



合肥大學
HEFEI UNIVERSITY



Datenbanken

4. Geschichte

Thomas Weise (汤卫思)
tweise@hfuu.edu.cn

Institute of Applied Optimization (IAO)
School of Artificial Intelligence and Big Data
Hefei University
Hefei, Anhui, China

应用优化研究所
人工智能与大数据学院
合肥大学
中国安徽省合肥市

Databases



Dies ist ein Kurs über Datenbanken an der Universität Hefei (合肥大学).

Die Webseite mit dem Lehrmaterial dieses Kurses ist <https://thomasweise.github.io/databases> (siehe auch den QR-Kode unten rechts). Dort können Sie das Kursbuch (in Englisch) und diese Slides finden. Das Repository mit den Beispielen finden Sie unter <https://github.com/thomasWeise/databasesCode>.



Outline



1. Einleitung
2. Frühgeschichte
3. Frühe Computer
4. Frühe Datenbanken
5. Relationale Datenbanken
6. Datenbankzugriff über das Netzwerk
7. Abstraktionen
8. Relationale Datenbanken im Mainstream
9. Zusammenfassung





Einleitung



Einleitung

- Lassen Sie uns nun einen Blick auf die Geschichte von Datenbanken und Datenbankmanagementsystemen werfen^{1,42,66,84,99}.



Einleitung



- Lassen Sie uns nun einen Blick auf die Geschichte von Datenbanken und Datenbankmanagementsystemen werfen^{1,42,66,84,99}.
- Durch das Verstehen der Entwicklungen auf dem Gebiet können wir auch die aktuellen Eigenschaften von DBMSen besser verstehen.



Frühgeschichte



Frühgeschichte

- Informationen werden seit sehr langer Zeit gespeichert und verarbeitet.



Frühgeschichte



- Informationen werden seit sehr langer Zeit gespeichert und verarbeitet.
- Die treibende Kraft war dabei sicherlich das Verwalten von begrenzten Ressourcen.

Frühgeschichte

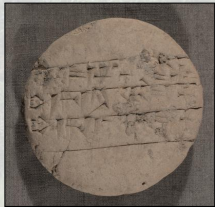


- Informationen werden seit sehr langer Zeit gespeichert und verarbeitet.
- Die treibende Kraft war dabei sicherlich das Verwalten von begrenzten Ressourcen.
- Einige der ältesten schriftlichen Zeugnisse sind sumerische Buchhaltungs- und Steuerunterlagen auf Lehmtäfelchen mit einem Alter von mehr als 4000 Jahren, also von 2000 BCE.

Frühgeschichte



- Informationen werden seit sehr langer Zeit gespeichert und verarbeitet.
- Die treibende Kraft war dabei sicherlich das Verwalten von begrenzten Ressourcen.
- Einige der ältesten schriftlichen Zeugnisse sind sumerische Buchhaltungs- und Steuerunterlagen auf Lehmtäfelchen mit einem Alter von mehr als 4000 Jahren, also von 2000 BCE.



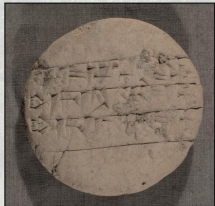
Sumerische Schulübung, Cuneiform tablet no. 10. Zwischen 2200 und 1900 BCE [LC-CN2020741379](#).

Lehmtäfelchen aus der Sammlung *Cuneiform Tablets: From the Reign of Gudea of Lagash to Shalmanassar III*³³.

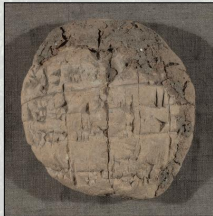
Frühgeschichte



- Informationen werden seit sehr langer Zeit gespeichert und verarbeitet.
- Die treibende Kraft war dabei sicherlich das Verwalten von begrenzten Ressourcen.
- Einige der ältesten schriftlichen Zeugnisse sind sumerische Buchhaltungs- und Steuerunterlagen auf Lehmtabletten mit einem Alter von mehr als 4000 Jahren, also von 2000 BCE.



Sumerische Schulübung, Cuneiform tablet no. 10. Zwischen 2200 und 1900 BCE [LC-CN2020741379](#).



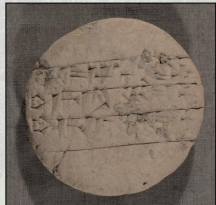
Altbabylonisches Kassenbuch über Fische, Cuneiform tablet no. 20. Zwischen 2200 und 1900 BCE [LCCN2020741389](#).

Lehmtäfelchen aus der Sammlung *Cuneiform Tablets: From the Reign of Gudea of Lagash to Shalmanassar III*³³.

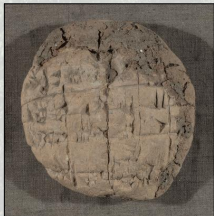
Frühgeschichte



- Informationen werden seit sehr langer Zeit gespeichert und verarbeitet.
- Die treibende Kraft war dabei sicherlich das Verwalten von begrenzten Ressourcen.
- Einige der ältesten schriftlichen Zeugnisse sind sumerische Buchhaltungs- und Steuerunterlagen auf Lehmtäfelchen mit einem Alter von mehr als 4000 Jahren, also von 2000 BCE.



Sumerische Schulübung, Cuneiform tablet no. 10. Zwischen 2200 und 1900 BCE LC-CN2020741379.



Altbabylonisches Kassenbuch über Fische, Cuneiform tablet no. 20. Zwischen 2200 und 1900 BCE LCCN2020741389.



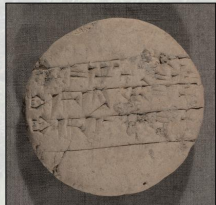
Sumerische Kegelinschrift, Cuneiform tablet no. 22. Zwischen 2200 und 1900 BCE LC-CN2020741391.

Lehmtäfelchen aus der Sammlung *Cuneiform Tablets: From the Reign of Gudea of Lagash to Shalmanassar III*³³.

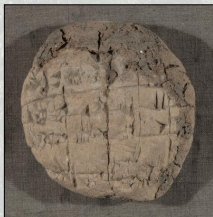
Frühgeschichte



- Informationen werden seit sehr langer Zeit gespeichert und verarbeitet.
- Die treibende Kraft war dabei sicherlich das Verwalten von begrenzten Ressourcen.
- Einige der ältesten schriftlichen Zeugnisse sind sumerische Buchhaltungs- und Steuerunterlagen auf Lehmtäfelchen mit einem Alter von mehr als 4000 Jahren, also von 2000 BCE.



Sumerische Schulübung, Cuneiform tablet no. 10. Zwischen 2200 und 1900 BCE [LC-CN2020741379](#).



Altbabylonisches Kassenbuch über Fische, Cuneiform tablet no. 20. Zwischen 2200 und 1900 BCE [LCCN2020741389](#).



Sumerische Kegelinschrift, Cuneiform tablet no. 22. Zwischen 2200 und 1900 BCE [LC-CN2020741391](#).



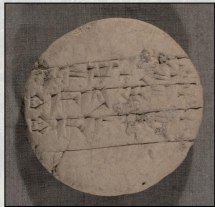
Sumerische Verkaufsrechnung, Cuneiform tablet no. 23. 2038 BCE [LCCN2020741392](#).

Lehmtäfelchen aus der Sammlung *Cuneiform Tablets: From the Reign of Gudea of Lagash to Shalmanassar III*³³.

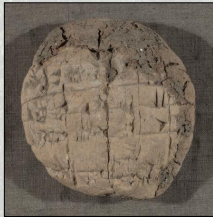
Frühgeschichte



- Informationen werden seit sehr langer Zeit gespeichert und verarbeitet.
- Die treibende Kraft war dabei sicherlich das Verwalten von begrenzten Ressourcen.
- Einige der ältesten schriftlichen Zeugnisse sind sumerische Buchhaltungs- und Steuerunterlagen auf Lehmtäfelchen mit einem Alter von mehr als 4000 Jahren, also von 2000 BCE.



Sumerische Schulübung, Cuneiform tablet no. 10. Zwischen 2200 und 1900 BCE [LC-CN2020741379](#).



Altbabylonisches Kassenbuch über Fische, Cuneiform tablet no. 20. Zwischen 2200 und 1900 BCE [LCCN2020741389](#).



Sumerische Kegelinschrift, Cuneiform tablet no. 22. Zwischen 2200 und 1900 BCE [LC-CN2020741391](#).



Sumerische Verkaufsrechnung, Cuneiform tablet no. 23. 2038 BCE [LCCN2020741392](#).



Sumerische Weiheinschrift, Cuneiform tablet no. 25. Zwischen 2144 und 2124 BCE [LC-CN2020741394](#).

Lehmtäfelchen aus der Sammlung *Cuneiform Tablets: From the Reign of Gudea of Lagash to Shalmanassar III*³³.

Frühgeschichte



- Informationen werden seit sehr langer Zeit gespeichert und verarbeitet.
- Die treibende Kraft war dabei sicherlich das Verwalten von begrenzten Ressourcen.
- Einige der ältesten schriftlichen Zeugnisse sind sumerische Buchhaltungs- und Steuerunterlagen auf Lehmtäfelchen mit einem Alter von mehr als 4000 Jahren, also von 2000 BCE.
- Das Sammeln, Analysieren und Verarbeiten von Informationen hat seitdem nicht aufgehört.

Drei Aspekte der Datenhaltung



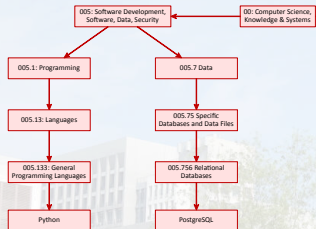
- Wie können wir Informationen speichern?
- Wie können wir einen bestimmten Datensatz finden?
- Wie können wir representative Informationen aus unseren Daten extrahieren?

Organisation von Daten

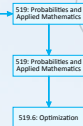


- Ein Beispiel für die Organisation von Daten ist das Dewey-System zur Organisation von Büchern in Bibliotheken, das aus den 1870ern stammt^{23,53}.

Organisation von Daten



000 Computer Science, Information & General Works	500 Science
010 Bibliographies	510 Mathematics
020 Libraries and Information Sciences	520 Astronomy
030 Encyclopaedias and Books of Facts	530 Physics
040 Not Used/Unassigned	540 Chemistry
050 Magazines, Journals, and Serials	550 Earth Sciences and Geology
060 Associations, Organizations, and Museums	560 Fossils and Prehistoric Life (Palaeontology)
070 News Media, Journalism, and Publishing	570 Biology
080 General Knowledge	580 Plants (Botany)
090 Manuscripts and Rare Books	590 Animals (Zoology)
100 Philosophy and Psychology	600 Technology
110 Metaphysics	610 Medicine and Health
120 Epistemology	620 Engineering
130 Parapsychology and Occultism	630 Agriculture
140 Philosophical Schools of Thought	640 Home and Family Management
150 Psychology	650 Management and Public Relations
160 Philosophical Logic	660 Chemical Engineering, Food Technology
170 Ethics	670 Manufacturing
180 Ancient, Medieval, and Eastern Philosophy	680 Manufacturing for Specific Uses
190 Modern Western Philosophy	690 Construction of Buildings
200 Religion	700 Arts and Recreation
210 Philosophy and Theory of Religion	710 Area Planning and Landscape Architecture
220 The Bible	720 Architecture
230 Christianity	730 Sculpture, Ceramics, and Metalwork
240 Christian Practice and Observance	740 Design and Related Arts
250 Christian Pastoral Practice and Religious Orders	750 Painting
260 Christian Organization, Social Work and Worship	760 Printmaking and Prints
270 History of Christianity	770 Photography, Computer Art, Film, Video
280 Christian Denominations	780 Music
290 Other Religions	790 Sports, Games, and Entertainment
300 Social Sciences	800 Literature
310 Statistics	810 American Literature in English
320 Political Science	820 English and Old English Literatures
330 Economics	830 German and Related Literatures
340 Law	840 French and Related Literatures
350 Public Administration and Military Science	850 Italian, Romanian, and Related Literatures
360 Social Problems and Social Services	870 Spanish, Portuguese, Galician Literatures
370 Education	870 Latin and Italic Literatures
380 Commerce, Communications, Transportation	880 Classical and Modern Greek Literatures
390 Customs, Etiquette, and Folklore	890 Other Literatures
400 Language	900 History and Geography
410 Linguistics	910 Geography and Travel
420 English and Old English Language	920 Biography and Genealogy
430 German and Related Languages	930 History of Ancient World (to ca. 499)
440 French and Related Languages	940 History of Europe
450 Italian, Romanian, and Related Languages	950 History of Asia
460 Spanish, Portuguese, Galician	960 History of Africa
470 Latin and Related Italic Languages	970 History of North America
480 Classical Greek and Related Languages	980 History of South America
490 Other Languages	990 History of Other Areas



Lochkarten



- Nicht viel später gab es die ersten Maschinen zur Datenverarbeitung.

Lochkarten



- Nicht viel später gab es die ersten Maschinen zur Datenverarbeitung.
- Daten wurden dabei mit physischen Werkzeugen gespeichert⁴⁹.

Lochkarten



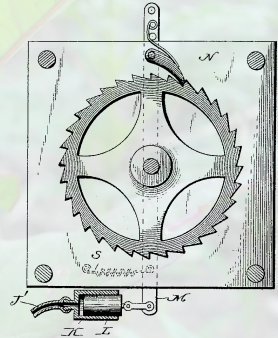
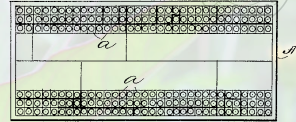
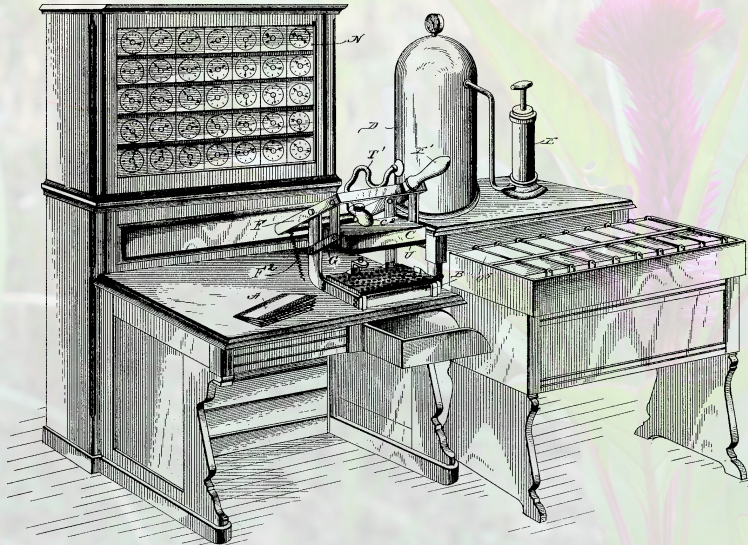
- Nicht viel später gab es die ersten Maschinen zur Datenverarbeitung.
- Daten wurden dabei mit physischen Werkzeugen gespeichert⁴⁹.
- Das Lochkartensystem von Hollerith, patentiert in den späten 1880ern^{50,51}, wurde in der US Volkszählung in den 1890ern verwendet.

Lochkarten



- Nicht viel später gab es die ersten Maschinen zur Datenverarbeitung.
- Daten wurden dabei mit physischen Werkzeugen gespeichert⁴⁹.
- Das Lochkartensystem von Hollerith, patentiert in den späten 1880ern^{50,51}, wurde in der US Volkszählung in den 1890ern verwendet.
- Die automatische Verarbeitung der Lochkarten erlaubte es, die Volkszählung schneller und billiger als geplant zu beenden⁹⁴.

Lochkarten





Frühe Computer



Lochkarten 2



- Hollerith's Tabulating Machine Company fusionierte mit drei anderen Firmen zu International Business Machines (IBM).



Lochkarten 2



- Hollerith's Tabulating Machine Company fusionierte mit drei anderen Firmen zu International Business Machines (IBM).
- Lochkarten waren bis in die 1950er für bis zu 20% der Einnahmen von IBM verantwortlich⁹⁴.



Datenorganisation



- Neben Lochkarten gabe es noch Lochstreifen und später Magnetbänder.

Datenorganisation



- Neben Lochkarten gabe es noch Lochstreifen und später Magnetbänder.
- Die Art, wie man Daten wiederfindet, hängt davon ab, wie sie gespeichert sind.

Datenorganisation



- Neben Lochkarten gabe es noch Lochstreifen und später Magnetbänder.
- Die Art, wie man Daten wiederfindet, hängt davon ab, wie sie gespeichert sind.
- Lochkarten kann man clever sortieren und stapeln, um Informationen schnell wiederzufinden.

Datenorganisation



- Neben Lochkarten gabe es noch Lochstreifen und später Magnetbänder.
- Die Art, wie man Daten wiederfindet, hängt davon ab, wie sie gespeichert sind.
- Lochkarten kann man clever sortieren und stapeln, um Informationen schnell wiederzufinden.
- Band-basierte Speicher müssen sequenziell vor- und zurückgespult werden.

Datenorganisation



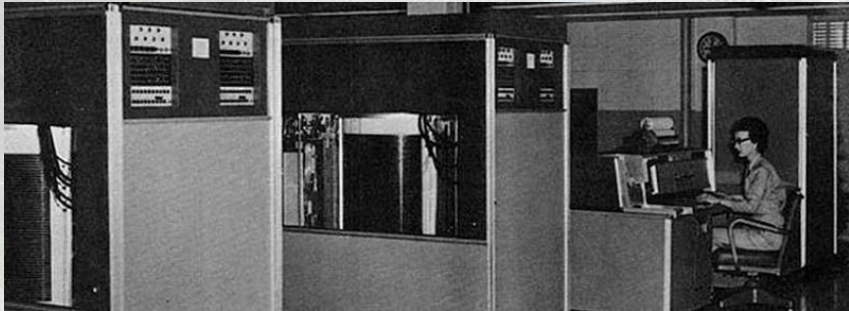
- Neben Lochkarten gabe es noch Lochstreifen und später Magnetbänder.
- Die Art, wie man Daten wiederfindet, hängt davon ab, wie sie gespeichert sind.
- Lochkarten kann man clever sortieren und stapeln, um Informationen schnell wiederzufinden.
- Band-basierte Speicher müssen sequenziell vor- und zurückgespult werden.
- Die effiziente Organisation von Daten wurde immer wichtiger.

- Neben Lochkarten gabe es noch Lochstreifen und später Magnetbänder.
- Die Art, wie man Daten wiederfindet, hängt davon ab, wie sie gespeichert sind.
- Lochkarten kann man clever sortieren und stapeln, um Informationen schnell wiederzufinden.
- Band-basierte Speicher müssen sequenziel vor- und zurückgespult werden.
- Die effiziente Organisation von Daten wurde immer wichtiger.
- 1958 wurde das Electronic Recording Machine Accounting (ERMA) Mark 1 System für das Organisieren von Bankdaten entwickelt¹².
- Es hatte viele Eigenschaften von Dateisystem, wobei es tatsächlich für physische, Papier-basierte Dokumente gedacht war.

Random Access Disk Drives



- 1956 kam der IBM 305 RAMAC heraus: der erste Computer mit einem Random Access Disk Drive, also einer Festplatte, bei der auf Sektoren in beliebiger Reihenfolge zugegriffen werden kann⁷⁶.

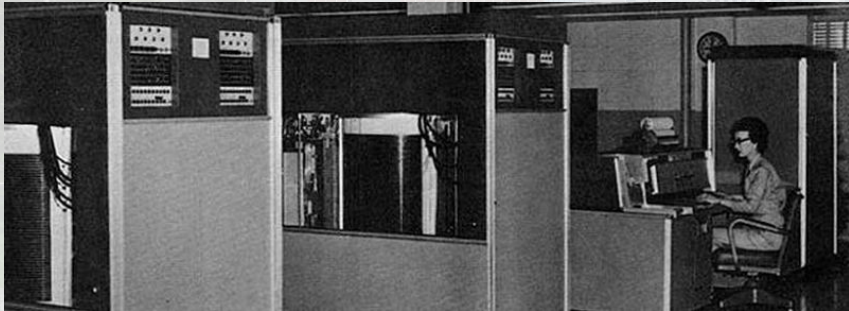


Quelle: [43] ein IBM 305 RAMAC (rechts) mit zwei IBM 250 Hard Disks (Mitte und Links).

Random Access Disk Drives



- 1956 kam der IBM 305 RAMAC heraus: der erste Computer mit einem Random Access Disk Drive, also einer Festplatte, bei der auf Sektoren in beliebiger Reihenfolge zugegriffen werden kann⁷⁶.
- Er konnte fünf bis zehn Megabytes speichern.

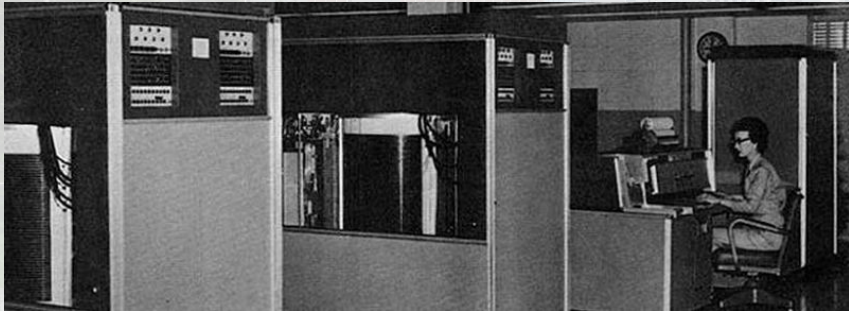


Quelle: [43] ein IBM 305 RAMAC (rechts) mit zwei IBM 250 Hard Disks (Mitte und Links).

Random Access Disk Drives



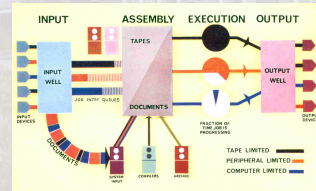
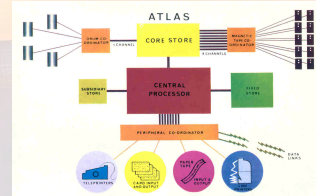
- 1956 kam der IBM 305 RAMAC heraus: der erste Computer mit einem Random Access Disk Drive, also einer Festplatte, bei der auf Sektoren in beliebiger Reihenfolge zugegriffen werden kann⁷⁶.
- Er konnte fünf bis zehn Megabytes speichern.
- Von nun an musste man nicht mehr auf Daten in streng sequentieller Reihenfolge zugreifen²⁰.



Quelle: [43] ein IBM 305 RAMAC (rechts) mit zwei IBM 250 Hard Disks (Mitte und Links).

Erste Dateisysteme

- Die ersten Dateisysteme für Computer entstanden in den 1960ern.

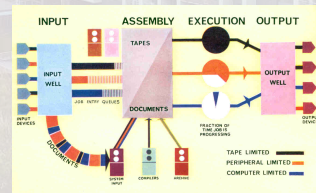
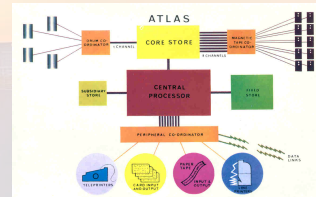


Images from the "Ferranti Computing Systems Atlas 1 Brochure: 1962" [67]. © UKRI Science and Technology Facilities Council, available from <https://www.chilton-computing.org.uk>.

Erste Dateisysteme



- Die ersten Dateisysteme für Computer entstanden in den 1960ern.
- Das Atlas System in Großbritannien hatte 1961 bereits Dateisystemfunktionen.



Images from the "Ferranti Computing Systems Atlas 1 Brochure: 1962" [67]. © UKRI Science and Technology Facilities Council, available from <https://www.chilton-computing.org.uk>.

Erste Dateisysteme



- 1963 hatte das Betriebssystem *Compatible Time-Sharing System* (CTSS)³¹ vom MIT bereits ein flaches Dateisystem ohne Ordner⁷².

```
0238 vinc
--> vinc
0238 as sc_admin_command: Utility.SysDaemon.z: delete_old_pdds
0238 ut send_admin_command: Execution started ...
0238 ut completed.
0238 ut
0238 ut Records Left % VTOCs Left % PB/PD LV Name
0238 ut
0238 ut 166388 98764 59 42326 34207 81 pb root
0238 ut
0238 ut r 02:38 13.886 497
0238 ut
--> ut
0238.3 RCP: Attached tapa_00 for Utility.SysDaemon.z
0238.3 RCP: Detached tapa_00 from Utility.SysDaemon.z
0238.3 RCP: Attached rdra for Utility.SysDaemon.z
0238.3 RCP: Detached rdra from Utility.SysDaemon.z
0238.4 RCP: Attached puna for Utility.SysDaemon.z
0238.4 RCP: Detached puna from Utility.SysDaemon.z
0238.4 RCP: Attached prta for Utility.SysDaemon.z
0238.4 RCP: Detached prta from Utility.SysDaemon.z
M-> CONSOLE: RELEASED
M-> |
```

```
MTSA Port (d.h000,d.h001,d.h002,d.h003,d.h004,d.h005,d.h006,d.h007,d.h008,d.h009
,d.h010,d.h011,d.h012,d.h013,d.h014,d.h015,d.h016,d.h017,d.h018,d.h019,d.h020,d
.h021,d.h022,d.h023,d.h024,d.h025,d.h026,d.h027,d.h028,d.h029,d.h030,d.h031)?
Attached to line d.h000

Multics MR12.7: Installation and location (Channel d.h000)
Load = 5.0 out of 90.0 units: users = 5, 03/19/23 0241.5 pat Sun
login Repair -cpw

Password:
New Password:
New Password Again:
Password changed.
You are protected from preemption.
Repair.SysAdmin logged in 03/19/23 0241.7 pat Sun from ASCII terminal "none".

New messages in message_of_the_day:

Welcome to the Multics System.

print_word: Created >user_dir>SysAdmin>Repair>Repair.value.
r 02:41 2.461 32
```

```
r 06:34 2.906 276

ls -a

Segments = 4, Lengths = 4.

r w 1 qedxdoc.txt
r w 1 Repair.history
r w 1 Repair.hisLock
r w 1 Repair.value

r 06:34 0.363 6
```

Erste Dateisysteme



- 1963 hatte das Betriebssystem *Compatible Time-Sharing System* (CTSS)³¹ vom MIT bereits ein flaches Dateisystem ohne Ordner⁷².
- Das hierarchische Dateisystem des Betriebssystems *Multiplexed Information and Computing Service* (Multics)^{19,32} hatte 1965 bereits viele fortschrittliche Features die wir von heutigen Dateisystemen kennen: feingranulare Zugriffskontrolle für Datensicherheit, Backups, Links und IO-Warteschlangen.

```
0238 vinc
--> vinc
0238 as sc_admin_command_: Utility.SysDaemon.z: delete_old_pdds
0238 ut send_admin_command: Execution started ...
0238 ut completed.
0238 ut
0238 ut Records Left % VTOCs Left % PB/PD LV Name
0238 ut
0238 ut 166388 98764 59 42326 34207 81 pb root
0238 ut
0238 ut r 02:38 13.886 497
0238 ut
--> ut
0238.3 RCP: Attached tapa_00 for Utility.SysDaemon.z
0238.3 RCP: Detached tapa_00 from Utility.SysDaemon.z
0238.3 RCP: Attached rdra for Utility.SysDaemon.z
0238.3 RCP: Detached rdra from Utility.SysDaemon.z
0238.4 RCP: Attached puna for Utility.SysDaemon.z
0238.4 RCP: Detached puna from Utility.SysDaemon.z
0238.4 RCP: Attached prta for Utility.SysDaemon.z
0238.4 RCP: Detached prta from Utility.SysDaemon.z
M-> CONSOLE: RELEASED
M-> |
```

```
MSIA Port (d.h000,d.h001,d.h002,d.h003,d.h004,d.h005,d.h006,d.h007,d.h008,d.h009
,d.h010,d.h011,d.h012,d.h013,d.h014,d.h015,d.h016,d.h017,d.h018,d.h019,d.h020,d
.h021,d.h022,d.h023,d.h024,d.h025,d.h026,d.h027,d.h028,d.h029,d.h030,d.h031)?
Attached to line d.h000

Multics MR12.7: Installation and location (Channel d.h000)
Load = 5.0 out of 90.0 units: users = 5, 03/19/73 0241.5 pnt Sun
Login Repair -cpw

Password:
New Password:
New Password Again:
Password changed.
You are protected from preemption.
Repair.SysAdmin logged in 03/19/73 0241.7 pnt Sun from ASCII terminal "none".

New messages in message_of_the_day:

Welcome to the Multics System.

print_word: Created >user_dir>SysAdmin>Repair>Repair.value.
r 02:41 2.461 32
█
```

```
r 06:34 2.906 276

ls -a

Segments = 4, Lengths = 4.

r w 1 qedxdoc.txt
r w 1 Repair.history
r w 1 Repair.hisLock
r w 1 Repair.value

r 06:34 0.363 6
█
```

Screenshots der Multics MR12.7 console von [19], CC BY-SA 4.0.

Erste Dateisysteme



- 1963 hatte das Betriebssystem *Compatible Time-Sharing System* (CTSS)³¹ vom MIT bereits ein flaches Dateisystem ohne Ordner⁷².
- Das hierarchische Dateisystem des Betriebssystems *Multiplexed Information and Computing Service* (Multics)^{19,32} hatte 1965 bereits viele fortschrittliche Features die wir von heutigen Dateisystemen kennen: feingranulare Zugriffskontrolle für Datensicherheit, Backups, Links und IO-Warteschlangen.
- Dateisysteme sind sehr gut zum Organisieren von Dokumenten und verschiedenartigen Daten.

Erste Dateisysteme



- 1963 hatte das Betriebssystem *Compatible Time-Sharing System* (CTSS)³¹ vom MIT bereits ein flaches Dateisystem ohne Ordner⁷².
- Das hierarchische Dateisystem des Betriebssystems *Multiplexed Information and Computing Service* (Multics)^{19,32} hatte 1965 bereits viele fortschrittliche Features die wir von heutigen Dateisystemen kennen: feingranulare Zugriffskontrolle für Datensicherheit, Backups, Links und IO-Warteschlangen.
- Dateisysteme sind sehr gut zum Organisieren von Dokumenten und verschiedenartigen Daten.
- Sie sind jedoch nicht geeignet, um relationale Daten zu speichern und die Anforderungen an ein DBMS zu erfüllen.



Frühe Datenbanken



Frühe Datenbanken



- Es wurde klar, dass man Systeme braucht, die den Anforderungen an die Datenhaltung genügen.

Frühe Datenbanken



- Es wurde klar, dass man Systeme braucht, die den Anforderungen an die Datenhaltung genügen.
- Aber wie sollte das gehen?

Frühe Datenbanken



- Es wurde klar, dass man Systeme braucht, die den Anforderungen an die Datenhaltung genügen.
- Aber wie sollte das gehen?
- Verschiedene Teams begannen, sich Ideen und Konzepte auszudenken und Prototypen zu entwickeln.

Integrated Data Store



- Die erste Version des Integrated Data Store (IDS) wurde 1961/62 von Bachman in General Electric entwickelt^{3,4}.

Integrated Data Store



- Die erste Version des Integrated Data Store (IDS) wurde 1961/62 von Bachman in General Electric entwickelt^{3,4}.
- IDS war die erste Direktzugriffsdatenbank und hielt Daten im virtuellen Speicher.

Integrated Data Store



- Die erste Version des Integrated Data Store (IDS) wurde 1961/62 von Bachman in General Electric entwickelt^{3,4}.
- IDS war die erste Direktzugriffsdatenbank und hielt Daten im virtuellen Speicher.
- Es war vielleicht sogar das erste echte DBMS überhaupt.

Integrated Data Store

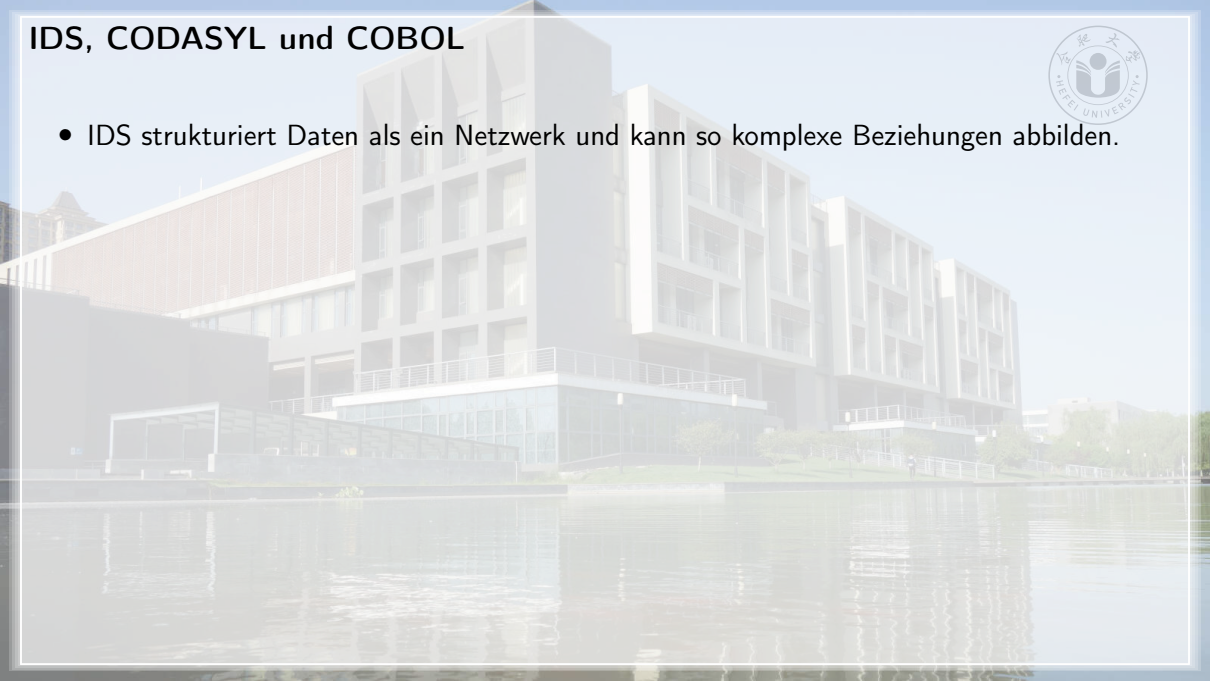


- Die erste Version des Integrated Data Store (IDS) wurde 1961/62 von Bachman in General Electric entwickelt^{3,4}.
- IDS war die erste Direktzugriffsdatenbank und hielt Daten im virtuellen Speicher.
- Es war vielleicht sogar das erste echte DBMS überhaupt.
- Bachman hat für seine Arbeit den 1973 A.M. Turing Award gewonnen⁴⁶.

IDS, CODASYL und COBOL



- IDS strukturiert Daten als ein Netzwerk und kann so komplexe Beziehungen abbilden.



IDS, CODASYL und COBOL



- IDS strukturiert Daten als ein Netzwerk und kann so komplexe Beziehungen abbilden.
- Der Programmierer agierte als ein Navigator durch die Daten.

IDS, CODASYL und COBOL



- IDS strukturiert Daten als ein Netzwerk und kann so komplexe Beziehungen abbilden.
- Der Programmierer agierte als ein Navigator durch die Daten.
- Die Idee war, sich Schritt-für-Schritt durch das Netz aus verknüpften Daten zu hangeln und die Daten dabei gegebenenfalls zu ändern.

IDS, CODASYL und COBOL



- IDS strukturiert Daten als ein Netzwerk und kann so komplexe Beziehungen abbilden.
- Der Programmierer agierte als ein Navigator durch die Daten.
- Die Idee war, sich Schritt-für-Schritt durch das Netz aus verknüpften Daten zu hangeln und die Daten dabei gegebenenfalls zu ändern.
- Dieses Netzwerkdatenmodell ist jedoch wesentlich komplexer und auch langsamer als das heute relationale Datenmodell.

IDS, CODASYL und COBOL



- IDS strukturiert Daten als ein Netzwerk und kann so komplexe Beziehungen abbilden.
- Der Programmierer agierte als ein Navigator durch die Daten.
- Die Idee war, sich Schritt-für-Schritt durch das Netz aus verknüpften Daten zu hangeln und die Daten dabei gegebenenfalls zu ändern.
- Dieses Netzwerkdatenmodell ist jedoch wesentlich komplexer und auch langsamer als das heute relationale Datenmodell.
- IDS war also nicht so flexibel.

IDS, CODASYL und COBOL



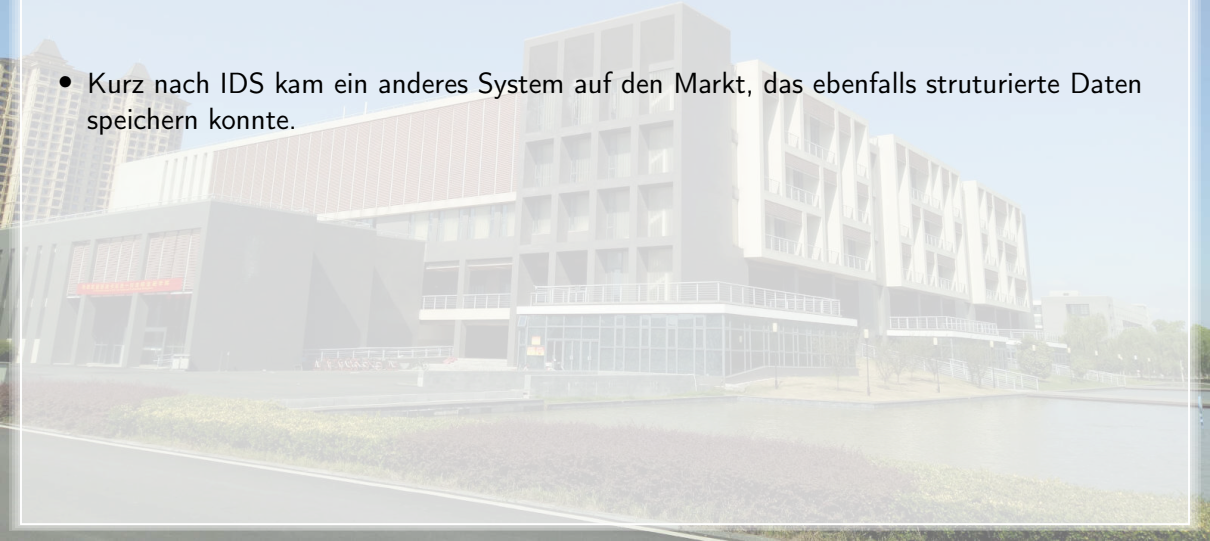
- IDS strukturiert Daten als ein Netzwerk und kann so komplexe Beziehungen abbilden.
- Der Programmierer agierte als ein Navigator durch die Daten.
- Die Idee war, sich Schritt-für-Schritt durch das Netz aus verknüpften Daten zu hangeln und die Daten dabei gegebenenfalls zu ändern.
- Dieses Netzwerkdatenmodell ist jedoch wesentlich komplexer und auch langsamer als das heute relationale Datenmodell.
- IDS war also nicht so flexibel.
- Die Database Task Group der Conference on Data Systems Languages (CODASYL)⁹¹ war eine Standardisierungsgruppe der datenverarbeitenden Industry und übernahm Bachman's Ideen hinter dem IDS in den 1960ern.

IDS, CODASYL und COBOL



- IDS strukturiert Daten als ein Netzwerk und kann so komplexe Beziehungen abbilden.
- Der Programmierer agierte als ein Navigator durch die Daten.
- Die Idee war, sich Schritt-für-Schritt durch das Netz aus verknüpften Daten zu hangeln und die Daten dabei gegebenenfalls zu ändern.
- Dieses Netzwerkdatenmodell ist jedoch wesentlich komplexer und auch langsamer als das heute relationale Datenmodell.
- IDS war also nicht so flexibel.
- Die Database Task Group der Conference on Data Systems Languages (CODASYL)⁹¹ war eine Standardisierungsgruppe der datenverarbeitenden Industry und übernahm Bachman's Ideen hinter dem IDS in den 1960ern.
- CODASYL ist heute besonders für die Entwicklung der Programmiersprache COBOL bekannt⁴⁶.

- Kurz nach IDS kam ein anderes System auf den Markt, das ebenfalls strukturierte Daten speichern konnte.



Information Management System



- Kurz nach IDS kam ein anderes System auf den Markt, das ebenfalls strutierte Daten speichern konnte.
- IBM entwickelte das Information Management System (IMS) für das Apollo Space Program⁵⁷.

- Kurz nach IDS kam ein anderes System auf den Markt, das ebenfalls strukturierte Daten speichern konnte.
- IBM entwickelte das Information Management System (IMS) für das Apollo Space Program⁵⁷.
- Das System wurde ab 1965/1967 produktiv genutzt¹⁴.

- Kurz nach IDS kam ein anderes System auf den Markt, das ebenfalls strukturierte Daten speichern konnte.
- IBM entwickelte das Information Management System (IMS) für das Apollo Space Program⁵⁷.
- Das System wurde ab 1965/1967 produktiv genutzt¹⁴.
- IMS existiert heute noch als Produkt und wird in einer neueren Version immer noch verkauft.

Information Management System



- Wie IDS ist auch das IMS kein relationales Datenbankmanagementsystem.



Information Management System



- Wie IDS ist auch das IMS kein relationales Datenbankmanagementsystem.
- Es bot stattdessen hierarchisch strukturierte Datensätze an.





- Wie IDS ist auch das IMS kein relationales Datenbankmanagementsystem.
- Es bot stattdessen hierarchisch strukturierte Datensätze an.
- Ebenso wie das Netzwerkdatenmodell hat das hierarchische Datenmodell einige Nachteile⁶¹





- Wie IDS ist auch das IMS kein relationales Datenbankmanagementsystem.
- Es bot stattdessen hierarchisch strukturierte Datensätze an.
- Ebenso wie das Netzwerkdatenmodell hat das hierarchische Datenmodell einige Nachteile⁶¹:
 - Wenn Daten nicht streng hierarchisch strukturiert sind, dann müssen bestimmte Datensätze mehrfach gespeichert werden.



- Wie IDS ist auch das IMS kein relationales Datenbankmanagementsystem.
- Es bot stattdessen hierarchisch strukturierte Datensätze an.
- Ebenso wie das Netzwerkdatenmodell hat das hierarchische Datenmodell einige Nachteile⁶¹:
 - Wenn Daten nicht streng hierarchisch strukturiert sind, dann müssen bestimmte Datensätze mehrfach gespeichert werden.
 - In einer Datenbank in der Studenten zu Kursen zugeordnet werden, müssten alle Daten einer Studentin in jedem Datensatz jedes Kurses, den sie besucht, gespeichert werden.

- Wie IDS ist auch das IMS kein relationales Datenbankmanagementsystem.
- Es bot stattdessen hierarchisch strukturierte Datensätze an.
- Ebenso wie das Netzwerkdatenmodell hat das hierarchische Datenmodell einige Nachteile⁶¹:
 - Wenn Daten nicht streng hierarchisch strukturiert sind, dann müssen bestimmte Datensätze mehrfach gespeichert werden.
 - In einer Datenbank in der Studenten zu Kursen zugeordnet werden, müssten alle Daten einer Studentin in jedem Datensatz jedes Kurses, den sie besucht, gespeichert werden.
 - Die Programmiersprache, die das IMS zur Verfügung stellt, um den Datenzugriff zu implementieren, ist auch eher low-level.



- Wie IDS ist auch das IMS kein relationales Datenbankmanagementsystem.
- Es bot stattdessen hierarchisch strukturierte Datensätze an.
- Ebenso wie das Netzwerkdatenmodell hat das hierarchische Datenmodell einige Nachteile⁶¹:
 - Wenn Daten nicht streng hierarchisch strukturiert sind, dann müssen bestimmte Datensätze mehrfach gespeichert werden.
 - In einer Datenbank in der Studenten zu Kursen zugeordnet werden, müssten alle Daten einer Studentin in jedem Datensatz jedes Kurses, den sie besucht, gespeichert werden.
 - Die Programmiersprache, die das IMS zur Verfügung stellt, um den Datenzugriff zu implementieren, ist auch eher low-level.
 - So muss zum Beispiel die Strategie, mit der bestimmte Daten gesucht werden, selbst implementiert werden.

- Wie IDS ist auch das IMS kein relationales Datenbankmanagementsystem.
- Es bot stattdessen hierarchisch strukturierte Datensätze an.
- Ebenso wie das Netzwerkdatenmodell hat das hierarchische Datenmodell einige Nachteile⁶¹:
 - Wenn Daten nicht streng hierarchisch strukturiert sind, dann müssen bestimmte Datensätze mehrfach gespeichert werden.
 - In einer Datenbank in der Studenten zu Kursen zugeordnet werden, müssten alle Daten einer Studentin in jedem Datensatz jedes Kurses, den sie besucht, gespeichert werden.
 - Die Programmiersprache, die das IMS zur Verfügung stellt, um den Datenzugriff zu implementieren, ist auch eher low-level.
 - So muss zum Beispiel die Strategie, mit der bestimmte Daten gesucht werden, selbst implementiert werden.
 - Und wenn sich das logische Schema der Datenbank ändert, dann führt das zu kaskadierenden Änderungen am Code der auf die Daten zugreift.

Der Beitrag der Ersten Datenbankmanagementsysteme



- Sowohl IDS als auch IMS haben wichtige Beiträge geleistet.

Der Beitrag der Ersten Datenbankmanagementsysteme



- Sowohl IDS als auch IMS haben wichtige Beiträge geleistet.
- Beide boten Programmiersprachen an, mit denen auf die Daten zugegriffen werden konnte.

Der Beitrag der Ersten Datenbankmanagementsysteme



- Sowohl IDS als auch IMS haben wichtige Beiträge geleistet.
- Beide boten Programmiersprachen an, mit denen auf die Daten zugegriffen werden konnte.
- Man konnte Typen von Datensätzen definieren und ebenso wie durch die Daten navigiert werden sollte.

Der Beitrag der Ersten Datenbankmanagementsysteme



- Sowohl IDS als auch IMS haben wichtige Beiträge geleistet.
- Beide boten Programmiersprachen an, mit denen auf die Daten zugegriffen werden konnte.
- Man konnte Typen von Datensätzen definieren und ebenso wie durch die Daten navigiert werden sollte.
- Man musste sich nicht mehr um die effiziente physische Speicherung kümmern.

Der Beitrag der Ersten Datenbankmanagementsysteme



- Sowohl IDS als auch IMS haben wichtige Beiträge geleistet.
- Beide boten Programmiersprachen an, mit denen auf die Daten zugegriffen werden konnte.
- Man konnte Typen von Datensätzen definieren und ebenso wie durch die Daten navigiert werden sollte.
- Man musste sich nicht mehr um die effiziente physische Speicherung kümmern.
- Früher musste der Code, der Daten speichert und ließt, in *allen* Programmen, die auf die Daten zugriffen, implementiert werden.

Der Beitrag der Ersten Datenbankmanagementsysteme



- Sowohl IDS als auch IMS haben wichtige Beiträge geleistet.
- Beide boten Programmiersprachen an, mit denen auf die Daten zugegriffen werden konnte.
- Man konnte Typen von Datensätzen definieren und ebenso wie durch die Daten navigiert werden sollte.
- Man musste sich nicht mehr um die effiziente physische Speicherung kümmern.
- Früher musste der Code, der Daten speichert und ließt, in *allen* Programmen, die auf die Daten zugriffen, implementiert werden.
- Nun ist er Teil des DMBS und wir können einfachere Programmiersprachen verwenden, die davon abstrahieren.



Relationale Datenbanken



Weitere Probleme mit den Ersten Datenbanken



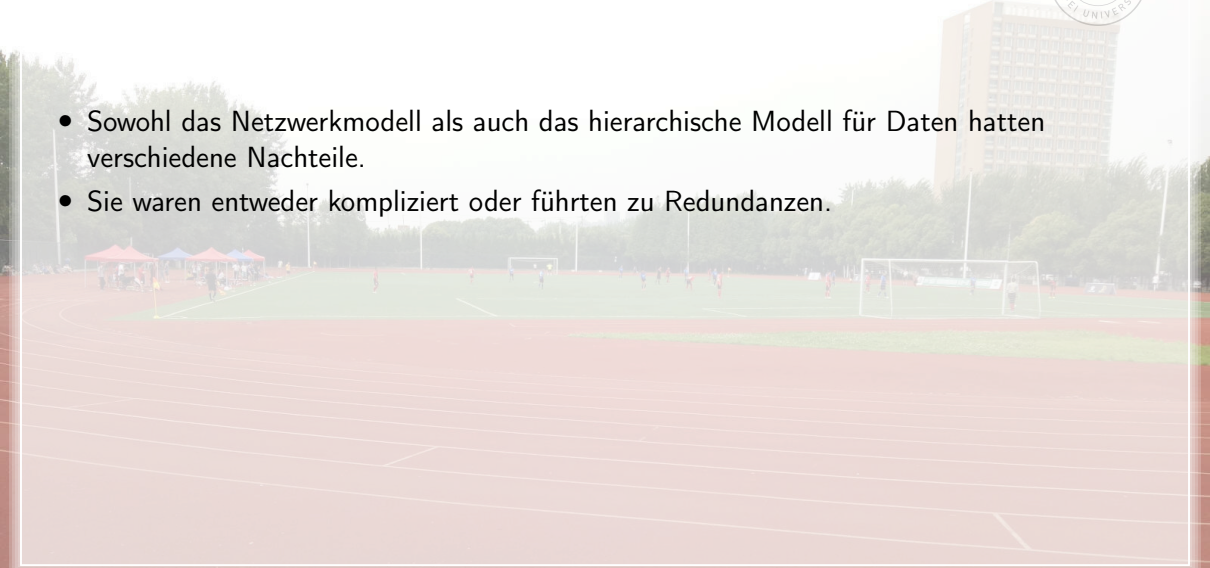
- Sowohl das Netzwerkmodell als auch das hierarchische Modell für Daten hatten verschiedene Nachteile.



Weitere Probleme mit den Ersten Datenbanken



- Sowohl das Netzwerkmodell als auch das hierarchische Modell für Daten hatten verschiedene Nachteile.
- Sie waren entweder kompliziert oder führten zu Redundanzen.



Weitere Probleme mit den Ersten Datenbanken



- Sowohl das Netzwerkmodell als auch das hierarchische Modell für Daten hatten verschiedene Nachteile.
- Sie waren entweder kompliziert oder führten zu Redundanzen.
- Und obwohl die dafür angebotenen, speziellen Programmiersprachen davon abstrahierten, wie die Daten genau auf der Festplatte gespeichert werden, musste man dennoch relativ viel von dem Layout, der Struktur und der Größe der Daten wissen, um ein performantes System zu implementieren.

Weitere Probleme mit den Ersten Datenbanken



Future users of large data banks must be protected from having to know how the data is organized in the machine (the internal representation).

— Edgar Frank „Ted“ Codd [29], 1970



Weitere Probleme mit den Ersten Datenbanken



Future users of large data banks must be protected from having to know how the data is organized in the machine (the internal representation).

— Edgar Frank „Ted“ Codd [29], 1970

- 1970 erschien das wegweisende Paper *“A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks”* von Codd.



Weitere Probleme mit den Ersten Datenbanken



Future users of large data banks must be protected from having to know how the data is organized in the machine (the internal representation).

— Edgar Frank „Ted“ Codd [29], 1970

- 1970 erschien das wegweisende Paper *“A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks”* von Codd.
- Codd hatte die Probleme des IDS-Modells erkannt, nämlich, dass Benutzer immer noch wissen mussten, wie die Daten intern organisiert werden.

Weitere Probleme mit den Ersten Datenbanken



Future users of large data banks must be protected from having to know how the data is organized in the machine (the internal representation).

— Edgar Frank „Ted“ Codd [29], 1970

- 1970 erschien das wegweisende Paper *“A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks”* von Codd.
- Codd hatte die Probleme des IDS-Modells erkannt, nämlich, dass Benutzer immer noch wissen mussten, wie die Daten intern organisiert werden.
- Selbst Bachman selbst hat dieses Problem mit IDS erkannt und von einem Fall berichtet, in dem die Performanz eines Systems einbrach, weil die Benutzer nicht verstanden, wie die Daten intern sortiert werden⁴.

Relationale Datenbanken



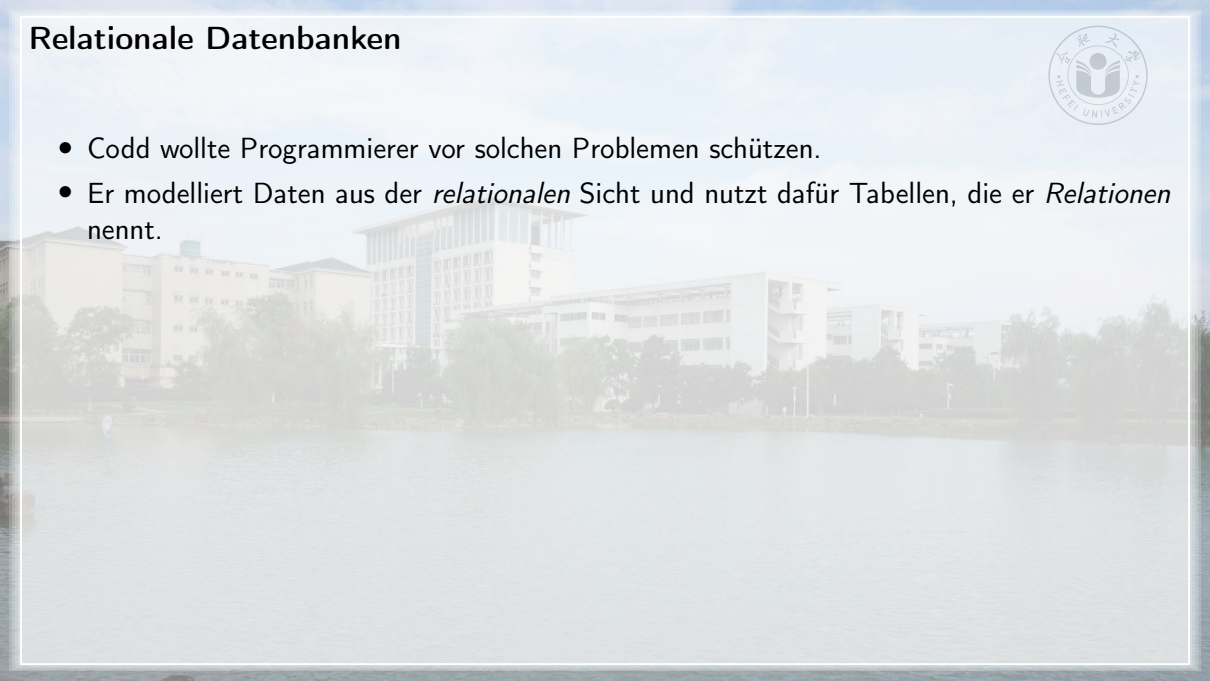
- Codd wollte Programmierer vor solchen Problemen schützen.



Relationale Datenbanken



- Codd wollte Programmierer vor solchen Problemen schützen.
- Er modelliert Daten aus der *relationalen* Sicht und nutzt dafür Tabellen, die er *Relationen* nennt.



Relationale Datenbanken



- Codd wollte Programmierer vor solchen Problemen schützen.
- Er modelliert Daten aus der *relationalen* Sicht und nutzt dafür Tabellen, die er *Relationen* nennt.
- Jede Spalte hat einen Datentyp der die zulässigen Werte definiert.

Relationale Datenbanken



- Codd wollte Programmierer vor solchen Problemen schützen.
- Er modelliert Daten aus der *relationalen* Sicht und nutzt dafür Tabellen, die er *Relationen* nennt.
- Jede Spalte hat einen Datentyp der die zulässigen Werte definiert.
- Jede Zeile muss einzigartig sein.



- Codd wollte Programmierer vor solchen Problemen schützen.
- Er modelliert Daten aus der *relationalen* Sicht und nutzt dafür Tabellen, die er *Relationen* nennt.
- Jede Spalte hat einen Datentyp der die zulässigen Werte definiert.
- Jede Zeile muss einzigartig sein.
- Eine Menge von Spalten (normalerweise eine einzige spalte) bildet den Primärschlüssel, der jede Zeile eindeutig identifiziert.



- Codd wollte Programmierer vor solchen Problemen schützen.
- Er modelliert Daten aus der *relationalen* Sicht und nutzt dafür Tabellen, die er *Relationen* nennt.
- Jede Spalte hat einen Datentyp der die zulässigen Werte definiert.
- Jede Zeile muss einzigartig sein.
- Eine Menge von Spalten (normalerweise eine einzige spalte) bildet den Primärschlüssel, der jede Zeile eindeutig identifiziert.
- Zeilen in einer Tabelle können Zeilen in einer anderen Tabelle referenzieren.



- Codd wollte Programmierer vor solchen Problemen schützen.
- Er modelliert Daten aus der *relationalen* Sicht und nutzt dafür Tabellen, die er *Relationen* nennt.
- Jede Spalte hat einen Datentyp der die zulässigen Werte definiert.
- Jede Zeile muss einzigartig sein.
- Eine Menge von Spalten (normalerweise eine einzige spalte) bildet den Primärschlüssel, der jede Zeile eindeutig identifiziert.
- Zeilen in einer Tabelle können Zeilen in einer anderen Tabelle referenzieren.
- Dafür speichern passende Spalten der Tabelle den Primärschlüssel der anderen Tabelle als Fremdschlüssel.



- Codd wollte Programmierer vor solchen Problemen schützen.
- Er modelliert Daten aus der *relationalen* Sicht und nutzt dafür Tabellen, die er *Relationen* nennt.
- Jede Spalte hat einen Datentyp der die zulässigen Werte definiert.
- Jede Zeile muss einzigartig sein.
- Eine Menge von Spalten (normalerweise eine einzige spalte) bildet den Primärschlüssel, der jede Zeile eindeutig identifiziert.
- Zeilen in einer Tabelle können Zeilen in einer anderen Tabelle referenzieren.
- Dafür speichern passende Spalten der Tabelle den Primärschlüssel der anderen Tabelle als Fremdschlüssel.
- Daten sind nun eine Kollektion von Tabellen.

- Dieses relationale Datenmodell ist einfach und besser zu implementieren.

- Dieses relationale Datenmodell ist einfach und besser zu implementieren.
- Ende der 1970ern implementieren schon mehr als ein Dutzend Datenbankmanagementsysteme diese Konzepte⁵⁶.

- Dieses relationale Datenmodell ist einfach und besser zu implementieren.
- Ende der 1970ern implementieren schon mehr als ein Dutzend Datenbankmanagementsysteme diese Konzepte⁵⁶.
- Codd gewinnt dafür den A.M. Turing Award.



Datenbankzugriff über das Netzwerk



- Der semantische Trennung von der logischen Struktur der Daten und ihrer physischen Speicherung sollte nun auch eine echte physische Trennung folgen.

- Der semantische Trennung von der logischen Struktur der Daten und ihrer physischen Speicherung sollte nun auch eine echte physische Trennung folgen.
- Computernetzwerke als verteilte Systeme entstanden in den 1960ern⁶³.



- Der semantische Trennung von der logischen Struktur der Daten und ihrer physischen Speicherung sollte nun auch eine echte physische Trennung folgen.
- Computernetzwerke als verteilte Systeme entstanden in den 1960ern⁶³.
- Baran hatte 1960 die Idee, Nachrichten über mehrere Netzwerkswitches zu routen⁶⁻¹⁰.



- Der semantische Trennung von der logischen Struktur der Daten und ihrer physischen Speicherung sollte nun auch eine echte physische Trennung folgen.
- Computernetzwerke als verteilte Systeme entstanden in den 1960ern⁶³.
- Baran hatte 1960 die Idee, Nachrichten über mehrere Netzwerkswitches zu routen⁶⁻¹⁰.
- Kleinrock schlug 1961 die Idee von Paketvermittlungsnetzen vor, bei denen Nachrichten in mehrere Pakete geteilt wurden, die jeweils individuell geroutet werden, wodurch mehrere Nutzer die gleichen Netzwerkverbindungen nutzen konnten⁵⁹.



- Der semantische Trennung von der logischen Struktur der Daten und ihrer physischen Speicherung sollte nun auch eine echte physische Trennung folgen.
- Computernetzwerke als verteilte Systeme entstanden in den 1960ern⁶³.
- Baran hatte 1960 die Idee, Nachrichten über mehrere Netzwerkswitches zu routen⁶⁻¹⁰.
- Kleinrock schlug 1961 die Idee von Paketvermittlungsnetzen vor, bei denen Nachrichten in mehrere Pakete geteilt wurden, die jeweils individuell geroutet werden, wodurch mehrere Nutzer die gleichen Netzwerkverbindungen nutzen konnten⁵⁹.
- Baran⁸ und Davies³⁷⁻³⁹ hatten ähnliche Ideen.

Computernetzwerke



- Licklider 1963 schlug vor, Computer- und Netzwerksprachen zu vereinheitlichen, so dass Forscher gegenseitig auf ihren Arbeiten aufbauen konnten – der erste Schritt Richtung Internet war getan⁶⁴.

Computernetzwerke

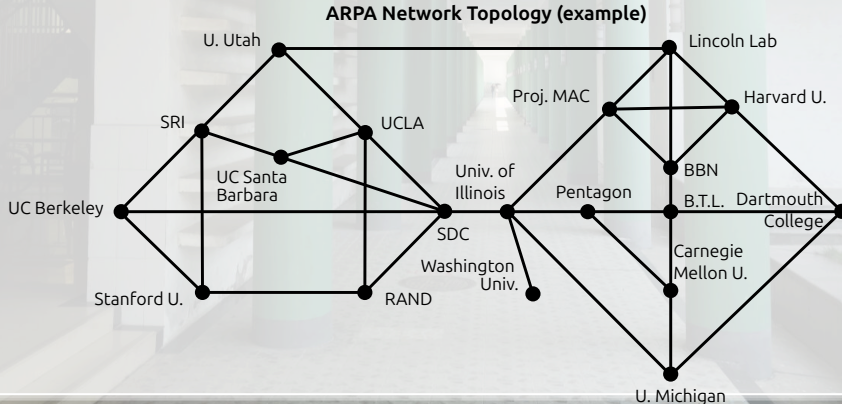


- Licklider 1963 schlug vor, Computer- und Netzwerksprachen zu vereinheitlichen, so dass Forscher gegenseitig auf ihren Arbeiten aufbauen konnten – der erste Schritt Richtung Internet war getan⁶⁴.
- 1965/66 wurden der TX-2 am MIT Lincoln Lab in Massachusetts mit dem Q-32 in Santa Monica, California verbunden – das erste Wide-Area Network war geboren⁸⁰.

Computernetzwerke



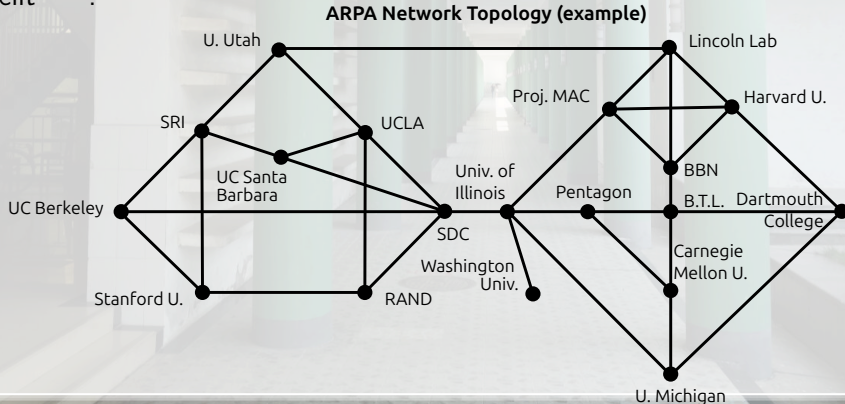
- 1967 wurde das Konzept des ARPANETs, dem Vorgänger des Internets, von der Advanced Research Projects Agency als ein Netzwerk aus 35 Computers an 16 Orten in den USA erdacht^{63,80}.



Computernetzwerke



- 1967 wurde das Konzept des ARPANETs, dem Vorgänger des Internets, von der Advanced Research Projects Agency als ein Netzwerk aus 35 Computers an 16 Orten in den USA erdacht^{63,80}.
- 1969 waren die ersten 4 Knoten online und 1972 wurde das ARPANET öffentlich vorgestellt^{63,80}.



Computernetzwerke



- Canaday, Harrison, Ivie, Ryder und Wehr schlugen 1974 vor, ein Datenbankmanagementsystem auf einem speziell dafür eingerichteten Computer laufen zu lassen¹⁷.

Computernetzwerke



- Canaday, Harrison, Ivie, Ryder und Wehr schlugen 1974 vor, ein Datenbankmanagementsystem auf einem speziell dafür eingerichteten Computer laufen zu lassen¹⁷.
- Programme und Benutzer würden dann von anderen Computern über eine Netzwerkverbindung zugreifen.

Computernetzwerke



- Canaday, Harrison, Ivie, Ryder und Wehr schlugen 1974 vor, ein Datenbankmanagementsystem auf einem speziell dafür eingerichteten Computer laufen zu lassen¹⁷.
- Programme und Benutzer würden dann von anderen Computern über eine Netzwerkverbindung zugreifen.
- Das erste Ethernet wurde dann 1976 im Xerox Palo Alto Research Center (PARC) von Metcalfe and Boggs entwickelt³⁰.

Computernetzwerke



- Canaday, Harrison, Ivie, Ryder und Wehr schlugen 1974 vor, ein Datenbankmanagementsystem auf einem speziell dafür eingerichteten Computer laufen zu lassen¹⁷.
- Programme und Benutzer würden dann von anderen Computern über eine Netzwerkverbindung zugreifen.
- Das erste Ethernet wurde dann 1976 im Xerox Palo Alto Research Center (PARC) von Metcalfe and Boggs entwickelt³⁰.
- TCP/IP wird seit 1983 eingesetzt.



- Canaday, Harrison, Ivie, Ryder und Wehr schlugen 1974 vor, ein Datenbankmanagementsystem auf einem speziell dafür eingerichteten Computer laufen zu lassen¹⁷.
- Programme und Benutzer würden dann von anderen Computern über eine Netzwerkverbindung zugreifen.
- Das erste Ethernet wurde dann 1976 im Xerox Palo Alto Research Center (PARC) von Metcalfe and Boggs entwickelt³⁰.
- TCP/IP wird seit 1983 eingesetzt.
- In den 1990ern begann das Internet explosiv zu wachsen⁶³.



- Canaday, Harrison, Ivie, Ryder und Wehr schlugen 1974 vor, ein Datenbankmanagementsystem auf einem speziell dafür eingerichteten Computer laufen zu lassen¹⁷.
- Programme und Benutzer würden dann von anderen Computern über eine Netzwerkverbindung zugreifen.
- Das erste Ethernet wurde dann 1976 im Xerox Palo Alto Research Center (PARC) von Metcalfe and Boggs entwickelt³⁰.
- TCP/IP wird seit 1983 eingesetzt.
- In den 1990ern begann das Internet explosiv zu wachsen⁶³.
- Der Term „Client“ entstand 1978 durch Israel, Mitchell und Sturgis⁵⁴.

- Canaday, Harrison, Ivie, Ryder und Wehr schlugen 1974 vor, ein Datenbankmanagementsystem auf einem speziell dafür eingerichteten Computer laufen zu lassen¹⁷.
- Programme und Benutzer würden dann von anderen Computern über eine Netzwerkverbindung zugreifen.
- Das erste Ethernet wurde dann 1976 im Xerox Palo Alto Research Center (PARC) von Metcalfe and Boggs entwickelt³⁰.
- TCP/IP wird seit 1983 eingesetzt.
- In den 1990ern begann das Internet explosiv zu wachsen⁶³.
- Der Term „Client“ entstand 1978 durch Israel, Mitchell und Sturgis⁵⁴.
- Heutige Datenbankmanagementsysteme sind oftmals in der Client-Server Architektur für den Zugriff über das Netzwerk implementiert^{15,65,73,77,79}.



Abstraktionen



SQL



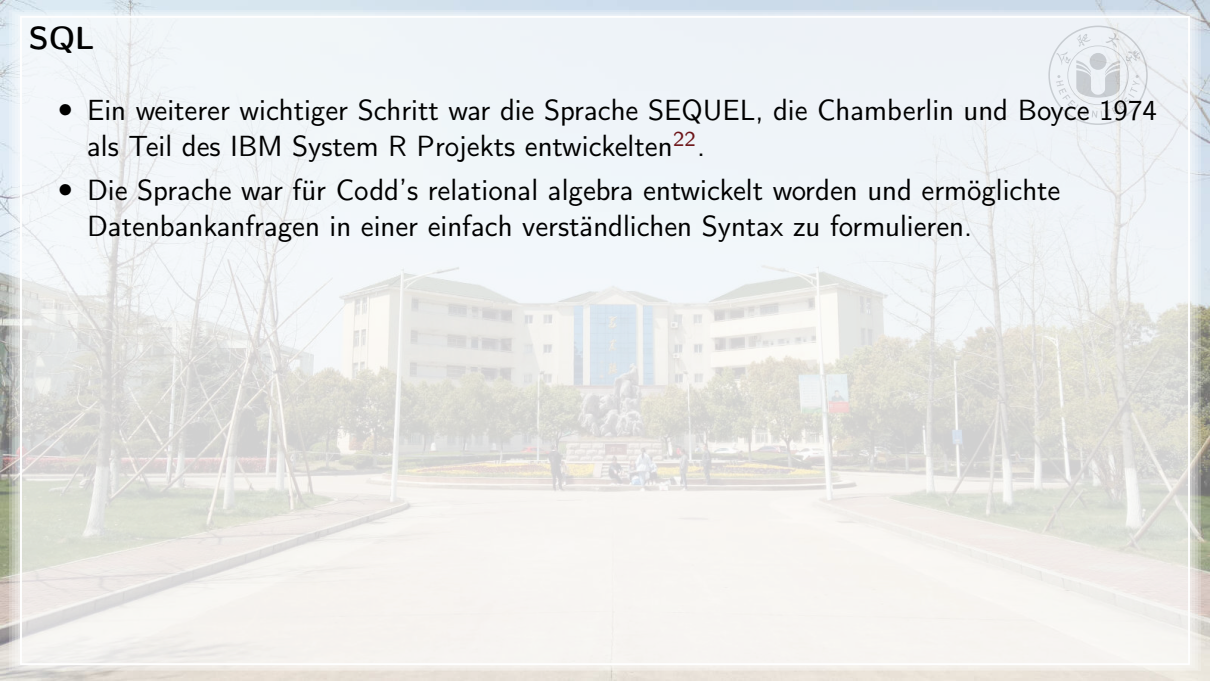
- Ein weiterer wichtiger Schritt war die Sprache SEQUEL, die Chamberlin und Boyce 1974 als Teil des IBM System R Projekts entwickelten²².



SQL



- Ein weiterer wichtiger Schritt war die Sprache SEQUEL, die Chamberlin und Boyce 1974 als Teil des IBM System R Projekts entwickelten²².
- Die Sprache war für Codd's relational algebra entwickelt worden und ermöglichte Datenbankabfragen in einer einfach verständlichen Syntax zu formulieren.



SQL



- Ein weiterer wichtiger Schritt war die Sprache SEQUEL, die Chamberlin und Boyce 1974 als Teil des IBM System R Projekts entwickelten²².
- Die Sprache war für Codd's relational algebra entwickelt worden und ermöglichte Datenbankabfragen in einer einfach verständlichen Syntax zu formulieren.
- Zwei Jahre später wurden Methoden zum Einfügen, Löschen und Ändern von Datensätzen hinzugefügt²¹.

SQL



- Ein weiterer wichtiger Schritt war die Sprache SEQUEL, die Chamberlin und Boyce 1974 als Teil des IBM System R Projekts entwickelten²².
- Die Sprache war für Codd's relational algebra entwickelt worden und ermöglichte Datenbankabfragen in einer einfach verständlichen Syntax zu formulieren.
- Zwei Jahre später wurden Methoden zum Einfügen, Löschen und Ändern von Datensätzen hinzugefügt²¹.
- 1977 wurde SEQUEL zu Structured Query Language (SQL) abgekürzt²⁰.

SQL



- Ein weiterer wichtiger Schritt war die Sprache SEQUEL, die Chamberlin und Boyce 1974 als Teil des IBM System R Projekts entwickelten²².
- Die Sprache war für Codd's relational algebra entwickelt worden und ermöglichte Datenbankabfragen in einer einfach verständlichen Syntax zu formulieren.
- Zwei Jahre später wurden Methoden zum Einfügen, Löschen und Ändern von Datensätzen hinzugefügt²¹.
- 1977 wurde SEQUEL zu Structured Query Language (SQL) abgekürzt²⁰.

```
1 SELECT name, student_id FROM table_students
2 WHERE date_of_birth >= '2000-01-01';
```

Entity Relationship Diagrams

- Bessere Abstraktionen und Werkzeuge für das Design von (relationalen) Datenbanken entstanden ebenfalls.



Entity Relationship Diagrams



- Bessere Abstraktionen und Werkzeuge für das Design von (relationalen) Datenbanken entstanden ebenfalls.
- Entity relationship diagrams (ERDs) sind Diagramme mit denen wir die Beziehungen zwischen verschiedenen Objekten für eine Datenbank modellieren können^{26,55}.

Entity Relationship Diagrams



- Bessere Abstraktionen und Werkzeuge für das Design von (relationalen) Datenbanken entstanden ebenfalls.
- Entity relationship diagrams (ERDs) sind Diagramme mit denen wir die Beziehungen zwischen verschiedenen Objekten für eine Datenbank modellieren können^{26,55}.
- Sie wurden 1975 von Chen²⁷ erfunden und wurden ein US ANSI Standard in den späten 1980ern^{44,74}.

Entity Relationship Diagrams



- Bessere Abstraktionen und Werkzeuge für das Design von (relationalen) Datenbanken entstanden ebenfalls.
- Entity relationship diagrams (ERDs) sind Diagramme mit denen wir die Beziehungen zwischen verschiedenen Objekten für eine Datenbank modellieren können^{26,55}.
- Sie wurden 1975 von Chen²⁷ erfunden und wurden ein US ANSI Standard in den späten 1980ern^{44,74}.
- Dabei baute Chen auf den Datenstrukturdiagrammen von Bachman² auf.

Entity Relationship Diagrams



- Bessere Abstraktionen und Werkzeuge für das Design von (relationalen) Datenbanken entstanden ebenfalls.
- Entity relationship diagrams (ERDs) sind Diagramme mit denen wir die Beziehungen zwischen verschiedenen Objekten für eine Datenbank modellieren können^{26,55}.
- Sie wurden 1975 von Chen²⁷ erfunden und wurden ein US ANSI Standard in den späten 1980ern^{44,74}.
- Dabei baute Chen auf den Datenstrukturdiagrammen von Bachman² auf.
- Chen wurde auch von dem Erbe seiner Chinesischen Kultur inspiriert^{24,25}.

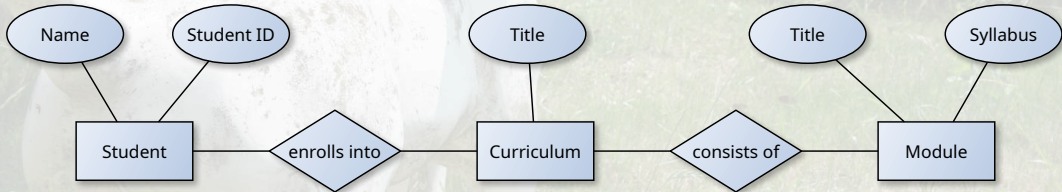
What does the Chinese character construction principles have to do with ER modeling? The answer is: both Chinese characters and the ER model are trying to model the world – trying to use graphics to represent the entities in the real world. Therefore, there should be some similarities in their constructs.

— Peter Pin-Shan Chen [24], 1997

Entity Relationship Diagrams



- Bessere Abstraktionen und Werkzeuge für das Design von (relationalen) Datenbanken entstanden ebenfalls.
- Entity relationship diagrams (ERDs) sind Diagramme mit denen wir die Beziehungen zwischen verschiedenen Objekten für eine Datenbank modellieren können^{26,55}.
- Sie wurden 1975 von Chen²⁷ erfunden und wurden ein US ANSI Standard in den späten 1980ern^{44,74}.
- Dabei baute Chen auf den Datenstrukturdiagrammen von Bachman² auf.
- Chen wurde auch von dem Erbe seiner Chinesischen Kultur inspiriert^{24,25}.





Relationale Datenbanken im Mainstream



- Die Oracle Database wurde als erstes kommerzielle SQL-basiertes Produkt 1979 von den Software Development Laboratories (SDL) verkauft, die sich später in Oracle umbenannten^{20,71}.

- Die Oracle Database wurde als erstes kommerzielle SQL-basiertes Produkt 1979 von den Software Development Laboratories (SDL) verkauft, die sich später in Oracle umbenannten^{20,71}.
- Sie war sofort ein Erfolg, denn sie war portierbar und konnte auf billiger Hardware laufen.

- Die Oracle Database wurde als erstes kommerzielle SQL-basiertes Produkt 1979 von den Software Development Laboratories (SDL) verkauft, die sich später in Oracle umbenannten^{20,71}.
- Sie war sofort ein Erfolg, denn sie war portierbar und konnte auf billiger Hardware laufen.
- IBM brachte sein SQL Datenbankmanagementsystem DB2 1983 heraus^{20,28,45}.

- Die Oracle Database wurde als erstes kommerzielle SQL-basiertes Produkt 1979 von den Software Development Laboratories (SDL) verkauft, die sich später in Oracle umbenannten^{20,71}.
- Sie war sofort ein Erfolg, denn sie war portierbar und konnte auf billiger Hardware laufen.
- IBM brachte sein SQL Datenbankmanagementsystem DB2 1983 heraus^{20,28,45}.
- SQL wurde 1986 ein US ANSI standard und 1987 ein internationaler ISO standard^{35,40}.

- Die Oracle Database wurde als erstes kommerzielle SQL-basiertes Produkt 1979 von den Software Development Laboratories (SDL) verkauft, die sich später in Oracle umbenannten^{20,71}.
- Sie war sofort ein Erfolg, denn sie war portierbar und konnte auf billiger Hardware laufen.
- IBM brachte sein SQL Datenbankmanagementsystem DB2 1983 heraus^{20,28,45}.
- SQL wurde 1986 ein US ANSI standard und 1987 ein internationaler ISO standard^{35,40}.
- Der Standard entwickelt sich stetig weiter, die letzte Version ist von 2023⁵².

- Die Oracle Database wurde als erstes kommerzielle SQL-basiertes Produkt 1979 von den Software Development Laboratories (SDL) verkauft, die sich später in Oracle umbenannten^{20,71}.
- Sie war sofort ein Erfolg, denn sie war portierbar und konnte auf billiger Hardware laufen.
- IBM brachte sein SQL Datenbankmanagementsystem DB2 1983 heraus^{20,28,45}.
- SQL wurde 1986 ein US ANSI standard und 1987 ein internationaler ISO standard^{35,40}.
- Der Standard entwickelt sich stetig weiter, die letzte Version ist von 2023⁵².
- In den 1990ern, entstanden viele kostenlose Open-Source-Datenbankmanagementsysteme²⁰.



Zusammenfassung



Zusammenfassung

- Seit tausenden von Jahren beschäftigen wir uns mit Datenhaltung.



Zusammenfassung



- Seit tausenden von Jahren beschäftigen wir uns mit Datenhaltung.
- Seit etwa 150 Jahren nutzen wir dafür Maschinen.

Zusammenfassung



- Seit tausenden von Jahren beschäftigen wir uns mit Datenhaltung.
- Seit etwa 150 Jahren nutzen wir dafür Maschinen.
- Seit etwa 70 Jahren haben wir Computer, auf denen Daten in sinnvollem Umfang und zu sinnvollen Kosten gespeichert werden können.

Zusammenfassung



- Seit tausenden von Jahren beschäftigen wir uns mit Datenhaltung.
- Seit etwa 150 Jahren nutzen wir dafür Maschinen.
- Seit etwa 70 Jahren haben wir Computer, auf denen Daten in sinnvollem Umfang und zu sinnvollen Kosten gespeichert werden können.
- Datenbanken und Computernetzwerke gibt es seit 60 Jahren.

Zusammenfassung



- Seit tausenden von Jahren beschäftigen wir uns mit Datenhaltung.
- Seit etwa 150 Jahren nutzen wir dafür Maschinen.
- Seit etwa 70 Jahren haben wir Computer, auf denen Daten in sinnvollem Umfang und zu sinnvollen Kosten gespeichert werden können.
- Datenbanken und Computernetzwerke gibt es seit 60 Jahren.
- Seit 50 Jahren gibt es das Konzept der relationalen Datenbanken, die wir in diesem Kurs behandeln.

Zusammenfassung



- Seit tausenden von Jahren beschäftigen wir uns mit Datenhaltung.
- Seit etwa 150 Jahren nutzen wir dafür Maschinen.
- Seit etwa 70 Jahren haben wir Computer, auf denen Daten in sinnvollem Umfang und zu sinnvollen Kosten gespeichert werden können.
- Datenbanken und Computernetzwerke gibt es seit 60 Jahren.
- Seit 50 Jahren gibt es das Konzept der relationalen Datenbanken, die wir in diesem Kurs behandeln.
- Seit 30 Jahren gibt es Open Source Datenbankmanagementsysteme, wie diejenigen, die wir hier behandeln werden.

Zusammenfassung



- Seit tausenden von Jahren beschäftigen wir uns mit Datenhaltung.
- Seit etwa 150 Jahren nutzen wir dafür Maschinen.
- Seit etwa 70 Jahren haben wir Computer, auf denen Daten in sinnvollem Umfang und zu sinnvollen Kosten gespeichert werden können.
- Datenbanken und Computernetzwerke gibt es seit 60 Jahren.
- Seit 50 Jahren gibt es das Konzept der relationalen Datenbanken, die wir in diesem Kurs behandeln.
- Seit 30 Jahren gibt es Open Source Datenbankmanagementsysteme, wie diejenigen, die wir hier behandeln werden.
- Heute stehen Datenbanken hinter nahezu allen Geschäftsprozessen und liefern die Daten für die Planung für öffentliche Dienste wie das Gesundheitswesen und den öffentlicher Verkehr.

Zusammenfassung



- Seit tausenden von Jahren beschäftigen wir uns mit Datenhaltung.
- Seit etwa 150 Jahren nutzen wir dafür Maschinen.
- Seit etwa 70 Jahren haben wir Computer, auf denen Daten in sinnvollem Umfang und zu sinnvollen Kosten gespeichert werden können.
- Datenbanken und Computernetzwerke gibt es seit 60 Jahren.
- Seit 50 Jahren gibt es das Konzept der relationalen Datenbanken, die wir in diesem Kurs behandeln.
- Seit 30 Jahren gibt es Open Source Datenbankmanagementsysteme, wie diejenigen, die wir hier behandeln werden.
- Heute stehen Datenbanken hinter nahezu allen Geschäftsprozessen und liefern die Daten für die Planung für öffentliche Dienste wie das Gesundheitswesen und den öffentlicher Verkehr.
- Lassen Sie uns dieses Thema erforschen!



谢谢你们！
Thank you!
Vielen Dank!



References I



- [1] *A Timeline of Database History & Database Management*. Boston, MA, USA: Quickbase, Inc., 18. Feb. 2022–25. Aug. 2023. URL: <https://www.quickbase.com/articles/timeline-of-database-history> (besucht am 2025-01-11) (siehe S. 5, 6).
- [2] Charles William „Charlie“ Bachman. "Data Structure Diagrams". *DATA BASE – ACM SIGMIS Database: The DATABASE for Advances in Information Systems* 1(2):4–10, Sommer 1969. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery (ACM). ISSN: 0095-0033. doi:10.1145/1017466.1017467 (siehe S. 118–123).
- [3] Charles William „Charlie“ Bachman. "Software for Random Access Processing". *Datamation* 9(4):36–41, Apr. 1965. Chicago, IL, USA: Technical Publishing Co. and Boston, MA, USA: Cahners Publishing Company. ISSN: 0011-6963 (siehe S. 47–50, 153).
- [4] Charles William „Charlie“ Bachman. "The Origin of the Integrated Data Store (IDS): The First Direct-Access DBMS". *IEEE Annals of the History of Computing* 31(4):42–54, Okt.–Dez. 2009. Piscataway, NJ, USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). ISSN: 1058-6180. doi:10.1109/MAHC.2009.110. URL: <https://tschwarz.mscs.mu.edu/Courses/DB23/HW/bachmanIDS.pdf> (besucht am 2025-01-08) (siehe S. 47–57, 80–83, 153).
- [5] Jim Bainbridge, Hernando Bedoya, Rob Bestgen, Mike Cain, Dan Cruikshank, Jim Denton, Doug Mack, Tom Mckinley und Simona Pacchiarini. *SQL Procedures, Triggers, and Functions on IBM DB2 for i*. Durham, NC, USA: IBM Redbooks, Apr. 2016. ISBN: 978-0-7384-4164-1 (siehe S. 153).
- [6] Paul Baran. *A Briefing on the Distributed Adaptive Message-Block Network*. Techn. Ber. P-3127. Santa Monica, CA, USA: The RAND Corporation, Apr. 1965. URL: <https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/papers/2008/P3127.pdf> (besucht am 2025-01-20) (siehe S. 96–100).
- [7] Paul Baran. *On a Distributed Command and Control System Configuration*. Memorandum RM-2632. Santa Monica, CA, USA: The RAND Corporation, 31. Dez. 1960. URL: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_memoranda/2009/RM2632.pdf (besucht am 2025-01-20) (siehe S. 96–100).
- [8] Paul Baran. *On Distributed Communications Networks*. Techn. Ber. P-2626. Santa Monica, CA, USA: The RAND Corporation, Sep. 1962. URL: <https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/papers/2005/P2626.pdf> (besucht am 2025-01-20) (siehe S. 96–100).
- [9] Paul Baran. *On Distributed Communications: I. Introduction to Distributed Communications Networks*. Memorandum RM-3042-PR. Santa Monica, CA, USA: The RAND Corporation, Aug. 1964. URL: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_memoranda/2006/RM3420.pdf (besucht am 2025-01-20) (siehe S. 96–100).

References II



- [10] Paul Baran. *On Distributed Communications: V. History, Alternative Approaches, and Comparisons*. Memorandum RM-3097-PR. Santa Monica, CA, USA: The RAND Corporation, Aug. 1964. URL: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_memoranda/2008/RM3097.pdf (besucht am 2025-01-20) (siehe S. 96–100).
- [11] Richard Barker. *Case*Method: Entity Relationship Modelling (Oracle)*. 1. Aufl. Redwood City, CA, USA: Addison Wesley Longman Publishing Co., Inc., Jan. 1990. ISBN: 978-0-201-41696-1 (siehe S. 153).
- [12] G. A. Barnard III und Louis Fein. "Organization and Retrieval of Records Generated in a Large-Scale Engineering Project". In: *Papers and Discussions Presented at the 1958 Eastern Joint Computer Conference. Modern Computers: Objectives, Designs, Applications (AIEE-ACM-IRE) 1958 (Eastern)*. 3.–5. Dez. 1958, Philadelphia, PA, USA. Hrsg. von John M. Broomall. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery (ACM), 1958, S. 59–63. ISBN: 978-1-4503-7866-6. doi:10.1145/1458043.1458058 (siehe S. 28–33).
- [13] Peter Belknap, John Beresiewicz, Benoît Dageville, Karl Dias, Yakov Shafranovich und Khaled Yagoub. "A Decade of Oracle Database Manageability". 34(4):20–27, Dez. 2011. URL: http://sites.computer.org/debull/A11dec/DODM%5C_V2.pdf (siehe S. 153).
- [14] Uri Berman, Jackie Berman und Bob Patrick. *The Birth of IMS/360*. Techn. Ber. 102762458. Mountain View, CA, USA: Computer History Museum (CHM), Apr. 2007. URL: <https://archive.computerhistory.org/resources/access/text/2016/12/102762458-05-01-acc.pdf> (besucht am 2025-01-08) (siehe S. 58–61, 153).
- [15] Alex Berson. *Client/Server Architecture*. 2. Aufl. Computer Communications Series. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 29. März 1996. ISBN: 978-0-07-005664-0 (siehe S. 105–111).
- [16] Ben Brumm. "A Guide to the Entity Relationship Diagram (ERD)". In: *Database Star*. Armadale, VIC, Australia: Elevated Online Services PTY Ltd., 30. Juli 2019–23. Dez. 2023. URL: <https://www.databasestar.com/entity-relationship-diagram> (besucht am 2025-03-29) (siehe S. 153).
- [17] Rudd H. Canaday, R.D. Harrison, Evan L. Ivie, J.L. Ryder und L.A. Wehr. "A Back-End Computer for Data Base Management". *Communications of the ACM (CACM)* 17(10):575–582, Okt. 1974. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery (ACM). ISSN: 0001-0782. doi:10.1145/355620.361172 (siehe S. 105–111).

References III



- [18] Antonio Cavacini. "Is the CE/BCE notation becoming a standard in scholarly literature?" *Scientometrics* 102(2):1661–1668, Juli 2015. London, England, UK: Springer Nature Limited. ISSN: 0138-9130. doi:10.1007/s11192-014-1352-1 (siehe S. 153).
- [19] Cfwlr. "Multics". In: *BetaWiki: An Open Encyclopedia of Software History*. 20. März 2023–1. Juni 2024. URL: <https://betawiki.net/wiki/Multics> (besucht am 2025-05-23) (siehe S. 39–42).
- [20] Donald D. Chamberlin. "50 Years of Queries". *Communications of the ACM (CACM)* 67(8):110–121, Aug. 2024. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery (ACM). ISSN: 0001-0782. doi:10.1145/3649887. URL: <https://cacm.acm.org/research/50-years-of-queries> (besucht am 2025-01-09) (siehe S. 34–36, 113–117, 125–130, 153, 154).
- [21] Donald D. Chamberlin, Morton M. Astrahan, Kapali P. Eswaran, Patricia P. Griffiths, Raymond A. Lorie, James W. Mehl, Phyllis Reisner und Bradford W. Wade. "SEQUEL 2: A Unified Approach to Data Definition, Manipulation, and Control". *IBM Journal of Research and Development* 20(6):560–575, Nov. 1976. Piscataway, NJ, USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) and Armonk, NY, USA: International Business Machines Corporation (IBM). ISSN: 0018-8646. doi:10.1147/RD.206.0560 (siehe S. 113–117).
- [22] Donald D. Chamberlin und Raymond F. Boyce. "SEQUEL: A Structured English Query Language". In: *1974 ACM SIGFIDET (now SIGMOD) Workshop on Data Description, Access and Control*. 1.–3. Mai 1974, Ann Arbor, MI, USA. Hrsg. von Gene Altshuler, Randall Rustin und Bernard D. Plagman. Bd. 1. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery (ACM), 1974, S. 249–264. ISBN: 978-1-4503-7415-6. doi:10.1145/800296.811515 (siehe S. 113–117).
- [23] Lois Mai Chan und Joan S. Mitchell. *Dewey Decimal Classification: Principles and Application*. Dublin, OH, USA: Ohio College Library Center (OCLC), Jan. 2003. ISBN: 978-0-910608-72-5 (siehe S. 18, 19).
- [24] Peter Pin-Shan Chen. "English, Chinese and ER Diagrams". *Data & Knowledge Engineering (DKE)* 23(1):5–16, Juni 1997. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier B.V. ISSN: 0169-023X. doi:10.1016/S0169-023X(97)00017-7. URL: https://www.csc.lsu.edu/~chen/pdf/ER_C.pdf (besucht am 2025-04-06) (siehe S. 118–123).
- [25] Peter Pin-Shan Chen. "Entity-Relationship Modeling: Historical Events, Future Trends, and Lessons Learned". In: *Software Pioneers: Contributions to Software Engineering*. Hrsg. von Manfred Broy und Ernst Denert. Berlin/Heidelberg, Germany: Springer-Verlag GmbH Germany, Feb. 2002, S. 296–310. doi:10.1007/978-3-642-59412-0_17. URL: http://bit.csc.lsu.edu/%7Echen/pdf/Chen_Pioneers.pdf (besucht am 2025-03-06) (siehe S. 118–123, 153).

References IV



- [26] Peter Pin-Shan Chen. "The Entity-Relationship Model – Toward a Unified View of Data". *ACM Transactions on Database Systems (TODS)* 1(1):9–36, März 1976. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery (ACM). ISSN: 0362-5915. doi:10.1145/320434.320440 (siehe S. 118–123, 144, 153).
- [27] Peter Pin-Shan Chen. "The Entity-Relationship Model: Toward a Unified View of Data". In: *1st International Conference on Very Large Data Bases (VLDB'1975)*. 22.–24. Sep. 1975, Framingham, MA, USA. Hrsg. von Douglas S. Kerr. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery (ACM), 1975, S. 173. ISBN: 978-1-4503-3920-9. doi:10.1145/1282480.1282492. See²⁶ for a more comprehensive introduction. (Siehe S. 118–123, 153).
- [28] Raul F. Chong, Xiaomei Wang, Michael Dang und Dwaine R. Snow. *Understanding DB2®: Learning Visually with Examples*. 2. Aufl. Indianapolis, IN, USA: IBM Press, Dez. 2007. ISBN: 978-0-7686-8177-2 (siehe S. 125–130, 153).
- [29] Edgar Frank „Ted“ Codd. "A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks". *Communications of the ACM (CACM)* 13(6):377–387, Juni 1970. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery (ACM). ISSN: 0001-0782. doi:10.1145/362384.362685. URL: <https://www.seas.upenn.edu/~zives/03f/cis550/codd.pdf> (besucht am 2025-01-05) (siehe S. 80–94, 113–117, 154).
- [30] *Connections: Local Networks*. Mountain View, CA, USA: Computer History Museum (CHM), 1996–2025. URL: <https://www.computerhistory.org/revolution/networking/19/381> (besucht am 2025-01-21) (siehe S. 105–111).
- [31] Fernando J. Corbató, Marjorie Merwin-Daggett, Robert C. Daley, R. J. Creasy, J. D. Hellwig, Richard H. Orenstein und L. K. Korn. *The Compatible Time-Sharing System: A Programmer's Guide*. Cambridge, MA, USA: Massachusetts Institute of Technology (MIT) Computation Center und MIT Press, 1963–1964. URL: https://www.ibiblio.org/apollo/Documents/CTSS_ProgrammersGuide.pdf (besucht am 2025-01-08). Second Printing 5, 1964 (siehe S. 39–42).
- [32] Fernando J. Corbató und Victor A. Vyssotsky. "Introduction and Overview of the Multics System". In: *1965 Fall Joint Computer Conference (AFIPS'1965, Fall, Part 1)*. 30. Nov.–1. Dez. 1965, Las Vegas, NV, USA. Hrsg. von Robert W. Rector. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery (ACM), 1965, S. 185–196. ISBN: 978-1-4503-7885-7. doi:10.1145/1463891.1463912. URL: <https://www.multicians.org/fjcc1.html> (besucht am 2025-01-08) (siehe S. 39–42).

References V



- [33] *Cuneiform Tablets: From the Reign of Gudea of Lagash to Shalmanassar III*. Washington, D.C., USA: Library of Congress. URL: <https://www.loc.gov/collections/cuneiform-tablets> (besucht am 2025-01-08). See also^{60,95} (siehe S. 11–15, 148, 152).
- [34] Robert C. Daley und Peter G. Neumann. "A General-Purpose File System for Secondary Storage". In: *1965 Fall Joint Computer Conference (AFIPS'1965, Fall, Part 1)*. 30. Nov.–1. Dez. 1965, Las Vegas, NV, USA. Hrsg. von Robert W. Rector. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery (ACM), 1965, S. 213–229. ISBN: 978-1-4503-7885-7. doi:10.1145/1463891.1463915. URL: <https://www.multicians.org/fjcc4.html> (besucht am 2025-01-08) (siehe S. 39–42).
- [35] *Database Language SQL*. Techn. Ber. ANSI X3.135-1986. Washington, D.C., USA: American National Standards Institute (ANSI), 1986 (siehe S. 125–130, 154).
- [36] Matt David und Blake Barnhill. *How to Teach People SQL*. San Francisco, CA, USA: The Data School, Chart.io, Inc., 10. Dez. 2019–10. Apr. 2023. URL: <https://dataschool.com/how-to-teach-people-sql> (besucht am 2025-02-27) (siehe S. 154).
- [37] Donald W. Davies. *Proposal for a Digital Communication Network*. Techn. Ber. London, England, UK: National Physical Laboratory (NPL), Juni 1966. URL: <https://www.dcs.gla.ac.uk/~wpc/grcs/Davies05.pdf> (besucht am 2025-01-21) (siehe S. 96–100).
- [38] Donald W. Davies. *Proposal for the Development of a National Communications Service for On-Line Data Processing*. Techn. Ber. London, England, UK: National Physical Laboratory (NPL), 8. Dez. 1965 (siehe S. 96–100).
- [39] Donald W. Davies. *Remote On-line Data Processing and its Communication Needs*. Techn. Ber. London, England, UK: National Physical Laboratory (NPL), 10. Nov. 1965 (siehe S. 96–100).
- [40] *Database Language SQL*. International Standard ISO 9075-1987. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization (ISO), 1987 (siehe S. 125–130, 154).
- [41] Luca Ferrari und Enrico Pirozzi. *Learn PostgreSQL*. 2. Aufl. Birmingham, England, UK: Packt Publishing Ltd, Okt. 2023. ISBN: 978-1-83763-564-1 (siehe S. 154).
- [42] Keith D. Foote. *A Brief History of Database Management*. Studio City, CA, USA: Dataversity Digital LLC, 25. Okt. 2021. URL: <https://www.dataversity.net/brief-history-database-management> (besucht am 2025-01-11) (siehe S. 5, 6).

References VI



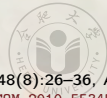
- [43] Sebastian Gerstl. "IBM 350 – Ein Kühlschranksmonster mit unvorstellbarer Datenmenge: Die Festplatte wird 60". In: *elektronikpraxis.de*. Würzburg, Bayern, Germany: Vogel Communications Group GmbH & Co. KG, 13. Sep. 2016. URL: <https://www.elektronikpraxis.de/ein-kuehlschranksmonster-mit-unvorstellbarer-datenmenge-die-festplatte-wird-60-a-549932> (besucht am 2025-05-29) (siehe S. 34–36).
- [44] Alan Goldfine und Patricia König. *A Technical Overview of the Information Resource Dictionary System*. Techn. Ber. NBSIR 85-3164. Gaithersburg, MD, USA: United States Department of Commerce, National Bureau of Standards, Center for Programming Science and Technology, Institute for Computer Sciences and Technology, Apr. 1985. URL: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/IR/nbsir85-3164.pdf> (besucht am 2025-03-29) (siehe S. 118–123).
- [45] Donald J. Haderle und Cynthia M. Saracco. "The History and Growth of IBM's DB2". *IEEE Annals of the History of Computing* 35(2):54–66, Apr. 2013–Juni 2014. Piscataway, NJ, USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). ISSN: 1058-6180. doi:10.1109/MAHC.2012.55 (siehe S. 125–130, 153).
- [46] Thomas Haigh. "How Charles Bachman Invented the DBMS, A Foundation of Our Digital World". *Communications of the ACM (CACM)* 59(7):25–30, Juli 2016. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery (ACM). ISSN: 0001-0782. doi:10.1145/2935880. URL: <https://cacm.acm.org/opinion/how-charles-bachman-invented-the-dbms-a-foundation-of-our-digital-world> (besucht am 2025-05-08) (siehe S. 47–57).
- [47] Terry Halpin und Tony Morgan. *Information Modeling and Relational Databases*. 3. Aufl. Burlington, MA, USA/San Mateo, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers, Juli 2024. ISBN: 978-0-443-23791-1 (siehe S. 154).
- [48] Jan L. Harrington. *Relational Database Design and Implementation*. 4. Aufl. Burlington, MA, USA/San Mateo, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers, Apr. 2016. ISBN: 978-0-12-849902-3 (siehe S. 154).
- [49] Lars Heide. "Shaping a Technology: American Punched Card Systems 1880-1914". *IEEE Annals of the History of Computing* 19(4):28–41, Okt.–Dez. 1997. Piscataway, NJ, USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). ISSN: 1058-6180. doi:10.1109/85.627897 (siehe S. 20–24).

References VII



- [50] Herman Hollerith. *Apparatus for Compiling Statistics*. United States Patent US-0395783-A. Washington, D.C., USA: United States Patent Office, 23. Sep. 1884–8. Jan. 1889. URL: <https://ppubs.uspto.gov/pubwebapp/static/pages/ppubsbasic.html> (besucht am 2025-01-07) (siehe S. 20–24, 26, 27).
- [51] Herman Hollerith. *Machine for Tabulating Statistics*. United States Patent 526,130. Washington, D.C., USA: United States Patent Office, 20. Aug. 1892–18. Sep. 1894. URL: <https://ppubs.uspto.gov/pubwebapp/static/pages/ppubsbasic.html> (besucht am 2025-01-07) (siehe S. 20–24).
- [52] *Information Technology – Database Languages – SQL – Part 1: Framework (SQL/Framework), Part 1*. International Standard ISO/IEC 9075-1:2023(E), Sixth Edition, (ANSI X3.135). Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization (ISO) und International Electrotechnical Commission (IEC), Juni 2023. URL: [https://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/ISO_IEC_9075-1_2023_ed_6_-_id_76583_Publication_PDF_\(en\).zip](https://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/ISO_IEC_9075-1_2023_ed_6_-_id_76583_Publication_PDF_(en).zip) (besucht am 2025-01-08). Consists of several parts, see <https://modern-sql.com/standard> for information where to obtain them. (Siehe S. 125–130, 154).
- [53] *Introduction to the Dewey Decimal Classification*. Dublin, OH, USA: Ohio College Library Center (OCLC), 17. Mai 2019. URL: <https://www.oclc.org/content/dam/oclc/dewey/versions/print/intro.pdf> (besucht am 2025-05-28) (siehe S. 18, 19).
- [54] Jay E. Israel, James G. Mitchell und Howard E. Sturgis. *Separating Data From Function in a Distributed File System*. Blue and White Series CSL-78-5. Palo Alto, CA, USA: Xerox Palo Alto Research Center (PARC), Sep. 1978 (siehe S. 105–111).
- [55] Shannon Kempe und Paul Williams. *A Short History of the ER Diagram and Information Modeling*. Studio City, CA, USA: Dataversity Digital LLC, 25. Sep. 2012. URL: <https://www.dataversity.net/a-short-history-of-the-er-diagram-and-information-modeling> (besucht am 2025-03-06) (siehe S. 118–123, 153).
- [56] Won Kim. "Relational Database Systems". *ACM Computing Surveys (CSUR)* 11(3):187–211, Sep. 1979. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery (ACM). ISSN: 0360-0300. doi:10.1145/356778.356780 (siehe S. 92–94).
- [57] Barbara Klein, Richard Alan Long, Kenneth Ray Blackman, Diane Lynne Goff, Stephen P. Nathan, Moira McFadden Lanyi, Margaret M. Wilson, John Butterweck und Sandra L. Sherrill. *Introduction to IMS: Your Complete Guide to IBM Information Management System*. 2. Aufl. Indianapolis, IN, USA: IBM Press, 13. März 2012. ISBN: 978-0-13-288687-1 (siehe S. 58–61, 153).

References VIII



- [58] Leonard Kleinrock. "An Early History of the Internet [History of Communications]". *IEEE Communications Magazine* 48(8):26–36, Aug. 2010. Piscataway, NJ, USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). ISSN: 0163-6804. doi:10.1109/MCOM.2010.5534584. URL: <https://www.researchgate.net/publication/262316090> (besucht am 2025-05-29) (siehe S. 103, 104).
- [59] Leonard Kleinrock. *Information Flow in Large Communication Nets, Ph.D. Thesis Proposal*. Cambridge, MA, USA: Massachusetts Institute of Technology (MIT), 31. Mai 1961. URL: <https://www.lk.cs.ucla.edu/data/files/Kleinrock/Information%20Flow%20in%20Large%20Communication%20Nets.pdf> (besucht am 2025-01-20) (siehe S. 96–100).
- [60] Leah Knobel und Neely Tucker. "It's As If It Was Written in... Clay. For 4,200 Years". *Timeless Stories from the Library of Congress*, 22. Nov. 2021. Washington, D.C., USA: Library of Congress. ISSN: 2836-9459. URL: <https://blogs.loc.gov/loc/2021/11/its-as-if-it-was-written-in-clay-for-4200-years> (besucht am 2025-01-08). See also³³ (siehe S. 145).
- [61] Tim Kraska und Michael Cafarella. "Introduction to Databases". In: *6.5830/6.5831: Database Systems*. Cambridge, MA, USA: Massachusetts Institute of Technology (MIT), Herbst 2024. Kap. 1. URL: <https://dsg.csail.mit.edu/6.5830/lectures/lec1.pdf> (besucht am 2025-01-08) (siehe S. 62–69, 153).
- [62] Darl Kuhn und Thomas Kyte. *Expert Oracle Database Architecture: Techniques and Solutions for High Performance and Productivity*. 4. Aufl. New York, NY, USA: Apress Media, LLC, Nov. 2021. ISBN: 978-1-4842-7499-6 (siehe S. 153).
- [63] James F. Kurose und Keith Ross. *Computer Networking: A Top Down Approach*. 8. Aufl. Hoboken, NJ, USA: Pearson Education, Inc., 30. März 2020. ISBN: 978-0-13-668155-7 (siehe S. 96–111).
- [64] Joseph Carl Robnett „Lick“ Licklider. *MEMORANDUM FOR: Members and Affiliates of the Intergalactic Computer Network*. Washington, D.C., USA: Advanced Research Projects Agency (ARPA), 23. Apr. 1963. URL: https://worrydream.com/refs/Licklider_1963_-_Members_and_Affiliates_of_the_Intergalactic_Computer_Network.pdf (besucht am 2025-01-20) (siehe S. 101, 102).
- [65] Gloria Lotha, Aakanksha Gaur, Erik Gregersen, Swati Chopra und William L. Hosch. "Client-Server Architecture". In: *Encyclopaedia Britannica*. Hrsg. von The Editors of Encyclopaedia Britannica. Chicago, IL, USA: Encyclopædia Britannica, Inc., 3. Jan. 2025. URL: <https://www.britannica.com/technology/client-server-architecture> (besucht am 2025-01-20) (siehe S. 105–111).

References IX



- [66] Stuart Macfarlane. *A Brief History of Databases*. Claymont, DE, USA: Sutori Website Administrator/HSTRY LTD., 1. Nov. 2024. URL: <https://www.sutori.com/en/story/a-brief-history-of-databases> (besucht am 2025-01-10) (siehe S. 5, 6).
- [67] „Ferranti Computing Systems Atlas 1 Brochure: 1962“. In: *Chilton Computing*. Hrsg. von Victoria Marshall. Swindon, Wiltshire, England, UK: Science and Technology Facilities Council (STFC), UK Research and Innovation (UKRI), 2. Mai 2025. URL: <https://www.chilton-computing.org.uk/acl/technology/atlas/p002.htm> (besucht am 2025-05-29) (siehe S. 37, 38).
- [68] *MDS: Melvil Decimal System*. Portland, ME, USA: LibraryThing, Inc., 2025. URL: <https://www.librarything.com/mds> (besucht am 2025-05-29) (siehe S. 19).
- [69] Jim Melton und Alan R. Simon. *SQL: 1999 – Understanding Relational Language Components*. The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems. Burlington, MA, USA/San Mateo, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers, Juni 2001. ISBN: 978-1-55860-456-8 (siehe S. 154).
- [70] Regina O. Obe und Leo S. Hsu. *PostgreSQL: Up and Running*. 3. Aufl. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, Inc., Okt. 2017. ISBN: 978-1-4919-6336-4 (siehe S. 154).
- [71] „Oracle Timeline: Highlighting the most important moments in Oracle's history, with commentary from the people who made it happen“. *Profit – The Executive Guide to Oracle Applications* 12(2):26–33, Mai 2007. Redwood Shores, CA, USA: Oracle Corporation. ISSN: 1531-7455. URL: <https://www.oracle.com/us/corporate/profit/profit-may-07-151925.pdf> (besucht am 2025-06-03) (siehe S. 125–130).
- [72] Richard H. Orenstein und Robert C. Daley. *TO: Computation Center Staff. LDEDT and BPEDT, the CTSS Disk Editors*. Techn. Ber. CC-208. Cambridge, MA, USA: Massachusetts Institute of Technology (MIT) Computation Center, 9. Mai 1963. URL: <https://people.csail.mit.edu/saltzer/CTSS/CTSS-Documents/CC-Memos/CC-208.pdf> (besucht am 2025-01-08) (siehe S. 39–42).
- [73] Robert Orfali, Dan Harkey und Jeri Edwards. *Client/Server Survival Guide*. 3. Aufl. Chichester, West Sussex, England, UK: John Wiley and Sons Ltd., 25. Jan. 1999. ISBN: 978-0-471-31615-2 (siehe S. 105–111).
- [74] Burt Parker. „Introducing ANSI-X3.138-1988: A Standard for Information Resource Dictionary System (IRDS)“. In: *Second Symposium on Assessment of Quality Software Development Tools*. 27.–29. Mai 1992, New Orleans, LA, USA. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 1992, S. 90–99. ISBN: 978-0-8186-2620-3. doi:10.1109/AQSDT.1992.205841 (siehe S. 118–123).

References X



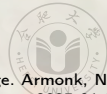
- [75] *PostgreSQL Essentials: Leveling Up Your Data Work*. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, Inc., März 2024 (siehe S. 154).
- [76] *RAMAC: The first random-access disk drive revolutionized how businesses use computers and set the stage for everything from space flight to e-commerce*. IBM Heritage. Armonk, NY, USA: International Business Machines Corporation (IBM). URL: <https://www.ibm.com/history/ramac> (besucht am 2025-01-09) (siehe S. 34–36).
- [77] Abhishek Ratan, Eric Chou, Pradeeban Kathiravelu und Dr. M.O. Faruque Sarker. *Python Network Programming*. Birmingham, England, UK: Packt Publishing Ltd, Jan. 2019. ISBN: 978-1-78883-546-6 (siehe S. 105–111).
- [78] Robert W. Rector, Hrsg. *1965 Fall Joint Computer Conference (AFIPS'1965, Fall, Part 1)*. 30. Nov.–1. Dez. 1965, Las Vegas, NV, USA. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery (ACM), 1965. ISBN: 978-1-4503-7885-7. doi:10.1145/1463891.
- [79] Mark Richards und Neal Ford. *Fundamentals of Software Architecture: An Engineering Approach*. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, Inc., Jan. 2020. ISBN: 978-1-4920-4345-4 (siehe S. 105–111).
- [80] Lawrence G. Roberts. "The ARPANET & Computer Networks". In: *ACM Conference on The History of Personal Workstations (HPW'1986)*. 9.–10. Jan. 1986, Palo Alto, CA, USA. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery (ACM), 1986, S. 51–58. ISBN: 978-0-89791-176-4. doi:10.1145/12178.12182 (siehe S. 101–104).
- [81] Syamal K. Sen und Ravi P. Agarwal. "Existence of year zero in astronomical counting is advantageous and preserves compatibility with significance of AD, BC, CE, and BCE". In: *Zero – A Landmark Discovery, the Dreadful Void, and the Ultimate Mind*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier B.V., 2016. Kap. 5.5, S. 94–95. ISBN: 978-0-08-100774-7. doi:10.1016/C2015-0-02299-7 (siehe S. 153).
- [82] Yuriy Shamshin. "Conceptual Database Model. Entity Relationship Diagram (ERD)". In: *Databases*. Riga, Latvia: ISMA University of Applied Sciences, Mai 2024. Kap. 04. URL: https://dbs.academy.lv/lection/dbs_LS04EN_erd.pdf (besucht am 2025-03-29) (siehe S. 153).
- [83] Yuriy Shamshin. *Databases*. Riga, Latvia: ISMA University of Applied Sciences, Mai 2024. URL: <https://dbs.academy.lv> (besucht am 2025-01-11).
- [84] Yuriy Shamshin. "The History of Databases". In: *Databases*. Riga, Latvia: ISMA University of Applied Sciences, Mai 2024. Kap. 02a. URL: https://dbs.academy.lv/lection/dbs_LS02ENa_hist.pdf (besucht am 2025-01-11) (siehe S. 5, 6).

References XI



- [85] John Miles Smith und Philip Yen-Tang Chang. "Optimizing the Performance of a Relational Algebra Database Interface". *Communications of the ACM (CACM)* 18(10):568–579, Okt. 1975. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery (ACM). ISSN: 0001-0782. doi:10.1145/361020.361025 (siehe S. 154).
- [86] "SQL Commands". In: *PostgreSQL Documentation*. 17.4. The PostgreSQL Global Development Group (PGDG), 20. Feb. 2025. Kap. Part VI. Reference. URL: <https://www.postgresql.org/docs/17/sql-commands.html> (besucht am 2025-02-25) (siehe S. 154).
- [87] Ryan K. Stephens und Ronald R. Plew. *Sams Teach Yourself SQL in 21 Days*. 4. Aufl. Sams Tech Yourself. Indianapolis, IN, USA: SAMS Technical Publishing und Hoboken, NJ, USA: Pearson Education, Inc., Okt. 2002. ISBN: 978-0-672-32451-2 (siehe S. 151, 154).
- [88] Ryan K. Stephens, Ronald R. Plew, Bryan Morgan und Jeff Perkins. *SQL in 21 Tagen. Die Datenbank-Abfragesprache SQL vollständig erklärt (in 14/21 Tagen)*. 6. Aufl. Burgthann, Bayern, Germany: Markt+Technik Verlag GmbH, Feb. 1998. ISBN: 978-3-8272-2020-2. Translation of ⁸⁷ (siehe S. 154).
- [89] Sinclair Target. *The IBM 029 Card Punch*. New York, NY, USA, 23. Juni 2018. URL: <https://twobithistory.org/2018/06/23/ibm-029-card-punch.html> (besucht am 2025-05-29) (siehe S. 26, 27).
- [90] Allen Taylor. *Introducing SQL and Relational Databases*. New York, NY, USA: Apress Media, LLC, Sep. 2018. ISBN: 978-1-4842-3841-7 (siehe S. 154).
- [91] Robert W. Taylor und Randall L. Frank. "CODASYL Data-Base Management Systems". *ACM Computing Surveys (CSUR)* 8(1):67–103, März 1976. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery (ACM). ISSN: 0360-0300. doi:10.1145/356662.356666 (siehe S. 51–57).
- [92] Alkin Tezuysal und Ibrar Ahmed. *Database Design and Modeling with PostgreSQL and MySQL*. Birmingham, England, UK: Packt Publishing Ltd, Juli 2024. ISBN: 978-1-80323-347-5 (siehe S. 154).
- [93] The Editors of Encyclopaedia Britannica, Hrsg. *Encyclopaedia Britannica*. Chicago, IL, USA: Encyclopædia Britannica, Inc.

References XII



- [94] *The IBM Punched Card: The paper on-ramp to the Information Age once held most of the world's data.* IBM Heritage. Armonk, NY, USA: International Business Machines Corporation (IBM). URL: <https://www.ibm.com/history/punched-card> (besucht am 2025-01-08) (siehe S. 20–24, 26, 27).
- [95] Christina Tyler. "Clay Tablets Reveal Accounting Answers". *The Gazette* 10(36), 1. Okt. 1999. URL: <https://www.loc.gov/collections/cuneiform-tablets/articles-and-essays/clay-tablets-reveal-accounting-answers> (besucht am 2025-01-08). Also part of³³ (siehe S. 145).
- [96] Thomas Weise (汤卫思). *Databases*. Hefei, Anhui, China (中国安徽省合肥市): Hefei University (合肥大学), School of Artificial Intelligence and Big Data (人工智能与大数据学院), Institute of Applied Optimization (应用优化研究所, IAO), 2025. URL: <https://thomasweise.github.io/databases> (besucht am 2025-01-05) (siehe S. 153, 154).
- [97] Matthew West. *Developing High Quality Data Models*. Version: 2.0, Issue: 2.1. London, England, UK: Shell International Limited und European Process Industries STEP Technical Liaison Executive (EPISTLE); Burlington, MA, USA/San Mateo, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers, 8. Dez. 1995–Dez. 2010. ISBN: 978-0-12-375107-2. URL: <https://www.researchgate.net/publication/286610894> (besucht am 2025-03-24). Edited by Julian Fowler (siehe S. 153).
- [98] *What is a Relational Database?* Armonk, NY, USA: International Business Machines Corporation (IBM), 20. Okt. 2021–12. Dez. 2024. URL: <https://www.ibm.com/think/topics/relational-databases> (besucht am 2025-01-05) (siehe S. 154).
- [99] Kinza Yasar und Craig S. Mullins. *Definition: Database Management System (DBMS)*. Newton, MA, USA: TechTarget, Inc., Juni 2024. URL: <https://www.techtarget.com/searchdatamanagement/definition/database-management-system> (besucht am 2025-01-11) (siehe S. 5, 6, 153).
- [100] Nicola Abdo Ziadeh, Michael B. Rowton, A. Geoffrey Woodhead, Wolfgang Helck, Jean L.A. Filliozat, Hiroyuki Momo, Eric Thompson, E.J. Wiesenbergs und Shih-ch'ang Wu. "Chronology – Christian History, Dates, Events". In: *Encyclopaedia Britannica*. Hrsg. von The Editors of Encyclopaedia Britannica. Chicago, IL, USA: Encyclopædia Britannica, Inc., 26. Juli 1999–20. März 2024. URL: <https://www.britannica.com/topic/chronology/Christian> (besucht am 2025-08-27) (siehe S. 153).

Glossary (in English) I



BCE The time notation *before Common Era* is a non-religious but chronological equivalent alternative to the traditional *Before Christ (BC)* notation, which refers to the years *before* the birth of Jesus Christ¹⁸. The years BCE are counted down, i.e., the larger the year, the farther in the past. The year 1 BCE comes directly before the year 1 Common Era (CE)^{81,100}.

CE The time notation *Common Era* is a non-religious but chronological equivalent alternative to the traditional *Anno Domini (AD)* notation, which refers to the years *after* the birth of Jesus Christ¹⁸. The years CE are counted upwards, i.e., the smaller they are, the farther they are in the past. The year 1 CE comes directly after the year 1 BCE^{81,100}.

DB A *database* is an organized collection of structured information or data, typically stored electronically in a computer system. Databases are discussed in our book *Databases*⁹⁶.

DB2 developed by IBM is one of the older and popular relational database management systems (DBMSes)^{5,28,45}.

DBMS A *database management system* is the software layer located between the user or application and the database (DB). The DBMS allows the user/application to create, read, write, update, delete, and otherwise manipulate the data in the DB⁹⁹.

ERD Entity relationship diagrams show the relationships between objects, e.g., between the tables in a DB and how they reference each other^{11,16,25–27,55,82,97}

IDS Integrated Data Store was developed by Bachman in 1961/62 at General Electric was the first DBMS using a network-based data model^{3,4}

IMS The Information Management System developed by IBM for the Apollo space program was the first DBMS using a hierarchical data model^{14,57,61}

Oracle Database The Oracle Database was the first commercial SQL-based relational database²⁰. It is still a highly successful proprietary product with many features^{13,62}. Learn more at <https://www.oracle.com/database>.

Glossary (in English) II



PostgreSQL An open source object-relational DBMS^{41,70,75,92}. See <https://postgresql.org> for more information.

relational database A relational DB is a database that organizes data into rows (tuples, records) and columns (attributes), which collectively form tables (relations) where the data points are related to each other^{29,47,48,85,90,96,98}.

SQL The *Structured Query Language* is basically a programming language for querying and manipulating relational databases^{20,35,36,40,52,69,86–88,90}. It is understood by many DBMSes. You find the SQL commands supported by PostgreSQL in the reference⁸⁶.