

DIPLOMA

Private staatlich anerkannte Hochschule
University of Applied Sciences

diploma.de

Gsell / Ellmann

Grundlagen der IT-Infrastruktur I

Studienheft Nr. 438
3. korrigierte Auflage 07/2021

Verfasser

Dr. Heiko Gsell (Dipl.-Ing.)

Dozent an der DIPLOMA Hochschule,
Innovationsberater (HFP Innovationsberatung, Frankfurt / München / Berlin)

Überarbeitung

Ing. Mathias Ellmann (M.Sc. Wirtschaftsingenieurwesen, B.Eng. der Elektro- und Informationstechnik)

Promotionsstudium der Informatik an der Universität Hamburg,
Schwerpunkte Text Mining und Text Analytics
Freiberuflicher Dozent für Wirtschaftsinformatik, Programmiertechniken
und objektorientierte Programmierung

Leseprobe

© by DIPLOMA Private Hochschulgesellschaft mbH

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung und des Nachdrucks, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

DIPLOMA Hochschule

University of Applied Sciences
Am Hegeberg 2
37242 Bad Sooden-Allendorf
Tel. +49 (0) 56 52 58 77 70, Fax +49 (0) 56 52 58 77 729

Hinweise zur Arbeit mit diesem Studienheft

Der **Inhalt** dieses Studienheftes unterscheidet sich von einem Lehrbuch, da er **speziell für das Selbststudium aufgearbeitet** ist.

In der Regel beginnt die Bearbeitung mit einer Information über den Inhalt des Lehrstoffes. Diese Auskunft gibt Ihnen das **Inhaltsverzeichnis**.

Beim Erschließen neuer Inhalte finden Sie meist Begriffe, die Ihnen bisher unbekannt sind. Die **wichtigsten Fachbegriffe** werden Ihnen übersichtlich in einem dem Inhaltsverzeichnis nachgestellten **Glossar** erläutert.

Den einzelnen Kapiteln sind **Lernziele** vorangestellt. Sie dienen als Orientierungshilfe und ermöglichen Ihnen die Überprüfung Ihrer Lernerfolge. Setzen Sie sich **aktiv** mit dem Text auseinander, indem Sie sich Wichtiges mit farbigen Stiften kennzeichnen. Betrachten Sie dieses Studienheft nicht als „schönes Buch“, das nicht verändert werden darf. Es ist ein **Arbeitsheft, mit und in dem Sie arbeiten** sollen.

Zur **besseren Orientierung** haben wir Merksätze bzw. besonders wichtige Aussagen durch Fettdruck und/oder Einzug hervorgehoben.

Lassen Sie sich nicht beunruhigen, wenn Sie Sachverhalte finden, die zunächst noch unverständlich für Sie sind. Diese Probleme sind bei der ersten Begegnung mit neuem Stoff ganz normal.

Nach jedem größeren Lernabschnitt haben wir Übungsaufgaben eingearbeitet, die mit „**SK = Selbstkontrolle**“ gekennzeichnet sind. Sie sollen der Vertiefung und Festigung der Lerninhalte dienen. Versuchen Sie, die ersten Aufgaben zu lösen und die Fragen zu beantworten. Dabei werden Sie teilweise feststellen, dass das dazu erforderliche Wissen nach dem ersten Durcharbeiten des Lehrstoffes noch nicht vorhanden ist. Gehen Sie diesen Inhalten noch einmal nach, d. h. durchsuchen Sie die Seiten gezielt nach den erforderlichen Informationen.

Bereits während der Bearbeitung einer Frage sollten Sie die eigene Antwort schriftlich festhalten. Erst nach der vollständigen Beantwortung **vergleichen Sie Ihre Lösung mit dem am Ende des Studienheftes angegebenen Lösungsangebot**.

Stellen Sie dabei fest, dass Ihre eigene Antwort unvollständig oder falsch ist, müssen Sie sich nochmals um die Aufgabe bemühen. Versuchen Sie, jedes behandelte Thema vollständig zu verstehen. **Es bringt nichts, Wissenslücken durch Umblättern zu übergehen**. In vielen Studienfächern baut der spätere Stoff auf vorhergehendem auf. Kleine Lücken in den Grundlagen verursachen deshalb große Lücken in den Anwendungen.

Zudem enthält jedes Studienheft **Literaturhinweise**. Sie sollten diese Hinweise als ergänzende und vertiefende Literatur bei Bedarf zur Auseinandersetzung mit der jeweiligen Thematik betrachten. Finden Sie auch nach intensivem Durcharbeiten keine zufriedenstellenden Antworten auf Ihre Fragen, **geben Sie nicht auf. Wenden Sie sich** in diesen Fällen schriftlich oder fernmündlich **an uns**. Wir stehen Ihnen mit Ratschlägen und fachlicher Anleitung gern zur Seite.

Wenn Sie **ohne Zeitdruck** studieren, sind Ihre Erfolge größer. Lassen Sie sich also nicht unter Zeitdruck setzen. **Pausen** sind wichtig für Ihren Lernfortschritt. Kein Mensch ist in der Lage, stundenlang ohne Pause konzentriert zu arbeiten. Machen Sie also Pausen: Es kann eine kurze Pause mit einer Tasse Kaffee sein, eventuell aber auch ein Spaziergang an der frischen Luft, sodass Sie wieder etwas Abstand zu den Studienthemen gewinnen können.

Abschließend noch ein formaler Hinweis: Sofern in diesem Studienheft bei Professionsbezeichnungen und/oder Adressierungen aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschließlich die männliche Form Verwendung findet (z. B. „Rezipienten“), sind dennoch alle sozialen Geschlechter, wenn kontextuell nicht anders gekennzeichnet, gemeint.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg bei der Bearbeitung dieses Studienheftes.

Ihre

DIPLOMA
Private Hochschulgesellschaft mbH

Leseprobe

Inhaltsverzeichnis	Seite
Glossar	7
1 Grundlagen von Computersystemen	10
1.1 Computer-Hardware	10
1.2 Aufbau von Computersystemen	11
1.2.1 Funktionsweise eines Computers	12
1.2.2 Die Central Processing Unit CPU	13
1.2.3 Der Cache-Speicher	14
1.2.4 Der Arbeitsspeicher	15
1.2.5 Der Chipsatz	16
1.2.6 Controller	17
1.3 Zusammenspiel der Systemkomponenten	18
1.4 Systemarchitektur-Konzepte	21
2 Rechnernetzwerke	24
2.1 Grundlagen und Netzwerkarchitekturen	24
2.1.1 Bedeutung und Aufgaben von Netzwerken	24
2.1.2 Netzwerk-Topologien	25
2.1.3 Netzwerkarchitekturen	27
2.2 Netzwerktechnologien und -komponenten	28
2.2.1 Netzwerktechnologien	28
2.2.2 Übertragungsmethoden	29
2.2.3 Netzwerkgeräte und Übertragungsmedien	29
2.2.4 Netzwerkspeicher	30
2.3 Konfiguration von Netzwerken	31
3 Betriebssysteme	34
3.1 Aufgaben von Betriebssystemen	34
3.2 Arten von Betriebssystemen	35
3.3 Betriebssystem-Konzepte	36
3.3.1 Prozesse, Threads und Deadlocks	37
3.3.2 Speicherverwaltung	38
3.3.3 Ein- und Ausgabe	39
3.3.4 Dateiverwaltung	39
3.3.5 Security	40
3.4 Betriebssystem-Strukturen und -Komponenten	40
3.4.1 Monolithische Systeme	40
3.4.2 Geschichtete Systeme	41
3.4.3 Virtuelle Maschinen	42
3.4.4 Exokernel	43
3.4.5 Client-Server-Modell	43
4 Die Rolle und Bedeutung von IT-Infrastrukturen in modernen Organisationen	46
4.1 Definition von IT-Infrastrukturen	46
4.2 IT-Infrastrukturen in modernen Organisationen – Bedeutung, Zweck, Ausprägungen	47
5 IT-Infrastruktur für Industrie 4.0	51
5.1 Grundlagen von Industrie 4.0	51

IT-Infrastruktur I

5.2	Anforderungen von Industrie 4.0 an die IT-Infrastruktur	52
5.3	Integration von Industrie 4.0 und IT-Infrastruktur/Standardisierung	55
5.4	IT-Infrastrukturlösungen unter Einbettung von Industrie 4.0	57
6	Protokolle	61
6.1	Prinzipien der Kommunikation	61
6.2	Modelle und Funktionen von Kommunikationsprotokollen	62
6.3	Peripherieprotokolle und Kommunikation	64
6.4	Transportprotokolle	65
6.4.1	Transmission Control Protocol TCP	65
6.4.2	User Datagram Protocol UDP	67
6.5	IP-Protokolle/-Protokollfamilien, IPv6	67
6.6	Standard-Netzwerkprotokolle für das Internet	69
6.7	Open Platform Communications für die M2M-Kommunikation	70
	Lösung der Übungsaufgaben	73
	Literaturempfehlungen und Quellenverzeichnis	81
	Literaturempfehlungen	81
	Verzeichnis der verwendeten Quellen	81

Glossar

Agent	Als Software-Agent (auch Agent oder Softbot) wird ein Computerprogramm bezeichnet, welches zu eigenständigem und eigendynamischem Verhalten fähig ist. Dies bedeutet, dass in Abhängigkeit von bestimmten Zuständen (Status) ein definierter Verarbeitungsvorgang abläuft, ohne dass von außen ein Startsignal gegeben wird oder während des Vorgangs ein Steuerungseingriff erfolgt.
Arithmetisch-logische Einheit	Eine arithmetisch-logische Einheit (engl. Arithmetic Logic Unit, ALU) ist ein elektronisches Rechenwerk, welches in Prozessoren zum Einsatz kommt. Die ALU berechnet arithmetische und logische Funktionen. Sinnvollerweise kann sie mindestens die Operationen Addition (ADD), Negation (NOT) und Konjunktion (AND) durchführen.
Asynchronous Transfer Mode, ATM	Asynchronous Transfer Mode (ATM) ist ein Kommunikationsprotokoll, welches sich für die Übertragung von Daten, Sprache und Video eignet.
Boolesche Algebra	Die boolesche Algebra stellt die Grundlage für den Entwurf von elektronischen Schaltungen bis hin zu Computern dar. Sie ist nach Georg Boole (1815 bis 1864) benannt, der als Erster eine „Algebra der Logik“ entwickelt hat. Diese Algebra kennt lediglich die beiden Zustände „wahr“ und „falsch“, die in einem Schaltkreis den grundlegenden Zuständen „Strom fließt“ und „Strom fließt nicht“ entsprechen. Diese beiden Zustände werden durch die Zahlen 0 und 1 modelliert.
Bussystem	Ein Bus ist ein System zur Datenübertragung zwischen mehreren Teilnehmern über einen gemeinsamen Übertragungsweg, bei dem die Teilnehmer nicht an der Datenübertragung zwischen anderen Teilnehmern beteiligt sind [IEC 2013].
BYOD	BYOD ist Teil der IT-Consumerisation, bei der private Software und Hardware in die Unternehmen gebracht werden. Bring Your Own Technologie (BYOT) bedeutet die Nutzung von privaten Endgeräten und Anwendungen der Mitarbeiter am Arbeitsplatz. Am häufigsten werden Smartphones sowie Tablets, Laptops und USB-Sticks genutzt.
Customer Relationship Management, CRM	Ein Customer-Relationship-Management-System oder CRM-System stellt ein System zur Unterstützung der strukturierten Gestaltung aller Beziehungen und Interaktionen eines Unternehmens mit bestehenden und potenziellen Kunden mit dem Ziel der Steigerung des Unternehmenserfolgs gemessen am Gewinn dar.
Enterprise Resource Planning, ERP	Ein Enterprise Resource-Planning-(ERP-)System dient der funktionsbereichsübergreifenden IT-Unterstützung der in einem Unternehmen durchgeführten Geschäftsprozesse. Es integriert unterschiedliche Funktionsmodule und Unternehmensbereiche, die für die Abwicklung von Aufträgen in einem Unternehmen erforderlich sind. Die Module nutzen eine gemeinsame Datenbasis, sodass die entsprechenden Daten unternehmensweit konsolidiert werden. Dies erlaubt eine Unterstützung der Planung über alle Ebenen und Abteilungen eines Unternehmens hinweg [Gabler 2018c].

IT-Infrastruktur I

Fiber Distributed Data Interface, FDDI	Das Fiber Distributed Data Interface (FDDI) , auch Lichtwellenleiter-Metro-Ring genannt, ist eine Ende der 1980er Jahre entwickelte standardisierte 100-MBit/s-Netzwerkstruktur für lokale Netzwerke. Als Übertragungsmedium werden Glasfaserkabel in einem doppelten, gegenläufigen Ring mit Token-Zugriffsmechanismus eingesetzt.
Flynnsche Klassifikation	Unterteilung von Rechnerarchitekturen, in der die Architekturen nach der Anzahl der vorhandenen Befehls- (<i>Instruction Streams</i>) und Datenströme (<i>Data Streams</i>) unterteilt werden. Die verwendeten vierbuchstabigen Abkürzungen SISD, SIMD, MISD und MIMD wurden aus den Anfangsbuchstaben der englischen Beschreibungen abgeleitet, zum Beispiel steht SISD für „Single Instruction, Single Data“.
Interrupt Request, IRQ	Ein Interrupt Request (IRQ) bzw. eine Unterbrechungsanforderung löst eine Unterbrechung der Prozessbearbeitung eines Prozessors im System aus. I. d. R. wird diese von Geräten im System signalisiert und der Prozessor reagiert mit einem Kontextwechsel und führt die Unterbrechungsroutine aus. Nach deren Beendigung wird die IRQ zurückgesetzt und die unterbrochene Aufgabe fortgesetzt.
International Organization for Standardization, ISO	Die Internationale Organisation für Normung (engl. International Organization for Standardization, ISO) bezeichnet die internationale Vereinigung von Normungsorganisationen und erarbeitet internationale Normen in allen Bereichen.
IP-Schutzart	Eine IP-Schutzart bezeichnet die Eignung von elektrischen Betriebsmitteln, bspw. Geräten, Leuchten oder Installationsmaterial, für den Einsatz in unterschiedlichen Betriebsumgebungen. Zusätzlich wird der Schutz von Menschen gegen potenzielle Gefährdung bei der Benutzung der Betriebsmittel angegeben.
Linker	Unter einem Linker oder Binder (auch „Bindelader“) ist ein Programm zu verstehen, das einzelne Programmmodule zu einem ausführbaren Programm zusammenstellt (verbindet).
Listserver	Ein Listserver bezeichnet ein Programm zur Verwaltung von Mailinglisten . Es beantwortet automatisch Anfragen per E-Mail und verteilt neue Nachrichten als Rundschreiben.
Manufacturing Execution System, MES	Als Manufacturing Execution System (MES) wird ein prozessnah operierendes IT-System zur Echtzeit-Steuerung und -Kontrolle von Maschinen und Anlagen eines mehrschichtigen Produktionssystems bezeichnet.
Peripheral Component Interconnect Express, PCIe	PCI Express (Peripheral Component Interconnect Express, PCIe oder PCI-E) ist ein Erweiterungsstandard zur Verbindung von Peripheriegeräten mit dem Chipsatz eines Hauptprozessors. Es handelt sich hier um eine separate serielle Punkt-zu-Punkt-Verbindung.
Request for Comments, RFC	Die Requests for Comments (RFC) bezeichnen eine Sammlung nummerierter Dokumente, welche von der Internet Engineering Task Force IETF herausgegeben werden. RFCs behandeln Protokolle, Methoden, Programme und Konzepte, welche die Zusammenarbeit unterschiedlicher Systeme im Internet unterstützen.

Stack

Ein Stack ist eine **spezielle Form einer linearen Liste**, die Elemente nach dem Prinzip „Last-in-first-out“ (LiFo) aufnimmt und abgibt.

Trap-Befehl

Ein Trap ist ein **Softwareinterrupt**, der einen Wechsel vom Benutzermodus in den Systemmodus veranlasst, indem in der Hardware, im Prozessor-Status-Register (Flag-Register) das 8. Bit, das Trap-Flag, gesetzt wird.

Leseprobe

1 Grundlagen von Computersystemen

Lernziele:

Wenn Sie das Studium dieses Kapitels abgeschlossen haben:

- wissen und verstehen Sie, aus welchen Komponenten sich Computersysteme zusammensetzen,
- wissen Sie, über welche Funktionen und charakteristische Besonderheiten diese Komponenten verfügen,
- haben Sie den Aufbau und das Zusammenspiel der Computersystem-Komponenten erfasst
- und wissen Sie, wie Architekturkonzepte von Computersystemen aussehen können.

1.1 Computer-Hardware

Zur Veranschaulichung der wichtigsten Systemkomponenten eines Computersystems wird der Personal Computer herangezogen, wie in Abbildung 1 dargestellt.



Abbildung 1: Computersystem (Eigene Darstellung)

Die Komponenten, welche in einem Personal Computer verbaut sind, werden ebenso auch in Großrechnern, Bordcomputern von Fahrzeugen, Spielkonsolen oder anderen Computersystemen eingesetzt [WikiBooks 2013]. Ein Computersystem besteht aus einer Computer-Hardware, welche wie folgt definiert wird:

Definition: Computer-Hardware bildet den Oberbegriff sowohl für die mechanische als auch die elektronische Ausrüstung eines Computersystems.

Die Grundlage eines Computersystems bildet die Digitalelektronik, welche die **Zustände 0 und 1** durch elektronische Signale und Bauelemente ermöglicht [Kuhr 2012, S. 3]. Informationen, die ein Computersystem verarbeitet – also Zahlen, Texte, Bilder, Musik, Videos etc. –, werden in einer Folge von Nullen und Einsen umgewandelt, die der Computer, insbesondere die Central Processing Unit (CPU, Kapitel 1.2.2), sodann verarbeiten kann. Diese Folge von Nullen und Einsen kann durch elektronische Schalter, sogenannten Transistoren in der Hardware repräsentiert werden.

Die gesamte Hardware eines Computersystems lässt sich heute auf wenigen Chips, elektronischen Halbleiterbauelementen wie Transistoren oder Dioden integrieren: So können nach aktuellem Stand der Technik ca. 800 Millionen Transistoren auf rund 1 cm² Chipfläche untergebracht werden. Mit Hilfe von elektronischen Bauelementen wie Gattern (AND, OR, XOR) und bistabilen Stufen („Flip-Flops“) als Speicherelemente setzen Computersysteme die **boolesche Algebra** um. Aus den genannten Bauteilen werden Register und Addierer und daraus Rechenwerke, Steuerwerke und Speicher von Mikroprozessoren aufgebaut. Diese ermöglichen die Transformation der Information in computerverständliche Sprachelemente aus Nullen und Einsen.

1.2 Aufbau von Computersystemen

Ein modernes Computersystem besteht im Wesentlichen aus den folgenden elektronischen Systemkomponenten [Kuhr 2012, S. 3]:

- Prozessor (engl. **Central Processing Unit CPU**) als oberste Steuerungs- und Recheneinheit für das Computersystem mit mehreren 1.000 Millionen Instruktionen pro Sekunde (MIPS)
- Schneller **Cache-Speicher** mit Systemgeschwindigkeit
- Arbeitsspeicher (engl. **Random-Access-Memory RAM**) zur zeitlich begrenzten Speicherung von Daten
- „Northbridge“ als **Systembus** zum Hauptspeicher und zur Grafikkarte mit einer Übertragungsrate von ca. 8 GByte/s.
- „Southbridge“ als **Brücke zur Peripherie** wie Festplatte, CD-ROM, USB, etc. mit Übertragungsraten von 60 Mbyte/s. (USB) über 150 Mbyte/s. (SATA) bis zu 500 Mbyte/s. (PCI-Express x1)
- **Controller** für Datentransfers zu weiteren Komponenten, wie z. B. Direct Memory Access (DMA), SCSI, IDE, USB. etc.

Diese Komponenten befinden sich auf einem Mainboard, wie nachfolgende Abbildung 2 zeigt.

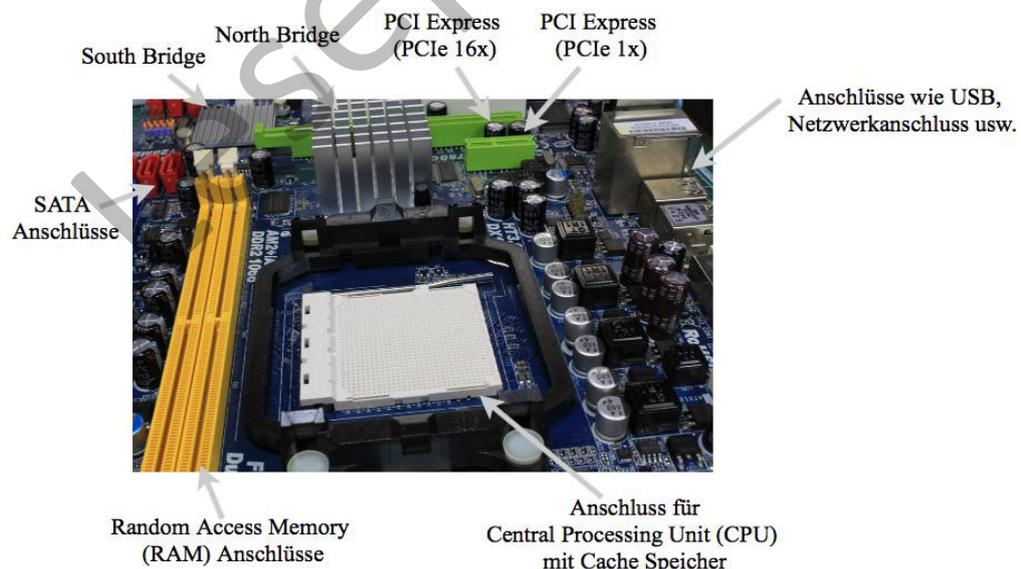


Abbildung 2: Schaltbild eines Mainboards (Eigene Darstellung)

Die Verbindungen der Komponenten, die sich auf dem Mainboard eines Computersystems befinden, sind in folgender Abbildung 3 dargestellt. In den folgenden Abschnitten werden die wichtigsten Aspekte dieser Komponenten ausgeführt.

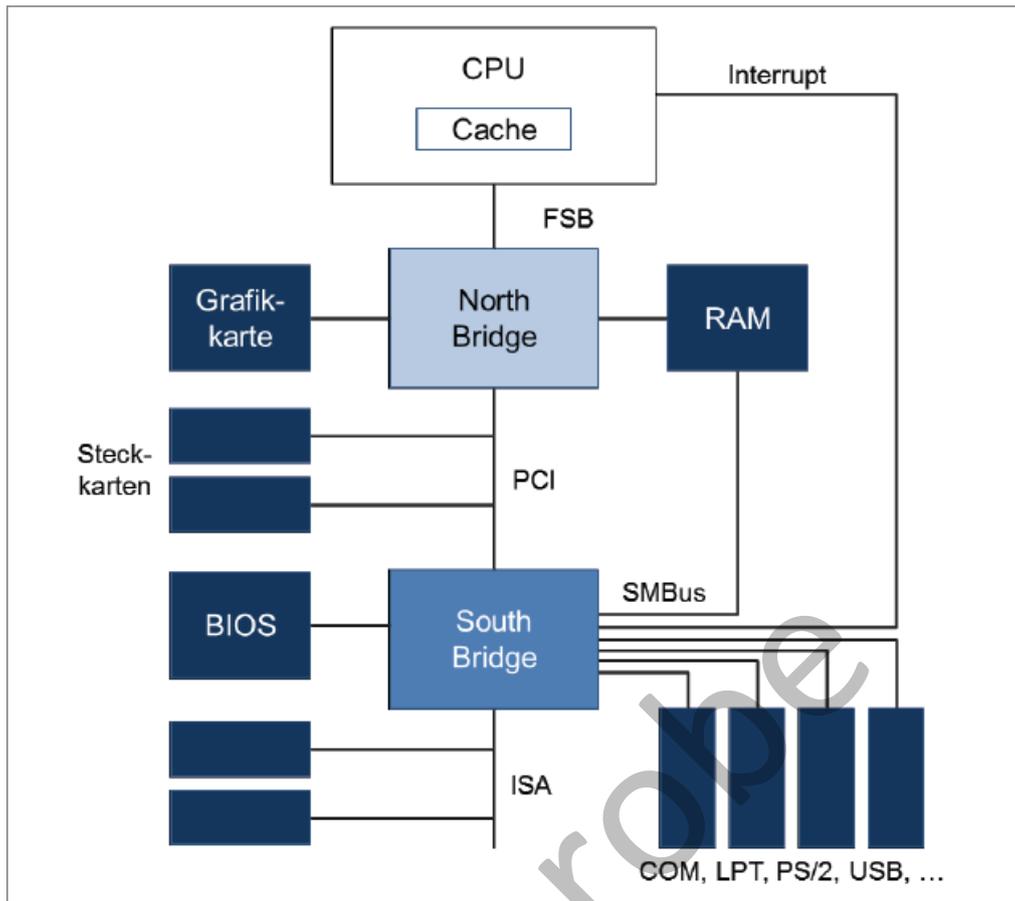


Abbildung 3: Systemkomponenten auf dem Mainboard (vgl. [Kuhr 2012, S. 9])

1.2.1 Funktionsweise eines Computers

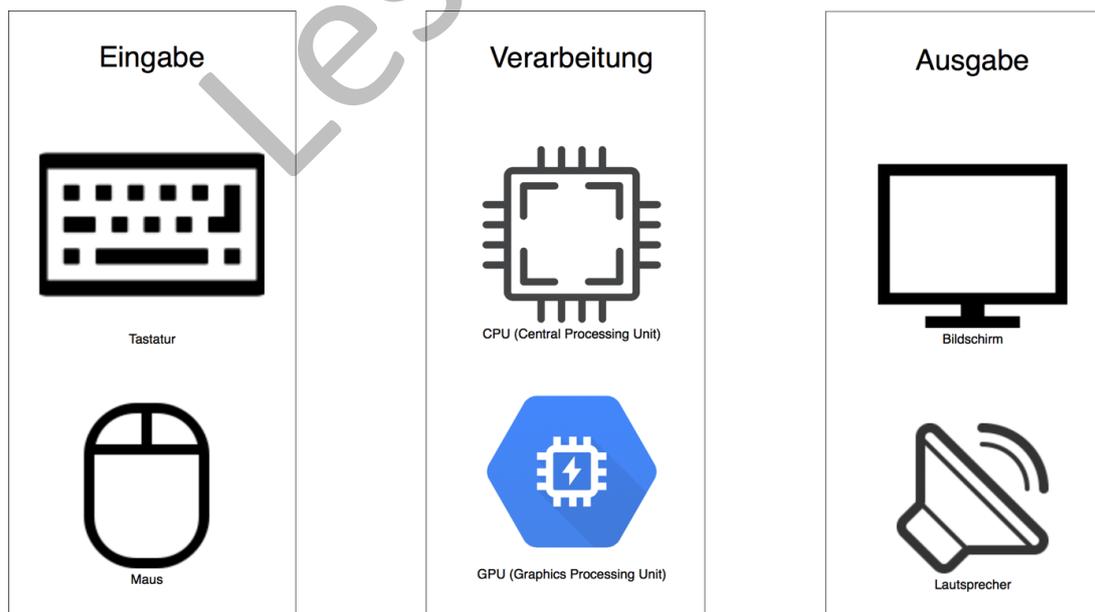


Abbildung 4: Eingabe – Verarbeitung – Ausgabe (Eigene Darstellung)

In einem modernen Computer lässt sich die Funktionsweise eines Computers in fünf Ebenen unterscheiden [Meyers 2016, S. 79]:

- Eingabe
- Verarbeitung
- Ausgabe
- Datenspeicherung
- Netzwerkverbindung

Zu den Eingabegeräten gehören beispielsweise Maus, Tastatur oder Touchscreen. Nach dem Betätigen einer Maus oder einer Tastatur werden eingehende Informationen durch eine Central Processing Unit (CPU) oder bei graphischen Informationen durch eine Graphics Processing Unit (GPU) verarbeitet und an den Ausgabegeräten wie beispielsweise Bildschirm oder Lautsprecher ausgegeben. Bei Bedarf können Daten auf einer Festplatte wie SSD oder HDD gespeichert oder durch eine Netzwerkverbindung mittels einer Netzwerkkarte und eines Kabels an verschiedene Computer übertragen werden.

Merke: Die Funktionsweise eines Computers wird in fünf Ebenen unterschieden: Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe, Datenspeicherung und Netzwerkverbindung. Die zentrale Verarbeitungseinheit (Central Processing Unit, CPU) stellt hierbei den Kern des Computers dar.

1.2.2 Die Central Processing Unit (CPU)

Die zentrale Recheneinheit in einem Computersystem bildet der **Prozessor** bzw. die **Central Processing Unit (CPU)**. Es handelt sich dabei um eine elektronische Schaltung, die gemäß übergebener Befehle andere Maschinen oder elektrische Schaltungen steuert. Die CPU führt also Berechnungen aus und steuert damit alle Komponenten des Computersystems, sodass ein Prozess bzw. Algorithmus, eine Folge von Befehlen, ausgeführt wird, bei dem i. d. R. Daten verarbeitet werden. Die zentralen Aufgaben eines Prozessors liegen in der Abarbeitung von Maschinenprogrammen, also in der Ausführung von **arithmetischen und logischen Operationen zur Verarbeitung von Daten** aus internen oder externen Quellen wie z. B. dem Arbeitsspeicher.

Zur Durchführung von Rechenoperationen muss ein Prozessor über unterschiedliche Einheiten verfügen, die miteinander interagieren. Bei diesen Einheiten handelt es sich um die folgenden [WikiBooks 2013]:

- Das **Rechenwerk** (inkl. **arithmetisch-logischer Einheit**) führt die Berechnungen aus; es bildet die erste Kerneinheit eines Prozessors
- Die zweite Kerneinheit eines Prozessors ist das **Steuerwerk (Control Unit, CU)**, welches die Befehle entschlüsselt
- Der **Speichermanager** (engl. **Memory Management Unit, MMU**) verwaltet den Arbeitsspeicher
- Der **mathematische Coprozessor** (engl. **Float Point Unit, FPU**) führt Gleitkommaberechnungen aus
- Der **CPU-Cache (Cache-Speicher)** speichert häufig benötigte Daten; dieser wird in Kapitel 1.2.3 ausführlich behandelt

Merke: Alle Operationen in einem Prozessor laufen getaktet ab. Die Taktfrequenz gibt an, in welchem Intervall je Zeiteinheit ein Taktsignal gegeben wird. Ein Prozessortakt ist also die Zeit für die Ausführung eines einfachen Befehls, zum Beispiel einer Addition oder eines Speicherzugriffs.

Der erste IBM-PC aus dem Jahr 1980, der mit dem Prozessor „i8088“ ausgerüstet war, hatte eine Taktfrequenz von knapp 5 MHz (dies entspricht fünf Millionen Takten pro Sekunde). Jeder Takt dauert demnach 200 ns (Nanosekunden). Jede einzelne Schaltung des Prozessors war so gestaltet, dass sie niemals länger als 200 ns für einen einfachen Befehl brauchte.

Heutige Computersysteme verfügen über Taktfrequenzen von zwei bis drei Gigahertz. Um die Leistung heutiger CPUs zu vergleichen, genügt der Vergleich der Taktfrequenz nicht. Auch die **Größe und die Organisation des Cache-Speichers**, die **Qualität der Vorschaulogik**, die interne **Arbeits- teilung zwischen den CPU-Baugruppen** sowie das **Design der CPU** haben erheblichen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Prozessors. Die Leistung und die Qualität der CPU sind entscheidend für die zuverlässige Funktion des gesamten Computersystems.

Im Vergleich zur vorangehenden Generation setzt jede neue **Prozessorfamilie** neuartige, erweiterte Eigenschaften und zusätzliche Befehle um. Die neue Prozessorfamilie muss die Fähigkeit aufweisen, alle Befehle der Vorgänger-Prozessorfamilie ebenso ausführen zu können wie die vorangehende Generation, d. h. sie muss **kompatibel** zu dieser sein. Dadurch läuft Anwendungssoftware nicht nur auf jedem neuen Prozessor, sondern auch auf Computersystemen mit Prozessoren unterschiedlicher Hersteller.

Zur Verarbeitung von grafischen Daten ist ein eigenständiger Prozessor (GPU, Graphics Processing Unit) erforderlich. Dieser Grafikprozessor unterscheidet sich von der Architektur und von der Funktionsweise von einer CPU [Meyers 2016, S. 145]. Eine GPU kann in eine CPU integriert sein, was die Geschwindigkeit des Computers aufgrund kürzerer Verarbeitungswege zwischen CPU und GPU erhöht. Des Weiteren können Kosten und der Energieverbrauch insgesamt aufgrund gemeinsamer Kühlung vermindert werden. In mobilen Geräten als auch Spielekonsolen ist häufig eine GPU in eine CPU integriert.

1.2.3 Der Cache-Speicher

Eine wesentliche Einheit innerhalb der CPU ist der **Cache-Speicher**. Dieser Speicher ist ein spezieller Puffer-Speicher, der zwischen dem Arbeitsspeicher und dem Prozessor liegt (siehe Abbildung 3). Er hat als **schneller Beschleunigungsspeicher** die Aufgabe, die am häufigsten benötigten Daten für schnellen Zugriff bereitzuhalten.

CPUs können in ihrem Gehäuse mehrere Kerne (vier, sechs oder acht Kerne) haben und nutzen verschiedenen Cache-Speicher zur Bearbeitung ihrer Daten und Befehle [Meyers 2016, S. 142]. Es wird zwischen drei Cache-Speichern unterschieden: L1-, L2- und L3-Cache-Speicher, bei denen jeder Kern einen eigenen L1- und L2-Cache-Speicher hat. Der L3-Cache-Speicher wird von mehreren Kernen gemeinsam genutzt. Der Cache-Speicher hat unterschiedliche Größen von 64 KB (L1-Cache-Speicher; 32 KB für den D-Cache für die Daten und 32 KB für den I-Cache für die Befehle [Instruktionen]), 256 KB und 15 MB, die nach ihrer Zahlenfolge ausgelesen werden.

Es handelt sich beim Cache-Speicher somit um einen kleinen, schnellen Speicher, der Kopien von den am häufigsten benötigten Daten des Arbeitsspeichers enthält. Wenn die CPU Daten aus dem Arbeitsspeicher anfordert, prüft eine Elektronik, ob von den benötigten Daten bereits eine Kopie im Cache-Speicher existiert. Wenn dies der Fall ist, erhält die CPU die Daten im selben Takt. Andernfalls wird

die Anforderung an den Arbeitsspeicher weitergegeben. Die CPU muss dann warten, d. h. einige Wartetakte einlegen, oder zu einer anderen Aufgabe wechseln [WikiBooks 2013].

Eine **Vorschau-Elektronik** entscheidet vollautomatisch, welche Daten im Cache gespeichert werden und wie lange diese im Cache verbleiben. Dabei werden die folgenden Kriterien angelegt:

- Daten, die in den letzten Mikrosekunden am **häufigsten benutzt** worden sind,
- Daten, welche **voraussichtlich demnächst benötigt** werden und
- Daten, die **voraussichtlich nicht mehr benötigt** werden und daher aus dem Cache entfernt werden können, um Platz zu schaffen.

Um Auswertungen entlang dieser Kriterien durchführen zu können, enthält jede Anwendungssoftware eine große Anzahl **Verzweigungsbefehle**, d. h. Befehle, bei denen die CPU in Abhängigkeit von einem Zwischenergebnis entscheiden muss, wie ein Programm wahrscheinlich fortgesetzt wird (sog. **Branch Prediction** bzw. **Sprungvorhersage**). Ist die Vorhersage gut und sind die richtigen Daten vorbereitet, kann das Rechenwerk zügig weiterarbeiten. Eine „schlechte“ Vorhersage bedeutet, dass die Kopien der bereits bereitgestellten Daten verworfen werden und das Rechenwerk warten muss.

Aktuelle CPUs verfügen über **zwei bis zwölf Mbyte** Cache-Speicher. Obwohl der Arbeitsspeicher mindestens um den Faktor 1.000 größer ist, ist die Cache-Verwaltung mit ausgefeilten Algorithmen in der Lage, 80 % bis 90 % der vom Prozessor benötigten Daten rechtzeitig im Cache-Speicher bereitzustellen. Erst wenn alle Programm-Befehle abgearbeitet sind oder ein Sprungbefehl zu einer Sprungadresse außerhalb des Caches führt, muss der Prozessor auf den Arbeitsspeicher zugreifen.

Ein Prozessor kann **jedes Byte des Arbeitsspeichers einzeln adressieren**. Ob der Prozessor die Bytes einzeln oder in Gruppen anfordert, ist abhängig vom ausgeführten Programm. Bspw. sind Zahlen bei genauen mathematischen Berechnungen i. d. R. vier Byte groß. Die Bits im Speicher werden zu Gruppen von 64 Bit zusammengefasst. Die acht Byte einer solchen Gruppe werden gleichzeitig gelesen oder geschrieben. Wenn die CPU z. B. Byte 3 dieser Gruppe benötigt, werden die Bytes 0 bis 7 gelesen, das Byte 3 wird zur CPU geschickt und die restlichen sieben nicht benötigten Byte verbleiben im Cache-Speicher. Falls die CPU bald darauf Byte 4 benötigt, erhält sie es aus dem Cache, und die Bytes 0 bis 7 brauchen nicht erneut gelesen zu werden. Dies ist vorteilhaft, da es viele Arten von Daten gibt, die Byte für Byte verarbeitet werden: So werden Texte, Musik und Videos nur selten „rückwärts“ oder sprungweise gelesen, angehört bzw. angesehen [WikiBooks 2013].

In Computersystemen werden Cache-Speicher außer innerhalb der CPU an weiteren Stellen eingesetzt:

- Als **Festplattencache** ist der Beschleunigungsspeicher Bestandteil der Festplattenelektronik; wenn ein Teil einer Spur einer Festplatte von der CPU angefordert wird, speichert der Cache den Rest der Spur für eventuelle spätere Anfragen
- Auch **CD- und DVD-Brenner** verwenden einen Cache; dieser Cache verhindert das Abreißen des Datenstroms, wenn es zu kleinen Verzögerungen beim Nachschub der abzuspielenden oder zu brennenden Daten kommt

1.2.4 Der Arbeitsspeicher

Durch das Ausführen von Programmen und Verarbeiten von Daten aus dem Arbeitsspeicher ergibt sich ein Geschwindigkeitsvorteil, der beim Lesen und Speichern der Programme und Daten von der Festplatte nicht möglich wäre. Der Arbeitsspeicher bildet einen **Zwischenspeicher** auf dem Weg zwischen Prozessor und Festplatte oder Ein- und Ausgabeeinheiten und zeichnet sich durch den wahlfreien Zugriff – sowohl lesend als auch schreibend – aus.

Der **Arbeitsspeicher** (engl. **Random Access Memory, RAM**) hat wesentlichen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit eines Computersystems bei der **Verarbeitung von großen Datenmengen**. Maßgebliche Leistungsfaktoren sind hier die **Lese- und Schreibgeschwindigkeit** aus und in diesen Speicher sowie seine **Speicherkapazität**. Die Größe des Arbeitsspeichers bestimmt die Menge der Daten, die für den Prozessor vorgehalten werden können [WikiBooks 2013].

Merke: Im Arbeitsspeicher sind nicht nur Daten, sondern auch Teile des Betriebssystems und Programme abgelegt, die von einem Anwender ausgeführt oder geladen worden sind. Der Arbeitsspeicher dient als Ablage für Daten und Programmcode, der zeitnah verarbeitet bzw. verarbeitet und zwischengespeichert werden muss.

Eine wesentliche Funktion des Arbeitsspeichers liegt in der **schnellen Änderbarkeit seiner Speicherinhalte**. Bei Verlust der Betriebsspannung verliert der Arbeitsspeicher den aktuellen Speicherinhalt, so z. B. beim Ausschalten des Computers. Sollen die Daten, die sich im Arbeitsspeicher befinden, dauerhaft gespeichert werden, müssen sie durch den Hauptprozessor vom Arbeitsspeicher in einen Flash-Speicher, auf eine Festplatte oder in einen batteriegepufferten Speicher geschrieben werden.

Grundsätzlich ist der physikalische Arbeitsspeicher auf die Größe des in einem Computersystem eingebauten Arbeitsspeichers begrenzt. Computersysteme können durch eine Festplatte oder einen Massenspeicher ihren **Arbeitsspeicher virtuell vergrößern**: Für diese Vergrößerung wird einer Anwendungssoftware vom Betriebssystem ein eigener virtueller Adressraum zugewiesen. Dabei kann es vorkommen, dass dieser Software mehr virtueller Speicher zugewiesen wird als Arbeitsspeicher physikalisch vorhanden ist. Wenn die Anwendungssoftware in diesem Fall mehr physischen Speicher benötigt als vorhanden ist, lagert das Betriebssystem die Daten auf die Festplatte in eine Auslagerungsdatei (*page file, swap file* [Meyers 2016, S. 181]) aus. Dadurch wird das Gesamtsystem langsamer, da der Festplatten-Zugriff mehr Zeit benötigt als der Zugriff auf den Arbeitsspeicher [WikiBooks 2013]. Die Auslagerung oder die Kopie eines Programms in den virtuellen Speicher entscheidet das System dynamisch, je nach Wichtigkeit und Aktivität der Programme.

Bei den aktuellen RAM-Bausteinen handelt es sich um DDR4-Bausteine, welche eine höhere Taktgeschwindigkeit als der Vorgänger DDR3 aufweist, was schnellere Lese- und Schreibvorgänge ermöglicht. Die Fehlerkorrektur eines falsch gelesenen Bits aus dem RAM findet bei fehlerintoleranten Systemen wie in einer Bank mittels ECC-RAM (*Error Correction Code* oder *Error Checking and Correction*) statt, das die frühere und schlechtere Fehlerkorrektur mit RAM mit Parität oder Parity-RAM ersetzt. ECC-RAM überprüft und korrigiert Fehler bei der Übertragung in Echtzeit und ist langsamer als RAM ohne Fehlerkorrekturschaltung [Meyers 2016, S. 179].

1.2.5 Der Chipsatz

Jeder Computer verfügt über ein Mainboard, auf dem die einzelnen Komponenten miteinander verbunden sind. Für die elektrische und logische Verknüpfung dieser Komponenten ist der **Chipsatz** zuständig. Moderne Mainboards verfügen entweder über einen **Haupt-Kontroll-Chip für das Bussystem** oder über zwei Chips für dieses System. Es werden die beiden Chips Northbridge und Southbridge (siehe Abbildung 3: Systemkomponenten auf dem Mainboard (vgl. [Kuhr 2012, S. 9])) genannt. Die Aufgaben der beiden Chips sind wie folgt geregelt:

- Die **Northbridge** steuert den **High-Speed-Bereich** von CPU, Arbeitsspeicher sowie der AGP-Grafikkarte und des PCIe-x16-Anschlusses. Dieser Chip befindet sich dicht an der CPU, in der die meisten und schnellsten Daten ausgetauscht werden. Die Northbridge synchronisiert und steuert breitbandige Datentransfers mit möglichst niedriger Latenz. Die Northbridge verbindet z. B. den Hauptprozessor mit der Grafikkarte. Durch den hohen Datendurchsatz, den eine Northbridge be-

wältigt, muss sie entsprechend breitbandig konzipiert und hoch getaktet sein, was meist auch eine Kühlung notwendig macht.

- Mit der **Integration des Speichercontrollers und des Grafikchips in die CPU** verliert die Northbridge zunehmend an Bedeutung. Die CPU übernimmt immer mehr Aufgaben und Teile des Chipsatzes werden in die CPU verbaut. Die Teile sind die Controller für Grafikkarte, Speicher und Direktanbindung von Erweiterungskarten, insbesondere von externen Grafikkarten und Laufwerken. Einfachere Schnittstellen werden über einen I/O-Chip über eine PCIe-Verbindung an den Prozessor angebunden.
- Die **Southbridge** steuert den übrigen **Datenverkehr zwischen peripheren Geräten** (PCI-Bus, PCIe-x1-Anschluss, ISA-Bus, IDE [Serial ATA und Parallel ATA] etc.) und weiteren Schnittstellen. Die Southbridge befindet sich nahe an den PCI-Steckplätzen, um auf möglichst kurzem Weg eine elektrische Verbindung herzustellen. Bei modernen Mainboards ist oft ein Teil der Peripherie bereits als Southbridge integriert, z. B. der USB-Controller. In der Regel sind die Chips der Southbridge langsamer als die der Northbridge und werden deshalb für die „langsameren“ Arbeiten wie bspw. Energieverwaltung (z. B. Steuerung des Standby-Modus), Interrupt-Controller, BIOS EEPROM, Netzwerkcontroller verwendet.

Die Leistungsfähigkeit eines Mainboards wird durch das Zusammenspiel dieser Komponenten bestimmt. Folgende Punkte sind hier von Bedeutung:

- Die Northbridge muss die Daten so schnell transportieren können wie sie die CPU liefert
- Der Arbeitsspeicher muss die Daten so schnell aufnehmen können wie sie von der CPU kommen
- Die interne Verbindung zwischen Northbridge und Southbridge muss so groß wie möglich sein, um einen Flaschenhals zu vermeiden

1.2.6 Controller

Controller haben im Computer eine Vielzahl von Aufgaben: Sie übernehmen bspw. die **Steuerung von Interrupt Requests (IRQ)** bzw. **Unterbrechungsanforderungen**, der Tastatureingabe oder Massenspeichern wie bspw. Festplatten, USB-Sticks oder DVD-Laufwerke und regeln den Datentransfer zu unterschiedlichen Schnittstellen [WikiBooks 2013]. Die Schnittstellen, die durch Controller gesteuert werden, dienen u. a. der Mensch-Maschine-Interaktion.

Eine **Schnittstelle** verbindet Systeme, die unterschiedliche physikalische, elektrische und mechanische Eigenschaften und ein **Protokoll für die Kommunikation und den Datenaustausch** haben. Der Übergang von einem System in ein anderes System, den eine Schnittstelle repräsentiert, kann für die Kommunikation oder den Datenaustausch verwendet werden. Dazu regeln Controller den Datentransfer von **Peripheriegeräten**, die über Schnittstellen mit dem Mainboard verbunden sind. Es lassen sich interne und externe Schnittstellen eines Computersystems unterscheiden:

- **Interne Schnittstellen** verbinden Systeme innerhalb eines Computers; sie werden i. d. R. aus dem Motherboard als Sockel oder Slot herausgeführt, die den Anschluss von Erweiterungskarten oder internen Laufwerken ermöglichen
- **Externe Schnittstellen** werden aus dem Computer-Gehäuse herausgeführt und verbinden Systeme oder Peripheriegeräte mit dem Computer; die Verbindung wird mit einer Kombination aus Stecker und Buchse realisiert

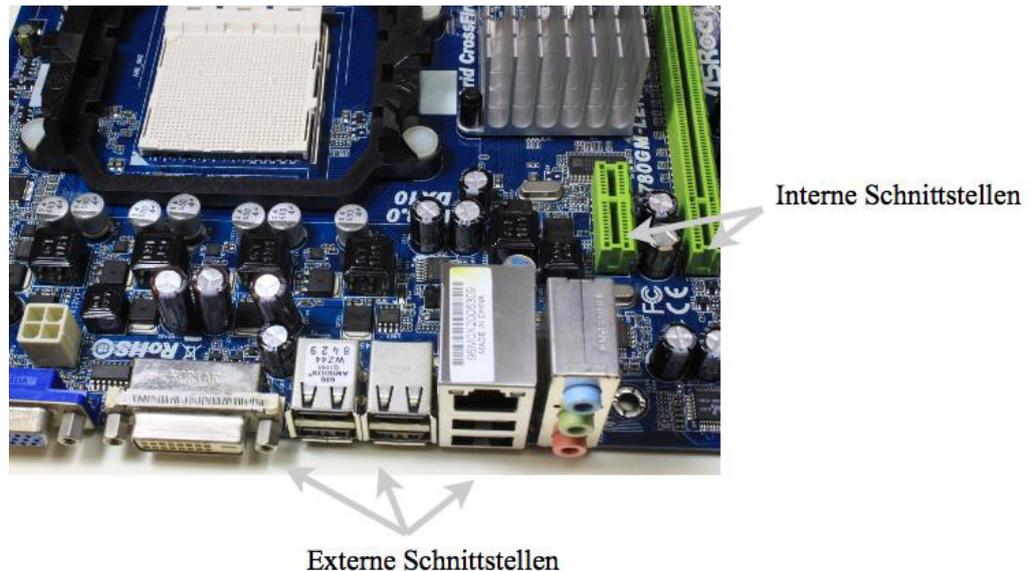


Abbildung 5: Interne und externe Schnittstellen eines Computers (Eigene Darstellung)

Die **Funktion eines Controllers für ein Interrupt Request** stellt sich wie folgt dar (siehe Abbildung 3: Systemkomponenten auf dem Mainboard (vgl. [Kuhr 2012, S. 9])): Einem Gerät, das mit einem Computersystem verbunden ist, werden Daten zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung gestellt oder das Gerät will eine Rückmeldung an die CPU geben. In diesem Fall wird der CPU in ihrer laufenden Arbeit ein Interrupt Request (IRQ) über eine Leitung gesendet, die dem betreffenden Gerät zugewiesen ist. Wird bspw. eine Taste auf einem Gerät wie einer Tastatur gedrückt, schickt der Tastatur-Controller einen IRQ an die CPU. Die CPU unterbricht mit dem IRQ-Signal ihre aktuelle Tätigkeit und führt einen Befehl an einer bestimmten Speicheradresse aus, die vom IRQ-Eingang abhängt und auf den Tastatur-Treiber verweist. In den daraufhin ablaufenden Lese- und Schreiboperationen wird dafür gesorgt, dass der Buchstabe auf dem Bildschirm erscheint.

Merke: Ein Interrupt wird ausgelöst bei jeder zeitkritischen Anwendung, bei der Daten an die CPU gesendet werden müssen. Zeitkritische Aktionen können bspw. Mausbewegungen, der Datenempfang eines Modems, Tastatureingaben, Audioaufnahmen durch eine Soundkarte oder das Lesen von Speichermedien sein.

1.3 Zusammenspiel der Systemkomponenten

Damit ein Computersystem seine Aufgaben erfüllen kann, müssen die vorangehend dargestellten Systemkomponenten in geeigneter Weise zusammenspielen. Für die Aufgabenausführung benötigt ein Computersystem neben diesen Komponenten, die die Hardware des Systems darstellen, Anwendungssoftware, also Programme und ihre Daten, die der Computer abarbeitet.

Wie in Abschnitt 1.2.2 dargestellt, besteht die CPU aus dem Steuerwerk und dem Rechenwerk, in dem die eigentliche **Rechenarbeit** stattfindet. Das Steuerwerk bestimmt die Reihenfolge, in der die Befehle abgearbeitet werden müssen, und es decodiert und analysiert diese Befehle. Das Rechenwerk führt sie anschließend aus. Alle Teile des Prozessors sind so konstruiert, dass möglichst keine Leerlaufzeiten entstehen, dazu bildet der Cache-Speicher ein wichtiges Element (vgl. Abschnitt 1.2.3).

Neben der CPU beinhalten Computersysteme oftmals einen **Ein-/Ausgabeprozessor**, der „für den Zentralprozessor die Verwaltung der Datenübertragungen zwischen dem **Zentralspeicher** und den Peripheriegeräten übernimmt, sowie ggf. notwendige Modifikationen der Daten durchführt“ [Gabler

2018a]. Diese Komponente ist – wie in Abbildung 6 dargestellt – mit der CPU, weiteren Prozessoren und dem Arbeitsspeicher im Zentralspeicher zusammengefasst.

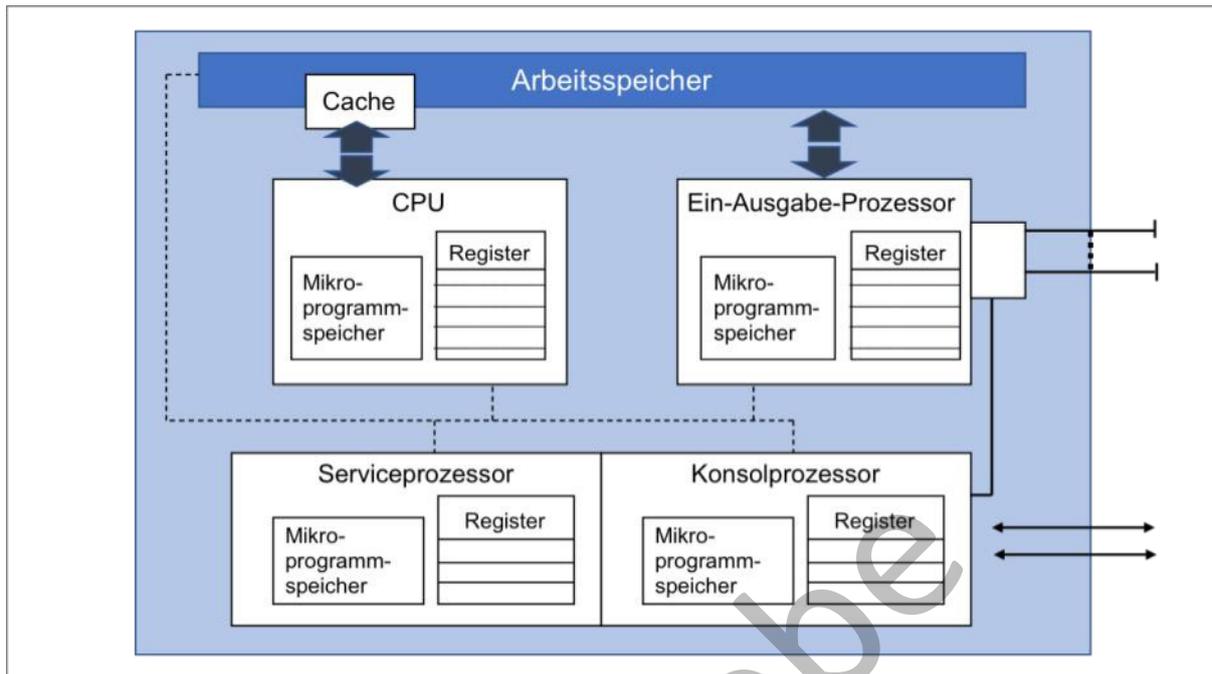


Abbildung 6: Architektur eines Zentralspeichers [Hellberg 2000, S. 16]

Der Ein- und Ausgabeprozessor steuert die **Kommunikation** zwischen Zentralspeicher und den Peripheriegeräten (Bildschirm, Tastatur, Maus, Drucker, externe Speichermedien, etc.). Der Ein-/Ausgabeprozessor gibt Daten an diese Geräte aus und nimmt Daten von ihnen entgegen. Damit entlastet er die CPU. Erhält er einen Befehl von der CPU, gibt er eine **Antwort als Komplettergebnis** zurück, wenn er die gesamte Befehlskette abgearbeitet hat. Durch den Ein- und Ausgabeprozessor werden z. B. folgende **Aktionen** durchgeführt:

- Start von peripheren Geräten
- Steuerung der peripheren Geräte
- Lesen von Daten aus dem Arbeitsspeicher
- Schreiben von Daten auf externe Speicher

Wie in Abschnitt 1.2.2 beschrieben, umfasst die CPU u. a. das Rechen- und Speicherwerk. Das Rechenwerk dient dazu, die **Rechenoperationen** Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division, sowie logische Operationen durchzuführen. Es erhält vom **Steuerwerk** die decodierten Befehlsinformationen und die Operanden für die Rechenoperation und gibt die Ergebnisse an dieses zurück. Die zu verarbeitenden Daten und Ergebnisse werden in den sog. **Registern** – Schnell-Lese- und -Schreibspeicher – zwischengespeichert. Die logischen Schlüsse und Berechnungen nimmt das Rechenwerk mit Hilfe der logischen Schaltungen und des Addierwerks vor.

Das **Steuerwerk** dient dazu, den Ablauf der internen Befehlsketten zu leiten und zu überwachen. Dabei führt es im Detail die folgenden Aktionen durch:

- Übertragung von Daten vom Arbeitsspeicher in das Rechenwerk
- Decodierung und Interpretation von Befehlen
- Versorgung der an der Datenverarbeitung beteiligten Systemteile mit Steuersignalen
- Anstoßen des Rechenwerks zur Ausführung einer bestimmten Operation
- Entscheidung über die Weiterverarbeitung von Rechenergebnissen

Im **Arbeitsspeicher** werden Daten und Programme abgelegt, die ein Computersystem verarbeiten soll. Er wird in eine Vielzahl von **Speicherzellen** unterteilt. Jeder dieser Speicherzellen, in der immer eine bestimmte Information abgelegt ist, wird eine **eindeutige Nummer** zugewiesen. Dadurch ist es möglich, über die Adresse an eine bestimmte Speicherzelle und somit an die darin enthaltene Information zu gelangen. Zu Beginn der Datenverarbeitung werden Daten bzw. Programmcode in die Speicherzellen geschrieben und im Laufe der Verarbeitung von der CPU der Reihe nach wieder aus dem Arbeitsspeicher herausgelesen. Die Ergebnisse der Datenverarbeitung werden von der CPU wieder im Arbeitsspeicher abgelegt.

Merke: Daten können im Arbeitsspeicher nicht dauerhaft gespeichert werden. Daher kommen in Computersystemen auch Festwertspeicher (Read Only Memory, ROM) zum Einsatz, auf die nur lesend zugegriffen werden kann. In diesem Speicher ist auch das Programm hinterlegt, welches ein Computersystem beim Laden des Betriebssystems unterstützt.

Der Festwertspeicher (ROM) enthält das so genannte **Basic Input Output System (BIOS)** oder bei neueren Geräten das **Unified Extensible Firmware Interface (UEFI)** [Meyers 2016, S. 204]. Es enthält die permanenten Ein- und Ausgabebefehle, Services oder Gerätetreiber für beispielsweise Tastatur und Maus, die für die Kommunikation zwischen den Komponenten und der CPU eines Computersystems notwendig sind. Bei einem Neustart werden die nötigen Befehle aus diesem Speicher gelesen. Das BIOS ist durch die folgenden Merkmale gekennzeichnet:

- Daten können nur gelesen werden; ein Speichern von Daten während des Betriebes ist nicht möglich
- Beim Ausschalten der Versorgungsspannung bleibt der Speicherinhalt unverändert
- Nach dem Einschalten der Versorgungsspannung sind Programme im Festwertspeicher sofort verfügbar

Programme auf dem ROM-Chip werden Firmware genannt [Meyers 2016, S. 206]. Für veränderliche Hardwarekomponenten wird das BIOS durch Daten aus einem separaten Speicher-Chip, einen sogenannten CMOS-Chip (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) ergänzt. Das CMOS fungiert außerdem als Uhr, speichert Uhrzeit, Datum und Zeitzone. Das CMOS ist heutzutage Teil der Southbridge [Meyers 2016, S. 207].

Weitere wesentliche Komponenten eines Softwaresystems sind die Schnittstellen, die durch Controller gesteuert werden (vgl. Abschnitt 1.2.6). Sie bilden **Übergangsstellen zwischen zwei Bereichen**, die die Übertragung von Daten aus der CPU auf alle anderen Bereiche ermöglicht. In einem Computersystem werden mindestens zwei Schnittstellen benötigt, nämlich eine für die Eingabe und eine für die Ausgabe von Daten (vgl. Abschnitt 1.2.1).

Schnittstellen lassen sich in serielle und parallele Schnittstellen unterscheiden: Bei einer **seriellen Schnittstelle** wird ein Bit nach dem anderen übertragen, und die übertragenen Bits werden anschließend gebündelt. Eine **parallele Schnittstelle** überträgt hingegen acht oder ein Vielfaches von acht Bit gleichzeitig auf parallelen Leitungen. Moderne Computersysteme nutzen den Universal Serial Bus (USB), über den Daten seriell mit sehr hoher Geschwindigkeit übertragen werden. Mit dem USB besteht die Möglichkeit, Geräte hintereinander zu verbinden. Ein USB 3.1 Gen2 (SuperSpeed USB 10 Gbps) erreicht heute bis zu 10 Gbps Datengeschwindigkeit. Im Vergleich zum USB 2.0 (High-Speed USB; 480 Mbps) ist der USB 3.1 Gen2 bis zu 20-mal schneller [Meyers 2016, S. 405]). Die Anzahl der Schnittstellen bestimmt auch die Anzahl an Komponenten bzw. Peripheriegeräten, die an ein Computersystem angeschlossen werden können.

1.4 Systemarchitektur-Konzepte

Für den Aufbau von Computersystemen bzw. CPUs gibt es mehrere Möglichkeiten, von denen sich in der Praxis zwei Architekturalternativen durchgesetzt haben. **Dies sind die Von-Neumann-Architektur** und die **Harvard-Architektur**. Sie geben jeweils ein grundsätzliches Prinzip vor, wie die Daten bzw. Variablen und der Code bzw. Programme angesprochen werden.

Die nach dem Mathematiker John von Neumann benannte **Von-Neumann-Architektur** ist dadurch charakterisiert, dass es **keine Trennung zwischen dem Speicher** für Daten und dem Programmcode gibt, d. h. der Speicher hält Daten und Programmcode gemeinsam. Es handelt sich bei dieser Architektur gemäß der **Flynn'schen Klassifikation** um eine SISD-Architektur nach der eine sequentielle Abarbeitung der Aufgaben des Computersystems erfolgt.

Merke: Bei der Von-Neumann-Architektur handelt es sich um ein Schaltungskonzept zur Realisierung universeller Rechner, in dem eine systematische Aufteilung in Funktionsgruppen die Nutzung spezialisierter binärer Schaltwerke ermöglicht und damit eine effiziente Strukturierung der Operationen unterstützt.

Die *Abbildung 7* stellt die Komponenten der Von-Neumann-Architektur dar. Demnach besteht sie aus dem Rechenwerk, das die Rechenoperationen und logischen Verknüpfungen durchführt, und aus dem Steuerwerk, das die Anweisungen einer Anwendungssoftware interpretiert und dementsprechend Datenquellen und -senken mit dem Rechenwerk verschaltet sowie die Abfolge der Befehle regelt. Weitere Komponenten sind das Speicherwerk, welches für das Rechenwerk zugängliche Programme und Daten speichert, sowie das Ein-/Ausgabewerk, das die Ein- und Ausgabe von Daten zum Anwender (über Tastatur, Bildschirm) bzw. zu anderen Systemen (über Schnittstellen) steuert.

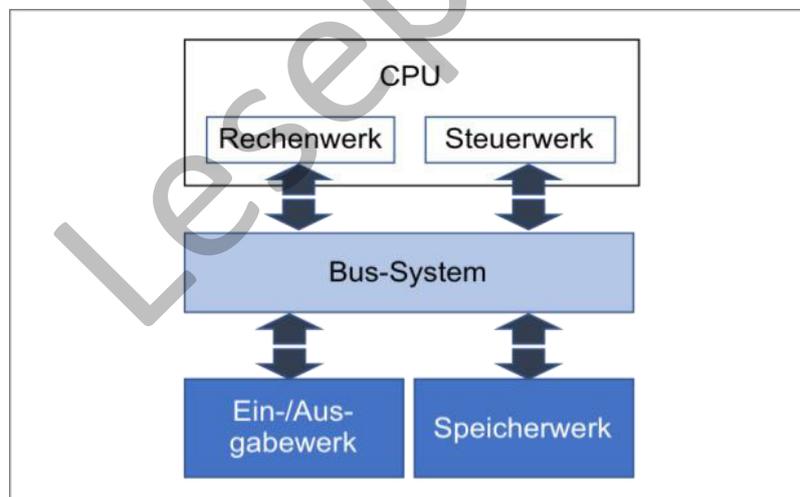


Abbildung 7: Von-Neumann Architektur (Eigene Darstellung)

Gegenüber der Von-Neumann-Architektur sind bei der **Harvard-Architektur** Daten und Programmcode in voneinander **getrennten Speicher- und Adressräumen** abgelegt. Auf diese Adressräume wird typischerweise durch zwei separierte **Bussysteme** parallel zugegriffen. *Abbildung 8* visualisiert die Harvard-Architektur und zeigt die beiden getrennten Speicherbereiche.

Merke: Das Schaltungskonzept der Harvard-Architektur realisiert besonders schnelle CPUs und Signalprozessoren, da Befehle und Daten gleichzeitig geladen bzw. geschrieben werden können.

Durch die Trennung in zwei physikalische Speicher und Busse und die damit möglichen **parallelen Daten- und Programmzugriffe** verfügt die Harvard-Architektur potenziell über eine höhere Leistungsfähigkeit. Bei den parallelen Zugriffen kann es jedoch zu **Race Conditions**, d. h. Wettlaufsituationen, in denen das Ergebnis einer Operation vom zeitlichen Verhalten bestimmter Einzeloperationen abhängt, kommen. Diese können wiederum zu einem nicht-deterministischen Programmverhalten führen.

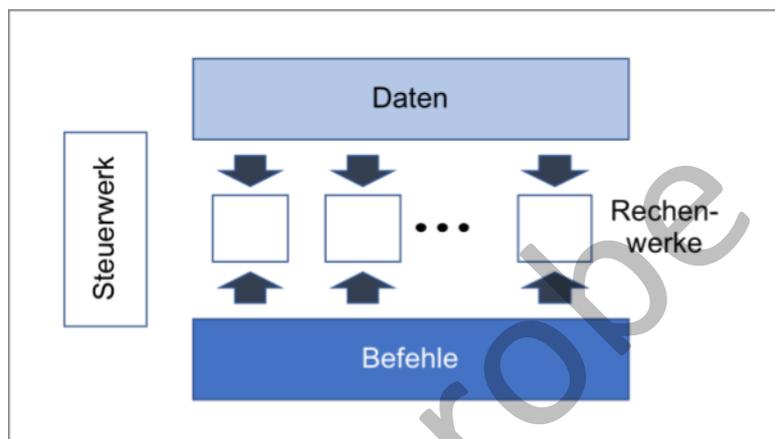


Abbildung 8: Harvard-Architektur (Eigene Darstellung)

Durch die physikalische **Trennung von Daten- und Programmzugriff** sind bei der Harvard-Architektur Zugriffsrechtentrennung und Speicherschutz einfach realisierbar. Um bspw. zu verhindern, dass bei Softwarefehlern Programmcode überschrieben wird, wird für den Programmcode ein im Betrieb nur lesbarer Speicher (z. B. ROM, Lochkarten) genutzt, für die Daten wird hingegen schreib- und lesbarer Speicher (z. B. RAM, Ringkernspeicher) eingesetzt. Durch die Trennung kann jedoch nicht benötigter Datenspeicher nicht als Programmspeicher genutzt werden. Somit tritt eine erhöhte Speicherfragmentierung auf.

Die beiden beschriebenen Architekturen haben ihre spezifischen **Vor- und Nachteile**: so sind praktisch alle modernen CPUs aus Programmsicht als Von-Neumann-Architektur konzipiert. Sie stellen damit einen **deterministischen Programmablauf** sicher und sind daher für einen Programmierer einfacher zu handhaben. Der interne Aufbau moderner CPUs entspricht jedoch aus Leistungsgründen in vielen Aspekten eher einer parallelen Harvard-Architektur. So ist es üblich, dass eine CPU intern über **mehrere unabhängige Datenpfade und Cachehierarchiestufen** verfügt, um mit möglichst vielen parallelen Datenpfaden eine **hohe Leistung** zu erzielen. Die dadurch potenziell möglichen Daten-Inkohärenzen und Zugriffs-Race-Conditions werden intern durch aufwändige Datenprotokolle und -management verhindert.

Übungsaufgaben zur Selbstkontrolle

Aufgabe 1.1:

- a) Wie lautet die Definition von Computer-Hardware?
- b) Erläutern Sie den Begriff boolesche Algebra.

Aufgabe 1.2:

- a) Aus welchen elektronischen Komponenten besteht ein modernes Computersystem im Wesentlichen? Beschreiben Sie die Funktionen dieser Komponenten in einem Satz.
- b) Skizzieren Sie die Computersystemkomponenten auf dem Mainboard. Zeichnen Sie dabei auch die Peripheriekomponenten und die Kommunikationsschnittstellen zwischen den Komponenten ein.
- c) Was bedeutet die Taktfrequenz eines Computersystems? Welche Faktoren haben neben der Taktfrequenz Einfluss auf die Leistungsfähigkeit eines Prozessors?
- d) Welche Kriterien legt die Vorschau-Elektronik eines Caches bei der Entscheidung an, welche Daten im Cache gespeichert werden und wie lange diese im Cache verbleiben?
- e) Wo werden Cache-Speicher in Computersystemen eingesetzt? Nennen Sie zwei Einsatzgebiete.
- f) Welche sind die maßgeblichen Leistungsfaktoren für einen Arbeitsspeicher? Wozu dient der Arbeitsspeicher? Wodurch ist er charakterisiert?
- g) Aus welchen beiden Komponenten setzt sich der Chipsatz zusammen? Welche Funktion haben diese Komponenten?
- h) Erläutern Sie den Begriff Interrupt Request (IRQ).

Aufgabe 1.3:

- a) Welche Komponenten umfasst die CPU? Welche Aufgaben haben diese?
- b) Welche Funktion hat der Ein-/Ausgabeprozessor? Welche Aktionen kann er anstoßen?
- c) Welche Aktionen führt das Steuerwerk einer CPU durch?
- d) Welche Komponente ermöglicht ein dauerhaftes Speichern von Daten und kann auf diese Daten nur lesend zugreifen? Durch welche Merkmale ist diese Komponente gekennzeichnet?
- e) Wie lassen sich Schnittstellen unterscheiden? Wodurch sind die unterschiedlichen Arten von Schnittstellen gekennzeichnet?

Aufgabe 1.4:

- a) Welche beiden gängigen Architekturen kennen Sie für den Aufbau von Computersystemen? Skizzieren Sie die beiden Architekturkonzepte und erläutern Sie diese kurz.
- b) Was ist die Flynn'sche Klassifikation?
- c) Was sind Race Conditions?
- d) Welche Vor- und Nachteile haben die beiden gängigen Architekturen?

Aufgabe 1.1:

- Computer-Hardware bildet den Oberbegriff sowohl für die mechanische als auch die elektronische Ausrüstung eines Computersystems.
- Die boolesche Algebra stellt die Grundlage für den Entwurf von elektronischen Schaltungen bis hin zu Computern dar; sie kennt lediglich die beiden Zustände „wahr“ und „falsch“, die in einem Schaltkreis den grundlegenden Zuständen „Strom fließt“ und „Strom fließt nicht“ entsprechen.; diese beiden Zustände werden durch die Zahlen 0 und 1 modelliert.

Aufgabe 1.2:

- Elektronische Komponenten eines modernen Computersystems:
Prozessor (CPU) als oberste Steuerungs- und Recheneinheit für das Computersystem, schneller Cache-Speicher, Arbeitsspeicher (RAM) zur zeitlich begrenzten Speicherung von Daten, „Northbridge“ als Systembus zum Hauptspeicher und zur Grafikkarte, „Southbridge“ als Brücke zur Peripherie, Controller für Datentransfers zu weiteren Komponenten
- Vgl. 1.2
- Bedeutung Taktfrequenz:
Die Taktfrequenz gibt an, in welchem Intervall je Zeiteinheit ein Taktsignal gegeben wird
Weitere Einflussfaktoren auf die Leistungsfähigkeit eines Prozessors: Größe und die Organisation des Cache-Speichers, Qualität der Vorschaulogik, interne Arbeitsteilung zwischen den CPU-Baugruppen, Design der CPU
- Entscheidungskriterien:
Daten, die in den letzten Mikrosekunden am häufigsten benutzt worden sind, Daten, welche voraussichtlich demnächst benötigt werden, Daten, die voraussichtlich nicht mehr benötigt werden
- Einsatzgebiete von Cache-Speichern: Festplatten, CD- und DVD-Brenner
- Vgl. Abschnitt 1.2.4, 1. Absatz und 3. Absatz (Kasten) Welche sind die maßgeblichen Leistungsfaktoren für einen Arbeitsspeicher?
Lese- und Schreibgeschwindigkeit aus und in den Speicher, Speicherkapazität Zweck und Merkmale:
Der Arbeitsspeicher dient als Ablage für Daten und Programmcode, der zeitnah verarbeitet bzw. verarbeitet und zwischengespeichert werden muss; schnelle Änderung seiner Speicherinhalte
- „Northbridge“ und „Southbridge“:
Die Northbridge steuert den High-Speed-Bereich von CPU, Arbeitsspeicher sowie der AGP-Grafikkarte; die Southbridge steuert den übrigen Datenverkehr zwischen peripheren Geräten (PCI-Bus, ISA-Bus, ATA, etc.) und weiteren Schnittstellen
- Ein Interrupt Request (IRQ) bezeichnet eine Unterbrechungsanforderung; diese löst eine Unterbrechung (Interrupt) der Prozessbearbeitung eines Prozessors im System aus;

Aufgabe 1.3:

- Die CPU besteht aus dem Steuerwerk und dem Rechenwerk; das Steuerwerk bestimmt die Reihenfolge, in der die Befehle abgearbeitet werden müssen, und es decodiert und analysiert diese Befehle; das Rechenwerk führt sie anschließend aus.
- Der Ein- und Ausgabeprozessor steuert die **Kommunikation** zwischen Zentralspeicher und den Peripheriegeräten; er kann folgende Aktionen anstoßen: Starten und Steuern von peripheren Geräte, Lesen von Daten aus dem Arbeitsspeicher, Schreiben von Daten auf externe Speicher
- Aktionen, die das Steuerwerk einer CPU durchführt:
Übertragung von Daten vom Arbeitsspeicher in das Rechenwerk, Decodierung und Interpretation von Befehlen, Versorgung der an der Datenverarbeitung beteiligten Systemteile mit Steuersigna-

- len, Anstoßen des Rechenwerks zur Ausführung einer bestimmten Operation, Entscheidung über die Weiterverarbeitung von Rechenergebnissen
- d) Festwertspeicher
Merkmale eines Festwertspeichers: Daten können nur gelesen werden; ein Speichern von Daten während des Betriebes ist nicht möglich, beim Ausschalten der Versorgungsspannung bleibt der Speicherinhalt bestehen, nach dem Einschalten der Versorgungsspannung sind die Programme im Festwertspeicher sofort verfügbar
- e) Unterscheidung in serielle und parallele Schnittstellen:
Bei einer seriellen Schnittstelle wird ein Bit nach dem anderen übertragen und die übertragenen Bits werden anschließend gebündelt; eine parallele Schnittstelle überträgt hingegen acht oder ein Vielfaches von acht Bit gleichzeitig auf parallelen Leitungen

Aufgabe 1.4:

- a) Von-Neumann-Architektur und Harvard-Architektur. Abbildung 4 und Abbildung 5. Von-Neumann-Architektur: keine Trennung zwischen dem Speicher für Daten und den Programmcode. Harvard-Architektur: Daten und Programmcode sind in voneinander getrennten Speicher- und Adressräumen abgelegt.
- b) Flynn'sche Klassifikation: Unterteilung von Rechnerarchitekturen, in der die Architekturen nach der Anzahl der vorhandenen Befehls- (*Instruction Streams*) und Datenströme (*Data Streams*) unterteilt werden
- c) Race Conditions: Wettlaufsituationen, in denen das Ergebnis einer Operation vom zeitlichen Verhalten bestimmter Einzeloperationen abhängt
- d) Vor- und Nachteile Von-Neumann-Architektur: stellt einen deterministischen Programmablauf sicher und ist daher für einen Programmierer einfacher zu handhaben, geringere Leistungsfähigkeit
Vor- und Nachteile Harvard-Architektur: Zugriffsrechtentrennung und Speicherschutz einfach realisierbar, höhere Speicherfragmentierung

Aufgabe 2.1:

- a) Ein Rechnernetzwerk bezeichnet eine Struktur von verteilten Computersystemen; es besteht aus autonomen Rechnern und Kommunikationssystemen zum Austausch von Nachrichten
- b) Merkmale von Rechnernetzwerken:
Separierung der Ressourcen, Verteilung von Funktionen auf die Computersysteme, heterogener Aufbau der Computersysteme im Netzwerk
- c) Aufgaben von Rechnernetzwerken:
Austausch sowie gemeinsame Verarbeitung und Speicherung von Daten, Nutzung der im Netzwerk vorgehaltenen Informationen und Programme, Zugriff auf zentrale Archivierungs- und Sicherungssysteme, Austausch von rechnernetzgebunden Nachrichten, gemeinsame Nutzung von Druckern und anderen Peripheriegeräten, Zugriff auf entfernte Rechner und deren Kapazitäten
- d) In der Bustopologie werden alle Computersysteme und Geräte des Netzwerks an ein gemeinsames Übertragungsmedium, z. B. an ein Kabel, angebunden; die Systeme in diesem Netzwerk können in alle Richtungen senden, und das Netzwerk benötigt keine Verteilerfunktion. Bei der Ringtopologie gibt es ein gemeinsames Übertragungsmedium; hier liegt im Gegensatz zum Bus ein geschlossener Ring vor, an den alle Stationen angeschlossen sind. In einer Sterntopologie werden alle Computersysteme an eine zentrale und aktive Netzwerkkomponente, wie bspw. einen Hub, einen Switch oder einen Server, angeschlossen. Daher benötigt jede Netzwerkkomponente ein eigenes Kabel zum zentralen Verbindungsgerät. Die Baumtopologie, auch Topologie der strukturierten Verkabelung genannt, stellt eigentlich keine eigene Struktur dar; sie bildet vielmehr einen Zusammenschluss mehrerer Sterne.
- e) Peer-to-Peer-Architektur: Verbindung gleichberechtigter Computersysteme, die alle Dienste anbieten und nutzen; Client-Server-Architektur: In dieser Architektur stellt der Server Dienste zur Verfügung, die Clients nutzen diese Dienste, ohne sie selbst anzubieten

Literaturempfehlungen und Quellenverzeichnis

Literaturempfehlungen

- Badach, A.; Hoffmann, E. (2019)** Technik der IP-Netze. 4. Auflage, München: Carl Hanser Verlag.
- Riggert, W. (2012)** Rechnernetze: Grundlagen – Ethernet – Internet. 4., aktualisierte und erweiterte Auflage, München: Carl Hanser Verlag.
- Tanenbaum, A. S. (2006)** Computerarchitektur: Strukturen – Konzepte – Grundlagen. 5. Auflage, München: Pearson Studium.
- Tanenbaum, A. S. (2016)** Moderne Betriebssysteme. 4. Auflage, München: Pearson Studium – IT.
- Tanenbaum, A. S.; Wetherall, D. J. (2012)** Computernetzwerke. 5., aktual. Auflage, München: Pearson, 2012.
- Zisler, H. (2018)** Computer-Netzwerke: Grundlagen, Funktionsweise, Anwendung. 5., überarbeitete Auflage, Bonn: Galileo Computing.

Verzeichnis der verwendeten Quellen

- Baum, C.; Kunze, M.; Ludwig, Th. (2009)** Servervirtualisierung. In: Informatik Spektrum 32 (2009), S. 197–205.
- Beck, H. (1997)** Grundlagen der Netzwerktechnik – Aufbau, Management, Nutzung. Version 1.1 Oktober 1997, Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen, 1997.
- BMWi (2016)** Netzkommunikation für Industrie 4.0. Diskussionspapier, Plattform Industrie 4.0, Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2016.
- Cisco Systems GmbH (2001)** Handbuch Netzwerkmanagement. München: Pearson, 2001.
- Elektronik Kompendium EIKo (2020)** ISO/OSI-7-Schichtenmodell. Elektronik-Kompendium.de, URL <http://www.elektronik-kompendium.de/sites/kom/0301201.htm>, abgerufen am: 14.09.2020.
- EWD 196 (1968)** The Structure of the THE-Multiprogramming System. Commun, AMC 11 (1968), 5: S. 341–346, URL: <http://www.cs.utexas.edu/users/EWD/ewd01xx/EWD196.PDF>, abgerufen am: 14.09.2020.
- Fraunhofer IPA (2015)** Industrie 4.0 – Chancen und Perspektiven für Unternehmen der Metropolregion Rhein-Neckar. Studie im Auftrag der Industrie- und Handelskammern Rhein-Neckar, Pfalz und Darmstadt Rhein Main Neckar, Stuttgart: Fraunhofer IPA, November 2015.

DIPLOMA

Private staatlich anerkannte Hochschule
University of Applied Sciences

DIPLOMA Hochschule

Zentralverwaltung

Herminenstraße 17f
31675 Bückeburg

Tel.: +49 (0)5722 28 69 97 32
info@diploma.de
www.diploma.de



Leseprobe



Sie wollen mehr erfahren?

Unser aktuelles Studienangebot und weitere Informationen finden Sie auf www.diploma.de oder besuchen Sie uns zu einer persönlichen Studienberatung an einem DIPLOMA-Studienzentrum in Ihrer Nähe.