem DB-Server melden.
- Alle Personendatensätze von DB-Server holen, die den ersten Checkbrief bekommen haben und nach 4 Wochen nicht reagiert haben.
- Zweiten Checkbrief mit der Information über die Löschung des Eintrags, wenn keine Rückmeldung erfolgt, an alle angegebenen E-Mail-Adressen schicken und dies dem DB-Server melden.
- Alle Personendatensätze im DB-Server löschen, die den zweiten Checkbrief bekommen haben und nach 4 Wochen nicht reagiert haben.

- Die Reaktionen auf die Checkbriefe werden mit der normalen Formularverarbeitung verarbeitet.

Daten im DFN-E-Mailverzeichnis

Statistik

- Insgesamt sind 110 Organisationen im DFN-Verzeichnis aufgenommen.
- Die Organisationsstruktur enthält ca. 3.500 Strukturdatensätze.
- 22 weitere Organisationen pflegen eigene Datenbestände worauf im DFN-Verzeichnis ein „see-also"-Verweis zeigt.
- Insgesamt sind ca. 10.000 Personendatensätze im DFN-Verzeichnis.
- Täglich kommen ca. 10-20 Selbsteinträger hinzu.
- Weitere ca. 18.000 Personendatensätze sind über die „see-also"-Verweis zugänglich.
- Durchschnittlich wird ca. 2000 mal auf das DFN-Verzeichnis über das WWW-Gateway zugegriffen.

Warum X.500? Warum AMBIX-D?

Vorteile X.500

- Weltweit verteiltes einheitliches System
- Objektorientiert
- Client-Server-Struktur
- Lokale Daten beliebig auf Rechner verteilbar
- Sauber definierte Schnittstelle für Recherchen
- Komfortabler Zugang via WWW
- Zunehmende Akzeptanz sowohl bei Datenanbieter als auch bei Datensuchenden

Vorteile von AMBIX-D für beteiligte Organisationen

- Alle Vorzüge des X.500 werden zur Verfügung gestellt
- Das Betreiben eines eigenen DSAs entfällt
- Datenschutzkonformität
- Zugriffsbeschränkung
- Kommunikation mit den Benutzern wird abgenommen
- Automatisierte Aktualisierung der Daten

Vorteile von X.500 gegenüber anderen Informationssystemen

Als „Konkurenz“ zu X.500 gibt es mehrere Systeme, die aber alle verglichen mit X.500 schwächen zeigen:

- Whois++: Wenig Daten, größere Datenmengen machen erhebliche Probleme.
- Netfind: komplizierte Benutzerführung.
- Domain Name Service: Spezielles Aufgabengebiet.
- WWW: Chaotische Struktur.

Abschlußdiskussion

Kontakt

- E-Mail: ambix-d@mail500.uni-tuebingen.de
- URL: http://ambix.uni-tuebingen.de