L E R N S K R I P T

Hardware

Computerarchitektur · CPU · RAM · Mainboard · Speicher · Peripherie · Beschaffung · PC-Aufbau · Troubleshooting

FiSi Systemintegration

Bundeswehr

GBS Sabel Schulen München

IHK-Externenprüfung nach § 45 BBiG

Autor: Thomas Seuß

Stand: September 2026

Vorwort

Dieses Lernskript ist als Begleitung zur Ausbildungseinheit „Hardware" im Rahmen der Fachinformatiker-Systemintegration-Ausbildung an den GBS Sabel Schulen München konzipiert. Es richtet sich an Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Bundeswehr und dient der Vorbereitung auf die IHK-Externenprüfung nach § 45 BBiG.

Das Skript fasst die Inhalte aller zehn Kapitel zusammen, die im Unterricht behandelt werden: von der Computerarchitektur über CPU, RAM und Mainboard zu Massenspeicher, Netzteil und Peripherie bis hin zu Beschaffung, PC-Aufbau und Troubleshooting. Die Themen bauen inhaltlich aufeinander auf – wer die Reihenfolge einhält, wird den größten Lerneffekt erzielen.

Die Darstellung ist bewusst praxisnah gehalten. Technische Konzepte werden erläutert, dort wo sinnvoll durch Beispiele ergänzt und immer wieder mit Bezügen zum Bundeswehr-Alltag (BWI GmbH als IT-Dienstleister, BAAINBw-Ausschreibungen, BSI-Grundschutz, VS-NfD-Konfiguration) versehen. Drei wiederkehrende Kästen strukturieren das Skript:

- Merksatz – prägnante Kernaussage zum Merken (amberfarbener Kasten)
- BW-Bezug – konkreter Zusammenhang zum Bundeswehr-Alltag (grüner Kasten)
- IHK-Prüfungstipp – Hinweis auf prüfungsrelevante Zusammenhänge (blauer Kasten)

Zur praktischen Vertiefung gibt es je Kapitel drei Praxisübungen im Laborhandbuch, die im Unterricht bearbeitet werden, sowie zwei Zusatzübungen für schnelle Gruppen und das Selbststudium. Dieses Skript konzentriert sich auf die theoretische Grundlage, auf der die Laborarbeit aufsetzt.

Für jedes Kapitel stehen im Unterricht ca. 190 Minuten zur Verfügung: Präsentation ca. 60 Minuten (rund 28 Folien, nur der prüfungsrelevante Kern), Labor ca. 50 Minuten, Rechenaufgaben ca. 30 Minuten, Übungsblatt ca. 20 Minuten und ein kurzes Quiz. Alles, was auf den Folien gekürzt wurde – Hintergründe, Vertiefungen, Glossare und ausführliche Beispiele –, steht in diesem Skript. Es ist deshalb die maßgebliche Grundlage für die Nacharbeit und die Prüfungsvorbereitung.

Jedes Kapitel endet mit einer „Auf einen Blick"-Zusammenfassung der wichtigsten zehn Kernaussagen sowie einem Selbsttest mit acht Fragen. Für die gezielte Prüfungsvorbereitung empfiehlt es sich, nach dem Durcharbeiten eines Kapitels den Selbsttest ohne Blick ins Skript zu beantworten und anschließend abzugleichen.

München, September 2026
Thomas Seuß

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 2

Inhaltsverzeichnis 3

Kapitel 1 – Computerarchitektur 10

1.1 Was ist ein Computer? 11
1.1.1 Definition: Maschine mit gespeichertem Programm 11
1.1.2 Computertypen – mehr als nur PCs 11
1.1.3 Meilensteine der Computergeschichte 12

1.2 Von-Neumann-Architektur 13
1.2.1 John von Neumann und die Stunde Null 13
1.2.2 Die fünf Komponenten des Modells 14
1.2.3 Stored-Program Concept – die Kernidee 14
1.2.4 Der Von-Neumann-Flaschenhals 14
1.2.5 Harvard-Architektur – die Alternative 14

1.3 Systembus 16
1.3.1 Adress-, Daten- und Steuerbus – drei Aufgaben, ein Bündel 16
1.3.2 Adressbus-Breite und Speichergröße 16
1.3.3 Datenbus und Steuerbus im Detail 17

1.4 BIOS und UEFI 17
1.4.1 BIOS – Basic Input/Output System 17
1.4.2 BIOS-Konfiguration in der Praxis 17
1.4.3 Grenzen des klassischen BIOS 18
1.4.4 UEFI – moderne Firmware 18
1.4.5 Secure Boot 18
1.4.6 MBR vs. GPT – Partitionierungsstandards 19
1.4.7 BIOS vs. UEFI – der direkte Vergleich 19

1.5 POST und Bootvorgang 20
1.5.1 POST – was passiert beim Einschalten 20
1.5.2 POST-Ablauf Schritt für Schritt 20
1.5.3 POST-Fehlercodes – Pieptöne und Q-Codes 20
1.5.4 Bootvorgang von UEFI bis zum Desktop 21
1.5.5 Diagnose-Werkzeuge des Technikers 21

1.6 Bundeswehr-Kontext und Zusammenfassung 22
1.6.1 IT-Systeme der Bundeswehr – besondere Anforderungen 22
1.6.2 Ruggedized Systems – militärische Bauformen 22
1.6.3 MIL-STD-810 – der Standard für IT-Robustheit 22
1.6.4 Secure Boot in der Bundeswehr-IT 22
1.6.5 Zusammenfassung – die zehn wichtigsten Merkpunkte 23
1.6.6 Begriffs-Glossar Kapitel 1 24

📝 **IHK-Prüfungsaufgaben** 26

✓ **Musterlösungen** 27

Kapitel 2 – CPU 28

2.1 Was ist eine CPU? 29
2.1.1 Aufgabe und Funktion der CPU 29

2.1.2 Geschichte der CPU 30
2.1.3 Formfaktoren – was die CPU äußerlich auszeichnet 30

2.2 CPU-Kennwerte verstehen 30
2.2.1 Taktfrequenz, Boost und TDP 30
2.2.2 Kerne, Threads und Hyperthreading 31
2.2.3 CPU-Sockel und Kompatibilität 31
2.2.4 Fertigungsknoten und Effizienz 32

2.3 Cache-Hierarchie 32
2.3.1 L1, L2, L3 – die drei Ebenen 32
2.3.2 Hit, Miss und Lokalitätsprinzip 32
2.3.3 3D-V-Cache und moderne Tricks 32

2.4 Intel und AMD – die zwei Hauptanbieter 34
2.4.1 Intel: Core, Xeon, Atom 34
2.4.2 AMD: Ryzen, Threadripper, EPYC 35
2.4.3 P-Cores und E-Cores – die heterogene Architektur 35
2.4.4 ARM und Apple Silicon – die x86-Konkurrenz 36

2.5 CPU-Auswahl nach Einsatzzweck 37
2.5.1 Anwendungsprofile und Empfehlungen 37
2.5.2 CPU-Datenblatt richtig lesen 37
2.5.3 CPU-Diagnose-Tools 38

2.6 Praxis, Bundeswehr-Bezug und Zusammenfassung 39
2.6.1 Wärmeleitpaste und Kühlung 39
2.6.2 Befehlssätze und Erweiterungen 39
2.6.3 BWI-Beschaffung und Einsatz 40
2.6.4 Zusammenfassung – die zehn wichtigsten Merkpunkte 40
2.6.5 Begriffs-Glossar Kapitel 2 41

IHK-Prüfungsaufgaben 42

✓ Musterlösungen 43

Kapitel 3 – RAM 44

3.1 Was ist RAM? 45
3.1.1 Definition und Funktion 45
3.1.2 DRAM vs. SRAM 45
3.1.3 RAM, ROM und Massenspeicher abgrenzen 45

3.2 DDR-Generationen 46
3.2.1 DDR3, DDR4, DDR5 im Vergleich 46
3.2.2 Kompatibilität – Kerben und Slots 46
3.2.3 MT/s vs. MHz 46

3.3 Bandbreite, Dual-Channel und Quad-Channel 47
3.3.1 Bandbreite berechnen 47
3.3.2 Dual-Channel richtig bestücken 47
3.3.3 RAM-Kapazität nach Einsatzzweck 48

3.4 SPD, XMP und EXPO 49
3.4.1 SPD – Serial Presence Detect 49
3.4.2 XMP – Intel Extreme Memory Profile 49
3.4.3 EXPO – AMDs Pendant 49

3.5 ECC, SODIMM und LPDDR 50
3.5.1 ECC – Fehlerkorrektur im RAM 50

3.5.2 SODIMM – Notebook-RAM 50
3.5.3 LPDDR – Low Power DDR 50

3.6 Diagnose, BWI-Praxis und Zusammenfassung 52
3.6.1 Timings und CAS-Latency 52
3.6.2 MemTest86 und RAM-Diagnose 52
3.6.3 RAM-Auswahl und QVL 53
3.6.4 Zusammenfassung – die zehn wichtigsten Merkpunkte 54
3.6.5 Begriffs-Glossar Kapitel 3 54

IHK-Prüfungsaufgaben 56

✓ Musterlösungen 57

Kapitel 4 – Mainboard 58

4.1 Was ein Mainboard tut 59
4.1.1 Aufgabe und zentrale Rolle 59
4.1.2 Geschichte und Entwicklung 59
4.1.3 Komponenten im Überblick 60

4.2 Formfaktoren 61
4.2.1 ATX, mATX, Mini-ITX, E-ATX 61
4.2.2 Auswahl des Formfaktors 61

4.3 Chipsatz und Architektur 62
4.3.1 Northbridge und Southbridge – die alte Architektur 62
4.3.2 Moderne PCH-Architektur 62
4.3.3 Aktuelle Intel- und AMD-Chipsätze 63

4.4 Steckplätze und Anschlüsse 64
4.4.1 PCI Express – das Universal-Bus-System 64
4.4.2 Shared Lanes – die häufigste Falle 64
4.4.3 M.2 – Slot-Typen und Keys 64
4.4.4 SATA, USB und Frontpanel-Header 65

4.5 VRM und Stromversorgung 65
4.5.1 VRM-Phasen und MOSFETs 65
4.5.2 ATX-Stecker und Anschlüsse 66
4.5.3 Mainboard-Qualität erkennen 66

4.6 Praxis und Zusammenfassung 67
4.6.1 BIOS-Updates – wann und wie? 67
4.6.2 Mainboard-Auswahl – die Checkliste 67
4.6.3 Zusammenfassung – die zehn wichtigsten Merkpunkte 68
4.6.4 Begriffs-Glossar Kapitel 4 68

IHK-Prüfungsaufgaben 70

✓ Musterlösungen 71

Kapitel 5 – Massenspeicher 72

5.1 Speicher-Grundlagen 73
5.1.1 Flüchtig vs. persistent 73
5.1.2 Die Speicher-Hierarchie 73
5.1.3 Schnittstellen im Überblick 73

5.2 HDD – Festplatte 74
5.2.1 Aufbau und Funktionsweise 74

5.2.2 Kennwerte: Kapazität, Drehzahl, Cache 74
5.2.3 Einsatzgebiete heute 74

5.3 SSD und Flash 76
5.3.1 NAND-Typen: SLC, MLC, TLC, QLC 76
5.3.2 Wear Leveling und TRIM 76
5.3.3 SATA-SSD vs. NVMe-SSD 77
5.3.4 TBW – Total Bytes Written 77

5.4 RAID 77
5.4.1 Die wichtigsten RAID-Level 78
5.4.2 Berechnung der Nutzkapazität 78
5.4.3 Hardware- vs. Software-RAID 78

5.5 S.M.A.R.T. – Gesundheitsüberwachung 79
5.5.1 Was S.M.A.R.T. überwacht 79
5.5.2 Diagnose-Werkzeuge 80

5.6 Backup, Verschlüsselung und Zusammenfassung 81
5.6.1 Dateisysteme im Überblick 81
5.6.2 Backup-Strategien – die 3-2-1-Regel 81
5.6.3 Festplatten-Verschlüsselung 81
5.6.4 Zusammenfassung – die zehn wichtigsten Merkpunkte 82
5.6.5 Begriffs-Glossar Kapitel 5 82

IHK-Prüfungsaufgaben 84

✓ **Musterlösungen 85**

Kapitel 6 – Netzteil und USV 86

6.1 Stromversorgung – Grundlagen 87
6.1.1 Wechselstrom (AC) und Gleichstrom (DC) 87
6.1.2 Schaltnetzteil – das moderne Prinzip 87

6.2 ATX-Netzteil 88
6.2.1 Aufbau und Spannungen 88
6.2.2 Wichtige Stecker 89
6.2.3 Effizienz und 80 PLUS 89

6.3 Dimensionierung 89
6.3.1 TDP berechnen 89
6.3.2 Über- und Unterdimensionierung 89
6.3.3 Auswahl-Kriterien für die BWI 90

6.4 USV – Unterbrechungsfreie Stromversorgung 91
6.4.1 Offline-USV (VFD – Voltage and Frequency Dependent) 91
6.4.2 Line-interactive (VI) 91
6.4.3 Online-USV (VFI – Voltage and Frequency Independent) 91

6.5 USV-Dimensionierung und Berechnung 93
6.5.1 VA und Watt – der Leistungsfaktor 93
6.5.2 Laufzeit berechnen 93
6.5.3 Praxis-Empfehlung 93

6.6 Bundeswehr-Praxis und Zusammenfassung 94
6.6.1 Notstromversorgung im Feld 94
6.6.2 Netzteil-Diagnose – häufige Fälle 94
6.6.3 Zusammenfassung – die zehn wichtigsten Merkpunkte 95
6.6.4 Begriffs-Glossar Kapitel 6 95

📝 **IHK-Prüfungsaufgaben** **97**

✓ **Musterlösungen** **98**

Kapitel 7 – Peripheriegeräte **99**

7.1 Display-Anschlüsse **100**
7.1.1 HDMI – High Definition Multimedia Interface 100
7.1.2 DisplayPort 100
7.1.3 DVI und VGA – die Veteranen 101
7.1.4 Auflösungen und Bildraten 101

7.2 Drucker **101**
7.2.1 Tintenstrahl, Laser, Thermal, Nadel 102
7.2.2 Laser vs. Tintenstrahl im Detail 102
7.2.3 Druckersprachen: PCL, PostScript, ZPL 102
7.2.4 Multifunktionsgeräte (MFP) 103

7.3 Scanner und Multifunktionsgeräte **103**
7.3.1 Scanner-Bauformen 103
7.3.2 Scan-Auflösung – DPI verstehen 103
7.3.3 OCR – Texterkennung 104

7.4 Netzwerk-Peripherie **105**
7.4.1 Network Interface Card (NIC) 105
7.4.2 WLAN-Standards 105
7.4.3 Bluetooth 105
7.4.4 Netzwerkdrucker 105

7.5 Eingabegeräte und USB **107**
7.5.1 USB-Standards 107
7.5.2 Tastatur-Bauarten 107
7.5.3 Maus und Pointing-Devices 107
7.5.4 Barcode- und Biometrie-Lesegeräte 108

7.6 Treiber, Plug & Play und Zusammenfassung **109**
7.6.1 Plug & Play – wie Erkennung funktioniert 109
7.6.2 Geräte-Manager – das Diagnose-Werkzeug 109
7.6.3 Treiber-Probleme im BWI-Support 109
7.6.4 Zusammenfassung – die zehn wichtigsten Merkpunkte 110
7.6.5 Begriffs-Glossar Kapitel 7 110

📝 **IHK-Prüfungsaufgaben** **112**

✓ **Musterlösungen** **113**

Kapitel 8 – Beschaffung und Kalkulation **114**

8.1 Anforderungsanalyse **115**
8.1.1 Lastenheft – das WAS vom Kunden 115
8.1.2 Pflichtenheft – das WIE vom Auftragnehmer 115
8.1.3 Marktanalyse 115

8.2 Preiskalkulation **116**
8.2.1 Listenpreis, Einkaufspreis und Handelsspanne 116
8.2.2 Die IHK-Kalkulationskette 116

8.3 Rabatt und Skonto **117**
8.3.1 Rabatt – Mengen-/Treuenachlass 117
8.3.2 Skonto – Zahlungsbedingung 117

8.3.3 Berechnung im Beispiel 117

8.4 Netto, Brutto, Mehrwertsteuer 118
8.4.1 Netto und Brutto 118
8.4.2 Umrechnen 118
8.4.3 Vorsteuer und Umsatzsteuer 118

8.5 Angebotsvergleich, TCO und Nutzwertanalyse 119
8.5.1 Nutzwertanalyse 119
8.5.2 Total Cost of Ownership (TCO) 119
8.5.3 ROI und Amortisation 119

8.6 Leasing, Vergaberecht und Praxis 120
8.6.1 Leasing vs. Kauf 120
8.6.2 Öffentliche Ausschreibungen und Vergaberecht 120
8.6.3 Lebenszyklus-Management 121
8.6.4 Zusammenfassung – die zehn wichtigsten Merkpunkte 121
8.6.5 Begriffs-Glossar Kapitel 8 122

IHK-Prüfungsaufgaben 124

✓ Musterlösungen 125

Kapitel 9 – PC-Aufbau und ESD 126

9.1 ESD – Elektrostatische Entladung 127
9.1.1 Was ESD ist 127
9.1.2 ESD-Schäden – wie sie aussehen 127
9.1.3 Schutzmaßnahmen 128

9.2 Vorbereitung des PC-Aufbaus 129
9.2.1 Werkzeug und Arbeitsmittel 129
9.2.2 Kompatibilitäts-Check vor dem Aufbau 130
9.2.3 Checkliste vor Beginn 130

9.3 PC-Aufbau – die Reihenfolge 130
9.3.1 Empfohlene Einbau-Reihenfolge 130

9.4 CPU, Kühler und RAM montieren 131
9.4.1 CPU einsetzen 131
9.4.2 Wärmeleitpaste auftragen 131
9.4.3 CPU-Kühler montieren 131
9.4.4 RAM einsetzen 132

9.5 Mainboard, Standoffs, Kabel 133
9.5.1 Standoffs – die Mainboard-Abstandshalter 133
9.5.2 Frontpanel-Kabel anschließen 133
9.5.3 Kabelmanagement 133

9.6 UEFI-Erstkonfiguration und OS-Installation 135
9.6.1 Erster Boot und UEFI-Setup 135
9.6.2 Windows 11 installieren 136
9.6.3 Treiber-Installation und Updates 136

9.7 Abnahme, Test und Dokumentation 136
9.7.1 Abnahme-Tests 137
9.7.2 BWI-Abnahme-Protokoll 137

9.8 Häufige Fehler und Zusammenfassung 138
9.8.1 Top-10-Fehler beim PC-Aufbau 138

9.8.2 Zusammenfassung – die zehn wichtigsten Merkpunkte 138
9.8.3 Begriffs-Glossar Kapitel 9 139

IHK-Prüfungsaufgaben 140

✓ **Musterlösungen 141**

Kapitel 10 – Troubleshooting 142

10.1 Fehlermethodik 143
10.1.1 Die 6-Schritt-Methodik 143
10.1.2 Isolationsmethode 143
10.1.3 Dokumentation während des Vorgehens 143

10.2 POST-Fehler und Hardware-Probleme 144
10.2.1 POST-Fehler erkennen 144
10.2.2 Minimal-Konfiguration zum Test 144
10.2.3 CMOS-Reset – der erste Reflex 144

10.3 Software-Fehler 146
10.3.1 Windows-Bluescreen (BSOD) 146
10.3.2 Treiber-Probleme 147
10.3.3 Windows-Reparatur und Recovery 147

10.4 Netzwerk-Diagnose nach OSI-Schichten 148
10.4.1 Schicht 1 – Physical 148
10.4.2 Schicht 2-3 – Data Link, Network 148
10.4.3 Schichten 4-7 – Transport bis Application 148

10.5 Diagnose-Tools im Werkzeugkasten 150
10.5.1 Standard-Diagnose-Tools 150
10.5.2 Bordmittel von Windows 151
10.5.3 Ereignisanzeige – die wichtigste Quelle 151

10.6 Dokumentation und BWI-Praxis 152
10.6.1 Aufbau eines Fehlerberichts 152
10.6.2 ITIL und Ticket-System 152
10.6.3 BWI-Fehler-Typen und Eskalation 152

10.7 Zusammenfassung des gesamten Hardware-Curriculums 153
10.7.1 Zusammenfassung – die zehn wichtigsten Merkpunkte zum Troubleshooting 153
10.7.2 Begriffs-Glossar Kapitel 10 154
10.7.3 Schlusswort 154

IHK-Prüfungsaufgaben 156

✓ **Musterlösungen 157**

Anhang A – Abkürzungsverzeichnis 158

Anhang B – Literatur und weiterführende Quellen 162
Lehrbücher 162
Dokumente und Online-Quellen 162
Werkzeuge und Testprogramme 162

Anhang C – Bildnachweis 164

Kapitel 1 – Computerarchitektur

Wie ein Computer aus Sicht von Hardware aufgebaut ist

Bevor Sie im Alltag der Bundeswehr-IT einzelne Komponenten austauschen, Lastenhefte schreiben oder Nutzerprobleme diagnostizieren können, brauchen Sie ein klares Bild davon, wie ein Computer im Inneren arbeitet. Dieses Kapitel legt die Grundlage: Welche Hauptbauteile gibt es, wie kommunizieren sie miteinander, und warum ist das Von-Neumann-Prinzip fast 80 Jahre nach seiner Formulierung noch immer das Grundmodell praktisch aller PCs, Server und Smartphones?

Die IHK fragt Computerarchitektur in der Abschlussprüfung Teil 1 sehr zuverlässig ab – meist in Form einer Skizze, die zu beschriften ist, oder als Lückentext zu Bus-Systemen. Wer die Grundbegriffe sicher beherrscht, hat in den folgenden Kapiteln (CPU, RAM, Mainboard) erheblich weniger Mühe, weil die dort behandelten Bausteine alle an festen Plätzen dieses Modells sitzen.

1.1 Was ist ein Computer?

Bevor wir die einzelnen Komponenten betrachten, klären wir die Grundlagen: Was unterscheidet einen Computer von anderen Maschinen, welche Computertypen gibt es heute, und wie ist die Computertechnik historisch gewachsen? Dieses Unterkapitel legt das Fundament.



Abb. 1: Geöffneter Desktop-PC: Mainboard, CPU-Kühler, RAM, Laufwerke und Netzteil. *Bild: Bubba73, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons*

1.1.1 Definition: Maschine mit gespeichertem Programm

Ein Computer ist eine Maschine, die nach einem gespeicherten Programm automatisch Daten verarbeitet. Drei Begriffe sind in dieser Definition entscheidend: „gespeichertes Programm“ bedeutet, dass die Arbeitsanweisungen als Daten im Speicher liegen und ausgetauscht werden können. „Automatisch“ heißt, dass die Maschine ohne menschliches Eingreifen einen Befehl nach dem anderen abarbeitet. „Daten verarbeiten“ meint das Zusammenspiel aus Eingabe, Berechnung, Zwischenspeicherung und Ausgabe.

> **Merksatz**
> Ein Computer ist eine Maschine, die ein im Speicher abgelegtes Programm Schritt für Schritt ausführt. Programm und Daten liegen im selben Speicher – diese scheinbar triviale Eigenschaft unterscheidet den Computer von allen Maschinen, die vor ihm gebaut wurden.

1.1.2 Computertypen – mehr als nur PCs

Das Modell „Computer“ umfasst sehr unterschiedliche Geräte. Der Desktop-PC, der Server im Rechenzentrum, das Smartphone in der Tasche, der Controller in einem Waffensystem und der Kleinrechner in einer Funkkopplung folgen alle demselben Grundmuster. Sie unterscheiden sich

in Größe, Leistungsfähigkeit, Robustheit und Anschlussmöglichkeiten – nicht aber in der Architektur.

Typ	Charakteristik	Beispiele
Server	Dauerbetrieb, redundant, große Skalierung	Rack- oder Tower-Server, Mainframes
Workstation	Hohe Rechenleistung, oft Spezial-Hardware	CAD/Engineering-PC, Renderknoten
Desktop-PC	Standard-Arbeitsplatz	Office-PCs, BWI-Standard-Clients
Notebook	Mobil, akkubetrieben	BWI-Notebook, Ultrabook, Convertible
Embedded	Integriert in größeres Gerät	Steuerungen, Funkkopplungen, Sensorik
Mobile	Smartphones, Tablets	Diensthandy, Tablet-Lösungen

1.1.3 Meilensteine der Computergeschichte

Vom mechanischen Rechner über Röhren-, Transistor- und IC-Generationen bis zum Mikroprozessor war die Computertechnik in ständiger Bewegung. Die wichtigsten Meilensteine helfen, heutige Architekturen einzuordnen.

Jahr	Ereignis
1941	Konrad Zuse Z3 – erster funktionsfähiger programmierbarer Rechner
1945	Von-Neumann-Architektur formuliert
1971	Intel 4004 – erster kommerzieller Mikroprozessor
1981	IBM PC – Standardisierung der PC-Architektur
2003	AMD Opteron – x86-64 (64-Bit-Erweiterung)
2007	Apple iPhone – Smartphone-Ära beginnt
Heute	Multi-Core, Heterogene Compute (CPU+GPU+NPU), Cloud + Edge

1.2 Von-Neumann-Architektur

Das Von-Neumann-Modell ist seit 1945 die Blaupause praktisch jedes Computers. Dieses Unterkapitel zeigt die fünf Komponenten, das Stored-Program Concept, den berühmten Flaschenhals und die Harvard-Variante.

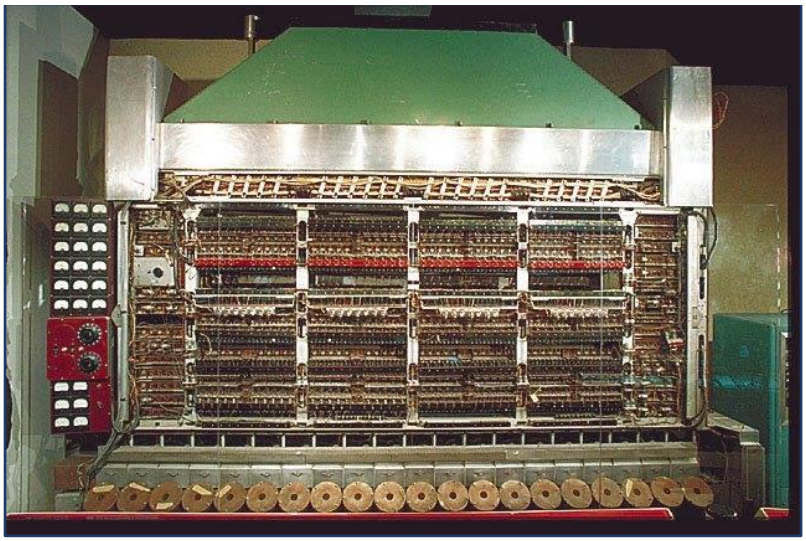

Abb. 2: Der IAS-Rechner (1952) – einer der ersten Computer nach dem Von-Neumann-Prinzip. *Bild: Smithsonian Institution, gemeinfrei, via Wikimedia Commons*

1.2.1 John von Neumann und die Stunde Null

1945 beschrieb John von Neumann mit einer Gruppe amerikanischer Wissenschaftler ein Rechnerkonzept, das bis heute gültig ist. Kerngedanke: Programm und Daten liegen gemeinsam im Arbeitsspeicher, eine zentrale Recheneinheit (CPU) liest beides über ein Bussystem, verarbeitet die Befehle und schreibt die Ergebnisse zurück. Vor von Neumann waren Rechner so gebaut, dass sie für jede Aufgabe neu verdrahtet werden mussten – der ENIAC hatte tagelange Rüstzeiten.

Das Rechenwerk (ALU) führt arithmetische (+, −, ×, ÷), logische (AND, OR, NOT, XOR), Vergleichs- und Schiebeoperationen aus; ein Links-Shift um 1 Bit verdoppelt einen Wert, ein Rechts-Shift halbiert ihn. Die Operanden liest es aus den Registern, schreibt das Ergebnis dorthin zurück und setzt Status-Flags wie Zero, Carry und Overflow – stets unter Regie des Steuerwerks. Manche Geräte gehören zu beiden E/A-Werken zugleich: Die Netzwerkkarte (NIC) empfängt Datenpakete aus dem Netz (Eingabewerk) und sendet Datenpakete hinaus (Ausgabewerk); in ausfallkritischen Systemen werden typischerweise zwei NICs oder Dual-Port-NICs redundant eingesetzt.

1.2.2 Die fünf Komponenten des Modells

Komponente	Aufgabe	Heutige Entsprechung
Steuerwerk	Dekodiert Befehle, steuert den Ablauf	Control Unit innerhalb der CPU
Rechenwerk	Arithmetische und logische Operationen	ALU innerhalb der CPU
Speicherwerk	Speichert Programm und Daten	Arbeitsspeicher (RAM)
Eingabewerk	Daten von außen aufnehmen	Tastatur, Maus, Sensorik, Netzwerk
Ausgabewerk	Ergebnisse nach außen geben	Monitor, Drucker, Lautsprecher, Netzwerk

IHK-Prüfungstipp

Das Von-Neumann-Prinzip ist in nahezu jedem Prüfungsjahr Stoff in Teil 1 der AP. Lernen Sie die fünf funktionalen Bausteine samt ihrer heutigen Entsprechungen auswendig. Häufige Aufgabe: Skizze beschriften oder Komponenten zuordnen.

1.2.3 Stored-Program Concept – die Kernidee

Programm und Daten liegen im selben Speicher. Diese scheinbar simple Idee macht Computer universell: Ein Gerät, beliebig viele Aufgaben. Das Programm kann ausgetauscht oder zur Laufzeit modifiziert werden, ohne dass die Hardware umgebaut werden muss. Aus dieser Eigenschaft ergeben sich auch moderne Konzepte wie Just-in-Time-Compilation und selbstmodifizierender Code.

1.2.4 Der Von-Neumann-Flaschenhals

Da Programm und Daten denselben Bus zur CPU teilen, kann immer nur eines transportiert werden – entweder Befehl oder Daten, nie beides gleichzeitig. Dieser Engpass heißt Von-Neumann-Flaschenhals. Moderne CPUs umgehen ihn mit getrennten L1-Caches für Befehle und Daten (also intern Harvard-artig), Pipelining, Out-of-Order-Execution und Branch-Prediction. Der Bus selbst bleibt aber ein Engpass – der Hauptgrund, warum heutige CPUs viele Cache-Ebenen haben.

1.2.5 Harvard-Architektur – die Alternative

Bei der Harvard-Architektur sind Programm- und Datenspeicher physisch getrennt – jeder mit eigenem Bus. Vorteil: parallele Zugriffe sind möglich, der Flaschenhals entfällt. Nachteil: Selbstmodifizierender Code geht nicht, beide Speicher müssen unabhängig voneinander dimensioniert werden. Reine Harvard-Systeme trifft man bei Mikrocontrollern (z. B. AVR, PIC)

und in DSPs. Moderne Allzweck-CPUs sind Hybride: außen Von-Neumann, innen Harvard auf Cache-Ebene.

> **Merksatz**
> Von-Neumann = ein Speicher für Programm und Daten, gemeinsamer Bus, Flaschenhals. Harvard = getrennte Speicher und Busse, parallel zugreifbar. Heutige PCs sind hybrid: außen Von-Neumann, intern Harvard auf den L1-Caches.

1.3 Systembus

Der Systembus verbindet CPU, Speicher und Peripherie. Er besteht aus drei logisch getrennten Teilbussen mit klaren Aufgaben.

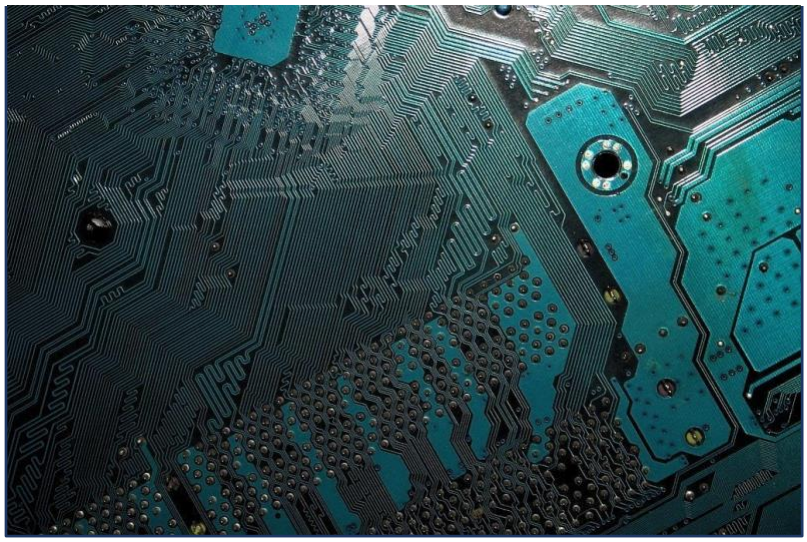

Abb. 3: Leiterbahnen auf einem Mainboard – physisch sind die Busse Kupferbahnen. *Bild: Chrihern, gemeinfrei, via Wikimedia Commons*

1.3.1 Adress-, Daten- und Steuerbus – drei Aufgaben, ein Bündel

Bus	Aufgabe	Richtung
Adressbus	Welche Speicherzelle oder welches Gerät ist gemeint?	CPU → außen (unidirektional)
Datenbus	Eigentliche Nutzdaten (Inhalt der Speicherzelle)	Bidirektional
Steuerbus	Lese-/Schreib-Steuersignale, Takt, Interrupt-Leitungen	Gemischt

1.3.2 Adressbus-Breite und Speichergröße

Die Breite des Adressbusses bestimmt, wie viele Speicherzellen direkt adressiert werden können. Mit n Adressleitungen lassen sich 2^n Zellen ansprechen. Bei 32 Bit Adressbreite ergeben sich 4 GiB adressierbarer Speicher (2^32 Bytes). Daher liegt die Grenze klassischer 32-Bit-Systeme bei 4 GiB RAM. 64-Bit-Adressen erlauben theoretisch 16 Exabyte – praktisch werden heute meist 48 oder 52 Bit der 64 ausgenutzt, was immer noch in den Petabyte-Bereich geht.

> **IHK-Prüfungstipp**
> Klassische IHK-Aufgabe: „Wie viele Speicherzellen kann ein System mit 24-Bit-Adressbus adressieren?“ Lösung: 2^24 = 16.777.216 = 16 MiB. Solche Rechnungen erscheinen regelmäßig in Teil 1.

1.3.3 Datenbus und Steuerbus im Detail

Der Datenbus überträgt die eigentlichen Inhalte. Seine Breite (8, 16, 32, 64 Bit) bestimmt, wie viele Bits pro Takt gleichzeitig übertragen werden. Moderne CPUs haben 64-Bit-Datenbusse. Der Steuerbus enthält Lesen/Schreiben-Signale, den Takt, Interrupt-Leitungen für Geräte und das Reset-Signal. Während der Adressbus „wo“ und der Datenbus „was“ angibt, sagt der Steuerbus, „wann“ und „wie“ etwas passieren soll.

Moderne PCs nutzen statt eines gemeinsamen Busses spezialisierte Punkt-zu-Punkt-Verbindungen: PCIe 5.0 x16 (ca. 64 GB/s je Richtung) für Grafikkarte und NVMe-SSD, DDR5 im Dual-Channel (ca. 100 GB/s) für den Arbeitsspeicher, USB4 (40 bzw. 80 Gbit/s) und Thunderbolt 5 (80 Gbit/s, im Boost-Modus bis 120 Gbit/s) für Peripherie sowie SATA III (ca. 600 MB/s) für HDD und SATA-SSD. Das klassische Bild aus Adress-, Daten- und Steuerbus bleibt als Denkmodell gültig, physisch ist es heute auf diese Einzelverbindungen verteilt.

1.4 BIOS und UEFI

Bevor das Betriebssystem startet, muss die Firmware die Hardware initialisieren und ein Bootmedium finden. Diese Aufgabe übernehmen BIOS (alt) bzw. UEFI (modern). Dieses Unterkapitel zeigt beide Welten samt MBR/GPT, Secure Boot und praktischer Konfiguration.

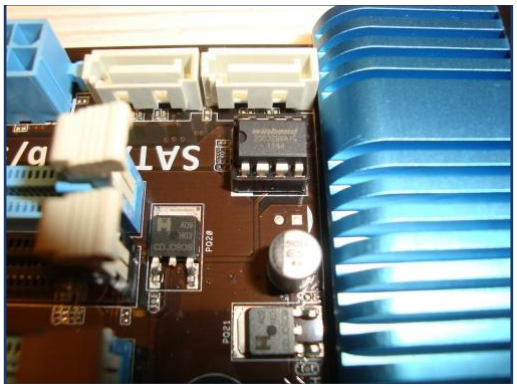

Abb. 4: BIOS-/UEFI-Flash-Chip. *Bild: Mixabest, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons*

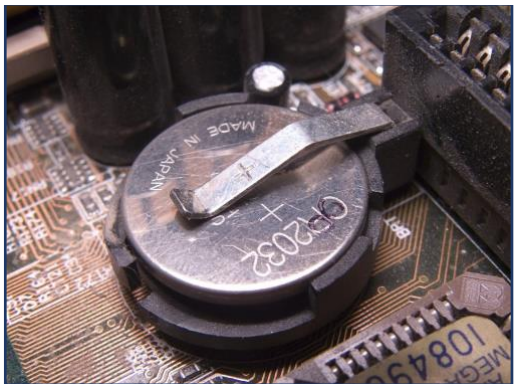

Abb. 5: CMOS-Batterie CR2032. *Bild: Lukas A, CZE, gemeinfrei, via Wikimedia Commons*

1.4.1 BIOS – Basic Input/Output System

Das BIOS ist die alte PC-Firmware aus den 1980er Jahren. Es sitzt in einem Flash-Baustein auf dem Mainboard und wird beim Einschalten als allererstes ausgeführt. Aufgaben: POST (Selbsttest), Hardware-Initialisierung, Bootloader-Suche auf den ersten 512 Bytes der Bootplatte (MBR). Limitierungen: 16-Bit Real-Mode, max. 1 MiB Speicher, max. 2,2 TB Plattengröße über MBR.

1.4.2 BIOS-Konfiguration in der Praxis

Im BIOS lassen sich Boot-Reihenfolge, Datum/Uhrzeit, Onboard-Geräte (LAN, Audio, USB), CPU-Kennwerte und manchmal Voltages einstellen. Die Einstellungen werden in einem CMOS-Speicher mit Knopfzellen-Pufferung gehalten. Aufruf: typischerweise mit Entf, F2 oder F10 direkt nach dem Einschalten.

1.4.3 Grenzen des klassischen BIOS

Limitierung	Auswirkung
16-Bit Real-Mode	Nur 1 MiB direkt adressierbar, langsame Initialisierung
MBR-Bootmedien	Maximal 2,2 TB Plattengröße, max. 4 primäre Partitionen
Keine Treiberunterstützung	Nur Basis-Funktionen, keine Netzwerk- oder Grafiktreiber
Kein Secure Boot	Bootkit-Malware kann sich vor dem BS einnisten
Aussterbend	Seit etwa 2020 kein Hersteller-Support mehr

1.4.4 UEFI – moderne Firmware

UEFI (Unified Extensible Firmware Interface) ist seit etwa 2005 die moderne Ablösung des BIOS. Es läuft im 32- oder 64-Bit-Modus, unterstützt grafische Oberflächen, Maus, Netzwerk und Module für Treiber. Bootmedien werden über eine FAT32-formatierte EFI System Partition (ESP) gefunden, die ausführbare .efi-Dateien enthält. Vorteile: deutlich schnellerer Boot, große Platten via GPT, Sicherheitsfeatures wie Secure Boot.

1.4.5 Secure Boot

Secure Boot ist ein UEFI-Feature, das nur signierte Bootloader und Kernel zulässt. Beim Start prüft die Firmware die digitale Signatur jedes auszuführenden Codes gegen einen vorinstallierten Schlüsselspeicher (Platform Key, KEK, db, dbx). Schutz: Bootkits und Rootkits können sich nicht mehr vor dem Betriebssystem einnisten. Voraussetzung für: Windows 11, BWI-Standard-Konfiguration, TPM-basierte BitLocker-Auto-Unlock.

> **BW-Bezug**
> Auf BWI-Clients ist Secure Boot zwingend aktiviert. Wer zentrale Linux-Distributionen wie Ubuntu oder RHEL booten will, braucht signierte Bootloader (shim) – sonst verweigert das System den Start.

1.4.6 MBR vs. GPT – Partitionierungsstandards

Merkmal	MBR	GPT
Eingeführt	1983 (DOS)	2005 (UEFI 2.0)
Max. Plattengröße	2,2 TB	Praktisch unbegrenzt (~9,4 ZiB)
Max. Partitionen	4 primäre (oder 3 + erweitert)	128 (Standard, erweiterbar)
Redundanz	Eine Tabelle, leicht beschädigbar	Primär + Backup-Tabelle am Ende
Prüfsummen	Keine	CRC32 für Partitionstabelle
Boot-Modus	Legacy / CSM	UEFI

1.4.7 BIOS vs. UEFI – der direkte Vergleich

Merkmal	BIOS (Legacy)	UEFI
Modus	16-Bit Real-Mode	32/64-Bit Protected Mode
Boot-Zeit	Langsam (mehrere Sekunden)	Schnell (< 1 s typisch)
Partitionierung	MBR (max. 2,2 TB)	GPT (praktisch unbegrenzt)
Oberfläche	Textbasiert, Tastatur	Grafisch, mausbedienbar
Sicherheit	Keine Signaturprüfung	Secure Boot, Measured Boot
Treiber	Nur Basis-Funktionen	Modulare UEFI-Treiber
Heutige Relevanz	Nur noch in Altgeräten	Standard auf allen neuen PCs

1.5 POST und Bootvorgang

POST steht für Power-On Self-Test – der Hardware-Selbsttest direkt nach dem Einschalten. Er erkennt defekte Komponenten, bevor das Betriebssystem überhaupt startet. Wer den POST versteht, kann auch vermeintlich „tote“ PCs systematisch diagnostizieren.

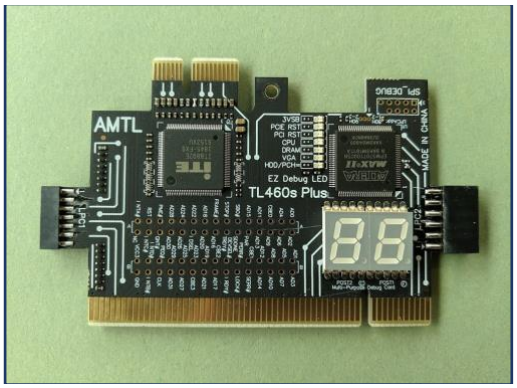

Abb. 6: POST-Diagnosekarte mit Debug-LEDs und Codeanzeige. *Bild: Markus Kuhn, CC0, via Wikimedia Commons*

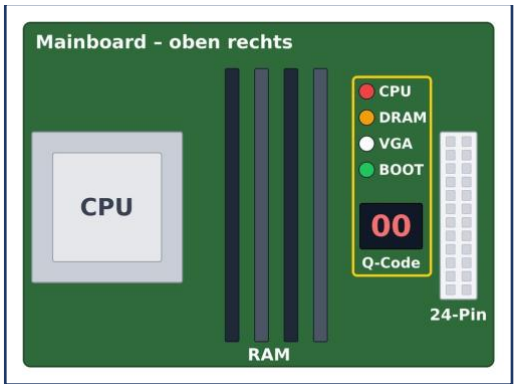

Abb. 7: Lage von Debug-LEDs und Q-Code auf dem Mainboard (Schema). *Eigene Darstellung*

1.5.1 POST – was passiert beim Einschalten

Sobald Strom anliegt, startet die Firmware (BIOS/UEFI) den POST. Geprüft werden CPU-Grundfunktionen, RAM-Verfügbarkeit, Grafikausgabe, Tastatur, Bootmedien und – bei UEFI – die Integrität der Firmware selbst. Erst wenn der POST fehlerfrei läuft, wird der Bootloader gesucht und gestartet. Schlägt der POST fehl, signalisiert das System den Fehler über Pieptöne, Status-LEDs oder Q-Code-Anzeigen.

1.5.2 POST-Ablauf Schritt für Schritt

#	Schritt
1	Stromversorgung stabilisiert sich, Reset-Signal löst aus
2	CPU lädt erste Befehle aus dem Firmware-Flash
3	Speichercontroller initialisiert RAM, prüft Verfügbarkeit
4	Grafikkarte wird initialisiert, erste Ausgabe erscheint
5	Tastatur, USB, weitere Onboard-Geräte werden geprüft
6	Massenspeicher und Boot-Reihenfolge werden eingelesen
7	Bootloader auf erstem bootfähigen Medium wird gestartet

1.5.3 POST-Fehlercodes – Pieptöne und Q-Codes

Schlägt der POST fehl, gibt das System Fehlersignale aus. Bei klassischen Mainboards waren das Pieptöne über den PC-Speaker („Beep-Codes“). Moderne Boards haben eine zweistellige Q-

Code-Anzeige (z. B. C0 = CPU-Init, 53 = Memory Error) oder farbige Status-LEDs (CPU/RAM/VGA/BOOT). Die Codes sind herstellerspezifisch – das Mainboard-Handbuch ist die einzig zuverlässige Quelle.

Symptom	Häufige Ursache
Kein Bild, 1 langer + 2 kurze Pieptöne	Grafikkarte fehlt, nicht erkannt oder ohne PCIe-Strom
3 kurze (bei manchen Boards 3 lange) Pieptöne	RAM nicht erkannt oder defekt – Riegel neu einsetzen, anderen Slot
Dauerton / 5 kurze Töne	RAM- bzw. Tastaturfehler (BIOS-abhängig) / CPU-Problem – Beep-Tabelle im Handbuch
Q-Code 00 / FF	CPU bootet nicht (BIOS-Reset versuchen)
LED CPU rot	CPU defekt, falsch eingesetzt oder Mikrocode fehlt
LED RAM rot	RAM-Modul defekt oder im falschen Slot

1.5.4 Bootvorgang von UEFI bis zum Desktop

Phase	Was passiert
UEFI-Init	Firmware initialisiert Hardware, prüft Secure Boot
ESP-Suche	EFI System Partition wird gefunden, .efi-Datei geladen
Bootloader	Windows Boot Manager (bootmgfw.efi) bzw. GRUB lädt OS-Kernel
Kernel-Boot	OS-Kernel initialisiert Treiber, startet Dienste
Login	Anmeldebildschirm, dann Userspace-Programme (Explorer, Shell)

1.5.5 Diagnose-Werkzeuge des Technikers

Werkzeug	Einsatz
Mainboard-Handbuch	Q-Code-/Beep-Code-Tabelle
POST-Karte (PCIe)	Externe Anzeige bei totem System
Multimeter	Spannungen am 24-Pin-ATX-Stecker prüfen
Knopfzelle wechseln	BIOS-Reset bei stehengebliebenen Boards
Minimal-Konfig	CPU + 1 RAM + Grafik + Netzteil – isoliert booten
Differenzdiagnose	Komponenten einzeln tauschen, bis Problem isoliert

1.6 Bundeswehr-Kontext und Zusammenfassung

BWI- und Bundeswehr-Hardware folgt zwar denselben Architekturprinzipien wie Consumer-Geräte, hat aber zusätzliche Anforderungen: Robustheit, Manipulationsschutz und langer Lebenszyklus. Dieses Unterkapitel schließt Kap. 1 mit BW-Anforderungen, Zusammenfassung und Glossar ab.

1.6.1 IT-Systeme der Bundeswehr – besondere Anforderungen

Anforderung	Konsequenz
Robustheit	Stoß-, Vibrations-, Staub-, Feuchtigkeitsresistenz
Temperatur	Betrieb von -32 °C bis +60 °C ohne Lüfter im Feldeinsatz
Manipulationsschutz	Versiegelte Gehäuse, TPM, Secure Boot, BSI-Zertifizierung
Lebenszyklus	10+ Jahre Ersatzteilverfügbarkeit (vs. 3–5 J. Consumer)
Lieferkette	BAAINBw-zugelassen, sichere Herkunft
Kompatibilität	Mit BWI-Standard-Software-Image, KSK-Sonderlösungen

1.6.2 Ruggedized Systems – militärische Bauformen

Ruggedized-Geräte sind verstärkt gegen Stoß, Staub, Wasser und Temperaturschwankungen. Typisch sind Aluminium- oder Magnesiumgehäuse, lüfterlose Bauweise (passive Kühlung), versiegelte Schnittstellen und ESD-feste Bauteile. Hersteller wie Panasonic Toughbook, Getac und Dell Rugged dominieren den Markt.

1.6.3 MIL-STD-810 – der Standard für IT-Robustheit

MIL-STD-810 ist ein US-Militärstandard, der Umweltprüfverfahren definiert: Stoß (mechanischer Schlag), Vibration, Höhe, Hitze und Kälte, Sand- und Staubdichtheit, Salznebel, Regen. Hersteller weisen Konformität meist über Selbstauskunft nach – „MIL-STD-810G tested“ ist daher kein vollständiger Schutznachweis, sondern eine Indikation der Belastbarkeit. IP-Schutzklassen ergänzen die Aussage zu Staub und Wasser.

1.6.4 Secure Boot in der Bundeswehr-IT

Auf BWI-Clients und -Servern ist Secure Boot zwingend aktiviert. Die Firmware-Zertifikatsspeicher werden zentral durch die BWI verwaltet; ein Endgerät akzeptiert nur signierte Bootloader und Kernel. Konsequenz für Admins: Boot-Medien müssen mit gültigen

Microsoft- oder BWI-Signaturen versehen sein. Klassische Live-Linux-USB-Sticks lassen sich nicht ohne Weiteres starten – dafür gibt es signierte BWI-Wartungsmedien.

> **BW-Bezug**
> Bei Hardwarewechseln und BIOS-Updates kann der TPM-State verlorengehen – dann fragt BitLocker beim nächsten Boot nach dem Recovery-Key. Den müssen Sie aus AD oder Intune holen, BEVOR Sie das Gerät auseinanderbauen.

1.6.5 Zusammenfassung – die zehn wichtigsten Merkpunkte

#	Merkpunkt	IHK / BW
1	Computer = Maschine mit gespeichertem Programm	Sehr häufig
2	Von-Neumann: 5 Komponenten, gemeinsamer Speicher	Sehr häufig
3	Harvard-Architektur: getrennte Speicher und Busse	Häufig
4	Systembus: Adress-, Daten-, Steuerbus – drei Aufgaben, ein Bündel	Sehr häufig
5	Adressbus-Breite: 2^n Speicherzellen direkt adressierbar	Sehr häufig
6	BIOS = Legacy 16-Bit, UEFI = modern 32/64-Bit	Sehr häufig
7	MBR max. 2,2 TB / 4 Partitionen, GPT praktisch unbegrenzt	Sehr häufig
8	Secure Boot = nur signierte Bootloader zulassen	Häufig
9	POST = Selbsttest, Fehlercode über Pieptöne / Q-Code / LEDs	Häufig
10	BWI: Ruggedized, MIL-STD-810, Secure Boot, langer Lebenszyklus	BW-Praxis

1.6.6 Begriffs-Glossar Kapitel 1

Begriff	Kurzdefinition
Von-Neumann	Architektur mit gemeinsamem Speicher für Programm und Daten
Harvard	Architektur mit getrennten Speichern für Programm und Daten
ALU	Arithmetic Logic Unit – Rechenwerk in der CPU
Control Unit	Steuerwerk in der CPU
Systembus	Bündel aus Adress-, Daten- und Steuerbus
BIOS	Basic Input/Output System – Legacy-Firmware
UEFI	Unified Extensible Firmware Interface – moderne Firmware
POST	Power-On Self-Test – Hardware-Selbsttest beim Einschalten
MBR	Master Boot Record – Legacy-Partitionsschema bis 2,2 TB
GPT	GUID Partition Table – modernes Partitionsschema, Petabyte-fähig
Secure Boot	UEFI-Feature: nur signierte Bootloader/Kernel zulassen
ESP	EFI System Partition – FAT32-Partition mit .efi-Bootloadern

🎯 Selbsttest – Fragen zur Vertiefung

Prüfen Sie Ihr Verständnis. Antworten finden Sie im Fragenkatalog oder in diesem Kapitel.

Frage 1: Nennen Sie die vier funktionalen Bausteine des Von-Neumann-Rechners und ordnen Sie jedem die heutige physikalische Entsprechung zu.

Frage 2: Beschreiben Sie den Fetch-Decode-Execute-Zyklus in vier Schritten. Wo sitzen L1-, L2- und L3-Cache?

Frage 3: Welche drei wesentlichen Unterschiede bestehen zwischen Legacy-BIOS und UEFI? Warum verwendet die Bundeswehr ausschließlich UEFI?

Frage 4: Ein Mainboard meldet beim Einschalten „DRAM-LED leuchtet dauerhaft". Welche Diagnoseschritte führen Sie in welcher Reihenfolge aus?

Frage 5: Rechnen Sie um: 0xAF in Dezimal. 173 in Hexadezimal. 10110101 (binär) in Dezimal.

Frage 6: Wie groß ist eine 4-TB-Festplatte (Herstellerangabe) in TiB? Warum zeigt Windows weniger an?

Frage 7: Welcher Formfaktor ist für einen Feldrechner im Fahrzeug der Bundeswehr am besten geeignet und warum?

Frage 8: Was bedeutet IPC (Instructions per Cycle), und warum ist Taktrate allein kein sinnvolles Leistungsmaß?

IHK-Prüfungsaufgaben

Die folgenden Aufgaben sind im Stil der IHK-Abschlussprüfung Fachinformatiker / Systemintegration formuliert. Bearbeiten Sie zuerst eigenständig, vergleichen Sie dann mit der Musterlösung.

Aufgabe 1 *(10 Punkte)*

Sie übernehmen die Erstkonfiguration eines neuen Standard-Arbeitsplatzes für die Bundeswehr-Liegenschaft München. Der Client soll für VS-NfD-Einsatz freigegeben werden.

a) Erläutern Sie, welche vier UEFI-Einstellungen Sie nach dem ersten Hochfahren prüfen müssen, damit der Client für VS-NfD freigegeben werden kann. *(4 P.)*

b) Nennen Sie zwei PowerShell-Befehle, mit denen Sie nach dem Booten in Windows 11 den Status von TPM und Secure Boot überprüfen können. *(2 P.)*

c) Wandeln Sie folgende Werte um: 0xAF in Dezimal sowie 200 dezimal in 8-Bit-Binär. Geben Sie den Rechenweg an. *(2 P.)*

d) Beschreiben Sie zwei Auswirkungen, wenn Secure Boot bei einem Bundeswehr-Client nicht aktiviert wäre. *(2 P.)*

Aufgabe 2 *(8 Punkte)*

Ein Nutzer meldet, sein Bundeswehr-PC startet nicht mehr. Sie sehen am Mainboard die vier Debug-LEDs CPU, DRAM, VGA, BOOT.

a) In welcher Reihenfolge leuchten die vier Debug-LEDs während eines normalen POST? *(2 P.)*

b) Die DRAM-LED leuchtet dauerhaft. Nennen Sie drei Diagnoseschritte in sinnvoller Reihenfolge. *(3 P.)*

c) Erklären Sie kurz den Fetch-Decode-Execute-Zyklus der CPU. *(3 P.)*

✓ Musterlösungen

Vergleichen Sie zuerst Ihre eigenen Lösungen mit den nachfolgenden Musterlösungen.

✓ Musterlösung Aufgabe 1

a) Boot-Modus auf UEFI (nicht Legacy/CSM). Secure Boot aktiviert. TPM 2.0 (Intel PTT bzw. AMD fTPM) aktiviert. CSM disabled (verhindert Legacy-Bootmodi).

b) Confirm-SecureBootUEFI – gibt True zurück bei aktivem Secure Boot. Get-Tpm – zeigt TpmReady, TpmPresent, TpmEnabled.

c) 0xAF = 10·16 + 15 = 175 (dezimal). 200 = 128 + 64 + 8 = 1100 1000 (binär).

d) BitLocker-TPM-Auto-Unlock funktioniert nicht (Nutzer muss bei jedem Start ein Pre-Boot-Passwort eingeben). VS-NfD-Konformität ist nicht gegeben – der Client darf nicht in die Produktiv-Domäne aufgenommen werden.

✓ Musterlösung Aufgabe 2

a) CPU → DRAM → VGA → BOOT. Bei jedem bestandenen Test erlischt die Vorgänger-LED.

b) Schritt 1: RAM-Module fest in Slot drücken, beide Clips müssen klicken. Schritt 2: Module einzeln testen (nur einen Riegel einsetzen). Schritt 3: XMP/EXPO im UEFI deaktivieren (manche Module laufen nicht stabil mit OC-Profil).

c) Fetch: CPU lädt nächsten Befehl aus dem Arbeitsspeicher in das Befehlsregister. Decode: Steuerwerk dekodiert den Befehl und ermittelt die nötigen Operanden. Execute: ALU oder andere Ausführungseinheit führt den Befehl aus, Ergebnis wird in Register oder Speicher geschrieben.

Kapitel 2 – CPU

Der Prozessor als Herzstück des Computers

Die CPU (Central Processing Unit) ist der Baustein, der Rechenarbeit leistet. Sie liest Programmbefehle aus dem Arbeitsspeicher, dekodiert sie und führt sie aus. Alles, was ein Computer tut – von der Textverarbeitung bis zur Videokompression – lässt sich am Ende auf einfache Operationen der CPU zurückführen: Addieren, Vergleichen, Springen, Lesen, Schreiben.

Für die IHK-Prüfung und für die Praxis müssen Sie CPUs nach technischen Kennzahlen bewerten und auswählen können. Dieses Kapitel behandelt Kerne und Threads, Taktfrequenz und Architektur, Sockel und TDP, Befehlssätze und Auswahlkriterien. Am Ende können Sie einen CPU-Typ für einen bestimmten Einsatzzweck begründen.

2.1 Was ist eine CPU?

Die CPU (Central Processing Unit) ist das Herzstück jedes Computers. Sie führt die Befehle der Programme aus, verarbeitet Daten und koordiniert das Zusammenspiel aller Komponenten. Dieses Unterkapitel klärt Aufgabe, geschichtliche Entwicklung und heutige Bauformen.



Abb. 8: Prozessor mit Heatspreader (Oberseite). *Bild: Eric Gaba, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons*

2.1.1 Aufgabe und Funktion der CPU

Die CPU liest Befehle aus dem Arbeitsspeicher, dekodiert sie, führt sie aus und schreibt Ergebnisse zurück. Dieser Fetch-Decode-Execute-Zyklus läuft milliardenfach pro Sekunde. Eine CPU mit 3 GHz Taktfrequenz kann pro Kern theoretisch 3 Milliarden einfache Befehle pro Sekunde abarbeiten – durch Pipelining und Out-of-Order-Execution sind es in der Praxis sogar mehr Operationen pro Takt (IPC).

Eine moderne CPU gliedert sich in ein Front-End (Fetch, Decode, Branch Prediction), das Befehle aus dem Cache holt und interpretiert, und ein Back-End (ALU, FPU, SIMD- und Load/Store-Einheiten), das sie ausführt. Über die Bus Interface Unit mit integriertem Memory Controller (IMC) und PCIe-Controller ist die CPU mit RAM und Mainboard verbunden.

> **Merksatz**
> Die CPU verarbeitet einen Befehl nach dem anderen, aber dank Pipelining beginnt sie schon mit dem nächsten, bevor der aktuelle fertig ist. Die effektive Leistung ergibt sich aus Takt × IPC × Anzahl Kerne – nicht allein aus dem Takt.

2.1.2 Geschichte der CPU

Jahr	Meilenstein
1971	Intel 4004 – erster Mikroprozessor, 4 Bit, 740 kHz
1978	Intel 8086 – Begründer der x86-Architektur
1985	Intel 386 – erste 32-Bit-x86-CPU
2003	AMD Opteron – erste 64-Bit-x86-CPU (x86-64)
2005	Erste Dual-Core-CPUs (Intel, AMD)
2017	AMD Ryzen / Zen – aggressive Mehrkern-Architektur
2020	Apple M1 – ARM-Übernahme im Desktop-Markt
Heute	Heterogene CPUs (P+E-Cores), 3D-V-Cache, KI-Beschleuniger

2.1.3 Formfaktoren – was die CPU äußerlich auszeichnet

Eine CPU besteht aus dem Die (Silizium-Chip) und einem Package, das ihn schützt und mit dem Sockel verbindet. Bauformen unterscheiden sich nach Pin-Technologie (PGA = Pins an der CPU, LGA = Pins am Sockel) und der Anzahl Kontakte. Heutige Desktop-CPUs sind LGA (Intel) oder LGA bei AMD AM5 – früher AMD AM4 noch PGA. Server-CPUs haben Sockel mit 4000+ Kontakten (z. B. SP5 für AMD EPYC).

2.2 CPU-Kennwerte verstehen

Beim CPU-Vergleich tauchen immer wieder dieselben Kennwerte auf: Takt, Boost, Kerne, TDP, Sockel, Fertigungsknoten. Wer ihre Bedeutung kennt, liest jedes Datenblatt richtig.

2.2.1 Taktfrequenz, Boost und TDP

Die Taktfrequenz gibt an, wie viele Schwingungen pro Sekunde der interne Taktgeber macht. 3 GHz = 3 Milliarden Takte pro Sekunde. Moderne CPUs haben einen Basis-Takt und einen Boost-Takt: Unter Last und in den thermischen Grenzen können einzelne Kerne kurzzeitig auf den Boost-Takt hochfahren. TDP (Thermal Design Power) gibt die Wärmeleistung an, für die der Kühler ausgelegt sein muss – meist in Watt. Achtung: TDP ≠ tatsächlicher Stromverbrauch unter Volllast!

Der Takt allein sagt wenig über die Leistung aus – entscheidend ist Takt × IPC (Instructions per Cycle). Der IPC-Wert steigt durch breitere (superskalare) Pipelines mit mehreren Ausführungseinheiten, Out-of-Order-Execution, genauere Sprungvorhersage (Branch Prediction, Trefferquote über 99 %), größere L1/L2-Caches und Prefetcher, die Daten vor dem

Bedarf aus dem RAM laden. Tiefere Pipelines erlauben höheren Takt, machen falsche Sprungvorhersagen aber teurer.

IHK-Prüfungstipp

Eine CPU mit 65 W TDP kann unter Volllast (PL2-Limit) kurzzeitig 150 W ziehen. Wer den Kühler nur nach TDP dimensioniert, riskiert Throttling unter Dauerlast – wichtig in der IHK-Praxis-Aufgabe.

2.2.2 Kerne, Threads und Hyperthreading

Ein Kern ist eine vollständige Recheneinheit der CPU. Mehrkern-CPUs haben mehrere parallele Kerne in einem Chip. Hyperthreading (Intel) bzw. SMT (AMD) lässt einen physischen Kern zwei logische Threads parallel verarbeiten – effektive Mehrleistung von 20–30 % bei geeigneter Software. Eine 8-Kern-CPU mit Hyperthreading erscheint dem Betriebssystem als 16 logische CPUs.

Konfiguration	Beispiel	Einsatz
4 Kerne / 8 Threads	Intel i3-13100, AMD Ryzen 5 5500	Office, Web, leichte Spiele
8 Kerne / 16 Threads	Ryzen 7 7700, Core i7-13700	Gaming, Multimedia, Entwickler-PCs
16 Kerne / 32 Threads	Ryzen 9 7950X, Core i9-14900K	Workstation, Rendering, Virtualisierung
64+ Kerne	AMD EPYC, Intel Xeon	Server, Datenbanken, Cloud-Hosts

2.2.3 CPU-Sockel und Kompatibilität

Der CPU-Sockel ist die mechanische und elektrische Verbindung zwischen CPU und Mainboard. Sockel sind nicht universell – ein AM5-Mainboard nimmt nur AM5-CPUs. Bei einem Upgrade muss meist auch das Mainboard getauscht werden, wenn die CPU einen neuen Sockel braucht.

Sockel	Hersteller	Generation
LGA 1700	Intel	Core 12./13./14. Gen (Alder Lake bis Raptor Lake)
LGA 1851	Intel	Core Ultra (15. Gen, Arrow Lake) – ab 2024
AM4	AMD	Ryzen 1000–5000 (DDR4) – produktiver Restbestand
AM5	AMD	Ryzen 7000/8000/9000 (DDR5)
LGA 4677	Intel Server	Xeon 4./5. Gen (Sapphire Rapids)
SP5	AMD Server	EPYC 9004 / 9005 (Genoa, Turin)

2.2.4 Fertigungsknoten und Effizienz

Der Fertigungsknoten (z. B. „5 nm“, „3 nm“) gibt grob die Strukturgröße auf dem Chip an. Kleinere Strukturen erlauben mehr Transistoren pro Flächeneinheit, niedrigeren Stromverbrauch und höhere Takte. Heutige Fertigung: TSMC N3, Intel 7/4, Samsung 3GAE. „nm“ ist heute aber nur noch Marketing – die tatsächlichen Strukturen sind oft größer als die Bezeichnung.

Moore's Law beschreibt die Verdopplung der Transistorzahl pro Chip etwa alle zwei Jahre: vom Intel 4004 (1971, 10 µm, rund 2.300 Transistoren) bis zu aktuellen 3-nm-Chips mit mehreren zehn Milliarden Transistoren. Der Trend verlangsamt sich, weil die Strukturen an physikalische Grenzen stoßen; aktuell laufen Fertigungen der 2-nm-Klasse an (z. B. TSMC N2, Intel 18A).

2.3 Cache-Hierarchie

Der Arbeitsspeicher ist viel langsamer als die CPU. Damit die Recheneinheit nicht ständig wartet, sind schnelle Zwischenspeicher (Caches) direkt im CPU-Chip integriert. Dieses Unterkapitel zeigt die drei Cache-Ebenen und ihre Auswirkungen auf die Leistung.

2.3.1 L1, L2, L3 – die drei Ebenen

Cache	Größe (typisch)	Zugriffszeit	Geteilt?
L1	32–64 KiB pro Kern	~1 ns (3–4 Takte)	Pro Kern, getrennt für Befehle/Daten
L2	256 KiB – 2 MiB pro Kern	~3 ns (10–12 Takte)	Pro Kern (oder pro Cluster)
L3	4 – 96 MiB	~10 ns (30–40 Takte)	Geteilt zwischen allen Kernen
RAM	16 – 256 GiB	~70 ns (200+ Takte)	System-weit

2.3.2 Hit, Miss und Lokalitätsprinzip

Ein Cache-Hit ist ein erfolgreicher Treffer: das gesuchte Datum liegt bereits im Cache. Ein Miss erfordert einen Zugriff auf die nächste Ebene oder den RAM – mit entsprechendem Zeitverlust. Caches funktionieren, weil Programme das Lokalitätsprinzip ausnutzen: räumliche Lokalität (was nah beieinander liegt, wird oft zusammen verwendet) und zeitliche Lokalität (was kürzlich verwendet wurde, wird wieder gebraucht). Hit-Rates über 95 % sind in der Praxis die Regel, sonst wäre die CPU permanent am Warten.

2.3.3 3D-V-Cache und moderne Tricks

AMD stapelt bei den X3D-CPUs zusätzlichen L3-Cache vertikal über dem CPU-Chip. Beispiel Ryzen 7 7800X3D: 96 MiB L3 statt 32 MiB beim regulären 7700X. Bei latenzempfindlichen

Workloads (Spiele, Datenbanken mit kleiner Working-Set) ergibt sich daraus 10–30 % Mehrleistung – ohne höheren Takt oder mehr Kerne. Intel arbeitet an ähnlichen Konzepten (Foveros).

2.4 Intel und AMD – die zwei Hauptanbieter

Im x86-Bereich teilen sich Intel und AMD den Markt. Beide nutzen die x86-64-Architektur (von AMD eingeführt, von Intel lizenziert), aber jeweils eigene Sockel, Chipsätze und Mikroarchitekturen. Dieses Unterkapitel ordnet die aktuellen Produktlinien.

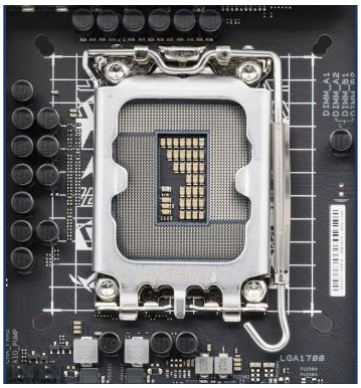

Abb. 9: Intel LGA 1700: Kontakte im Sockel. *Bild: Jacek Halicki, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons*

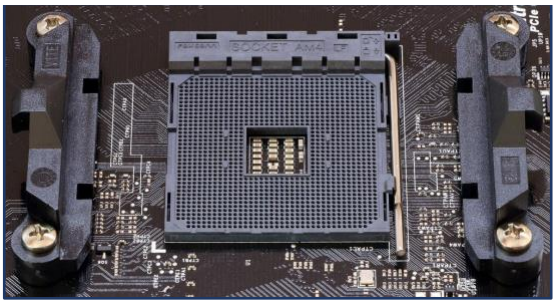

Abb. 10: AMD AM4 (PGA): Pins an der CPU. *Bild: Ilya Plekhanov, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons*

2.4.1 Intel: Core, Xeon, Atom

Linie	Zielgruppe
Core i3	Einsteiger-Desktop und Office
Core i5	Mainstream-Desktop / Notebook
Core i7	Performance-Desktop, Power-User
Core i9	Enthusiast, Gaming, Workstation-light
Core Ultra	Aktuelle Generation mit P/E-Cores und NPU
Xeon Scalable	Server, Workstation, Hochverfügbarkeit
Atom / N-Serie	Embedded, Industrie, sparsame Notebooks

2.4.2 AMD: Ryzen, Threadripper, EPYC

Linie	Zielgruppe
Ryzen 3	Einsteiger-Desktop
Ryzen 5	Mainstream
Ryzen 7	Performance, Gaming
Ryzen 9	High-End, Streaming, Content-Creation
Ryzen X3D	Mit 3D-V-Cache – Gaming-Spezialist
Threadripper	Workstation mit 24–96 Kernen
EPYC	Server – bis 192 Kerne

2.4.3 P-Cores und E-Cores – die heterogene Architektur

Intel führte mit der 12. Core-Generation eine heterogene Architektur ein: Performance-Cores (P-Cores) für rechenintensive Aufgaben und Efficiency-Cores (E-Cores) für Hintergrundaufgaben mit wenig Strom. Beispiel Core i7-13700K: 8 P-Cores (mit Hyperthreading) + 8 E-Cores = 24 logische Threads. Der Thread Director im Chip steuert, welche Last auf welchen Core kommt. Apples M-Serie nutzt das Konzept seit M1, AMD hat ähnliche Lösungen mit Zen 4c.

2.4.4 ARM und Apple Silicon – die x86-Konkurrenz

Apple ist 2020 mit dem M1 von Intel auf eigene ARM-CPUs umgestiegen. Vorteile: extrem effiziente Performance pro Watt, lange Akkulaufzeiten. Microsoft pusht mit Windows on ARM ähnliche Konzepte (Snapdragon X Elite). Im Server-Markt haben AWS Graviton, Ampere Altra und NVIDIA Grace etabliert – 30–50 % bessere Effizienz bei vielen Workloads. x86 bleibt aber für legacy-kompatible Software unverzichtbar.

ARM entwickelt die Architektur selbst und lizenziert sie an Hersteller wie Apple, Qualcomm oder Samsung, die darauf eigene Chips bauen. Das Prinzip big.LITTLE kombiniert leistungsstarke und sparsame Kerne – das Vorbild der P- und E-Cores bei x86. ARM-CPUs führen x86-Programme nicht nativ aus: Windows on ARM emuliert x86/x64-Anwendungen, was nicht bei jeder Fachanwendung zuverlässig funktioniert; Treiber lassen sich nicht emulieren und müssen als native ARM64-Version vorliegen.

2.5 CPU-Auswahl nach Einsatzzweck

Die richtige CPU hängt vom Anwendungsfall ab. Eine Office-Workstation braucht andere Eigenschaften als ein Gaming-PC oder ein Server. Dieses Unterkapitel zeigt typische Profile und gibt Auswahlhilfen.

2.5.1 Anwendungsprofile und Empfehlungen

Anwendungsfall	Empfehlung	Wichtige Eigenschaften
Office, Web, E-Mail	Core i3 / Ryzen 3 mit 4 Kernen	Single-Core-Performance, sparsam
Multimedia, leichtes Gaming	Core i5 / Ryzen 5	Ausgewogene Multi-Core-Leistung
Gaming-PC	Ryzen 7 X3D / Core i7	Hoher Boost-Takt, großer L3-Cache
Content-Creation	Ryzen 9 / Core i9 mit 16+ Kernen	Multi-Threading-Leistung
CAD/Engineering	Xeon W / Threadripper Pro	ECC-RAM, viele Kerne, Stabilität
Server (Datenbank)	Xeon Gold / EPYC	Viele Kerne, ECC, RAS-Features
BWI-Notebook	Core i5/i7 mit vPro	Manageability, Sicherheits-Features

2.5.2 CPU-Datenblatt richtig lesen

Im Datenblatt einer CPU stehen die Kennwerte, auf die es ankommt: Anzahl Kerne und Threads, Basis- und Boost-Takt, Cache-Größen, TDP, integrierte Grafikeinheit (iGPU), unterstützter Speichertyp und -takt, PCIe-Generation und Lane-Anzahl. Bei BWI-Beschaffung sind zudem Sicherheits- und Manageability-Features wie Intel vPro, AMD PRO, TPM-Integration und Secure Boot wichtig.

Die Suffixe im Modellnamen verraten wichtige Eigenschaften. Intel: K = frei übertaktbar (unlocked), F = ohne integrierte Grafik, T = Low Power (Desktop), U = Ultra-Low-Power (Mobile), H = High Performance Mobile, HX = besonders leistungsstarke Mobile-CPU; Core-Ultra-Prozessoren enthalten zusätzlich eine NPU für KI-Aufgaben. AMD: X = High Performance, X3D = mit 3D-V-Cache, G = mit integrierter Grafik, GE = mit integrierter Grafik und reduzierter Leistungsaufnahme, U = Ultra-Low-Power Mobile; PRO kennzeichnet die Business-Variante mit Verwaltungs- und Sicherheitsfunktionen und langem Support, die Ryzen-Embedded-R-Serie bietet einen langen Lieferzeitraum für Industrie- und Fahrzeugsysteme.

IHK-Prüfungstipp

IHK-Klassiker: „Vergleichen Sie zwei CPUs anhand des Datenblatts." Schauen Sie auf Kern-/Thread-Zahl, Boost-Takt, L3-Cache, TDP und Sockel-Generation. Bei gleicher Kern-Zahl entscheidet oft der Cache und der Boost-Takt.

2.5.3 CPU-Diagnose-Tools

Tool	Zweck
CPU-Z	Vollständige CPU-Identifikation (Modell, Stepping, Cache, Speicher)
HWiNFO64	Live-Sensoren (Takt, Spannung, Temperatur), umfangreich
Cinebench R23	Rendering-Benchmark – Single- und Multi-Core
Prime95	Stress-Test, deckt Stabilitätsprobleme auf
Task-Manager (Windows)	Schneller Überblick über Auslastung pro Kern
htop / lscpu (Linux)	CPU-Info und Auslastung in der Konsole

2.6 Praxis, Bundeswehr-Bezug und Zusammenfassung

Zum Abschluss von Kap. 2: typische Praxis-Aufgaben rund um CPUs, der Blick auf BWI-Beschaffung und die Verdichtung in Merkpunkten und Glossar.

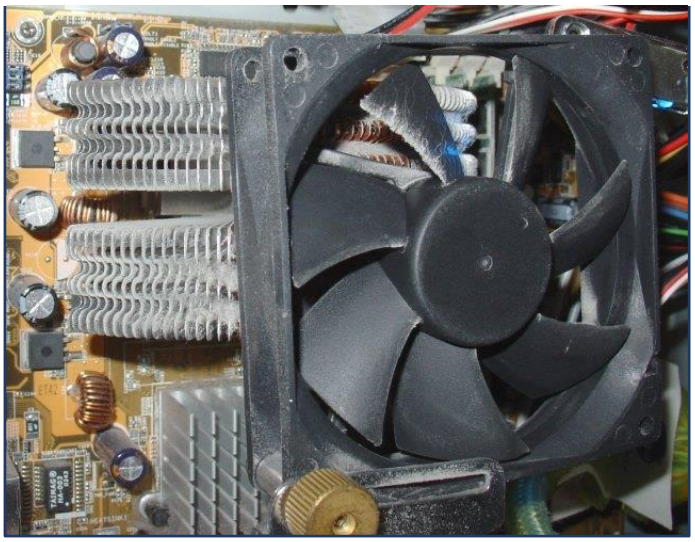

Abb. 11: CPU-Kühler mit Lüfter und Kühlkörper. *Bild: ZeroOne, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons*

2.6.1 Wärmeleitpaste und Kühlung

Wärmeleitpaste füllt mikroskopische Unebenheiten zwischen CPU-IHS (Heatspreader) und Kühlerboden mit thermisch leitfähigem Material. Reiskorngroße Menge in der Mitte der CPU – der Kühlerdruck verteilt sie. Bei Tausch oder Wartung beide Flächen mit Isopropanol reinigen, frische Paste auftragen. Lebensdauer: 3–5 Jahre, dann austrocknend. Hochwertige Pasten (Arctic MX-6, Noctua NT-H2) leiten besser als Hausmarken.

Je nach TDP wird passiv (lüfterlos, bis ca. 15–35 W), mit Box- oder Tower-Kühler (ca. 65–165 W), mit AiO-Wasserkühlung oder im Server mit leistungsstarken Rackmount-Lüftern gekühlt. Überschreitet die Kerntemperatur die zulässige Maximaltemperatur Tj max (typisch ca. 95–105 °C), drosselt die CPU automatisch den Takt (Thermal Throttling) – erkennbar an Ruckeln und einem Takt unter dem Basistakt, diagnostizierbar z. B. mit HWiNFO64.

2.6.2 Befehlssätze und Erweiterungen

Über die Jahre wurden x86-CPUs um neue Befehlssätze erweitert: MMX (1996), SSE-Familie (Multimedia-Optimierungen), AVX/AVX2/AVX-512 (Vektorrechnung), AES-NI (Hardware-Verschlüsselung), VT-x/AMD-V (Virtualisierung). Software muss explizit dafür compiliert sein. Wer einen alten Server für Hyper-V virtualisieren will, sollte VT-x/AMD-V im BIOS aktiviert haben – sonst läuft der Hypervisor nicht.

Grundsätzlich unterscheidet man zwei Befehlssatz-Philosophien: CISC (z. B. x86/x86-64) nutzt viele, komplexe Befehle mit variabler Länge (x86: 1–15 Byte), die auch direkt auf den Speicher zugreifen dürfen. RISC (z. B. ARM, RISC-V) nutzt wenige, einfache Befehle fester Länge (ARM64: 4 Byte), greift nur über Load/Store-Befehle auf den Speicher zu und ist dadurch einfacher aufgebaut und energieeffizienter.

2.6.3 BWI-Beschaffung und Einsatz

BWI-Standard-Clients haben CPUs der Intel-Core-i5- oder i7-Generation mit vPro-Featureset. Server laufen auf Xeon Scalable oder EPYC. Sicherheit (Secure Boot, TPM 2.0, Manageability über vPro/AMT) ist Pflicht. Beschaffung läuft über zentrale BAAINBw-Rahmenverträge – kein Endbenutzer-Einkauf.

BW-Bezug

Im BWI-Service-Alltag beim CPU-Tausch: Vor dem Öffnen des Geräts BitLocker pausieren, Recovery-Key bereithalten, ESD-Schutz anlegen. Nach dem Tausch sollte das System einmal komplett booten und Updates ziehen, bevor es zurück an den Nutzer geht.

2.6.4 Zusammenfassung – die zehn wichtigsten Merkpunkte

#	Merkpunkt	IHK / BW
1	CPU = Central Processing Unit, führt Befehle aus dem RAM aus	Sehr häufig
2	Fetch-Decode-Execute-Zyklus läuft Milliarden Male pro Sekunde	Häufig
3	Leistung = Takt × IPC × Kerne (nicht nur Takt!)	Sehr häufig
4	TDP = Wärmeleistung, nicht maximaler Stromverbrauch	Häufig
5	Hyperthreading / SMT: 1 Kern → 2 logische Threads	Häufig
6	Cache-Hierarchie: L1 < L2 < L3 < RAM (immer langsamer, größer)	Sehr häufig
7	Sockel: LGA 1700/1851 (Intel), AM4/AM5 (AMD), je inkompatibel	Ja
8	Heterogen: P-Cores für Leistung, E-Cores für Effizienz	Aktuell
9	VT-x/AMD-V im BIOS aktivieren für Virtualisierung	BWI-Praxis
10	BWI-Standard: Intel vPro / AMD PRO mit Manageability-Features	BW-Praxis

2.6.5 Begriffs-Glossar Kapitel 2

Begriff	Kurzdefinition
CPU	Central Processing Unit – Hauptprozessor
ALU	Arithmetic Logic Unit – Rechenwerk
IPC	Instructions per Cycle – Befehle pro Takt
TDP	Thermal Design Power – Auslegungsleistung des Kühlers
SMT / Hyperthreading	Simultaneous Multithreading – ein Kern, zwei logische Threads
L1/L2/L3-Cache	Drei Cache-Ebenen, immer größer, aber langsamer
LGA / PGA	Land Grid Array (Pins am Sockel) / Pin Grid Array (Pins an CPU)
vPro	Intel-Featureset für Manageability und Sicherheit
VT-x / AMD-V	Hardware-Virtualisierungsfeatures – Voraussetzung für Hyper-V
3D-V-Cache	AMD-Technik: zusätzlicher L3-Cache vertikal gestapelt

🎯 Selbsttest – Fragen zur Vertiefung

Prüfen Sie Ihr Verständnis. Antworten finden Sie im Fragenkatalog oder in diesem Kapitel.

Frage 1: Was ist der Unterschied zwischen einem physischen Kern und einem Thread? Wie viele logische CPUs hat ein 12-Kern-Prozessor mit Hyperthreading?

Frage 2: Erklären Sie IPC (Instructions per Cycle) und warum Taktrate allein kein guter Leistungsvergleich ist.

Frage 3: Welcher Sockel-Typ ist bei Intel und AMD heute aktuell? Nennen Sie je ein Beispiel mit einer dazu passenden CPU.

Frage 4: Was bedeutet TDP? Warum ist sie wichtig für die Kühler- und Netzteil-Auswahl?

Frage 5: Welche CPU würden Sie für einen Feldrechner im Fahrzeug der Bundeswehr wählen und warum?

Frage 6: Nennen Sie drei Diagnose-Werkzeuge zur CPU-Analyse unter Windows und beschreiben Sie, was sie jeweils liefern.

Frage 7: Was macht AES-NI, und warum ist diese Erweiterung für BitLocker relevant?

Frage 8: Ein Nutzer klagt, sein PC sei „langsam“. Welche Rolle könnte die CPU spielen, und wie diagnostizieren Sie das?

IHK-Prüfungsaufgaben

Die folgenden Aufgaben sind im Stil der IHK-Abschlussprüfung Fachinformatiker / Systemintegration formuliert. Bearbeiten Sie zuerst eigenständig, vergleichen Sie dann mit der Musterlösung.

Aufgabe 1 *(10 Punkte)*

Für eine BAAINBw-Ausschreibung sollen Sie drei CPUs für unterschiedliche Bundeswehr-Arbeitsplätze vorschlagen.

a) Welche CPU-Klasse empfehlen Sie für einen Sachbearbeiter-Standardarbeitsplatz (Office, Browser, Mail, Videokonferenz)? Begründen Sie mit zwei technischen Argumenten. *(3 P.)*

b) Warum ist für einen Feldrechner im Fahrzeug eine U-Serie-CPU (15–28 W TDP) besser geeignet als ein Standard-Desktop-Prozessor? *(3 P.)*

c) Berechnen Sie: Wie viele logische Prozessoren hat eine CPU mit 8 P-Kernen (mit Hyperthreading) und 4 E-Kernen (ohne Hyperthreading)? Erklären Sie kurz. *(2 P.)*

d) Eine Software wird pro physischem Kern lizenziert. Wie viele Lizenzen brauchen Sie für die obige CPU? *(2 P.)*

Aufgabe 2 *(8 Punkte)*

Eine Workstation überhitzt unter Last. Die HWiNFO64-Anzeige zeigt CPU-Temperaturen über 95 °C, der Takt sinkt unter Boost-Wert.

a) Was bedeutet TDP, und wofür ist sie eine Richtgröße? *(2 P.)*

b) Wie nennt man das beobachtete Phänomen (Takt sinkt unter Boost-Wert bei hoher Temperatur)? *(2 P.)*

c) Beschreiben Sie zwei mögliche Ursachen für das Überhitzen und je eine Gegenmaßnahme. *(4 P.)*

✓ Musterlösungen

Vergleichen Sie zuerst Ihre eigenen Lösungen mit den nachfolgenden Musterlösungen.

✓ Musterlösung Aufgabe 1

a) Intel Core i5 (13. oder 14. Gen) oder AMD Ryzen 5 PRO 7500/8500. 6 Kerne, ca. 65 W TDP. Begründung: Office-Last ist gering, mehr Kerne bringen kaum Mehrwert. Niedrige TDP = weniger Strom, weniger Lüfterlärm. PRO-Variante hat Lifecycle-Garantie und Stable-Image-Programm.

b) Niedrige TDP wegen passiver oder eingeschränkter Kühlung im Fahrzeug. Industrial-Klasse mit erweitertem Temperaturbereich (–30 bis +70 °C) und MIL-STD-810H-Zertifizierung. Längerer Support-Lifecycle (5–7 Jahre statt 2 Jahre Consumer). Robustheit ist wichtiger als Spitzenleistung.

c) 8 P-Kerne × 2 Threads (HT) = 16 logische Prozessoren. 4 E-Kerne × 1 = 4 logische Prozessoren. Gesamt: 20 logische Prozessoren. E-Cores haben kein SMT/Hyperthreading, P-Cores schon.

d) 12 Lizenzen (8 P-Kerne + 4 E-Kerne = 12 physische Kerne). Threads zählen nicht – nur physische Kerne. Wichtig bei MS SQL Server, Oracle, Windows Server Standard.

✓ Musterlösung Aufgabe 2

a) TDP = Thermal Design Power, gemessen in Watt. Wärmeleistung, die der Kühler dauerhaft abführen können muss. Ist die Bemessungsgrundlage für Kühler-Auswahl und Netzteil-Dimensionierung. Reale Leistungsaufnahme kann kurzfristig über TDP liegen (Boost).

b) Thermal Throttling. Die CPU drosselt automatisch ihren Takt, um die Temperatur unter dem TJMax (typisch 100 °C) zu halten. HWiNFO64 zeigt das als Sensor-Wert „Thermal Throttling".

c) Ursache 1: verharzte/alte Wärmeleitpaste – Erneuerung mit erbsengroßer Menge in Mitte der CPU. Ursache 2: verstopfter Kühler durch Staub – Reinigung mit Druckluft. Weitere mögliche Ursachen: defekter Lüfter (Tausch), zu schwacher Kühler für TDP (größerer Tower-Kühler).

Kapitel 3 – RAM

Arbeitsspeicher als Brücke zwischen CPU und Datenträger

Der Arbeitsspeicher (RAM – Random Access Memory) ist der Zwischenspeicher, in dem das Betriebssystem und alle laufenden Programme liegen. Die CPU liest ihre Befehle aus dem RAM, schreibt Ergebnisse zurück ins RAM, und wenn eine Anwendung eine Datei öffnet, wird sie aus dem Datenträger in den RAM geladen. Ohne ausreichend RAM läuft nichts – zu wenig RAM führt zu Auslagerung auf den Datenträger, was das System spürbar langsamer macht.

Dieses Kapitel vermittelt die Grundlagen: wie RAM technisch funktioniert, welche Generationen es gibt, wie Bandbreite entsteht, warum Dual-Channel wichtig ist, was XMP und EXPO bedeuten und wie Sie RAM-Probleme diagnostizieren. Für die Prüfung und für die Beschaffung müssen Sie RAM-Spezifikationen lesen und RAM-Mengen sinnvoll dimensionieren können.

3.1 Was ist RAM?

RAM (Random Access Memory) ist der schnelle, flüchtige Arbeitsspeicher des Computers. Hier liegen alle aktiven Programme und Daten. Dieses Unterkapitel klärt Funktionsweise und die Unterscheidung zwischen DRAM und SRAM.



Abb. 12: DDR4-DIMM-Speichermodul. *Bild: ElooKoN, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons*

3.1.1 Definition und Funktion

RAM ist ein Speicher, auf den die CPU in beliebiger Reihenfolge („random“) zugreifen kann – im Gegensatz zu sequenziellen Medien. Er ist flüchtig: Sobald der Strom weg ist, sind die Daten weg. Diese Flüchtigkeit macht ihn schnell. Beim Programmstart werden Daten von der SSD ins RAM geladen, von dort verarbeitet die CPU sie.

> **Merksatz**
> Ohne RAM läuft kein modernes Programm. Die CPU kann nur lesen und schreiben, was sich gerade im RAM befindet – und dort liegt es nur, solange Strom anliegt.

3.1.2 DRAM vs. SRAM

Eigenschaft	DRAM	SRAM
Speicherzelle	1 Transistor + 1 Kondensator	6 Transistoren (Flip-Flop)
Refresh nötig?	Ja, alle ~64 ms	Nein
Geschwindigkeit	Mittelschnell (~10–50 ns)	Sehr schnell (<5 ns)
Speicherdichte	Hoch (viele GiB pro Modul)	Niedrig (kBytes – MByte)
Einsatz	Hauptspeicher (RAM)	CPU-Caches (L1/L2/L3)

3.1.3 RAM, ROM und Massenspeicher abgrenzen

RAM ist flüchtig und schreibbar. ROM ist nicht flüchtig und klassisch nur lesbar – heutige Firmware-Flash-Bausteine sind technisch EEPROM/Flash. Massenspeicher (HDD, SSD) ist nicht flüchtig, viel größer und viel langsamer als RAM.

3.2 DDR-Generationen

DDR (Double Data Rate) ist der Industriestandard für RAM-Module seit etwa 2000. Jede Generation bringt höhere Takte, mehr Bandbreite und niedrigere Spannungen.

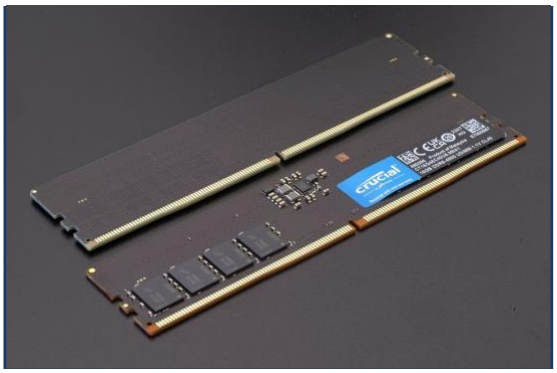

Abb. 13: DDR5-DIMM. *Bild: Smial, FAL, via Wikimedia Commons*



Abb. 14: DDR4-DIMM – Kerbe an anderer Stelle. *Bild: Smial, FAL, via Wikimedia Commons*

3.2.1 DDR3, DDR4, DDR5 im Vergleich

Generation	Datenrate	Spannung	Heutige Relevanz
DDR3	800 – 2133 MT/s	1,5 V	Auslaufend (alte Office-PCs)
DDR4	2133 – 3200 MT/s	1,2 V	Großer produktiver Bestand
DDR5	4800 – 8400+ MT/s	1,1 V	Aktueller Standard ab 2022
DDR6	Geplant ab ~2027	<1,1 V	Forschung / Roadmap

3.2.2 Kompatibilität – Kerben und Slots

DDR-Generationen sind mechanisch nicht austauschbar. Jede hat die Kerbe an einer anderen Position. Ein DDR4-Riegel passt nicht in einen DDR5-Slot und umgekehrt. Beim Aufrüsten immer die Mainboard-Spec prüfen.

> **IHK-Prüfungstipp**
> Klassische IHK-Aufgabe: „Kann ein DDR4-Modul in einem DDR5-Slot betrieben werden?“ Antwort: Nein – andere Kerbe, andere Spannung, andere Pin-Belegung. Mechanisch und elektrisch inkompatibel.

3.2.3 MT/s vs. MHz

DDR überträgt zwei Datenpakete pro Takt – einmal an steigender, einmal an fallender Taktflanke. Daher MT/s (Megatransfers/s) statt MHz. DDR4-3200 läuft mit 1600 MHz Takt und 3200 MT/s. Marketing-Angabe ist immer MT/s.

3.3 Bandbreite, Dual-Channel und Quad-Channel

Mehrere Channels parallel multiplizieren die effektive Bandbreite – ein wichtiger Trick moderner Plattformen.

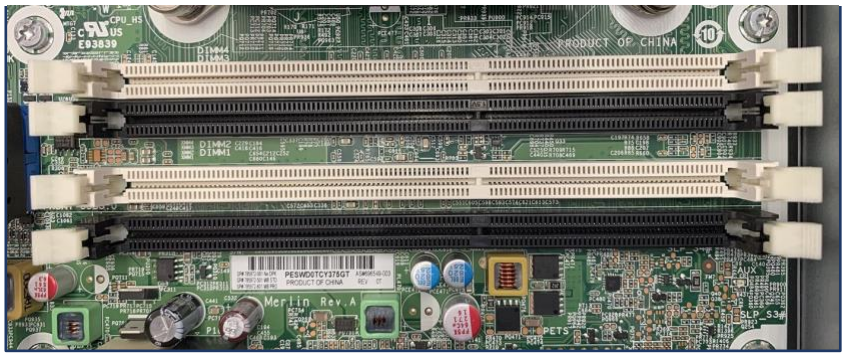

Abb. 15: Vier DIMM-Steckplätze – farbige Slots kennzeichnen die Kanäle. *Bild: Project Kei, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons*

3.3.1 Bandbreite berechnen

Formel: Bandbreite = Datenrate × Busbreite. DDR-Module haben 64 Bit Busbreite (= 8 Byte). DDR4-3200: 3200 MT/s × 8 B = 25,6 GB/s pro Modul. Dual-Channel verdoppelt das auf 51,2 GB/s, Quad-Channel vervierfacht es.

> **IHK-Prüfungstipp**
> IHK-Berechnung: „Welche Bandbreite hat ein DDR5-6000 Dual-Channel Setup?“ → 6000 × 8 × 2 = 96 GB/s. Solche Aufgaben kommen regelmäßig in Teil 1.

3.3.2 Dual-Channel richtig bestücken

Damit Dual-Channel funktioniert, müssen Module in den richtigen Slots stecken. Mainboards markieren das im Handbuch: typisch A2/B2 (also Slot 2 und 4, nicht 1 und 3). Falsche Bestückung = Single-Channel = halbe Bandbreite.

> **BW-Bezug**
> Im BWI-Support: User klagt nach RAM-Upgrade von 8 auf 16 GB über schlechte Performance? Häufige Ursache: zwei Module im falschen Slot-Paar. CPU-Z → Tab Memory → Channels prüfen. Steht „Single“ statt „Dual“ → umstecken.

3.3.3 RAM-Kapazität nach Einsatzzweck

Anwendungsfall	**Empfehlung**
Office, Web, E-Mail	8 GB Minimum, 16 GB komfortabel
Multimedia, leichtes Gaming	16 GB
Gaming, Bildbearbeitung	32 GB
Video-Schnitt, Virtualisierung	64 GB+
Workstation / Renderknoten	128 GB – 1 TB
Server	256 GB – mehrere TB (ECC nötig!)
BWI-Standard-Notebook	16 GB Standard, 32 GB Spezial

3.4 SPD, XMP und EXPO

Damit das Mainboard die richtigen Timings für ein RAM-Modul kennt, trägt jedes Modul einen kleinen EEPROM-Chip mit Identifikations- und Profildaten.

3.4.1 SPD – Serial Presence Detect

Das SPD-EEPROM enthält JEDEC-konforme Standardprofile. Beim Booten liest das BIOS dieses SPD und konfiguriert den Speicher mit garantierten Werten – für DDR4-3200 typisch: CL22-22-22-52 bei 1,2 V. SPD garantiert, dass jedes Modul auf jedem Board anläuft, wenn auch nicht mit voller Geschwindigkeit.

3.4.2 XMP – Intel Extreme Memory Profile

XMP ist Intels Erweiterung: zusätzliche, übertaktete Profile auf demselben Chip. Statt der konservativen JEDEC-Werte erhält das Board höhere Datenraten und engere Timings (z. B. DDR4-3600 CL16 statt 3200 CL22). Muss im BIOS explizit aktiviert werden.

3.4.3 EXPO – AMDs Pendant

EXPO (Extended Profiles for Overclocking) ist AMDs DDR5-XMP-Äquivalent für AM5-Boards. Manche Module haben sowohl XMP als auch EXPO – sie laufen auf beiden Plattformen mit voller Leistung.

IHK-Prüfungstipp

BIOS-Default ist immer JEDEC – die garantierte sichere Geschwindigkeit. Wer die beworbenen Werte erreichen will, muss XMP (Intel) bzw. EXPO (AMD) aktivieren. Häufiger BWI-Support-Fall: „Mein RAM läuft langsamer als beworben." Lösung: XMP/EXPO im BIOS einschalten.

3.5 ECC, SODIMM und LPDDR

Neben dem Standard-DIMM gibt es ECC für Server, SODIMM für Notebooks und LPDDR für Mobile-Geräte – jede mit eigenen Stärken.



Abb. 16: DDR5-SODIMM (Notebook). *Bild: Sebastiaan Broekhoven (ITEagle Europe), CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons*



Abb. 17: ECC-Registered-Modul (Server). *Bild: Mixabest, gemeinfrei, via Wikimedia Commons*

3.5.1 ECC – Fehlerkorrektur im RAM

ECC (Error-Correcting Code) erweitert das 64-Bit-Datenwort um 8 Prüfbits. Single-Bit-Fehler werden erkannt und korrigiert (SECDED). Server, Workstations und kritische Systeme sind auf ECC angewiesen – sonst können kosmische Strahlung oder elektrische Effekte stille Datenkorruption verursachen. CPU UND Mainboard müssen ECC unterstützen, nicht nur die Module.

UDIMM (Unbuffered DIMM) ist das Standardmodul für Desktops. RDIMM (Registered DIMM) puffert Adress- und Steuerleitungen über einen Register-Chip und ist Standard in Servern (Xeon, EPYC); LRDIMM (Load-Reduced DIMM) puffert zusätzlich die Datenleitungen und erlaubt die höchste Kapazität je Kanal. NVDIMM behält seine Daten bei Stromausfall (Flash mit Pufferung, heute eine Nische), HBM (High Bandwidth Memory) ist gestapelter DRAM direkt auf dem Package von GPUs und KI-Beschleunigern. Aktuelle Server-CPUs bieten 8–12 Speicherkanäle je Sockel.

3.5.2 SODIMM – Notebook-RAM

SODIMM (Small Outline DIMM) ist die kompaktere Variante für Notebooks und Mini-PCs. Mechanisch nicht kompatibel mit Desktop-DIMMs. Beim Notebook-RAM-Upgrade immer die Bauform prüfen. Manche moderne Notebooks haben den RAM verlötet – kein Upgrade möglich.

3.5.3 LPDDR – Low Power DDR

LPDDR (z. B. LPDDR4X, LPDDR5) ist die sparsame DDR-Variante für Smartphones, Tablets, Ultrabooks und Apple-Silicon-Macs. Niedrigere Spannung, höhere Effizienz pro Watt. Praktisch immer fest verlötet und nicht nachrüstbar.

3.6 Diagnose, BWI-Praxis und Zusammenfassung

Zum Abschluss: Timings im Detail, Diagnose-Werkzeuge, BWI-Praxis und die Verdichtung in Merkpunkten.



Abb. 18: Speichertest mit Memtest86+. *Bild: Kreuzschnabel, gemeinfrei, via Wikimedia Commons*

3.6.1 Timings und CAS-Latency

Timings beschreiben in Takten, wie schnell ein RAM-Modul auf Anfragen reagiert. Die wichtigsten: CL (CAS-Latency), tRCD, tRP, tRAS. CL gibt an, wie viele Takte zwischen Spalten-Adressierung und Daten-Verfügbarkeit liegen. DDR5-6000 CL30: 30 Takte × (1/3000 MHz) = 10 ns Latenz. Höhere Datenraten machen höhere CL-Werte oft akzeptabel – die effektive Latenz in ns ist die relevante Größe.

Timings werden im Format CL-tRCD-tRP-tRAS angegeben, z. B. 16-18-18-38. tRCD (RAS-to-CAS Delay) ist die Wartezeit zwischen Zeilen- und Spaltenaktivierung, tRP (Row Precharge) die Zeit zum Schließen einer Zeile und tRAS die Mindestzeit, die eine Zeile geöffnet bleibt; die Command Rate (1T/2T) gibt den Abstand zwischen Befehlen an. Typische CL-Werte liegen bei DDR4 bei ca. 14–22 und bei DDR5 bei ca. 30–50 – die höhere Zyklenzahl gleicht DDR5 durch den höheren Takt aus.

3.6.2 MemTest86 und RAM-Diagnose

Tool	Plattform	Einsatz
MemTest86	USB-Boot	Stundenlanger Speichertest, sehr zuverlässig
Windows-Speicherdiagnose	Windows	Bordmittel beim Reboot
HWiNFO64	Windows	Live-Sensoren für RAM
CPU-Z – Tab Memory	Windows	Aktive Konfiguration: Channels, Takt, Timings

Bei BSOD, Anwendungsabstürzen oder korrupten Dateien zuerst MemTest86 starten. Das findet Hardware-Fehler zuverlässig in 1–2 Durchläufen über mehrere Stunden.

Typische RAM-Symptome sind Bluescreens mit wechselnden Stopcodes, kein Bild bzw. Piepcodes beim POST (Modul nicht erkannt – neu einsetzen, anderen Slot testen), weniger angezeigter RAM als verbaut (Slot-Belegung prüfen), sporadisches Einfrieren (instabiles XMP/EXPO-Profil – testweise deaktivieren) und ein zu niedriger Takt (XMP/EXPO nicht aktiv). Bei RAM-Verdacht gilt die Reihenfolge: 1. MemTest86, 2. Module einzeln testen, 3. Slot wechseln, 4. Modul in einem anderen System testen, 5. Modul tauschen.

3.6.3 RAM-Auswahl und QVL

Mainboard-Hersteller veröffentlichen eine QVL (Qualified Vendor List) mit getesteten RAM-Modulen. Module von der QVL laufen garantiert mit vollem Speed. Außerhalb der QVL kann es Kompatibilitätsprobleme geben.

Vor einer Aufrüstung wird der vorhandene RAM inventarisiert: Der Task-Manager (Strg+Umschalt+Esc → Leistung → Arbeitsspeicher) zeigt Größe, Geschwindigkeit, belegte Steckplätze und Formfaktor, im Reiter Details lässt sich der RAM-Verbrauch je Prozess sortieren (Hinweis auf Speicherlecks). Für die skriptgesteuerte Inventur ohne Adminrechte dient Get-CimInstance Win32_PhysicalMemory in PowerShell – das ältere wmic memorychip ist abgekündigt und in aktuellen Windows-11-Versionen standardmäßig nicht mehr vorhanden. Unter Linux liefert sudo dmidecode -t 17 die gleichen Moduldaten, RAMMap (Sysinternals) zeigt die RAM-Nutzung unter Windows im Detail.

> **BW-Bezug**
> BWI-Praxis bei RAM-Tausch: Original-RAM dokumentieren (Hersteller, Modell, Seriennummer), defektes Modul als RMA-Fall erfassen, Ersatz aus zertifiziertem Lager – kein Privatkauf.

3.6.4 Zusammenfassung – die zehn wichtigsten Merkpunkte

#	Merkpunkt	IHK / BW
1	RAM = Random Access Memory, flüchtig, schnell	Sehr häufig
2	DRAM = Hauptspeicher, SRAM = Cache	Häufig
3	DDR-Generationen sind nicht abwärtskompatibel	Sehr häufig
4	Bandbreite = Datenrate × Busbreite × Channels	Sehr häufig
5	Dual-Channel: 2 Module in den richtigen Slots (A2+B2)	Häufig
6	SPD = JEDEC-Standard. XMP/EXPO = höhere Profile	Häufig
7	ECC = Fehlerkorrektur, Pflicht für Server	Sehr häufig
8	SODIMM = Notebook-Bauform, mechanisch anders	Ja
9	MemTest86 = das Standard-Diagnosewerkzeug	BWI-Praxis
10	Mainboard-QVL beachten für garantierte Kompatibilität	Ja

3.6.5 Begriffs-Glossar Kapitel 3

Begriff	Kurzdefinition
DRAM	Dynamic RAM – Hauptspeicher, refresh-bedürftig
SRAM	Static RAM – Cache, kein Refresh nötig
DDR	Double Data Rate – RAM-Standard seit 2000
DIMM	Dual In-Line Memory Module – Standard-Riegel
SODIMM	Small Outline DIMM – Notebook-Bauform
LPDDR	Low Power DDR – Mobile-Geräte
ECC	Error-Correcting Code – Fehlerkorrektur im RAM
SPD	Serial Presence Detect – EEPROM mit Modulinfos
XMP	Intel Extreme Memory Profile – übertaktete Profile
EXPO	AMDs Pendant zu XMP
CL	CAS-Latency – Takte bis Daten verfügbar
QVL	Qualified Vendor List – getestete RAM-Module

🎯 Selbsttest – Fragen zur Vertiefung

Prüfen Sie Ihr Verständnis. Antworten finden Sie im Fragenkatalog oder in diesem Kapitel.

Frage 1: Was bedeutet DDR5-6000 in Bezug auf Takt und Bandbreite? Rechnen Sie die theoretische Bandbreite pro Kanal aus.

Frage 2: Erklären Sie den Unterschied zwischen Single-Channel und Dual-Channel. Welche Slot-Belegung ist bei einem 4-Slot-Board empfohlen?

Frage 3: Was ist XMP (Intel) bzw. EXPO (AMD)? Warum ist die Aktivierung im UEFI notwendig?

Frage 4: Wie funktioniert ECC? Wofür wird ECC-RAM typischerweise eingesetzt?

Frage 5: Wie lange dauert ein MemTest86-Durchlauf bei 32 GiB RAM ungefähr? Wann gilt der Test als hinreichend?

Frage 6: Berechnen Sie die Bandbreite von DDR4-3200 in Dual-Channel-Konfiguration.

Frage 7: Nennen Sie drei Kriterien für die Auswahl eines RAM-Kits für einen Standard-Arbeitsplatz-PC.

Frage 8: Ein Nutzer meldet zufällige Abstürze und Bluescreens mit wechselnden Fehlercodes. Welche Rolle könnte der RAM spielen und wie gehen Sie vor?

IHK-Prüfungsaufgaben

Die folgenden Aufgaben sind im Stil der IHK-Abschlussprüfung Fachinformatiker / Systemintegration formuliert. Bearbeiten Sie zuerst eigenständig, vergleichen Sie dann mit der Musterlösung.

Aufgabe 1 *(10 Punkte)*

Sie planen die RAM-Aufrüstung eines Bundeswehr-Workstations. Aktuell verbaut: 2 × 8 GiB DDR4-3200 in Slots A2 und B2.

a) Berechnen Sie die theoretische Speicherbandbreite des aktuellen Setups (Dual-Channel). Geben Sie die Formel und den Rechenweg an. *(3 P.)*

b) Der Nutzer fügt einen weiteren 16-GiB-DDR4-3200-Riegel in Slot A1 ein (jetzt: 8 + 8 + 16 GiB = 32 GiB). Welche zwei Probleme entstehen? *(3 P.)*

c) Was bedeutet XMP/EXPO und welche zwei UEFI-Werte ändern sich bei Aktivierung? *(2 P.)*

d) Begründen Sie, warum für einen Datenbankserver ECC-RAM gewählt wird, für einen Bürorechner aber nicht. *(2 P.)*

Aufgabe 2 *(8 Punkte)*

Ein Bundeswehr-Server zeigt sporadische Bluescreens mit wechselnden Stopcodes. Verdacht: defekter RAM.

a) Warum reicht das Windows-eigene „Memory Diagnostics" nicht aus, und was nutzen Sie stattdessen? *(3 P.)*

b) Wie viele Pässe sind Standard-Empfehlung, und wie lange dauert ein Pass bei 32 GiB DDR5? *(2 P.)*

c) MemTest86 zeigt einen einzelnen Fehler in einem Pass. Wie bewerten Sie das, und wie gehen Sie weiter vor? *(3 P.)*

✓ Musterlösungen

Vergleichen Sie zuerst Ihre eigenen Lösungen mit den nachfolgenden Musterlösungen.

✓ Musterlösung Aufgabe 1

a) Formel: Bandbreite = MT/s × 8 Byte ÷ 1000 [GB/s] pro Kanal, im Dual-Channel × 2. Rechnung: 3200 × 8 ÷ 1000 = 25,6 GB/s pro Kanal. × 2 = 51,2 GB/s im Dual-Channel.

b) Problem 1: Single-Channel-Modus oder „Flex Mode" – die unausgewogene Bestückung verhindert vollständigen Dual-Channel-Betrieb, Bandbreite sinkt deutlich. Problem 2: Mismatched Module (Hersteller, Charge, Timings) können zu Instabilität oder reduziertem Takt führen. Empfehlung: Komplett-Tausch auf 2 × 16 GiB für sauberen Dual-Channel.

c) XMP = Extreme Memory Profile (Intel), EXPO = Extended Profiles for Overclocking (AMD). Hersteller-spezifische OC-Profile, die im UEFI aktiviert werden müssen. Bei Aktivierung steigt die Memory-Frequency (z. B. von 4800 auf 6000 MT/s) und die Memory-Voltage (z. B. von 1,1 V auf 1,25–1,40 V).

d) ECC erkennt und korrigiert Einzelbitfehler im RAM. Datenbankserver laufen 24/7 mit großen Speicherbelegungen, wo Bitfehler durch kosmische Strahlung statistisch häufiger werden und Datenkorruption verursachen. Bürorechner haben weniger RAM und kürzere Lasten, ECC-Aufpreis (Modul + ECC-fähige CPU/Chipsatz) lohnt nicht.

✓ Musterlösung Aufgabe 2

a) Windows-Diagnose läuft im Windows-Kontext und nutzt selbst RAM, daher kann sie nicht alle Bereiche unter Last testen. MemTest86 (kostenlos von memtest86.com) ist Goldstandard – wird von USB-Stick gebootet, läuft vor dem OS, prüft jeden Speicherort mit verschiedenen Mustern.

b) 8 Pässe als Standard. Pro Pass etwa 30–60 Minuten bei 32 GiB DDR5. Gesamt also 4–8 Stunden – meist über Nacht.

c) Bereits ein einzelner Fehler bedeutet: Modul defekt → Tausch. Vorgehen: Module einzeln testen, um den defekten Riegel zu identifizieren. Bei mehreren defekten Adressen verteilt: ggf. defekter Slot. Bei der Bundeswehr Modulnummer und Test-Ergebnis dokumentieren.

Kapitel 4 – Mainboard

Die zentrale Platine als Verbindungsglied aller Komponenten

Das Mainboard (auch Motherboard oder Hauptplatine genannt) ist die zentrale Platine im Computer. Auf ihr sitzen CPU-Sockel, RAM-Slots, Chipsatz, Anschlüsse für Datenträger, Erweiterungssteckplätze und die Schnittstellen zur Außenwelt. Ohne Mainboard kommuniziert nichts miteinander – es ist das zentrale Nervensystem des PCs.

Für die IHK-Prüfung müssen Sie Mainboards nach Formfaktor, Chipsatz und Anschlussausstattung unterscheiden können. Im Alltag als IT-Fachkraft lesen Sie Mainboard-Handbücher und prüfen Kompatibilität – dieses Kapitel zeigt, worauf es ankommt: CPU-Sockel, DIMM-Belegung, PCIe-Lane-Aufteilung und die oft übersehenen Shared Lanes zwischen M.2 und PCIe.

4.1 Was ein Mainboard tut

Das Mainboard ist die zentrale Leiterplatte des PCs. Es verbindet alle Komponenten elektrisch, versorgt sie mit Strom und stellt die richtigen Schnittstellen bereit.

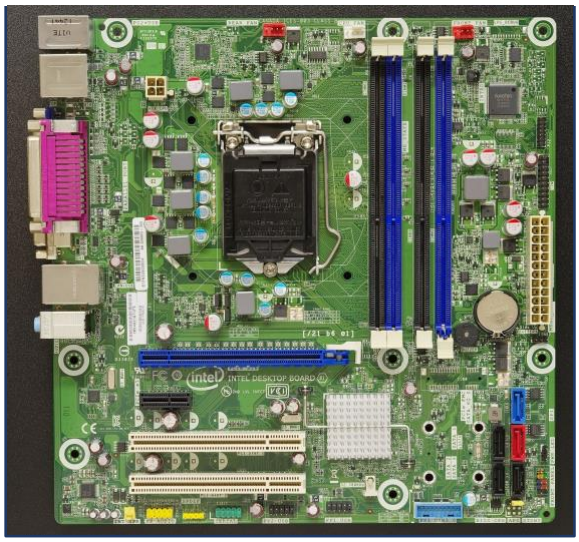

Abb. 19: Mainboard in der Draufsicht. *Bild: Smial, FAL, via Wikimedia Commons*

4.1.1 Aufgabe und zentrale Rolle

Das Mainboard (auch Motherboard) ist das Rückgrat des Systems. CPU, RAM, Erweiterungskarten und Massenspeicher sitzen darauf, das Netzteil versorgt es mit Strom, das Gehäuse trägt es. Die Mainboard-Auswahl bestimmt, welche CPUs, wie viel RAM und wie viele Erweiterungskarten das System aufnehmen kann.

4.1.2 Geschichte und Entwicklung

Frühe PCs hatten getrennte Boards für CPU, Speicher und I/O. Mit dem ATX-Standard (1995) konsolidierte sich alles auf einer Platine. Northbridge (CPU/RAM/AGP) und Southbridge (USB/SATA/PCI) teilten sich die Aufgaben. Heute ist die Northbridge in die CPU gewandert – nur die Southbridge (heute Platform Controller Hub, PCH) ist noch ein eigener Chip.

4.1.3 Komponenten im Überblick

Komponente	Funktion
CPU-Sockel	Aufnahme der CPU – LGA 1700, AM5 etc.
DIMM-Slots	RAM-Aufnahme, meist 2 oder 4 Stück
Chipsatz (PCH)	Verbindet CPU mit Peripherie und I/O
VRM	Voltage Regulator Module – speist die CPU präzise
PCIe-Slots	Erweiterungskarten (Grafik, NVMe, Netzwerk)
M.2-Slots	NVMe-SSDs auf der Platine
SATA-Anschlüsse	Klassische 2,5”/3,5”-Laufwerke
Frontpanel-Header	Power-LED, Reset, USB, Audio nach vorn
ATX-Stecker	Stromversorgung vom Netzteil (24+8 Pin)

4.2 Formfaktoren

Formfaktor heißt: Größe und Lochbild des Mainboards. Sie bestimmen, in welche Gehäuse das Board passt und wie viele Erweiterungs-Slots verfügbar sind.

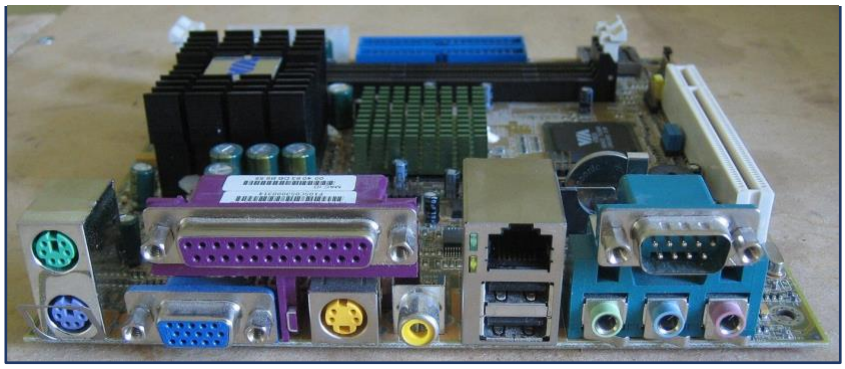

Abb. 20: Kompaktes Mini-ITX-Mainboard. *Bild: A Meaden, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons*

4.2.1 ATX, mATX, Mini-ITX, E-ATX

Formfaktor	Maße	Slots	Einsatz
E-ATX	305 × 330 mm	7+ PCIe	High-End-Workstation, Server
ATX	305 × 244 mm	7 PCIe	Standard-Desktop, Gaming
mATX	244 × 244 mm	4 PCIe	Office-PC, kompaktere Builds
Mini-ITX	170 × 170 mm	1 PCIe	Mini-PC, HTPC, Embedded

4.2.2 Auswahl des Formfaktors

Wer viele Erweiterungskarten braucht, nimmt ATX oder E-ATX. Standard-Office-PCs reichen mit mATX. Mini-ITX ist für sehr kompakte Systeme, hat aber kaum Reserve. Im BWI-Standard ist mATX häufig – ausreichend für Office und gut zugänglich für Wartung.

> **IHK-Prüfungstipp**
> Häufige Falle in der Beschaffung: Mini-ITX-Board passt in ein ATX-Gehäuse, umgekehrt nicht. Vor dem Kauf Gehäuse-Spec prüfen.

4.3 Chipsatz und Architektur

Der Chipsatz – heute meist PCH genannt – steuert die Peripherie-Anbindung. Er bestimmt, wie viele USB-Anschlüsse, SATA-Ports und PCIe-Lanes verfügbar sind.

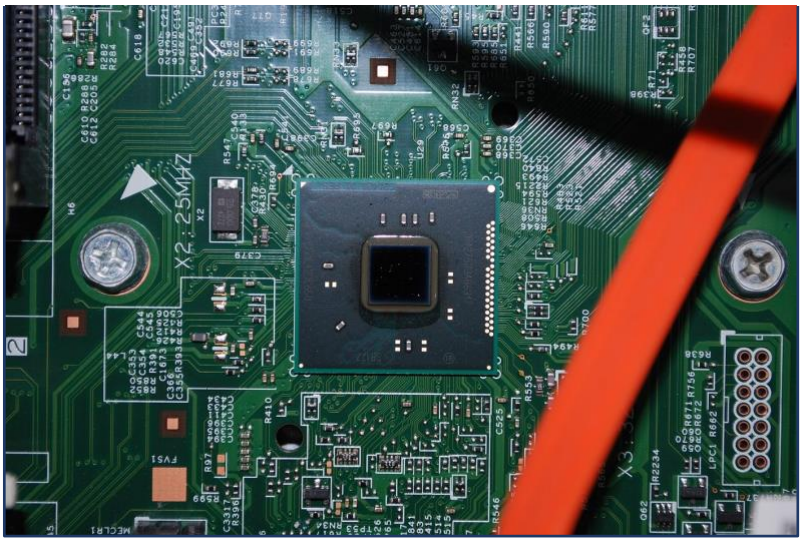

Abb. 21: Platform Controller Hub (PCH) von Intel. *Bild: Jpogi, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons*

4.3.1 Northbridge und Southbridge – die alte Architektur

Bis etwa 2010 hatten Mainboards zwei separate Chips: Northbridge mit Speichercontroller und PCIe-Anbindung, und Southbridge mit Peripherie-Steuerung. Heute ist die Northbridge-Funktion in die CPU gewandert – Speichercontroller und PCIe sitzen direkt im Prozessor.

4.3.2 Moderne PCH-Architektur

Der PCH bei Intel bzw. der Chipsatz bei AMD übernimmt heute die Funktion der alten Southbridge: USB, SATA, zusätzliche PCIe-Lanes, Netzwerk-Controller, Audio-Chip. Höherwertige Chipsätze (Z- bei Intel, X- bei AMD) bieten mehr Lanes und Übertaktungsfähigkeit.

DMI (Direct Media Interface) verbindet bei Intel CPU und PCH; DMI 4.0 entspricht elektrisch PCIe 4.0 x8 mit ca. 15,7 GB/s (DMI 3.0: x4, ca. 3,9 GB/s). Alle Geräte am PCH (USB, SATA, LAN, am PCH angebundene M.2-Slots) teilen sich diese Bandbreite – bei gleichzeitiger Last wird DMI zum Flaschenhals. Leistungskritische NVMe-SSDs gehören deshalb an die CPU-Lanes; AMD bindet den Chipsatz statt über DMI über eine eigene PCIe-Verbindung an.

4.3.3 Aktuelle Intel- und AMD-Chipsätze

Hersteller	Klasse	Beispiele
Intel High-End	Z-Serie	Z790, Z890 – Übertaktung, viele Lanes
Intel Mainstream	B-Serie	B760, B860 – Office bis Gaming
Intel Einsteiger	H-Serie	H770, H810 – sparsam
AMD High-End	X-Serie	X670E, X870E – Übertaktung, PCIe 5
AMD Mainstream	B-Serie	B650, B850 – Office bis Gaming
AMD Einsteiger	A-Serie	A620 – Office, eingeschränkt

4.4 Steckplätze und Anschlüsse

Die Anschlussvielfalt entscheidet über Erweiterbarkeit und Zukunftssicherheit. PCIe, M.2, SATA, USB – jede Schnittstelle hat ihre Eigenarten.

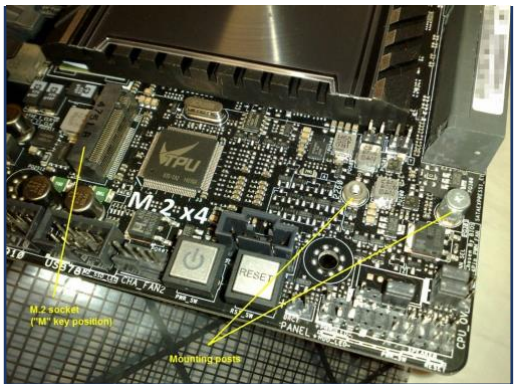

Abb. 22: M.2-Steckplatz. *Bild: Dsimic, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons*

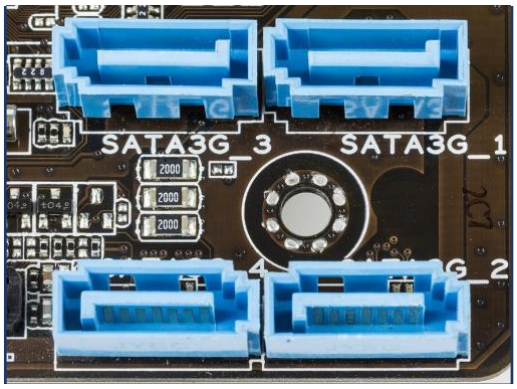

Abb. 23: SATA-Anschlüsse. *Bild: Raimond Spekking, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons*

4.4.1 PCI Express – das Universal-Bus-System

PCIe ist die universelle Erweiterungsschnittstelle moderner PCs. Eine Lane überträgt Daten in beide Richtungen seriell – mehr Lanes = mehr Bandbreite. Slots gibt es als x1, x4, x8 und x16. Die Generation (3.0/4.0/5.0) bestimmt die Geschwindigkeit pro Lane.

Generation	Datenrate pro Lane	Bei x16
PCIe 3.0	~1 GB/s	16 GB/s
PCIe 4.0	~2 GB/s	32 GB/s
PCIe 5.0	~4 GB/s	64 GB/s
PCIe 6.0	~8 GB/s	128 GB/s (kommend)

4.4.2 Shared Lanes – die häufigste Falle

Mainboards haben oft mehr Slots, als CPU+PCH Lanes liefern können. Manche Slots teilen sich Lanes: M.2-Slot 2 läuft nur, wenn SATA 5+6 abgeschaltet werden. Oder PCIe-x16 reduziert sich auf x8, wenn Slot x8 ebenfalls bestückt ist. Steht im Mainboard-Handbuch unter „Bandwidth Sharing“.

> **IHK-Prüfungstipp**
> Prüfungsfrage: „Sie bestücken einen zweiten M.2-Slot. Plötzlich verschwinden zwei SATA-Ports.“ Antwort: Shared Lanes zwischen M.2 und SATA – steht im Mainboard-Handbuch.

4.4.3 M.2 – Slot-Typen und Keys

M.2 ist die physische Bauform für Steckkarten direkt auf dem Board – meist NVMe-SSDs, manchmal WLAN-Karten. Beschrieben über Größe (z. B. 2280 = 22 mm breit, 80 mm lang) und Key (B, M, B+M). M-Key = NVMe-PCIe-x4. B-Key = klassisch SATA oder PCIe-x2.

4.4.4 SATA, USB und Frontpanel-Header

SATA verbindet 2,5”- und 3,5”-Laufwerke. USB-Header auf dem Board verbinden USB-Buchsen am Gehäusefront-Panel. Der Frontpanel-Header (F_PANEL) führt Power-Button, Reset, Power-LED und HDD-LED an die Vorderseite. Beim Zusammenbau MUSS die Polung beachtet werden – LEDs funktionieren nur in eine Richtung.

Typische interne Header: USB-3.x-Header mit 19/20 Pins, USB-2.0-Header mit 9 Pins, HD-Audio-Header mit 9 Pins sowie Lüfter-Header mit 3 Pins (Spannungssteuerung) oder 4 Pins (PWM-Steuerung). Die genaue Belegung des F_PANEL-Headers steht im Mainboard-Handbuch.

4.5 VRM und Stromversorgung

Die CPU braucht eine sehr präzise, schwankungsfreie Spannung – etwa 1,1 V bei mehreren hundert Watt. Diese Spannung erzeugt das VRM auf dem Mainboard.

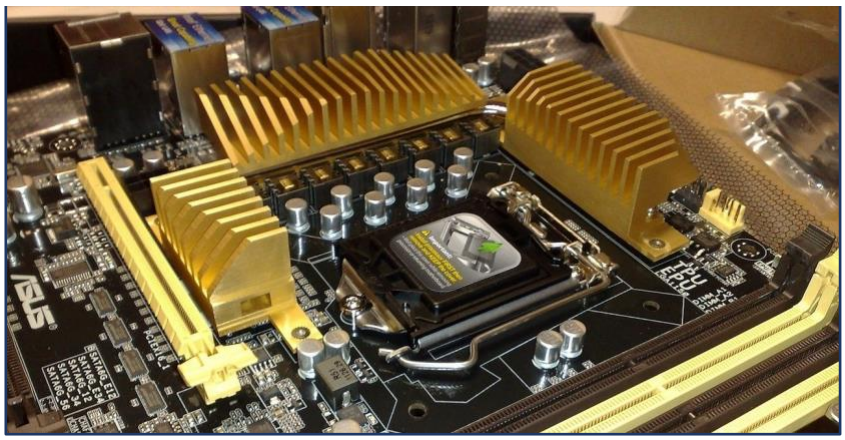

Abb. 24: Spannungsregler (VRM) neben dem CPU-Sockel. *Bild: Dsimic, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons*

4.5.1 VRM-Phasen und MOSFETs

Das VRM besteht aus mehreren Spannungswandler-Phasen. Jede wandelt 12 V vom Netzteil in die niedrige CPU-Spannung um. Mehr Phasen = bessere Wärmeverteilung und stabilere Spannung unter Last. Hochwertige Boards haben 14+ Phasen für die CPU. MOSFETs werden warm – darum sitzen sie unter Kühlkörpern. Schlechtes VRM = Throttling unter Volllast.

4.5.2 ATX-Stecker und Anschlüsse

Stecker	Aufgabe
24-Pin ATX	Hauptstromversorgung Mainboard
8-Pin EPS (CPU)	Zusätzliche CPU-Stromversorgung
4+4-Pin EPS	Gleicher Zweck, abnehmbar für ältere CPUs
6+2 PCIe	Stromversorgung Grafikkarten
12V-2x6 (12VHPWR)	Neuer Stecker für High-End-GPUs (RTX 40+)

4.5.3 Mainboard-Qualität erkennen

Hochwertige Boards haben: gekühltes VRM, viele USB-Anschlüsse, verstärkte PCIe-Slots gegen Karten-Sag, BIOS-Flashback (Update ohne CPU), Diagnose-LEDs für CPU/RAM/VGA/BOOT. Im BWI-Bereich geht es weniger um Premium-Features als um Stabilität, Manageability und Lebensdauer.

Onboard-LAN-Controller bieten heute meist 1 Gbit/s (z. B. Intel I219) oder 2,5 Gbit/s (z. B. Intel I226, Realtek RTL8125), Server-Boards 10 Gbit/s und mehr; Fast Ethernet (100 Mbit/s) ist veraltet. In großen Behördennetzen wird integriertes WLAN typischerweise im UEFI deaktiviert oder gar nicht bestückt, die Endgeräte werden kabelgebunden mit 802.1X-Authentifizierung angebunden.

4.6 Praxis und Zusammenfassung

Zum Abschluss: BIOS-Update als Wartungsaufgabe, Mainboard-Auswahlhilfe und die Verdichtung in Merkpunkten.



Abb. 25: Aufgeblähte Elektrolytkondensatoren. *Bild: Bushytails, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons*

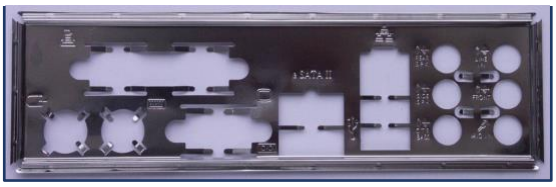

Abb. 26: I/O-Blende für die Gehäuserückseite. *Bild: Klaus Eifert, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons*

4.6.1 BIOS-Updates – wann und wie?

BIOS-/UEFI-Updates beheben Bugs, ergänzen CPU-Mikrocode und schließen Sicherheitslücken. Aber risikoreich: ein Update-Abbruch kann das Board unbrauchbar machen. Modernere Boards haben BIOS-Flashback (Update über USB-Stick ohne CPU) und Dual-BIOS. Faustregel: nur updaten bei konkretem Problem oder wenn neue CPU-Generation unterstützt werden soll.

> **BW-Bezug**
> BWI-Praxis: BIOS-Updates werden zentral verwaltet und durch QS freigegeben. Kein Endbenutzer-Update. Bei BitLocker-Systemen vor dem Update den Recovery-Key bereithalten – mancher Update wirft die TPM-Bindung um.

4.6.2 Mainboard-Auswahl – die Checkliste

Frage	Was prüfen
Welche CPU?	Sockel-Kompatibilität (LGA 1700, AM5, …)
Wie viel RAM?	DIMM-Slot-Anzahl, max. Kapazität, DDR4/DDR5
Welche Erweiterungen?	PCIe-Slot-Anzahl und -Generationen
Wie viele SSDs/HDDs?	M.2-Slots, SATA-Ports, evtl. Shared Lanes
Welche Anschlüsse hinten?	USB-Anzahl, Display-Outputs, LAN, Wi-Fi
Welcher Formfaktor?	Passt ins geplante Gehäuse?
BWI-Compliance?	vPro/AMT, TPM 2.0, Secure Boot

4.6.3 Zusammenfassung – die zehn wichtigsten Merkpunkte

#	Merkpunkt	IHK / BW
1	Mainboard verbindet alle Komponenten elektrisch und mechanisch	Sehr häufig
2	ATX (305×244), mATX (244×244), Mini-ITX (170×170)	Sehr häufig
3	Northbridge → CPU integriert. Southbridge → PCH	Häufig
4	PCIe: x1/x4/x8/x16-Slots, Generationen 3.0/4.0/5.0	Sehr häufig
5	Shared Lanes: M.2 vs. SATA, Slot-Konflikte	BWI-Praxis
6	M.2-Keys: M (NVMe), B (SATA), B+M (beides)	Häufig
7	VRM versorgt CPU mit präziser Niederspannung	Ja
8	24-Pin ATX + 8-Pin EPS = Pflicht-Stromversorgung	Sehr häufig
9	TPM, Secure Boot, vPro/AMT für BWI-Compliance	BW-Praxis
10	BIOS-Update nur bei klarem Bedarf, mit Backup-Plan	BWI-Praxis

4.6.4 Begriffs-Glossar Kapitel 4

Begriff	Kurzdefinition
ATX	Standard-Mainboard-Formfaktor seit 1995
PCH	Platform Controller Hub – moderner Chipsatz
DMI	Direct Media Interface – CPU-PCH-Verbindung bei Intel
VRM	Voltage Regulator Module – CPU-Spannungswandler
PCIe	PCI Express – serielle Erweiterungsschnittstelle
Lane	Eine PCIe-Datenleitung
M.2	Bauform für Steckkarten (NVMe-SSD, WLAN)
Shared Lanes	Slots, die sich Lanes teilen müssen
F_PANEL	Frontpanel-Header für Power-Button, LEDs, Audio
EPS	8-Pin-Stecker zur CPU-Stromversorgung
BIOS-Flashback	Update der Firmware ohne CPU/RAM via USB-Stick

🎯 Selbsttest – Fragen zur Vertiefung

Prüfen Sie Ihr Verständnis. Antworten finden Sie im Fragenkatalog oder in diesem Kapitel.

Frage 1: Welche Aufgaben hat das Mainboard im Computer? Nennen Sie mindestens fünf Bauteile, die auf dem Mainboard sitzen.

Frage 2: Unterscheiden Sie Intel- und AMD-Chipsätze nach Klasse. Welche Klassen sind typisch für Büro-Arbeitsplätze?

Frage 3: In welche Slots werden zwei RAM-Module bei einem 4-Slot-ATX-Mainboard gesteckt, um Dual-Channel zu aktivieren?

Frage 4: Erklären Sie das Konzept der Shared Lanes. Warum ist es bei Nachrüstungen kritisch?

Frage 5: Welcher M.2-Key und welche Länge sind Standard für eine NVMe-SSD in einem Desktop-PC?

Frage 6: Wie viele SATA-Ports hat ein typisches Mainboard? Welche Bandbreite bietet SATA III pro Port?

Frage 7: Welche Vorsicht ist beim BIOS-Update zu beachten? Welche Regel gilt für Clients der Bundeswehr?

Frage 8: Beim Zusammenbau leuchtet die Power-LED nicht, der Rechner startet aber. Was ist die wahrscheinlichste Ursache?

IHK-Prüfungsaufgaben

Die folgenden Aufgaben sind im Stil der IHK-Abschlussprüfung Fachinformatiker / Systemintegration formuliert. Bearbeiten Sie zuerst eigenständig, vergleichen Sie dann mit der Musterlösung.

Aufgabe 1 *(10 Punkte)*

Ein Bundeswehr-Workstation soll mit einer zweiten NVMe-SSD und einer 10-Gigabit-Netzwerkkarte erweitert werden. Das verbaute Mainboard hat zwei M.2-Slots und drei PCIe-Slots.

a) Was bedeutet der Begriff „Shared Lanes" im Kontext eines Mainboards? *(3 P.)*

b) Wo finden Sie im Mainboard-Handbuch die genaue Information, welcher Slot bei belegtem M.2_2 deaktiviert wird? *(2 P.)*

c) Eine NVMe-SSD wird in einen Slot mit B-Key gesteckt. Funktioniert sie? Begründen Sie. *(2 P.)*

d) Berechnen Sie die theoretische Bandbreite einer NVMe-SSD im Slot „PCIe 4.0 x4" und vergleichen Sie mit SATA III. *(3 P.)*

Aufgabe 2 *(7 Punkte)*

Sie sollen Mainboards für drei verschiedene Bundeswehr-Arbeitsplatz-Profile auswählen.

a) Welche Chipsatz-Klasse (Intel B / Z / H bzw. AMD A / B / X) empfehlen Sie für einen Standard-Bürorechner und warum? *(3 P.)*

b) Bei welchen Komponenten unterscheidet sich ein Server-Mainboard von einem Consumer-Mainboard? Nennen Sie drei Punkte. *(4 P.)*

✓ Musterlösungen

Vergleichen Sie zuerst Ihre eigenen Lösungen mit den nachfolgenden Musterlösungen.

✓ Musterlösung Aufgabe 1

a) PCIe-Lanes werden zwischen mehreren Slots/Schnittstellen geteilt. Wird eine Schnittstelle (z. B. M.2_2) belegt, deaktiviert sich automatisch ein anderer Slot (z. B. PCIe x4 Slot). Im Mainboard-Handbuch unter „PCIe and M.2 Configuration Matrix" dokumentiert.

b) In der Sektion „PCIe and M.2 Configuration Matrix" (oder ähnlich benannt). Diese Tabelle zeigt explizit z. B.: „M.2_2 enabled → PCIE_3 disabled". Wer diese Tabelle übersieht, wundert sich später, warum die neue Karte nicht erkannt wird.

c) Nein. B-Key-Slots unterstützen nur SATA-Anbindung, NVMe nutzt aber PCIe. NVMe-SSDs benötigen M-Key oder B+M-Key Slot mit PCIe-Anbindung. Die SSD wird im B-Key-Slot nicht erkannt.

d) PCIe 4.0: 2 GB/s pro Lane × 4 Lanes = 8 GB/s = 8000 MB/s. SATA III: 6 Gbit/s = 600 MB/s real. Die NVMe-SSD ist also etwa 13× schneller als eine SATA-SSD.

✓ Musterlösung Aufgabe 2

a) B-Chipsatz (Intel B760 oder AMD B650). Mid-Range, ohne Overclocking, mit guter Standard-Ausstattung. Für Bürobetrieb mehr als ausreichend. Z/X bieten zusätzliche Lanes und OC – für Office nutzlos. H/A sind oft zu sparsam ausgestattet (zu wenig USB, M.2, SATA).

b) Erstens: ECC-RAM-Unterstützung (Server hat sie, Consumer meist nicht). Zweitens: BMC / Out-of-Band-Management (separater Management-Chip mit eigenem Netzwerk). Drittens: verstärkte VRMs und 24/7-Spezifikation für Dauerbetrieb. Außerdem typisch: redundante Stromanschlüsse, Hot-Swap-Backplane-Support, mehr DIMM-Slots (8/12/16).

Kapitel 5 – Massenspeicher

Persistente Speicherung – von HDD bis NVMe und RAID

Der Arbeitsspeicher (Kap. 3) verliert seinen Inhalt beim Abschalten. Für dauerhafte Speicherung braucht es Massenspeicher: Festplatten (HDD), SSDs, optische Medien, Bandlaufwerke. Dieses Kapitel behandelt die beiden dominierenden Technologien HDD und SSD (SATA und NVMe), RAID-Verbünde für Verfügbarkeit, S.M.A.R.T. zur Gesundheitsüberwachung, Dateisysteme und die 3-2-1-Regel für Backups.

Als IT-Fachkraft der Bundeswehr begegnen Ihnen beide Welten: NVMe-SSDs als Systemlaufwerke in Clients, RAID-Verbünde in Servern, externe Laufwerke für Transport und Backup, gelegentlich noch Bandlaufwerke fürs Archiv. Die Kenntnis der Technologien ist Voraussetzung für sinnvolle Beschaffung, Konfiguration und Fehlerdiagnose.

5.1 Speicher-Grundlagen

Massenspeicher hält Programme, Dokumente und Betriebssystem dauerhaft – auch ohne Strom. Dieses Unterkapitel zeigt die Hierarchie zwischen flüchtigem RAM und persistentem Massenspeicher.

5.1.1 Flüchtig vs. persistent

RAM ist flüchtig: Strom weg = Daten weg. Massenspeicher (HDD, SSD) ist persistent: Daten bleiben monate- bis jahrzehntelang erhalten. Massenspeicher ist viel größer, aber auch viel langsamer als RAM.

5.1.2 Die Speicher-Hierarchie

Ebene	Kapazität	Latenz	Persistent?
CPU-Register	wenige KB	0,3 ns	Nein
L1-Cache	32 – 64 KiB pro Kern	1 ns	Nein
L2-Cache	256 KiB – 2 MiB pro Kern	3 ns	Nein
L3-Cache	4 – 96 MiB	10 ns	Nein
RAM	8 – 256 GiB	70 ns	Nein
NVMe-SSD	0,5 – 8 TB	20 – 100 µs	Ja
SATA-SSD	0,5 – 8 TB	0,1 – 0,5 ms	Ja
HDD	1 – 24 TB	5 – 15 ms	Ja

5.1.3 Schnittstellen im Überblick

Massenspeicher-Schnittstellen sind über die Jahre schneller geworden: PATA → SATA → SAS → NVMe. Heute relevant sind SATA (für 2,5”/3,5”-Laufwerke) und NVMe (über PCIe für M.2-SSDs). SAS findet sich vor allem in Servern. PATA und IDE sind historisch.

Typische Bandbreiten: SATA III ca. 600 MB/s, SAS-3 12 Gbit/s (ca. 1.200 MB/s; SAS-4 24 Gbit/s), NVMe über PCIe 4.0 x4 ca. 7.400 MB/s, über PCIe 5.0 x4 ca. 14.000 MB/s. Extern erreichen USB 3.2 Gen 2 10 Gbit/s (real ca. 1.000 MB/s), USB4/Thunderbolt 4 bis 40 Gbit/s und Thunderbolt 5 bis 80 Gbit/s. Netzwerkspeicher werden als NAS über 1–10-Gbit/s-Ethernet oder im Rechenzentrum als SAN über Fibre Channel (16–128 Gbit/s) angebunden.

5.2 HDD – Festplatte

Die klassische Festplatte speichert Daten magnetisch auf rotierenden Platten. Mechanisch und langsam, aber günstig pro Gigabyte – bis heute relevant für Archive und Bulk-Storage.



Abb. 27: Geöffnete Festplatte mit Magnetscheiben und Schreib-/Lesekopf. *Bild: Matthew Field, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons*

5.2.1 Aufbau und Funktionsweise

Eine HDD enthält eine oder mehrere magnetische Platten (Platter), die mit 5400 oder 7200 U/min rotieren. Schreib-/Leseköpfe schweben auf einem Luftpolster wenige Nanometer über der Oberfläche. Daten liegen in konzentrischen Spuren (Tracks) und Sektoren. Die mechanische Bewegung kostet Zeit (Latenz 5–15 ms) und ist anfällig für Stöße.

5.2.2 Kennwerte: Kapazität, Drehzahl, Cache

Kennwert	Typische Werte	Bedeutung
Kapazität	1 – 24 TB	Speicherplatz
Drehzahl	5400/7200/10.000/15.000 U/min	Höher = schneller, aber heißer und lauter
Cache	64 – 512 MiB	Pufferspeicher
Schnittstelle	SATA (Consumer/SMB), SAS (Server)	Bandbreite und Kommando-Set
Form	2,5” (Notebook) / 3,5” (Desktop, Server)	Mechanische Bauform
MTBF	1 – 2 Mio. h	Statistische Lebenserwartung

5.2.3 Einsatzgebiete heute

HDDs sind heute praktisch nur noch sinnvoll für Bulk-Storage (NAS, Backup, Archive), Massendaten in Servern (große Datenbanken im Terabyte-Bereich) und Cold-Storage. Als Boot-

Laufwerk eines Office-PCs sind HDDs heute eine Zumutung – Booten in 60 Sekunden statt 10 mit SSD.

Ein NAS (Network Attached Storage) ist ein eigenständiges Speichergerät im LAN, meist mit RAID 5 oder RAID 6, das Freigaben per SMB (Windows) oder NFS (Linux) bereitstellt und Benutzer lokal oder über Active Directory verwaltet. Auch ein NAS mit RAID ersetzt kein Backup – es braucht zusätzlich eine Offsite-Kopie nach der 3-2-1-Regel.

5.3 SSD und Flash

Solid State Drives speichern Daten in NAND-Flash-Chips – elektrisch, ohne bewegte Teile. Massive Geschwindigkeitsvorteile, aber begrenzte Schreibzyklen. Heute Standard auf jedem neuen PC und Notebook.



Abb. 28: 2,5-Zoll-SATA-SSD. *Bild: Qurren, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons*



Abb. 29: M.2-NVMe-SSD (M-Key, eine Kerbe). *Bild: smial, FAL, via Wikimedia Commons*

5.3.1 NAND-Typen: SLC, MLC, TLC, QLC

Typ	Bits/Zelle	Endurance	Einsatz
SLC	1	100.000+ P/E	Industrie, Embedded, kritische Systeme
MLC	2	10.000 P/E	Enterprise (selten geworden)
TLC	3	1.000 – 3.000 P/E	Consumer-Mainstream
QLC	4	100 – 1.000 P/E	Bulk-Storage, Read-Heavy

Mehr Bits pro Zelle = mehr Kapazität, aber niedrigere Lebensdauer und langsameres Schreiben. Moderne TLC-SSDs sind für die meisten Workloads ausreichend.

5.3.2 Wear Leveling und TRIM

NAND-Zellen halten nur eine begrenzte Zahl Schreibzyklen aus. Wear Leveling verteilt Schreibvorgänge gleichmäßig über alle Zellen. TRIM ist ein Befehl vom OS an die SSD: „Diese Blöcke sind frei." Ohne TRIM verlangsamt sich die SSD über Zeit. Windows, Linux und macOS senden TRIM automatisch.

5.3.3 SATA-SSD vs. NVMe-SSD

Merkmal	SATA-SSD	NVMe-SSD
Schnittstelle	SATA III (6 Gbit/s)	PCIe (8/16/32 Gbit/s pro Lane)
Bauform	2,5” klassisch oder M.2 SATA	M.2 NVMe (PCIe x4)
Sequenzielles Lesen	ca. 550 MB/s	3.500 – 14.000 MB/s
Random IOPS	~80.000	300.000 – 1 Mio.+
Latenz	~100 µs	10 – 50 µs
Preis pro GB	Niedrig	Höher

5.3.4 TBW – Total Bytes Written

TBW ist die garantierte Gesamtschreibmenge einer SSD. Eine 1-TB-Consumer-SSD kommt typisch auf 300–600 TBW. Server-SSDs erreichen 5–10 PBW. Im Office-Alltag schreibt ein User unter 5 TB pro Jahr – die SSD hält viele Jahre. Bei Logging-Servern oder VM-Hosts muss TBW realistisch geplant werden.

Die Herstellerangaben lassen sich umrechnen: DWPD (Drive Writes per Day) = TBW ÷ (Kapazität [TB] × Garantiejahre × 365). Rechnerische Lebensdauer [Jahre] = TBW ÷ (tägliche Schreibmenge [TB] × 365), Verbrauch [%] = bereits geschriebene TB ÷ TBW × 100. Beispiel: 600 TBW bei 50 GB pro Tag ergeben 600 ÷ (0,05 × 365) ≈ 32,9 Jahre.

5.4 RAID

RAID (Redundant Array of Independent Disks) verbindet mehrere Datenträger zu einem logischen Verbund – für mehr Geschwindigkeit, Ausfallsicherheit oder beides.



Abb. 30: NAS mit geöffneten Laufwerksschächten. *Bild: Korrupt, CC BY 4.0, via Wikimedia Commons*

5.4.1 Die wichtigsten RAID-Level

Level	Min. Platten	Nutzkapazität	Ausfalltoleranz
RAID 0 (Striping)	2	100 %	Keine
RAID 1 (Mirroring)	2	50 %	1 Platte
RAID 5 (Parity)	3	(N-1)/N	1 Platte
RAID 6 (doppelte Parity)	4	(N-2)/N	2 Platten
RAID 10 (1+0)	4	50 %	1 Platte pro Mirror-Paar

5.4.2 Berechnung der Nutzkapazität

Faustformeln: RAID 0 = N × K. RAID 1 (zwei Platten) = K. RAID 5 = (N−1) × K. RAID 6 = (N−2) × K. RAID 10 = (N/2) × K. Beispiel: 4 Platten à 4 TB. RAID 5 = 12 TB nutzbar, 1 Ausfall überstehbar. RAID 10 = 8 TB, schneller, höhere Ausfallsicherheit.

Ein Hot Spare ist eine Ersatzplatte, die im Array bereitsteht, aber keine Daten trägt: Fällt eine Platte aus, baut der Controller das RAID automatisch auf den Hot Spare neu auf und verkürzt so die Zeit ohne Redundanz. In Servern ist ein Hot Spare üblich; die Hot-Spare-Platte zählt bei der Nutzkapazität nicht mit.

IHK-Prüfungstipp

Klassische Berechnung: „Berechnen Sie die nutzbare Kapazität und Ausfalltoleranz für vier 6-TB-Platten in RAID 5.“ Antwort: (4−1) × 6 = 18 TB nutzbar, Toleranz: 1 Plattenausfall.

5.4.3 Hardware- vs. Software-RAID

Aspekt	Hardware-RAID	Software-RAID
Controller	Dedizierte Karte	OS-basiert (mdadm, Storage Spaces, ZFS)
Performance	Sehr hoch, eigene Caches	Abhängig von Host-CPU
Kosten	Hoch (Controller + BBU)	Keine zusätzlichen
Flexibilität	Eingeschränkt	Sehr flexibel, OS-agnostisch
Einsatz	Server mit hohem I/O	Standard auf modernen Linux/Windows

BW-Bezug

BWI-Server nutzen meist Hardware-RAID-Controller (LSI/Broadcom) in Markenservern. BBU oder Flash-basierte Cache-Sicherung ist Pflicht – sonst gehen Schreib-Caches bei Stromausfall verloren.

5.5 S.M.A.R.T. – Gesundheitsüberwachung

S.M.A.R.T. (Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology) ist die eingebaute Selbstdiagnose moderner Datenträger. Sie warnt vor drohenden Ausfällen – wenn man die Daten denn liest.



Abb. 31: Festplatte nach einem Head-Crash. *Bild: Alchemist-hp, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons*

5.5.1 Was S.M.A.R.T. überwacht

Kontinuierlich beobachtet werden: Temperatur, Lese-/Schreibfehler, umgewandelte Sektoren (HDD), Spin-Up-Zeit (HDD), Wear Leveling Count (SSD), Available Spare (NVMe), Total Bytes Written. Wird ein Schwellenwert überschritten, meldet das Laufwerk Pre-Failure – ab dem Moment ist es tickende Zeitbombe.

Bei Laufwerksproblemen hilft die Zuordnung Symptom → Ursache → Maßnahme: Wird ein Laufwerk nicht erkannt, Kabel, Strom und Port prüfen und im UEFI kontrollieren. Klackern oder Kratzen einer HDD deutet auf einen Kopf- oder Motorschaden – sofort ausschalten, keine Software-Reparatur versuchen. CRC-Fehler in S.M.A.R.T. weisen meist auf ein defektes Datenkabel hin; bei Reallocated oder Pending Sectors sofort sichern und das Laufwerk tauschen.

5.5.2 Diagnose-Werkzeuge

Tool	Plattform	Stärke
CrystalDiskInfo	Windows	Klassiker, übersichtlich, kostenlos
HD Sentinel	Windows	Tiefe Analyse, Vorhersage
smartctl	Linux/Windows	CLI, sehr detailliert, ideal für Skripte
Disk Utility	macOS	Bordmittel, kompakt
Dell iDRAC, HPE iLO	Server	Out-of-band-Überwachung

BW-Bezug

BWI-Standard: Server-Hardware meldet S.M.A.R.T.-Probleme automatisch ans zentrale Monitoring. Bei Pre-Failure-Warnung wird die Platte präventiv getauscht – nie auf den realen Ausfall warten.

5.6 Backup, Verschlüsselung und Zusammenfassung

Massenspeicher kann ausfallen. Was die 3-2-1-Regel besagt, wie man Festplatten verschlüsselt, und was Sie aus Kap. 5 mitnehmen.

5.6.1 Dateisysteme im Überblick

Wichtige Vertreter: NTFS (Windows-Standard), exFAT (USB-Sticks), ext4 (Linux-Standard), xfs (Server-Linux), APFS (macOS), ReFS (Windows-Server). Vertieft im Betriebssysteme-Curriculum, hier reicht das Wissen um die Existenz.

5.6.2 Backup-Strategien – die 3-2-1-Regel

Regel	Bedeutung
3 Kopien	Original + zwei Backups
2 verschiedene Medien	Z. B. interne Platte + externe Platte oder Cloud
1 Offsite	Eine Kopie physisch getrennt (Brandschutz, Diebstahl)
Regelmäßig testen	Ein nie wiederhergestelltes Backup ist kein Backup
Snapshots ≠ Backup	Defekter Datenträger nimmt alle Snapshots mit

5.6.3 Festplatten-Verschlüsselung

Bei Verlust schützt nur Verschlüsselung der gesamten Platte. Windows: BitLocker (mit TPM). Linux: LUKS. macOS: FileVault. SED (Self-Encrypting Drives) verschlüsseln hardwareseitig. Im BWI sind alle mobilen Geräte zwingend verschlüsselt – BitLocker mit TPM-Bindung, Recovery-Keys liegen zentral im AD oder Intune.

5.6.4 Zusammenfassung – die zehn wichtigsten Merkpunkte

#	Merkpunkt	IHK / BW
1	RAM = flüchtig, Massenspeicher = persistent	Sehr häufig
2	Speicher-Hierarchie: Cache → RAM → SSD → HDD → Tape	Sehr häufig
3	HDD: mechanisch, langsam, billig pro GB	Häufig
4	SSD: NAND-Flash, schnell, begrenzte Schreibzyklen	Sehr häufig
5	NVMe ≫ SATA-SSD ≫ HDD (Bandbreite und Latenz)	Sehr häufig
6	RAID 0 = Speed, 1 = Mirror, 5 = Parity, 6 = doppelt	Sehr häufig
7	Hardware-RAID = Controller-Karte, Software-RAID = OS-basiert	Häufig
8	S.M.A.R.T.: Selbstdiagnose, Pre-Failure-Warnung	Häufig
9	3-2-1-Regel: 3 Kopien, 2 Medien, 1 offsite	Sehr häufig
10	BitLocker / LUKS / FileVault = Pflicht für mobile Geräte	BW-Praxis

5.6.5 Begriffs-Glossar Kapitel 5

Begriff	Kurzdefinition
HDD	Hard Disk Drive – magnetische Festplatte
SSD	Solid State Drive – Flash-basiert, ohne Mechanik
NVMe	Non-Volatile Memory Express – PCIe-basiertes SSD-Protokoll
SATA	Serial ATA – klassische Massenspeicher-Schnittstelle
SAS	Serial Attached SCSI – Enterprise-Variante von SATA
RAID	Redundant Array of Independent Disks
TBW	Total Bytes Written – Schreib-Gesamtvolumen einer SSD
S.M.A.R.T.	Selbstdiagnose moderner Datenträger
TRIM	OS-Befehl: „Diese Blöcke sind frei“
Wear Leveling	Verteilung von Schreibvorgängen auf alle NAND-Zellen
BBU	Battery Backup Unit – Cache-Sicherung im RAID-Controller

🎯 Selbsttest – Fragen zur Vertiefung

Prüfen Sie Ihr Verständnis. Antworten finden Sie im Fragenkatalog oder in diesem Kapitel.

Frage 1: Unterscheiden Sie HDD, SATA-SSD und NVMe-SSD nach typischer Datenrate und Einsatzzweck.

Frage 2: Berechnen Sie die Nettokapazität bei 8 Disks à 6 TB in RAID 5, RAID 6 und RAID 10.

Frage 3: Was prüft S.M.A.R.T.? Welche Werte bei SSDs sind besonders wichtig, welche bei HDDs?

Frage 4: Welches Dateisystem verwenden Sie für einen USB-Stick, der zwischen Windows- und macOS-Rechnern ausgetauscht werden soll?

Frage 5: Erklären Sie die 3-2-1-Regel der Datensicherung. Warum reicht ein einziges lokales Backup nicht?

Frage 6: Welche drei technischen Voraussetzungen braucht BitLocker, um einen Datenträger mit TPM automatisch zu entsperren?

Frage 7: Was zeigt der Befehl Get-PhysicalDisk in der PowerShell? Wie finden Sie damit alle Laufwerke mit Problemen?

Frage 8: Ein Nutzer berichtet, sein Rechner „braucht 2 Minuten zum Booten“. Welche Hardware-Komponente könnte das Problem sein, und wie prüfen Sie das?

IHK-Prüfungsaufgaben

Die folgenden Aufgaben sind im Stil der IHK-Abschlussprüfung Fachinformatiker / Systemintegration formuliert. Bearbeiten Sie zuerst eigenständig, vergleichen Sie dann mit der Musterlösung.

Aufgabe 1 *(12 Punkte)*

Ein Bundeswehr-Fileserver soll mit acht Festplatten zu je 8 TB ausgestattet werden. Anforderung: 24/7-Verfügbarkeit, mindestens ein Disk-Ausfall ohne Datenverlust, möglichst hohe Nettokapazität.

a) Berechnen Sie die Nettokapazität für RAID 5 und RAID 6 bei der gegebenen Konfiguration. *(3 P.)*

b) Welches RAID-Level empfehlen Sie und warum? Berücksichtigen Sie die Größe der einzelnen Festplatten. *(3 P.)*

c) Erklären Sie die 3-2-1-Regel der Datensicherung und wenden Sie sie auf den Fileserver an. *(4 P.)*

d) Wie lange dauert ein Vollbackup von 30 TB Nutzdaten bei einer Schreibrate von 250 MB/s? Geben Sie das Ergebnis in Stunden an. *(2 P.)*

Aufgabe 2 *(8 Punkte)*

Ein Bundeswehr-Notebook geht verloren. Auf der NVMe-SSD sind dienstliche Daten gespeichert.

a) Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit BitLocker die SSD vor unbefugtem Zugriff schützt? *(3 P.)*

b) Welcher PowerShell-Befehl zeigt den BitLocker-Status, und welche zwei Statuswerte sind kritisch? *(3 P.)*

c) Eine SSD eines Bundeswehr-Clients wird als defekt aussortiert. Welche Vorschrift gilt für die Entsorgung? *(2 P.)*

✓ Musterlösungen

Vergleichen Sie zuerst Ihre eigenen Lösungen mit den nachfolgenden Musterlösungen.

✓ Musterlösung Aufgabe 1

a) RAID 5: (8 − 1) × 8 TB = 56 TB netto. 1 Disk darf ausfallen. RAID 6: (8 − 2) × 8 TB = 48 TB netto. 2 Disks dürfen ausfallen.

b) RAID 6. Begründung: Bei großen Disks (8 TB) dauert ein Rebuild nach Disk-Ausfall mehrere Tage. In dieser Zeit ist RAID 5 ungeschützt – fällt eine zweite Disk aus, sind alle Daten verloren. RAID 6 mit doppelter Parität hält auch während des Rebuilds einen weiteren Ausfall aus. Empfehlenswert ab Disk-Größen über 4 TB.

c) 3-2-1-Regel: 3 Kopien insgesamt, auf 2 verschiedenen Medientypen, davon 1 off-site. Anwendung: Kopie 1 auf RAID 6 im Server (produktiv). Kopie 2 als tägliches Backup auf NAS-Storage (anderes Medium). Kopie 3 wöchentlich als Tape oder Cloud-Backup off-site (anderes Rechenzentrum). RAID ersetzt kein Backup.

d) 30 TB = 30.000.000 MB. Bei 250 MB/s: 30.000.000 ÷ 250 = 120.000 Sekunden. ÷ 3600 = ca. 33,3 Stunden. Daher Vollbackup wöchentlich, täglich nur Inkrementell-Backup.

✓ Musterlösung Aufgabe 2

a) TPM 2.0 vorhanden, aktiviert und besessen (initialisiert). UEFI-Boot-Modus (kein Legacy-CSM). Secure Boot aktiviert. BitLocker mit AES-256 verschlüsselt. Recovery Key zentral im Active Directory hinterlegt.

b) Get-BitLockerVolume. Kritische Werte: VolumeStatus = FullyEncrypted (vollständig verschlüsselt) und ProtectionStatus = On (Schutz aktiv). Ist eines davon nicht erfüllt, sind die Daten unzureichend geschützt.

c) Bei VS-NfD-Daten reicht „Sicheres Löschen" (Sanitization) nicht aus. Die SSD wird physisch zerstört (Schreddern). Dokumentation: Seriennummer, Datum, Verfahren. Entsorgung über autorisierte Entsorger.

Kapitel 6 – Netzteil und USV

Stromversorgung im PC und für kritische Systeme

Das Netzteil (Power Supply Unit, PSU) wandelt Wechselstrom aus der Steckdose (230 V AC in Deutschland) in die verschiedenen Gleichspannungen um, die der PC braucht: +12 V für CPU und Grafikkarte, +5 V für SATA-Laufwerke und USB, +3,3 V für manche RAM- und Logikschaltungen. Ein schlechtes oder unterdimensioniertes Netzteil ist die Ursache vieler unklarer Probleme – von zufälligen Reboots bis zu Defekten von Komponenten.

Zusätzlich behandelt dieses Kapitel die unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV). Wo Server und kritische Arbeitsplätze stehen, darf ein Stromausfall nicht zum Systemausfall führen. Die USV überbrückt kurze Ausfälle mit ihrer Batterie und erlaubt ein geordnetes Herunterfahren bei längeren. Für die Bundeswehr ist das in stationären Liegenschaften Standard, im Feldbetrieb wird zusätzlich mit Generatoren gearbeitet.

6.1 Stromversorgung – Grundlagen

Aus den 230 V Wechselspannung des Stromnetzes machen Netzteile die niedrigen Gleichspannungen, die Mainboard, CPU und Komponenten brauchen.

6.1.1 Wechselstrom (AC) und Gleichstrom (DC)

Aus der Steckdose kommt Wechselstrom (AC) mit 230 V und 50 Hz – die Spannung wechselt 50-mal pro Sekunde die Polarität. Computer-Komponenten brauchen Gleichstrom (DC) mit fester Polarität: 12 V, 5 V, 3,3 V. Das Netzteil wandelt AC in DC und stabilisiert die Spannungen.

6.1.2 Schaltnetzteil – das moderne Prinzip

Moderne PC-Netzteile sind Schaltnetzteile (SMPS). Sie zerhacken den AC mit einem Transistor in hochfrequente Pulse, transformieren sie auf niedrige Spannung und gleichrichten zu DC. Vorteile: hoher Wirkungsgrad (>90 %), kompakte Bauweise, geringes Gewicht.

6.2 ATX-Netzteil

Der ATX-Standard definiert mechanische Maße, Stecker und Spannungen für PC-Netzteile. Seit 1995 unverändert in den Grundzügen.

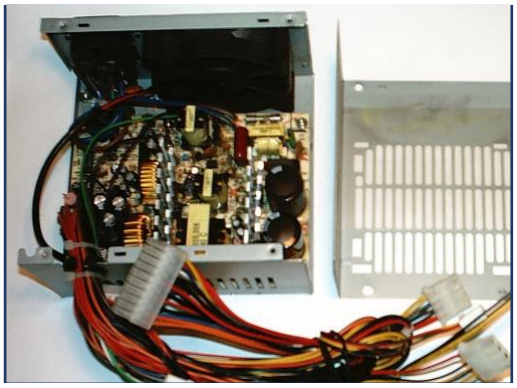

Abb. 32: Geöffnetes Schaltnetzteil. *Bild: siehe Commons-Seite, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons*

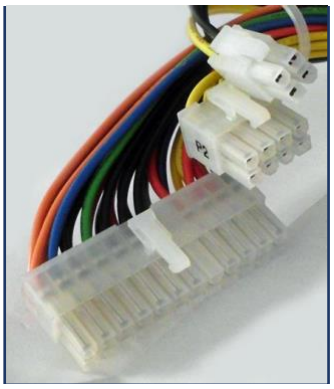

Abb. 33: ATX-Stecker 24-, 8- und 4-polig. *Bild: Tobias Maier, CC0, via Wikimedia Commons*

Neben dem Standard-ATX-Netzteil (150 × 86 mm, Tower-Gehäuse) gibt es kompaktere Formfaktoren: SFX und SFX-L für Mini-ITX- und Kompaktrechner, TFX für Slim-Desktops sowie herstellerspezifische Hot-Swap-Servernetzteile. ATX 3.0/3.1 ergänzt die Spezifikation um den 16-Pin-Grafikkartenstecker (12VHPWR bzw. 12V-2x6) und höhere zulässige Lastspitzen. Server haben meist zwei redundante Netzteile, die sich die Last teilen – fällt eines aus, übernimmt das andere ohne Neustart.

6.2.1 Aufbau und Spannungen

Spannung	Verbraucher
+12 V	CPU (über VRM), Grafikkarte, Lüfter, HDD-Motoren
+5 V	USB, Mainboard-Logik, SATA-Logik
+3,3 V	RAM, Mainboard, M.2-SSDs
+5 V Standby (5VSB)	Wake-on-LAN, USB-Ladung im Off-Zustand
-12 V	Historisch (Serielle Schnittstellen) – kaum noch genutzt

6.2.2 Wichtige Stecker

Stecker	Aufgabe
24-Pin ATX	Hauptstromversorgung Mainboard
8-Pin EPS	CPU-Stromversorgung (oder 4+4-Pin)
6+2 PCIe	Grafikkarten bis ~300 W
12V-2x6 (12VHPWR)	Neuer 16-Pin-Stecker für High-End-GPUs
SATA-Strom	Festplatten und SSDs
Molex (4-Pin)	Legacy: Lüfter, ältere Geräte, RGB

6.2.3 Effizienz und 80 PLUS

Zertifikat	Wirkungsgrad bei 50 % Last
80 PLUS Standard	≥ 80 %
80 PLUS Bronze	≥ 85 %
80 PLUS Silver	≥ 88 %
80 PLUS Gold	≥ 90 %
80 PLUS Platinum	≥ 92 %
80 PLUS Titanium	≥ 94 %

Höhere Effizienz = weniger Abwärme, niedrigere Stromrechnung, leiserer Lüfter. Im BWI-Bereich werden mindestens Bronze, oft Gold gefordert – wegen langer Betriebszeiten.

6.3 Dimensionierung

Welche Wattzahl braucht ein PC? Über- oder Unterdimensionierung haben beide Nachteile.

6.3.1 TDP berechnen

Grobe Faustregel: CPU-TDP (Boost-PL2 beachten!) + GPU-TDP + 80 W (Mainboard, RAM, Lüfter, Speicher) = Lastleistung. Für Reserven 30 % Puffer einplanen. Beispiel: i7-13700K (PL2 ~250 W) + RTX 4070 (~200 W) + 80 W = 530 W. Mit Reserve: 700-W-Netzteil.

> **IHK-Prüfungstipp**
> IHK-Aufgabe: „Welches Netzteil empfehlen Sie für ein System mit Ryzen 7 7700 (105 W TDP) und RTX 4060 (115 W TDP)?“ Antwort: 105 + 115 + 80 = 300 W Lastleistung × 1,3 = 390 W. Empfehlung: 500-W-Netzteil mit 80+ Bronze oder besser.

6.3.2 Über- und Unterdimensionierung

Zu kleines Netzteil → Lastspitzen führen zu Abstürzen oder Reset. Zu großes Netzteil → ineffizient bei niedriger Last (80 PLUS gilt typischerweise erst ab 20 % Last). Sweet Spot: Netzteil so dimensionieren, dass das System bei typischer Last 40-60 % nutzt.

6.3.3 Auswahl-Kriterien für die BWI

Markenhersteller (Seasonic, be quiet!, Corsair, Enermax), 80 PLUS Gold, ausreichend Reserve, alle benötigten Stecker, leise Lüftersteuerung, 5-10 Jahre Garantie. BWI-Beschaffung folgt Rahmenverträgen – kein Privatkauf am Markt.

6.4 USV – Unterbrechungsfreie Stromversorgung

Eine USV (Uninterruptible Power Supply) überbrückt Stromausfälle aus einer Akku-Reserve. Pflicht für Server, sinnvoll auch für kritische Workstations.



Abb. 34: Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV). *Bild: Tahir mq, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons*

6.4.1 Offline-USV (VFD – Voltage and Frequency Dependent)

Strom kommt direkt aus dem Netz, der Akku wird nur aktiviert, wenn das Netz ausfällt. Umschaltzeit 4–10 ms. Günstig, für Office-PCs ausreichend, NICHT für Server geeignet (kann zu Datenverlust führen, da kurze Lücken auftreten).

Im Normalbetrieb leitet die Offline-USV den Netzstrom direkt (Bypass) an die Last; erst bei einem Ausfall schaltet sie auf Akku und Wechselrichter um. Im Akkubetrieb liefern günstige Geräte meist keinen reinen Sinus, sondern eine Rechteck- oder Stufenspannung – das kann bei Netzteilen mit aktiver PFC zu Abschaltungen führen.

6.4.2 Line-interactive (VI)

Wie Offline-USV, aber mit zusätzlichem Spannungsregler (AVR) für kleine Schwankungen. Schaltet immer noch um bei echtem Ausfall, aber gleicht Über- und Unterspannung ohne Akku-Nutzung aus. Mittelklasse, geeignet für kleine Server und kritische Workstations.

6.4.3 Online-USV (VFI – Voltage and Frequency Independent)

Strom geht IMMER durch Gleichrichter und Wechselrichter (Doppelwandlung) – keine Umschaltzeit. Der Gleichrichter speist einen Gleichspannungs-Zwischenkreis, an dem auch der Akku hängt; der Wechselrichter erzeugt daraus wieder eine saubere 230-V-Sinusspannung. Fällt das Netz aus, speist der Akku den Zwischenkreis nahtlos weiter (0 ms) – im Normalbetrieb wird er nur geladen. Preis dafür ist ein etwas geringerer Wirkungsgrad von ca. 90–95 %. Beste

Spannungsqualität, schützt auch vor Mikro-Aussetzern. Standard für Server, Rechenzentren, kritische Infrastruktur. Teuer.

Typ	Umschaltzeit	Filterung	Einsatz
Offline (VFD)	4 – 10 ms	Keine	Office, Heim
Line-interactive (VI)	2 – 5 ms	AVR für Schwankungen	Kleine Server
Online (VFI)	0 ms	Vollständige Filterung	Server, Rechenzentrum

6.5 USV-Dimensionierung und Berechnung

USV-Hersteller geben Leistung meist in VA (Volt-Ampere) statt Watt an. Was der Unterschied ist und wie man richtig dimensioniert.

6.5.1 VA und Watt – der Leistungsfaktor

Watt = Wirkleistung (was der PC tatsächlich verbraucht). VA = Scheinleistung (was die USV liefern muss). Verhältnis: Leistungsfaktor (Power Factor, PF). Klassische PCs hatten PF 0,6-0,7. Moderne PCs mit PFC (Power Factor Correction) haben PF ≥ 0,9. Faustregel: 1 VA × PF = Watt. Eine USV mit 1500 VA und PF 0,9 liefert 1350 W.

> **IHK-Prüfungstipp**
> Klassische Aufgabe: „Eine USV ist mit 1000 VA / 600 W beschriftet. Welcher Power Factor steht dahinter?“ Antwort: 600/1000 = 0,6. Solche Aufgaben kommen regelmäßig in Teil 1 der AP.

6.5.2 Laufzeit berechnen

Akku-Kapazität (Ah) × Spannung (V) × Effizienz / Leistung (W) = Laufzeit (h). Beispiel: USV mit 7,2 Ah / 12 V / 90 % Effizienz speist 200 W Last: 7,2 × 12 × 0,9 / 200 = 0,39 h = 23 min. Reine Faustregel; reale Hersteller-Datenblätter sind genauer.

6.5.3 Praxis-Empfehlung

Server: USV-Laufzeit 10-30 min reicht meist – genug für ordentliches Herunterfahren oder Failover auf Generator. NetworkUPS-Tools (NUT) oder Hersteller-Software (APC PowerChute) lösen automatischen Shutdown aus, wenn Akku leer wird.

6.6 Bundeswehr-Praxis und Zusammenfassung

Notstromversorgung im Feld, Diagnose-Praxis, Merkpunkte und Glossar zum Abschluss von Kap. 6.

6.6.1 Notstromversorgung im Feld

Im Feldlager der Bundeswehr ist USV nur eine Stufe der Notstromversorgung. Diesel-Generatoren (NEA) liefern Dauerstrom bei Netzausfall, USVs überbrücken die Generator-Anlaufzeit (typisch 10-30 Sekunden). Kritische Systeme (KomZ, FüSys) haben mehrstufige Redundanz: USV → Generator A → Generator B → öffentliches Netz.

> **BW-Bezug**
> BWI-Rechenzentren: hochverfügbare Strominfrastruktur mit doppelter USV-Linie (2N), Notstrom-Diesel-Generatoren mit Tank für 72-Stunden-Betrieb, regelmäßige Last-Tests aller Komponenten.

6.6.2 Netzteil-Diagnose – häufige Fälle

Symptom	Wahrscheinliche Ursache
PC startet nicht	Netzteil defekt oder zu schwach
Spontane Abstürze unter Last	Netzteil unterdimensioniert / alternd
Lüfter dreht, aber kein Boot	ATX-Stecker Pin/Header-Problem
USV piept dauerhaft	Akku am Lebensende oder defekt
Brand-/Schmorgeruch	Kondensator-Defekt – sofort Stromabschalten!

6.6.3 Zusammenfassung – die zehn wichtigsten Merkpunkte

#	Merkpunkt	IHK / BW
1	Netzteil wandelt AC (230 V) in DC (12/5/3,3 V)	Sehr häufig
2	Schaltnetzteil = effizient, kompakt, modern	Häufig
3	ATX-Stecker: 24-Pin Mainboard + 8-Pin EPS CPU	Sehr häufig
4	80 PLUS: Bronze ≥85%, Gold ≥90%, Platinum ≥92%	Häufig
5	TDP-Summe + 30% Puffer = Netzteilgröße	Sehr häufig
6	Watt = Wirkleistung. VA = Scheinleistung. PF ≈ 0,9	Sehr häufig
7	Offline-USV: 4-10 ms Umschaltzeit, für Office	Häufig
8	Online-USV: 0 ms, für Server, teuer	Sehr häufig
9	USV-Laufzeit für ordentlichen Shutdown	BWI-Praxis
10	BWI: USV + Generator-Notstrom mehrstufig	BW-Praxis

6.6.4 Begriffs-Glossar Kapitel 6

Begriff	Kurzdefinition
AC / DC	Wechselstrom / Gleichstrom
Schaltnetzteil (SMPS)	Modernes Netzteil mit hoher Effizienz
ATX-Stecker	24-Pin-Hauptstecker zum Mainboard
EPS-Stecker	4+4 oder 8 Pin – CPU-Stromversorgung
PFC	Power Factor Correction – verbessert Wirkungsgrad
80 PLUS	Effizienzzertifikat für PC-Netzteile
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
Offline-USV	VFD – einfachste Bauart mit Umschaltzeit
Online-USV	VFI – ohne Umschaltzeit, höchste Qualität
VA / Watt	Schein- / Wirkleistung
PF	Power Factor – Verhältnis Wirk- zu Scheinleistung
NEA	Netzersatzanlage – Diesel-Notstromgenerator

🎯 Selbsttest – Fragen zur Vertiefung

Prüfen Sie Ihr Verständnis. Antworten finden Sie im Fragenkatalog oder in diesem Kapitel.

Frage 1: Welche Gleichspannungen liefert ein Standard-ATX-Netzteil? Welche Komponenten werden daraus versorgt?

Frage 2: Warum ist der 8-Pin-EPS-Stecker kritisch? Was passiert, wenn er fehlt?

Frage 3: Berechnen Sie die Netzteil-Leistung für: CPU 125 W TDP, GPU 220 W TDP. Inklusive Reserve.

Frage 4: Erklären Sie die 80 PLUS-Zertifizierung. Welche Stufe ist in der Bundeswehr Standard?

Frage 5: Unterscheiden Sie die drei USV-Bauarten nach Funktionsweise, Umschaltzeit und Einsatzgebiet.

Frage 6: Was ist der Unterschied zwischen VA und Watt bei einer USV? Wie rechnet man um?

Frage 7: Wie lange hält eine 1.500-VA-USV unter 50 % Last typischerweise? Reicht das für ein Shutdown?

Frage 8: Ein Nutzer meldet, sein PC reboote gelegentlich ohne Vorwarnung. Welche Rolle könnte das Netzteil spielen?

IHK-Prüfungsaufgaben

Die folgenden Aufgaben sind im Stil der IHK-Abschlussprüfung Fachinformatiker / Systemintegration formuliert. Bearbeiten Sie zuerst eigenständig, vergleichen Sie dann mit der Musterlösung.

Aufgabe 1 *(10 Punkte)*

Sie sollen für einen neuen Bundeswehr-Workstation ein Netzteil dimensionieren. Komponenten: CPU 125 W TDP (Turbo 220 W), GPU 200 W, restliche Komponenten ca. 70 W.

a) Berechnen Sie die empfohlene Netzteil-Leistung mit Reserve. Geben Sie die Faustregel an. *(3 P.)*

b) Erklären Sie den Unterschied zwischen 8-Pin EPS und 8-Pin PCIe. Sind die Stecker austauschbar? *(3 P.)*

c) Ein 80-PLUS-Gold-Netzteil hat bei 100 % Last 87 % Effizienz, ein Bronze-Netzteil 82 %. Berechnen Sie den jährlichen Stromkosten-Mehrbedarf von Bronze gegenüber Gold bei einem Verbrauch von 250 W (am Ausgang) über 8 Stunden täglich an 220 Arbeitstagen, Strompreis 0,35 €/kWh. *(4 P.)*

Aufgabe 2 *(8 Punkte)*

Ein Bundeswehr-Serverraum mit 3 Servern (350 W, 450 W, 300 W) plus einem Switch (200 W) und Router (50 W) soll mit einer USV ausgestattet werden.

a) Welche USV-Bauart wählen Sie für diesen Einsatz, und warum? *(3 P.)*

b) Berechnen Sie die nötige USV-Größe in VA (Annahme: PFC = 0,9 bei modernen Geräten). *(3 P.)*

c) Welche regelmäßige Wartungsmaßnahme ist bei einer USV Pflicht und warum? *(2 P.)*

✓ Musterlösungen

Vergleichen Sie zuerst Ihre eigenen Lösungen mit den nachfolgenden Musterlösungen.

✓ Musterlösung Aufgabe 1

a) Faustregel: Komponenten-TDP + Reserve 20–30 %. Rechnung: 220 (CPU Turbo) + 200 (GPU) + 70 (Rest) = 490 W. Plus 30 % Reserve: 490 × 1,3 ≈ 637 W. Empfehlung: handelsübliches 650 W oder 750 W Netzteil (Sweet-Spot bei 50 % Last).

b) 8-Pin EPS versorgt die CPU (12 V exklusiv für CPU). 8-Pin PCIe versorgt zusätzlich die Grafikkarte. Beide haben 8 Pins, aber andere Belegung – NICHT austauschbar! Vertauschen kann Mainboard oder GPU schädigen. EPS hat oft eine andere Form-Codierung am Stecker.

c) Bronze: 250 / 0,82 = 304,9 W aus Steckdose. Gold: 250 / 0,87 = 287,4 W. Differenz: 17,5 W. × 8 h × 220 Tage = 30.800 Wh = 30,8 kWh/Jahr × 0,35 €/kWh = 10,78 € pro Jahr Mehrbedarf. Über 5 Jahre: ca. 54 € + geringere Wärme + leiserer Lüfter.

✓ Musterlösung Aufgabe 2

a) Online / Doppelwandler. Begründung: Serverraum, mehrere kritische Geräte, gelegentliche Stromschwankungen. 0-ms-Umschaltung verhindert Reset oder Festplatten-Probleme bei Spannungsspitzen. Die Mehrkosten gegenüber Line-Interactive sind im Server-Bereich Standard.

b) Gesamtlast: 350 + 450 + 300 + 200 + 50 = 1.350 W. Plus 20 % Reserve: 1.620 W. In VA: 1.620 ÷ 0,9 = 1.800 VA. Handelsüblich: 2.000 VA / 1.800 W oder 2.200 VA / 2.000 W.

c) Batterie-Test mindestens halbjährlich. Sichtprüfung auf aufgequollene Akkus oder Korrosion. Akkutausch alle 3–5 Jahre planmäßig. Dokumentation in der Wartungsakte. Grund: Eine USV ohne Wartung versagt im Ernstfall ungeprüft – sie ist dann kein Schutz mehr.

Kapitel 7 – Peripheriegeräte

Eingabe, Ausgabe und Anschlüsse zur Außenwelt

Peripheriegeräte sind die Schnittstelle zwischen Mensch und Computer – und zwischen Computer und anderen Geräten. Tastatur, Maus, Monitor, Drucker, Scanner, Lautsprecher, Webcam, externe Speicher, Netzwerkgeräte: alles Peripherie. Für die tägliche Arbeit oft unsichtbar wichtig; wenn sie nicht funktionieren, steht die Arbeit still.

Dieses Kapitel behandelt die wichtigsten Peripheriegeräte im Bundeswehr-Arbeitsplatz: Eingabegeräte, Displays mit Auflösung und Bandbreiten-Berechnung, USB-Standards, Treiber-Konzepte, Drucker mit PowerShell-Administration und die typischen Fehlerbilder. Am Ende können Sie Peripherie-Pakete für verschiedene Arbeitsplatz-Profile zusammenstellen und gängige Fehler diagnostizieren.

7.1 Display-Anschlüsse

Bildschirme werden über verschiedene Schnittstellen angesteuert. Welche Norm passt zu welchem Einsatzzweck, und wie viel Bandbreite leistet jede?



Abb. 35: HDMI-Stecker. *Bild: Evan-Amos, gemeinfrei, via Wikimedia Commons*



Abb. 36: DisplayPort-Stecker mit Verriegelung. *Bild: D-Kuru, CC BY-SA 3.0 at, via Wikimedia Commons*

7.1.1 HDMI – High Definition Multimedia Interface

HDMI ist der dominierende Standard im Heimkino- und Office-Bereich. Überträgt Bild und Ton in einem Kabel. Aktuelle Versionen: HDMI 2.0 bis 4K@60 Hz, HDMI 2.1 bis 8K@60 Hz oder 4K@120 Hz mit HDR. Maximale Kabellänge ohne Verstärker etwa 10 m. Standard auf Notebooks, Mainboards und TVs.

7.1.2 DisplayPort

DisplayPort (DP) ist im PC-Bereich oft die bessere Wahl: höhere Bandbreite, Daisy-Chaining mehrerer Monitore über MST, Adaptive Sync (FreeSync/G-Sync). DP 1.4 bis 8K@60 Hz, DP 2.1 bis 16K. USB-C-Anschlüsse mit DP Alt Mode liefern die gleiche Funktionalität über USB-C-Stecker.

7.1.3 DVI und VGA – die Veteranen

Standard	Status	Maximale Auflösung
VGA (analog)	Veraltet – nur noch Legacy	1920×1200 @ 60 Hz
DVI-D (digital)	Auslaufend	1920×1200 @ 60 Hz
DVI-DL (Dual Link)	Auslaufend	2560×1600 @ 60 Hz
HDMI 2.0	Aktuell, weit verbreitet	4K @ 60 Hz
HDMI 2.1	Aktuell	8K @ 60 Hz / 4K @ 120 Hz
DisplayPort 1.4	Aktuell, PC-Standard	8K @ 60 Hz
DisplayPort 2.1	Aktuell, High-End	16K @ 60 Hz
USB-C (DP Alt Mode)	Aktuell, Notebook-Standard	Wie DP 1.4 / 2.1

7.1.4 Auflösungen und Bildraten

FHD = 1920×1080. WQHD/2K = 2560×1440. UHD/4K = 3840×2160. 8K = 7680×4320. Höhere Bildraten (120/144/240 Hz) werden vor allem bei Gaming-Monitoren genutzt. Im BWI-Office-Standard sind FHD (Mainstream) und QHD (gehobene Arbeitsplätze) verbreitet.

Bei den Panel-Technologien reagieren TN-Panels sehr schnell (ca. 1 ms), haben aber schlechte Blickwinkel und geringe Farbtreue – sie finden sich nur noch in Budget-Geräten. IPS-Panels bieten sehr gute Blickwinkel und Farbtreue und sind der Büro-Standard, VA-Panels punkten mit sehr hohem Kontrast. OLED liefert echtes Schwarz und Reaktionszeiten unter 0,1 ms, ist aber teurer und anfällig für Einbrennen; Mini-LED erreicht als LCD-Variante mit vielen Dimmzonen ebenfalls einen sehr hohen Kontrast.

7.2 Drucker

Drucker sind Klassiker der Peripherie. Vier Hauptbauarten – jede mit ihren Stärken.

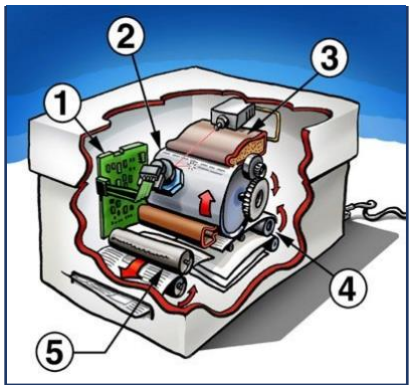

Abb. 37: Laserdrucker im Schnittbild. *Bild: Welleman, gemeinfrei, via Wikimedia Commons*



Abb. 38: Tonerkartusche (bei HP mit Trommel). *Bild: Sir James, gemeinfrei, via Wikimedia Commons*

Thermodrucker gibt es als Direktthermodrucker (hitzeempfindliches Papier färbt sich, der Ausdruck verblasst bei Licht und Wärme) und als Thermotransferdrucker (Farbband aus Wachs oder Harz, langlebige Etiketten). Nadeldrucker schlagen mit 9 oder 24 Nadeln durch ein Farbband auf das Papier; sie sind laut und liefern geringe Qualität, können aber als einzige Bauart Durchschläge erzeugen (Lieferscheine, Endlosformulare).

7.2.1 Tintenstrahl, Laser, Thermal, Nadel

Bauart	Funktionsprinzip	Einsatz
Tintenstrahl	Tinten-Tropfen auf Papier	Zuhause, Foto, kleinere Büros
Laser	Toner über Trommel + Hitze fixieren	Bürodruck, hohe Auflagen
Thermal	Wärme aktiviert thermosensibles Papier	Bons, Etiketten, Logistik
Thermosublimation	Farbband + Hitze (Foto)	Foto-Drucker, ID-Karten
Nadel	Nadeln gegen Farbband	Durchschläge (Quittungen, Lieferscheine)
3D-Drucker	Material-Aufbau in Schichten	Prototypen, Ersatzteile

7.2.2 Laser vs. Tintenstrahl im Detail

Aspekt	Laser	Tintenstrahl
Druckkosten pro Seite	Niedrig	Höher
Anschaffungskosten	Höher	Niedrig (Drucker), hoch (Tinten)
Druckqualität SW	Sehr gut, scharf	Gut
Druckqualität Foto	Mäßig	Sehr gut
Geschwindigkeit	Schnell (20-40 S/min)	Mittel (5-15 S/min)
Aufwärmzeit	Spürbar	Sofort
Tinten-/Toner-Trocknen	Nein	Ja, regelmäßig drucken nötig

7.2.3 Druckersprachen: PCL, PostScript, ZPL

Drucker akzeptieren formalisierte Druckdaten. Klassiker: PCL (Printer Command Language von HP), PostScript (Adobe, im Profi-Druck), ZPL (Zebra Programming Language für Etikettendrucker). Der Druckertreiber im OS übersetzt PDF und Text in die richtige Druckersprache. Bei BWI-Mehrfunktionsdruckern ist PCL Standard, PostScript optional.

7.2.4 Multifunktionsgeräte (MFP)

Drucken + Scannen + Kopieren + Faxen + E-Mailen in einem Gerät. Praktisch im Büroalltag, Wartung kompakt. Im BWI-Bereich meist netzwerkfähige MFPs mit AD- und Follow-Me-Print-Anbindung – Nutzer authentifiziert sich am Gerät und holt den Druckjob ab.

7.3 Scanner und Multifunktionsgeräte

Scanner digitalisieren Vorlagen. Bauformen reichen von kompakten Flachbettern bis zu Hochleistungs-Dokumenteneinzügen.



Abb. 39: Geöffneter Flachbettscanner. *Bild: Santeri Viinamäki, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons*

7.3.1 Scanner-Bauformen

Bauart	Eigenschaft	Einsatz
Flachbett	Glasplatte, höchste Qualität	Foto, Buch, Spezial
ADF (Automatic Document Feeder)	Stapelverarbeitung	Büroalltag, viele Seiten
Duplex-ADF	Beidseitig gleichzeitig	Akten-Digitalisierung
Mobil/Handheld	Klein, akkubetrieben	Außendienst, Quittungen
Visitenkarten-Scanner	Spezialisierung auf Karten	Vertrieb
3D-Scanner	Volumenobjekte	CAD, Messtechnik

7.3.2 Scan-Auflösung – DPI verstehen

DPI (Dots per Inch) ist die optische Auflösung des Scanners. Faustregel: Office-Dokumente 300 DPI, Fotos 600 DPI, Archiv-Qualität 600+ DPI. Hardware-DPI ist die echte Auflösung, interpolierte Werte nur Marketing. Höhere DPI = größere Datei – ein 600-DPI-Scan einer A4-Seite ist circa 25 MB.

7.3.3 OCR – Texterkennung

OCR (Optical Character Recognition) wandelt gescannten Text in editierbare und durchsuchbare Datei. Standard-Software: ABBYY FineReader (kommerziell), Tesseract (Open Source). Moderne MFPs scannen direkt zu durchsuchbaren PDFs. Im BWI relevant für Akten-Digitalisierung.

7.4 Netzwerk-Peripherie

Geräte, die per LAN, WLAN oder Bluetooth kommunizieren – NIC, Drucker im Netz, Wireless-Standards.



Abb. 40: RJ45-Stecker. *Bild: David.Monniaux, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons*



Abb. 41: SFP+-Transceiver. *Bild: Dmitry Nosachev, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons*

7.4.1 Network Interface Card (NIC)

Die NIC ist die Netzwerkkarte – heute meist im Mainboard integriert. Standards: Gigabit Ethernet (1 Gbit/s) als Office-Norm, 2,5 GbE und 5 GbE in höherwertigen PCs, 10 GbE als Server-Standard. Wired Ethernet ist immer schneller, stabiler und sicherer als WLAN – auch heute noch der Standard im Office.

7.4.2 WLAN-Standards

Standard	Marketing-Name	Max. Brutto-Datenrate
802.11n	Wi-Fi 4	600 Mbit/s
802.11ac	Wi-Fi 5	3,5 Gbit/s
802.11ax	Wi-Fi 6 / 6E	9,6 Gbit/s
802.11be	Wi-Fi 7	46 Gbit/s (in neuen Geräten verfügbar)

7.4.3 Bluetooth

Bluetooth verbindet kurze Distanzen (max. 10 m): Tastaturen, Mäuse, Headsets, Lautsprecher. Aktuelle Version: Bluetooth 5.x mit höherer Bandbreite und Reichweite gegenüber 4.x. Bluetooth Low Energy (BLE) ist eine sparsame Variante für Sensorik und IoT.

7.4.4 Netzwerkdrucker

Drucker mit eigener IP-Adresse, ansprechbar von allen Clients im Netz. Anbindung über Druckserver (zentrale Verwaltung, Authentifizierung, Reporting) oder direkt per IP. BWI-

Standard: Follow-Me-Printing über zentrale Print-Server mit Authentifizierung am Gerät via Smartcard.

Netzwerkdrucker werden über IPP (Port 631/TCP, moderner Standard; zusammen mit mDNS auch Grundlage von AirPrint), Raw/JetDirect (Port 9100/TCP), LPR/LPD (Port 515/TCP, Unix/Linux) oder über eine Windows-Druckerfreigabe per SMB (Port 445/TCP) angesprochen. Neben PCL und PostScript nutzt Windows XPS (XML Paper Specification) als Seitenbeschreibungssprache.

7.5 Eingabegeräte und USB

Tastatur, Maus und Spezialgeräte – plus die universelle Schnittstelle USB.



Abb. 42: USB-Steckerformen im Überblick. *Bild: GeroZ, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons*

7.5.1 USB-Standards

Version	Marketing	Datenrate
USB 2.0	Hi-Speed	480 Mbit/s
USB 3.0 / 3.1 Gen 1 / 3.2 Gen 1	SuperSpeed	5 Gbit/s
USB 3.1 Gen 2 / 3.2 Gen 2	SuperSpeed+	10 Gbit/s
USB 3.2 Gen 2x2	SuperSpeed+ 20	20 Gbit/s
USB 4.0 / Thunderbolt 3-4	USB 4	40 Gbit/s
Thunderbolt 5	Thunderbolt 5	80 Gbit/s

Erkennen: USB-A-Ports mit blauem Innenleben sind 3.0+. Rote Ports = PowerShare (Ladung im Off-Zustand). USB-C-Stecker ist heute Standard – drehbar, kompakt, vielseitig. USB-C alone sagt nichts über Datenrate; Spec im Datenblatt prüfen.

7.5.2 Tastatur-Bauarten

Bauart	Eigenschaft	Einsatz
Membran	Günstig, leise, kurz haltbar	Office-Mainstream
Mechanisch	Cherry MX o. ä., taktiles Feedback	Power-User, Gaming
Scissor (Notebook)	Flach, geringe Hubhöhe	Notebooks, Slim-Tastaturen
Topre	Hybrid Membran-Mechanisch	Premium-Office (Realforce)
Robust/Industrial	Wasserdicht, ESD-fest	Werkstatt, Außendienst, BW

7.5.3 Maus und Pointing-Devices

Optisch (LED) ist Standard, Laser-Mäuse arbeiten auch auf glatten Oberflächen. Wichtige Kenngrößen: DPI (Empfindlichkeit, 800-3200 üblich) und Polling Rate (125-1000 Hz). Trackball,

Touchpad, Trackpoint sind Alternativen für Spezial-Einsätze. Vertikalmäuse sollen ergonomisch sein und werden in Office-Setups zunehmend genutzt.

7.5.4 Barcode- und Biometrie-Lesegeräte

Barcode-Scanner für Logistik und Inventur (1D-Codes, QR/2D). Biometrische Geräte: Fingerabdruckleser im Notebook (Windows Hello), Iris-Scanner an Hochsicherheits-Türen, Smartcard-Reader an BWI-Clients zur Authentifizierung.

Resistive Touchscreens reagieren auf den Druck zweier leitender Schichten und lassen sich auch mit Handschuh oder beliebigem Stift bedienen (Industriepanels). Kapazitive Touchscreens erkennen den Finger über das elektrische Feld und sind multitouchfähig (Smartphones, Tablets); Digitizer-Stifte (EMR/AES) erlauben präzise Eingaben für CAD, GIS und Lagekarten. Kontaktbehaftete Chipkartenleser arbeiten nach der Norm ISO/IEC 7816.

7.6 Treiber, Plug & Play und Zusammenfassung

Wie Hardware unter Windows erkannt wird, Geräte-Manager-Praxis und Merkpunkte zum Abschluss.

7.6.1 Plug & Play – wie Erkennung funktioniert

Beim Anschluss eines Geräts meldet es sich mit einer Vendor-ID und einer Product-ID beim OS. Windows prüft, ob ein passender Treiber im Treiber-Store vorhanden ist; wenn ja, wird er automatisch installiert. Wenn nicht, wird über Windows Update nachgeladen. Im Treiber-Setup-Dialog läuft das im Hintergrund. Bei BWI-Clients sind alle Treiber zentral paketiert.

7.6.2 Geräte-Manager – das Diagnose-Werkzeug

Symbol	Bedeutung
Gerät normal	Treiber installiert, läuft
Gelbes Ausrufezeichen	Treiber-Problem oder kein Treiber
Roter Pfeil nach unten	Gerät deaktiviert
Gerät unbekannt	Hardware erkannt, kein passender Treiber

Geräte-Manager öffnen: devmgmt.msc (Run-Dialog). Treiber aktualisieren, deinstallieren, deaktivieren. Im Gegensatz zum Bordmittel hat der Hersteller-Manager (Dell Command Update, Lenovo System Update) bessere Versionssteuerung.

7.6.3 Treiber-Probleme im BWI-Support

BW-Bezug

BWI-Support-Ablauf bei Geräte-Problemen: 1) Geräte-Manager öffnen, 2) gelbes Ausrufezeichen suchen, 3) Treiber im Treiber-Store via SCCM/Intune neu installieren. Kein manueller Hersteller-Download durch User – nur durch QS geprüfte Pakete.

7.6.4 Zusammenfassung – die zehn wichtigsten Merkpunkte

#	Merkpunkt	IHK / BW
1	HDMI 2.1 → 4K@120Hz, DP 1.4 → 8K@60Hz	Sehr häufig
2	Laser für Bürodruck, Tintenstrahl für Foto/Heim	Häufig
3	OCR macht Scans durchsuchbar	Ja
4	Wi-Fi 6E / 6 = 802.11ax, Wi-Fi 5 = 802.11ac	Häufig
5	USB 3.0 = 5 Gbit/s, USB-C ≠ automatisch hohe Bandbreite	Sehr häufig
6	Mechanische Tastatur = Power-User-Wahl	Ja
7	Mausauflösung in DPI, Polling-Rate in Hz	Ja
8	Plug & Play: Vendor-ID + Product-ID → Treiber	Häufig
9	Geräte-Manager: gelbes ! = Treiber-Problem	BWI-Praxis
10	Follow-Me-Printing mit Smartcard-Auth = BWI-Standard	BW-Praxis

7.6.5 Begriffs-Glossar Kapitel 7

Begriff	Kurzdefinition
HDMI	High Definition Multimedia Interface
DisplayPort (DP)	PC-orientierter Display-Standard
DPI (Drucker)	Dots per Inch – Druckauflösung
DPI (Scanner)	Dots per Inch – Scan-Auflösung
DPI (Maus)	Dots per Inch – Maus-Empfindlichkeit
OCR	Optical Character Recognition – Texterkennung
ADF	Automatic Document Feeder – Dokumenteneinzug
MFP	Multi-Function Printer – Drucker + Scanner + Kopierer
PCL	Printer Command Language – Druckersprache (HP)
USB-C	Universal Serial Bus Type-C – moderner Stecker
Thunderbolt	High-Speed-Variante über USB-C-Stecker (40-80 Gbit/s)
Plug & Play	Automatische Geräteerkennung und Treiberinstallation

🎯 Selbsttest – Fragen zur Vertiefung

Prüfen Sie Ihr Verständnis. Antworten finden Sie im Fragenkatalog oder in diesem Kapitel.

Frage 1: Berechnen Sie die Bandbreite eines 4K-Signals (3840×2160) bei 60 Hz und 24 Bit Farbtiefe.

Frage 2: Welche Display-Anschlüsse sind heute im Business-Bereich Standard, und warum?

Frage 3: Unterscheiden Sie USB 3.0, 3.1 Gen 2 und USB4 nach Geschwindigkeit und Steckertyp.

Frage 4: Was bedeutet Code 43 im Geräte-Manager? Was ist die erste Gegenmaßnahme?

Frage 5: Wie finden Sie mit PowerShell alle Drucker auf einem Windows-Rechner und räumen eine hängende Queue auf?

Frage 6: Was ist Follow-Me-Printing und welchen Zweck erfüllt es in einer Bundeswehr-Umgebung?

Frage 7: Nennen Sie drei Kriterien, nach denen Sie ein Headset für Büroarbeit auswählen.

Frage 8: Ein Nutzer klagt „Bild flackert sporadisch“. Welche Ursachen kommen in Betracht, in welcher Reihenfolge prüfen Sie?

IHK-Prüfungsaufgaben

Die folgenden Aufgaben sind im Stil der IHK-Abschlussprüfung Fachinformatiker / Systemintegration formuliert. Bearbeiten Sie zuerst eigenständig, vergleichen Sie dann mit der Musterlösung.

Aufgabe 1 *(8 Punkte)*

Ein GIS-Auswerter benötigt zwei 4K-Monitore (3840 × 2160 bei 60 Hz, 24 Bit Farbtiefe) für eine Bundeswehr-Liegenschaft.

a) Berechnen Sie die theoretische Bandbreite eines 4K-Signals mit den oben genannten Parametern. *(3 P.)*

b) HDMI 2.0 unterstützt maximal 18 Gbit/s. Reicht das für 4K bei 60 Hz, und welcher Anschluss ist im Business-Bereich Standard? *(3 P.)*

c) Welche DisplayPort-Version benötigen Sie zwingend für ein 8K-Signal bei 60 Hz? *(2 P.)*

Aufgabe 2 *(9 Punkte)*

Ein Bundeswehr-Nutzer meldet, dass eine externe SSD am Frontpanel-USB-Port nur etwa 35 MB/s Lesegeschwindigkeit erreicht.

a) Welcher USB-Standard ist anhand dieser Geschwindigkeit verbaut, und woran erkennt man ihn am Stecker? *(2 P.)*

b) Wo sollten Sie die SSD anschließen, um volle SSD-Geschwindigkeit zu erreichen? *(2 P.)*

c) Im Geräte-Manager wird ein USB-Gerät mit Code 43 angezeigt. Was bedeutet das, und welche Maßnahme treffen Sie? *(3 P.)*

d) Welcher PowerShell-Befehl löscht alle hängenden Druckaufträge eines bestimmten Druckers? *(2 P.)*

✓ Musterlösungen

Vergleichen Sie zuerst Ihre eigenen Lösungen mit den nachfolgenden Musterlösungen.

✓ Musterlösung Aufgabe 1

a) Bandbreite = Pixel × Hz × Bit ÷ 1000 = 3840 × 2160 × 60 × 24 ÷ 1000 ≈ 11.943.936 / 1000 = 11,9 Gbit/s. Mit Overhead (typisch Faktor 1,5) entspricht das ca. 18 Gbit/s.

b) HDMI 2.0 reicht knapp für 4K bei 60 Hz (18 Gbit/s mit Overhead = Limit). Für HDR oder 10-Bit-Farbtiefe wird es zu knapp. Im Business-Bereich ist DisplayPort 1.4 Standard (32,4 Gbit/s, Daisy-Chain möglich für Multi-Monitor-Setup, kein HDCP-Kopierschutz).

c) DisplayPort 2.0 (oder DisplayPort 1.4 mit DSC, Display Stream Compression). DP 2.0 bietet bis zu 80 Gbit/s und unterstützt 8K nativ. HDMI 2.1 wäre die Alternative.

✓ Musterlösung Aufgabe 2

a) USB 2.0 (480 Mbit/s = ca. 60 MB/s real, 35 MB/s ist plausibel mit Overhead). Erkennung: Der Steckereinsatz im Type-A-Port ist schwarz. Bei USB 3.0 wäre er blau.

b) An einem USB-3.0-Port oder schneller (5 Gbit/s = 600 MB/s real). Erkennbar am blauen Steckereinsatz. Noch besser: USB 3.2 Gen 2 (10 Gbit/s, türkis/rot) oder USB-C / USB4.

c) Code 43 bedeutet: Hardware hat einen Fehler gemeldet (das Gerät selbst meldet einen Defekt). Maßnahme: Gerät an einem anderen USB-Port testen. Anderes Kabel verwenden. Bei einem anderen PC testen. Bleibt der Fehler, ist die Hardware defekt – Austausch.

d) Get-PrintJob -PrinterName "Druckername" | Remove-PrintJob. Bei hartnäckigen Problemen zusätzlich: Restart-Service Spooler.

Kapitel 8 – Beschaffung und Kalkulation

Von der Bedarfsmeldung zur Ausschreibung

Die technischen Kapitel 1 bis 7 sind die Grundlage – aber damit IT-Systeme überhaupt ins Haus kommen, müssen sie beschafft werden. Für die Bundeswehr läuft das über das BAAINBw (Bundesamt für Ausrüstung, Informationstechnik und Nutzung der Bundeswehr) nach klar definierten Prozessen, die auf dem Vergaberecht basieren. Auch als IT-Fachkraft sind Sie an Beschaffungsvorgängen beteiligt: Sie schreiben technische Spezifikationen, prüfen Angebote, führen Kalkulationen durch.

Dieses Kapitel vermittelt die Grundlagen: Lastenheft und Pflichtenheft, die drei Anforderungsklassen Muss/Soll/Kann, die IHK-Kalkulationskette, Nutzwertanalyse, Total Cost of Ownership und öffentliche Ausschreibungen. Für die IHK-Prüfung Teil 2 sind diese Themen zentral – die kaufmännischen Fragen kosten sonst sicher geglaubte Punkte.

8.1 Anforderungsanalyse

Vor jeder IT-Beschaffung steht die Klärung: Was wird gebraucht, von wem, wofür? Lastenheft, Pflichtenheft und Marktanalyse sind die Werkzeuge dazu.

8.1.1 Lastenheft – das WAS vom Kunden

Das Lastenheft beschreibt alle Anforderungen aus Auftraggeber-Sicht. Was wird gewünscht, ohne technische Details. Beispiel: „50 Notebooks für Außendienst, robust, lange Akkulaufzeit, AD-Anbindung." Lastenheft ist das WAS aus Kunden- oder Fachbereichs-Perspektive – es lässt offen, WIE umgesetzt wird.

8.1.2 Pflichtenheft – das WIE vom Auftragnehmer

Das Pflichtenheft ist die technische Spezifikation des Auftragnehmers. Es beschreibt detailliert, WIE die Anforderungen aus dem Lastenheft umgesetzt werden. Konkrete Modelle, Konfigurationen, Schnittstellen, Tests. Im Beispiel: „Dell Latitude 5450 mit i5-1334U, 16 GB RAM, 512 GB NVMe, 24-h-Akku, BitLocker, AD-Domain-Join."

IHK-Prüfungstipp

Klassische IHK-Frage: „Erläutern Sie den Unterschied zwischen Lastenheft und Pflichtenheft."

Antwort: Lastenheft = WAS, vom Auftraggeber. Pflichtenheft = WIE, vom Auftragnehmer.

Reihenfolge: Lastenheft → Angebote → Pflichtenheft → Umsetzung.

8.1.3 Marktanalyse

Vor der Beschaffung der Markt prüfen: Welche Hersteller, welche aktuellen Modelle, welche Preise, welche Verfügbarkeit? Bei BWI-Beschaffungen läuft das über Rahmenverträge mit zugelassenen Lieferanten. Marktanalyse hilft auch, TCO realistisch zu kalkulieren.

8.2 Preiskalkulation

Vom Listenpreis zum Verkaufspreis: Handelsspanne, Skonto, Rabatt, MwSt – die klassische IHK-Kalkulationskette.

8.2.1 Listenpreis, Einkaufspreis und Handelsspanne

Listenpreis (LP) = empfohlener Endkundenpreis des Herstellers. Einkaufspreis (EK) = was das Geschäft tatsächlich zahlt (LP minus Lieferantenrabatt). Handelsspanne = Differenz zwischen EK und Verkaufspreis (VK). Sie deckt Personalkosten, Miete, Logistik und Gewinn. Achtung Prüfungsfalle: Die Handelsspanne wird in Prozent auf den Verkaufspreis bezogen, der Gewinnaufschlag dagegen in Prozent auf die Selbstkosten. Beispiel: EK 800 €, VK 1.000 € ergibt 20 % Handelsspanne, aber 25 % Aufschlag.

8.2.2 Die IHK-Kalkulationskette

Schritt	Berechnung	Beispiel (Notebook)
Listenpreis (LP)	Hersteller-UVP	1.000 €
− Lieferantenrabatt	z. B. 25 %	− 250 €
= Zieleinkaufspreis		750 €
− Lieferantenskonto	z. B. 2 %	− 15 €
= Bareinkaufspreis		735 €
+ Bezugskosten	Versand, Zoll	+ 15 €
= Bezugspreis (EK)		750 €
+ Handlungskosten	Personal, Miete, z. B. 15 %	+ 112,50 €
= Selbstkosten		862,50 €
+ Gewinnaufschlag	z. B. 10 %	+ 86,25 €
= Netto-Verkaufspreis		948,75 €
+ Mehrwertsteuer 19 %		+ 180,26 €
= Brutto-Verkaufspreis		1.129,01 €

8.3 Rabatt und Skonto

Rabatt und Skonto sind verschiedene Preisnachlässe, die in der Praxis oft verwechselt werden.

8.3.1 Rabatt – Mengen-/Treuenachlass

Rabatt ist ein Preisnachlass auf den Listenpreis – meist als Mengenrabatt (je mehr, desto billiger pro Stück), Treuerabatt (langjährige Kunden) oder Naturalrabatt (3 für 2). Wird vor der Rechnungsstellung abgezogen.

8.3.2 Skonto – Zahlungsbedingung

Skonto ist ein Preisnachlass für schnelle Zahlung. Typisch: „2 % Skonto bei Zahlung innerhalb 10 Tagen, sonst netto innerhalb 30 Tagen." Wird auf den Rechnungsbetrag (nach Rabatt) berechnet und vom Käufer selbst abgezogen. In der Kalkulationskette ist das Skonto das Lieferskonto: Es mindert den Zieleinkaufspreis zum Bareinkaufspreis.

8.3.3 Berechnung im Beispiel

Listenpreis 1000 € − 25 % Rabatt = 750 € Rechnungsbetrag. Bei 2 % Skonto und Zahlung innerhalb 10 Tagen: 750 × 0,98 = 735 € tatsächlich überwiesen. Reihenfolge: Erst Rabatt (vom Verkäufer auf Liste), dann Skonto (vom Käufer selbst gezogen).

IHK-Prüfungstipp

Klassische Aufgabe: „Listenpreis 2.000 €, Rabatt 15 %, Skonto 3 % bei Zahlung in 5 Tagen. Welcher Betrag wird überwiesen?" Lösung: 2000 × 0,85 = 1700, davon 3 % Skonto = 1700 × 0,97 = 1.649 €.

8.4 Netto, Brutto, Mehrwertsteuer

Die Mehrwertsteuer (MwSt., 19 % in Deutschland) ist das verwirrendste Standardthema. Wer Netto-, Brutto-Beträge und Vorsteuer durcheinanderbringt, verkalkuliert sich schnell.

8.4.1 Netto und Brutto

Netto-Preis = Preis ohne MwSt. Brutto-Preis = inklusive MwSt. Im B2B-Verkehr wird oft netto kalkuliert (weil Unternehmen die Vorsteuer ziehen können). Im B2C-Bereich (Endkunden) müssen Bruttopreise ausgezeichnet werden – PAngV (Preisangabenverordnung).

8.4.2 Umrechnen

Richtung	Formel	Beispiel
Netto → Brutto	Netto × 1,19	1.000 € × 1,19 = 1.190 €
Brutto → Netto	Brutto / 1,19	1.190 € / 1,19 = 1.000 €
MwSt. aus Brutto	Brutto × 19 / 119	1.190 € × 19/119 = 190 €
MwSt. aus Netto	Netto × 0,19	1.000 € × 0,19 = 190 €

8.4.3 Vorsteuer und Umsatzsteuer

Aus Sicht des Unternehmens: USt = MwSt, die der Kunde dem Unternehmen zahlt (weiterzugeben ans Finanzamt). Vorsteuer = MwSt, die das Unternehmen seinen Lieferanten zahlt – kann beim Finanzamt zurückgeholt werden. Differenz = tatsächliche Steuerlast.

Eine ordnungsgemäße Rechnung nach § 14 UStG enthält u. a. Name und Anschrift von Lieferer und Empfänger, Steuernummer oder USt-IdNr. des Lieferers, Rechnungsdatum, fortlaufende Rechnungsnummer, Menge und Art der Lieferung, Lieferzeitpunkt, Nettobetrag nach Steuersätzen, Steuersatz und Steuerbetrag sowie im Voraus vereinbarte Minderungen (Rabatte, Skonti). Fehlt eine Pflichtangabe, ist der Vorsteuerabzug des empfangenden Unternehmens gefährdet – die Rechnung ist zu beanstanden und berichtigen zu lassen.

8.5 Angebotsvergleich, TCO und Nutzwertanalyse

Mehrere Angebote vergleichen reicht nicht – qualitative und langfristige Faktoren müssen mit rein. Werkzeuge: Nutzwertanalyse und TCO.

Vor der Nutzwertanalyse werden die Angebote tabellarisch gegenübergestellt: quantitativ (Nettopreis, Preis nach Skonto, Lieferzeit, Garantiedauer) und qualitativ (Support, Referenzen). Beim Preisvergleich zählt der tatsächliche Zahlbetrag nach Abzug von Skonto – der niedrigste Listenpreis ist nicht automatisch das wirtschaftlichste Angebot.

8.5.1 Nutzwertanalyse

Methode: Kriterien definieren (Preis, Performance, Service, Lieferzeit), Gewichte vergeben (Summe = 100 %), Anbieter pro Kriterium auf Skala 1-10 bewerten, Gewichte × Bewertung addieren. Anbieter mit höchster Punktsumme gewinnt – auch wenn er nicht der billigste ist.

Kriterium	Gewicht	Anbieter A	Anbieter B
Preis	30 %	9 (270)	6 (180)
Performance	25 %	7 (175)	9 (225)
Service	20 %	5 (100)	8 (160)
Lieferzeit	15 %	8 (120)	6 (90)
Garantie	10 %	6 (60)	9 (90)
Summe	100 %	725	745

In diesem Beispiel gewinnt Anbieter B trotz höherem Preis – durch besseren Service und Garantie.

8.5.2 Total Cost of Ownership (TCO)

TCO = Anschaffungskosten + alle Betriebskosten über die Lebensdauer. Stromkosten, Wartung, Tinten/Toner, Lizenzen, Schulung, Migration, Entsorgung. Bei IT-Beschaffung kann der TCO 2-3× höher sein als der Anschaffungspreis. Beispiel: Notebook 1000 € Anschaffung + 4 Jahre × 300 €/Jahr Service = 2200 € TCO.

IHK-Prüfungstipp

Häufige Falle: Nur auf Anschaffung schauen, nicht auf TCO. Ein Drucker für 100 € mit teuren Tintenpatronen kostet langfristig mehr als ein 400-€-Drucker mit günstigem Toner.

8.5.3 ROI und Amortisation

Return on Investment (ROI) = Ertrag / Investition × 100 %. Amortisationszeit = wie lange dauert es, bis sich die Investition aus den Erträgen finanziert? Wichtige Größen für strategische IT-Investitionen wie ERP-Systeme oder Server-Konsolidierung.

8.6 Leasing, Vergaberecht und Praxis

Beschaffungs-Strategien jenseits des Direktkaufs, öffentliche Ausschreibungen und das Lebenszyklus-Management.

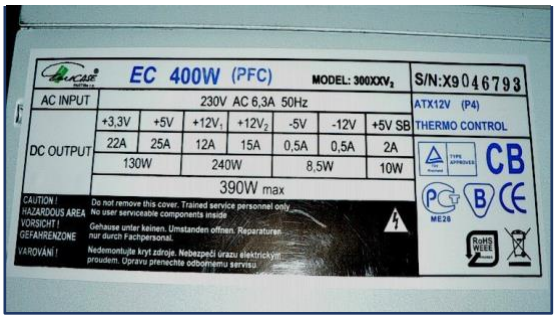

Abb. 43: Typenschild eines Netzteils mit Prüfzeichen. *Bild: Baran Ivo, gemeinfrei, via Wikimedia Commons*



Abb. 44: Etikett mit Seriennummer und Barcode. *Bild: Raimond Spekking, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons*

8.6.1 Leasing vs. Kauf

Aspekt	Kauf	Leasing
Kosten	Hohe Anschaffung, dann nichts	Monatliche Rate, kalkulierbar
Bilanzwirkung	Aktivierung, Abschreibung	Operatives Leasing: außerbilanziell
Eigentum	Sofort	Erst nach Vertragsende oder gar nicht
Aktualität	Veraltet schnell	Tausch alle 2-3 Jahre möglich
Steuerlich	AfA über Nutzungsdauer	Leasingrate als Betriebsausgabe

8.6.2 Öffentliche Ausschreibungen und Vergaberecht

Im öffentlichen Sektor sind Beschaffungen ab bestimmten Schwellenwerten ausschreibungspflichtig. Vergabeverfahren: Öffentliche Ausschreibung, Beschränkte Ausschreibung, Verhandlungsverfahren, Wettbewerblicher Dialog. BWI/BAAINBw nutzen Rahmenverträge, die eine schnelle Bestellung innerhalb des vorgewählten Lieferanten-Pools erlauben.

Öffentliche Auftraggeber nutzen für IT-Beschaffungen die standardisierten Vertragsmuster EVB-IT (Ergänzende Vertragsbedingungen für die Beschaffung von IT-Leistungen), für Standard-Hardware beispielsweise EVB-IT Kauf. Rahmenverträge legen Preise und Konditionen vorab fest;

die Dienststellen rufen daraus bei Bedarf ab – das ist schneller und meist günstiger als eine Einzelvergabe.

> **BW-Bezug**
> BWI-Beschaffungspraxis: Über zentrale Rahmenverträge bei der BAAINBw werden Hardware, Lizenzen und Services beschafft. Endbenutzer bestellen aus einem Katalog, der nur freigegebene und getestete Komponenten enthält.

8.6.3 Lebenszyklus-Management

Hardware durchläuft einen Lebenszyklus: Beschaffung → Inbetriebnahme → Nutzung → Wartung → Außerdienststellung → Entsorgung. Jeder Schritt hat eigene Kosten und Compliance-Anforderungen. ElektroG verlangt sachgerechte Entsorgung von Elektronikschrott. Bei BWI-Geräten zusätzlich: Datenträgervernichtung, Sicherheitslöschung von BitLocker-Schlüsseln, dokumentierte Stilllegung.

8.6.4 Zusammenfassung – die zehn wichtigsten Merkpunkte

#	Merkpunkt	IHK / BW
1	Lastenheft = WAS vom Kunden, Pflichtenheft = WIE vom Anbieter	Sehr häufig
2	Kalkulationskette: LP − Rabatt − Skonto + Kosten + MwSt	Sehr häufig
3	Rabatt = Mengen-/Treuenachlass. Skonto = Zahlungsanreiz	Sehr häufig
4	Brutto = Netto × 1,19 (bei 19 % MwSt.)	Sehr häufig
5	MwSt. aus Brutto: Brutto × 19/119	Häufig
6	Nutzwertanalyse: Kriterien × Gewichte × Bewertungen	Sehr häufig
7	TCO = Anschaffung + alle Folgekosten über Lebensdauer	Sehr häufig
8	Leasing schont Liquidität, Kauf bringt Eigentum	Häufig
9	Öffentliche Beschaffung ab Schwellenwerten ausschreibungspflichtig	Ja
10	BWI: zentrale Rahmenverträge, kein Privateinkauf	BW-Praxis

8.6.5 Begriffs-Glossar Kapitel 8

Begriff	Kurzdefinition
Lastenheft	Anforderungsbeschreibung des Auftraggebers
Pflichtenheft	Technische Umsetzungsspezifikation des Auftragnehmers
Listenpreis (LP)	Empfohlener Endkundenpreis des Herstellers
Einkaufspreis (EK)	Preis, zu dem der Händler einkauft
Handelsspanne	Differenz zwischen EK und VK (in % vom VK)
Rabatt	Mengen- oder Treuenachlass auf den Listenpreis
Skonto	Preisnachlass für schnelle Zahlung
MwSt. / USt.	Mehrwertsteuer / Umsatzsteuer (19 % Standard)
Vorsteuer	MwSt., die das Unternehmen Lieferanten zahlt
Nutzwertanalyse	Bewertung mehrerer Anbieter über gewichtete Kriterien
TCO	Total Cost of Ownership – Gesamtkosten über Lebensdauer
ROI	Return on Investment – Kapitalrendite
BAAINBw	Bundesamt für Ausrüstung – zentrale Beschaffung BW

🎯 Selbsttest – Fragen zur Vertiefung

Prüfen Sie Ihr Verständnis. Antworten finden Sie im Fragenkatalog oder in diesem Kapitel.

Frage 1: Unterscheiden Sie Lastenheft und Pflichtenheft. Wer erstellt welches, und wann?

Frage 2: Erklären Sie Muss, Soll und Kann als Anforderungsklassen. Welche Folge hat die Nicht-Erfüllung einer Muss-Anforderung?

Frage 3: Berechnen Sie: Listenpreis 2.000 €, Rabatt 12 %, Bezugskosten 3 %, Handlungskosten 20 %, Gewinn 10 %, Skonto 2 %, MwSt 19 %. Wie hoch ist der Bruttoverkaufspreis?

Frage 4: Führen Sie eine Nutzwertanalyse durch: Kriterien Leistung (40 %), Preis (30 %), Service (20 %), Erweiterbarkeit (10 %). Angebot A: 8, 6, 9, 7. Angebot B: 7, 9, 6, 8. Welches gewinnt?

Frage 5: Welche Kostenarten zählen zur TCO? Warum kann ein billigeres Angebot am Ende teurer werden?

Frage 6: Nennen Sie die vier wichtigsten Vergabeverfahren im öffentlichen Bereich.

Frage 7: Ab welchem EU-Schwellenwert müssen Liefer-/Dienstleistungsaufträge EU-weit ausgeschrieben werden?

Frage 8: Welche besonderen Vorschriften gelten bei der Entsorgung von Datenträgern mit VS-NfD-Einstufung?

IHK-Prüfungsaufgaben

Die folgenden Aufgaben sind im Stil der IHK-Abschlussprüfung Fachinformatiker / Systemintegration formuliert. Bearbeiten Sie zuerst eigenständig, vergleichen Sie dann mit der Musterlösung.

Aufgabe 1 *(12 Punkte)*

Sie sollen den Bruttoverkaufspreis für einen Workstation-PC berechnen. Listeneinkaufspreis des Lieferanten: 2.000,00 €. Lieferantenrabatt: 12 %. Lieferskonto: 2 %. Bezugskosten: 3 % (vom Bareinkaufspreis). Handlungskosten: 20 %. Gewinnaufschlag: 10 %. Mehrwertsteuer: 19 %.

a) Berechnen Sie den Zieleinkaufspreis und den Bareinkaufspreis. *(3 P.)*

b) Berechnen Sie den Bezugspreis und die Selbstkosten. *(3 P.)*

c) Berechnen Sie den Nettoverkaufspreis. Achten Sie darauf, worauf sich der Gewinnaufschlag bezieht. *(3 P.)*

d) Berechnen Sie den Bruttoverkaufspreis. *(3 P.)*

Aufgabe 2 *(10 Punkte)*

Drei Angebote für eine Bundeswehr-Beschaffung. Bewertungs-Kriterien: Leistung 35 %, Preis 25 %, Service 20 %, Erweiterbarkeit 15 %, Energieeffizienz 5 %. Punkte (1-10) je Kriterium: A: 8/6/9/7/7. B: 7/9/6/7/8. C: 9/7/7/8/6.

a) Berechnen Sie den gewichteten Nutzwert für jedes Angebot. *(5 P.)*

b) Welches Angebot bekommt den Zuschlag und warum? *(2 P.)*

c) Ein PC kostet 1.200 € in der Anschaffung. Strom: 150 W × 8 h × 220 Tage × 5 Jahre × 0,35 €/kWh. Wartung 180 €/Jahr und Admin 400 €/Jahr über 5 Jahre. Schulung/Lifecycle 300 €. Entsorgung 50 €. Berechnen Sie die Total Cost of Ownership. *(3 P.)*

✓ Musterlösungen

Vergleichen Sie zuerst Ihre eigenen Lösungen mit den nachfolgenden Musterlösungen.

✓ Musterlösung Aufgabe 1

a) Zieleinkaufspreis: 2.000,00 − 12 % = 2.000,00 − 240,00 = 1.760,00 €. Bareinkaufspreis: 1.760,00 − 2 % Lieferskonto = 1.760,00 − 35,20 = 1.724,80 €.

b) Bezugspreis: 1.724,80 + 3 % = 1.724,80 + 51,74 = 1.776,54 €. Selbstkosten: 1.776,54 + 20 % = 1.776,54 + 355,31 = 2.131,85 €.

c) Der Gewinnaufschlag bezieht sich auf die Selbstkosten, nicht auf den Verkaufspreis (das wäre die Handelsspanne). Nettoverkaufspreis: 2.131,85 + 10 % = 2.131,85 + 213,19 = 2.345,04 €.

d) Bruttoverkaufspreis: 2.345,04 + 19 % MwSt = 2.345,04 + 445,56 = 2.790,60 €.

✓ Musterlösung Aufgabe 2

a) A: 8·0,35 + 6·0,25 + 9·0,20 + 7·0,15 + 7·0,05 = 2,80 + 1,50 + 1,80 + 1,05 + 0,35 = 7,50. B: 7·0,35 + 9·0,25 + 6·0,20 + 7·0,15 + 8·0,05 = 2,45 + 2,25 + 1,20 + 1,05 + 0,40 = 7,35. C: 9·0,35 + 7·0,25 + 7·0,20 + 8·0,15 + 6·0,05 = 3,15 + 1,75 + 1,40 + 1,20 + 0,30 = 7,80.

b) Angebot C mit 7,80 (höchster Nutzwert). Beste Leistung (9 Punkte) und gute Erweiterbarkeit kompensieren mittleren Preis. Zeigt das Prinzip: wirtschaftlichstes Angebot ≠ billigstes Angebot.

c) Strom: 150 W × 8 h × 220 Tage = 264 kWh/Jahr × 0,35 € = 92,40 €/Jahr × 5 Jahre = 462 €. Wartung+Admin: (180 + 400) × 5 = 2.900 €. TCO = 1.200 + 462 + 2.900 + 300 + 50 = 4.912 €. Anschaffung ist nur 24 % der Gesamtkosten (Faktor 4,1).

Kapitel 9 – PC-Aufbau und ESD

Zusammenbau, elektrostatische Schutzmaßnahmen und Erstinbetriebnahme

Der Zusammenbau eines PCs ist eine der wenigen Tätigkeiten, bei denen Theorie und Praxis unmittelbar aufeinandertreffen. Wer die Kapitel 1 bis 8 verstanden hat, kann erklären, was jede Komponente tut – beim Zusammenbau geht es darum, diese Komponenten physisch korrekt zu verbinden, ohne sie zu beschädigen. Die häufigste Schadensursache ist nicht mechanische Gewalt, sondern elektrostatische Entladung (ESD).

Dieses Kapitel beschreibt die Grundlagen des fachgerechten PC-Aufbaus: ESD-Schutz, Werkzeuge, Einbau-Reihenfolge, kritische Handgriffe bei CPU, Kühler, RAM und M.2, Kabelmanagement und Frontpanel, sowie die UEFI-Erstkonfiguration nach dem ersten Boot. Nach diesem Kapitel können Sie einen Standard-PC der Bundeswehr selbständig aufbauen und abnehmen.

9.1 ESD – Elektrostatische Entladung

Beim Hardware-Aufbau ist ESD die häufigste Fehlerursache – meist unbemerkt. Dieses Unterkapitel erklärt das Problem und die Schutzmaßnahmen.



Abb. 45: Antistatik-Armband. *Bild: Kms, CC BY 3.0, via Wikimedia Commons*



Abb. 46: ESD-Arbeitsplatz mit Matte und Erdungskabel. *Bild: Toniperis, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons*

9.1.1 Was ESD ist

ESD (Electrostatic Discharge) ist eine plötzliche Entladung statischer Elektrizität. Beim Laufen über Teppichboden lädt sich der Mensch auf bis zu 35 kV auf. Spürbar wird die Entladung erst ab 3-4 kV (das berühmte Knistern). Halbleiter-Bauteile werden aber schon ab wenigen hundert Volt geschädigt – ohne dass man etwas merkt.

Typische Aufladungen im Alltag: Pullover an- oder ausziehen ca. 5.000 V, Aufstehen von einem Kunststoffstuhl ca. 18.000 V, Gehen über Teppich ca. 35.000 V. Die Schädigungsschwelle empfindlicher Chips (ca. 100–200 V) liegt damit weit unter der Wahrnehmungsschwelle von ca. 3.000 V – das eigene Empfinden ist kein Maßstab.

9.1.2 ESD-Schäden – wie sie aussehen

Schadens-Typ	Beschreibung
Sofortausfall	Komponente ist tot, Diagnose oft eindeutig
Latenter Defekt	Komponente läuft anfangs, fällt nach Tagen/Wochen aus
Performance-Schaden	Komponente läuft, aber langsamer/instabil
Erhöhte Fehlerrate	Bit-Fehler, Datenkorruption, BSOD-Häufungen

Latente Defekte sind besonders heimtückisch: Im Werkstatt-Test funktioniert die Karte, beim Kunden fällt sie nach drei Wochen aus. ESD-Schutz ist daher Pflicht, nicht Empfehlung.

Auch die Kleidung spielt eine Rolle: Wolle und Kunstfasern wie Polyester oder Fleece laden sich durch Reibung besonders stark auf und sind am Arbeitsplatz ungeeignet. Geeignet sind

Baumwollkleidung und – im Werkstattbetrieb – ESD-Arbeitskleidung mit leitfähigen Fasern, ergänzt um ESD-Schuhe.

9.1.3 Schutzmaßnahmen

Maßnahme	Wirkung
ESD-Armband	Verbindet Träger über Widerstand mit Erde
Antistatik-Matte	Erdung der Arbeitsfläche
Antistatik-Verpackung	Silbergraue oder rosa Beutel für Komponenten
Erdung der Arbeitsumgebung	Erdungspunkt im Werkstatt-Boden
Luftfeuchtigkeit > 40 %	Reduziert statische Aufladung
Keine Kunststoff-Kleidung	Baumwolle oder ESD-Kleidung; keine Wolle oder Kunstfasern

BW-Bezug

BWI-Pflicht: ESD-Schutz an jedem Wartungsplatz, dokumentierte Schulung der Techniker, regelmäßige Prüfung der Erdungspunkte. Bei Verstoß gegen ESD-Schutz: Garantie kann erlöschen.

9.2 Vorbereitung des PC-Aufbaus

Wer richtig vorbereitet, baut sauber und schnell. Werkzeug, Kompatibilitäts-Check und Checkliste sind die Basis.

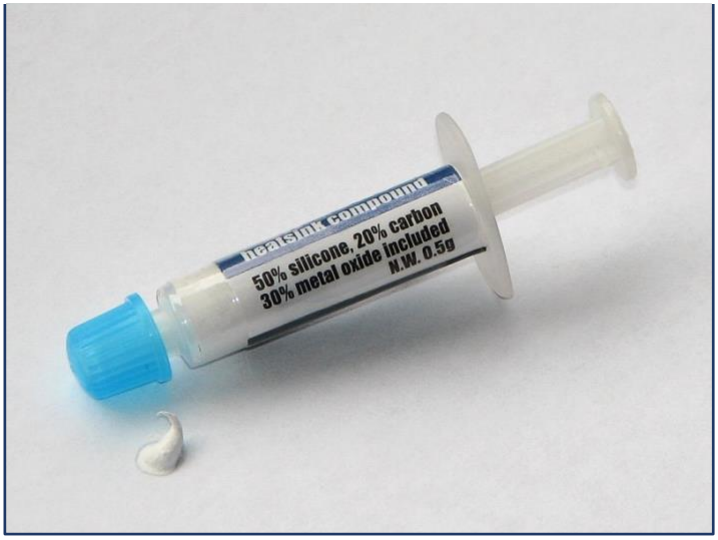

Abb. 47: Wärmeleitpaste. *Bild: Darkone, CC BY-SA 2.5, via Wikimedia Commons*

Sinnvoll sind zusätzlich ein Netzteil-Tester, ein POST-Speaker für akustische Fehlercodes und kleine Beutel oder eine Magnetschale zum Sortieren der Schrauben. Akkuschrauber sind ungeeignet: Das hohe Drehmoment kann Gewinde zerstören und Platinen brechen lassen.

9.2.1 Werkzeug und Arbeitsmittel

Werkzeug	Verwendung
Kreuzschlitz-Schraubendreher (PH1, PH2)	Standard-Schrauben
ESD-Armband + Matte	Statikschutz – Pflicht
Wärmeleitpaste	Zwischen CPU und Kühler
Isopropanol + fusselfreies Tuch	Reinigung alter Wärmeleitpaste
Pinzette / Spitzzange	Kabel-Routing, kleine Teile
Kabelbinder / Klett-Bänder	Kabelmanagement
Taschenlampe / Stirnlampe	Schlecht zugängliche Stellen
Pinsel / Druckluft	Staub entfernen vor Wartung
Magnetische Schale	Schrauben sortieren

9.2.2 Kompatibilitäts-Check vor dem Aufbau

Komponente	Was prüfen?
CPU + Mainboard	Sockel-Übereinstimmung (LGA 1700, AM5 etc.)
RAM + Mainboard	DDR-Generation, Modul-Kapazität, QVL
CPU-Kühler + Sockel	Mounting-Kit für aktuellen Sockel?
Netzteil + Komponenten	Wattzahl, alle benötigten Stecker
Grafikkarte + Gehäuse	Länge passt? Lüftung ausreichend?
Mainboard + Gehäuse	Formfaktor, Lochbild stimmt
M.2-SSD + Slot	Key (B/M), Größe (2280 etc.), PCIe-Generation
Frontpanel + Mainboard-Header	USB-Header, Audio, F_PANEL passend

9.2.3 Checkliste vor Beginn

Vor dem ersten Schritt: Arbeitsplatz vorbereitet, ESD-Schutz angelegt, Werkzeug bereit, alle Komponenten ausgepackt und auf Vollständigkeit geprüft. Mainboard-Handbuch griffbereit. Foto vom Vorher-Zustand bei Reparaturen, damit man Kabel später wieder richtig anschließt.

9.3 PC-Aufbau – die Reihenfolge

Die richtige Reihenfolge spart Zeit und vermeidet Fehler. Wer nach dem falschen Schema vorgeht, baut manche Komponenten doppelt ein.

9.3.1 Empfohlene Einbau-Reihenfolge

Schritt	Aktion
1	Mainboard NEBEN dem Gehäuse vorbereiten – CPU einsetzen, RAM bestücken, M.2-SSD
2	CPU-Kühler montieren (Wärmeleitpaste!) – außerhalb leichter zugänglich
3	Gehäuse vorbereiten – Standoffs prüfen, IO-Blende einsetzen
4	Mainboard ins Gehäuse einbauen, festschrauben
5	Netzteil einbauen, ATX-24-Pin und CPU-EPS-8-Pin anschließen
6	Massenspeicher (HDDs, 2,5”-SATA-SSDs) einbauen
7	Grafikkarte und andere PCIe-Karten einsetzen
8	Frontpanel-Kabel anschließen (Power-Button, USB, Audio)
9	Kabelmanagement, alle Kabel routen
10	Erster Boot-Test, dann erst Gehäuse schließen

9.4 CPU, Kühler und RAM montieren

Die kritischsten Schritte beim Aufbau – hier passieren die meisten Fehler.

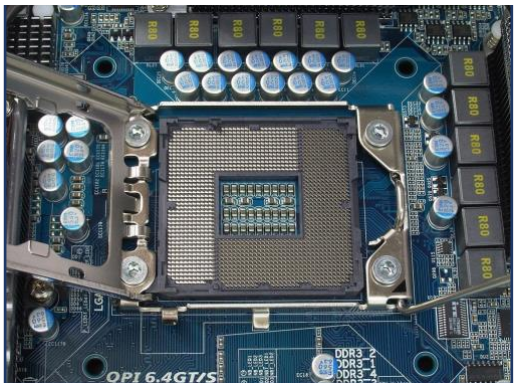

Abb. 48: Geöffneter LGA-Sockel mit Hebel. *Bild: smial, FAL, via Wikimedia Commons*

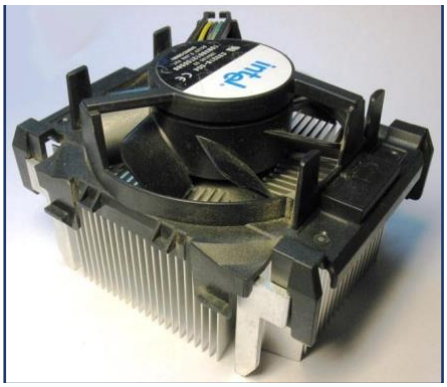

Abb. 49: Boxed-Kühler. *Bild: w:ruFox89, gemeinfrei, via Wikimedia Commons*

9.4.1 CPU einsetzen

Sockel-Hebel öffnen, Schutzkappe abnehmen (bei manchen Sockeln). CPU mit ausgerichteter Markierung (goldenes Dreieck oder Kerbe) in den Sockel einsetzen – KEIN Druck, die CPU muss von selbst flach liegen. LGA: NIE die Pins im Sockel berühren – ein verbogener Pin = Sockel defekt. PGA: NIE die Pins an der CPU verbiegen. Hebel schließen.

9.4.2 Wärmeleitpaste auftragen

Reiskorngroße Menge mittig auf der CPU. Beim Aufsetzen des Kühlers verteilt sich die Paste durch den Druck gleichmäßig. Zu viel Paste → quillt heraus, kann auf Pins kommen. Zu wenig → schlechte Wärmeübertragung. Bei Wiederverwendung: alte Paste mit Isopropanol entfernen, dann neu auftragen.

Einfache Standardpasten erreichen ca. 1–5 W/mK, hochwertige Pasten (Metalloxid- bzw. Kohlenstoff-Füllung) ca. 8–15 W/mK. Flüssigmetall (Gallium-Legierung, ca. 73 W/mK) ist elektrisch leitfähig, greift Aluminium an und ist wegen Kurzschlussgefahr für Dienst- und Bürorechner ungeeignet. Neben der Punkt-Methode gibt es Kreuz- und Flächenauftrag; die Punkt-Methode ist die Standard-Empfehlung.

9.4.3 CPU-Kühler montieren

Mounting-Kit am Sockel anbringen (Backplate von hinten, Halterungen vorn). Kühler aufsetzen, Schrauben über Kreuz anziehen – nicht eine ganz fest, dann die nächste, sondern alle gleichmäßig in Kreuz-Reihenfolge. Lüfter-Kabel an CPU_FAN-Header am Mainboard anschließen (NICHT CPU_OPT oder CHA_FAN).

9.4.4 RAM einsetzen

DIMM-Slot-Klipse auf beiden Seiten öffnen. RAM-Modul mit der Kerbe an der richtigen Position einsetzen, gleichmäßig mit beiden Händen auf den Slot drücken. Klipse rasten von selbst zu. Bei zwei Modulen: in die richtigen Slots für Dual-Channel (meist A2 + B2, also Slot 2 und 4 vom Sockel aus gezählt – Mainboard-Handbuch beachten).

IHK-Prüfungstipp

Häufige Aufgabe: Nach RAM-Einbau bootet der PC nicht mehr. Drei häufige Ursachen: 1) Modul nicht ganz eingerastet (beide Klipse prüfen), 2) falscher Slot (DDR4 vs DDR5 etc.), 3) RAM auf QVL nicht aufgeführt.

9.5 Mainboard, Standoffs, Kabel

Mechanik des Gehäuses, Frontpanel-Header und Kabelmanagement.

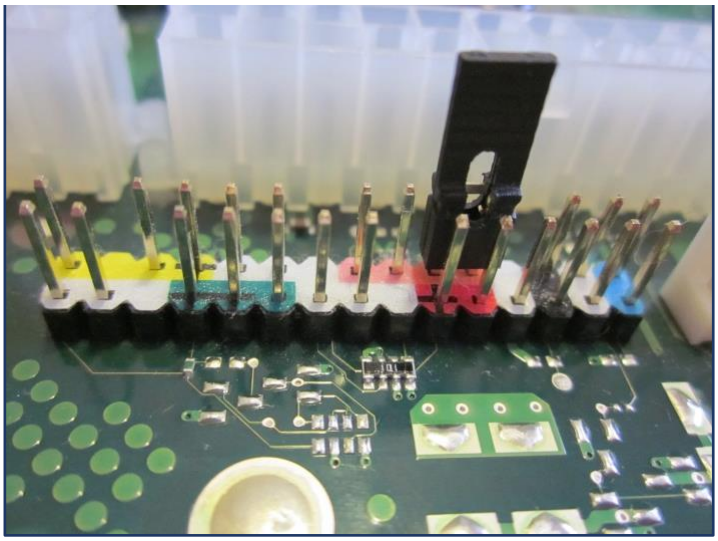

Abb. 50: Pinleisten (Frontpanel-Header) auf dem Mainboard. *Bild: Mintaren, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons*

9.5.1 Standoffs – die Mainboard-Abstandshalter

Standoffs (auch „Distanzhalter“) sind kleine Schrauben, die das Mainboard auf Abstand zur Gehäuse-Rückwand halten. Falsch gesetzte oder vergessene Standoffs = Kurzschluss, Mainboard tot. Bei jedem Aufbau: Standoffs im Gehäuse passend zum Mainboard-Lochbild prüfen, ggf. umsetzen. Niemals Standoffs unter dem Mainboard, die kein passendes Loch haben.

9.5.2 Frontpanel-Kabel anschließen

Der F_PANEL-Header auf dem Mainboard nimmt Power-Button (PWR_SW), Reset-Button (RST_SW), Power-LED (PWR_LED, polung beachten!) und HDD-LED (HDD_LED, polung beachten!) auf. Pin-Belegung steht im Mainboard-Handbuch – jeder Hersteller hat eine eigene Anordnung. Audio (HD_AUDIO) und USB-Header (USB_2_0, USB_3) haben jeweils eigene Stecker.

9.5.3 Kabelmanagement

Saubere Kabelführung verbessert Lüftung, Optik und Wartbarkeit. Modulare Netzteile helfen: nur die benötigten Kabel einstecken. Kabel-Routing meist hinter dem Mainboard-Tray, durch Aussparungen. Klett-Bänder oder Kabelbinder fixieren Kabelbündel. Faustregel: Wenn der Lüfter ungehindert blasen kann, ist es gut.

Für den Airflow gilt die Grundregel: Frischluft wird vorne und unten angesaugt (Intake), Warmluft hinten und oben ausgeblasen (Exhaust). Etwas mehr Intake als Exhaust (positiver

Druck) verringert den Staubeintrag durch ungefilterte Öffnungen. Kabel dürfen nie vor Lüftern verlaufen.

> **BW-Bezug**
> BWI-Werkstatt-Standard: Aufgebaute PCs werden bei der Qualitätskontrolle fotografisch dokumentiert (Innenansicht). Saubere Kabelführung ist Teil der Abnahmekriterien.

9.6 UEFI-Erstkonfiguration und OS-Installation

Nach dem Aufbau: erster Boot, BIOS-Konfiguration, Betriebssystem aufspielen, Treiber, Updates, Test.



Abb. 51: UEFI-Setup mit Boot-Reihenfolge. *Bild: Paowee, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons*

9.6.1 Erster Boot und UEFI-Setup

Power-Button drücken. UEFI-Setup mit Entf, F2 oder F10 aufrufen. Wichtige Einstellungen: Datum/Uhrzeit, Boot-Reihenfolge (USB-Stick bzw. SSD), Secure Boot (Windows 11 setzt Secure-Boot-Fähigkeit voraus; Aktivierung empfohlen), TPM aktiviert, XMP/EXPO für RAM aktivieren, Lüfter-Profile prüfen. Bei Erstinstallation: USB-Boot-Stick mit Windows-ISO einlegen.

Windows 11 setzt mindestens eine kompatible 64-Bit-CPU mit 1 GHz und 2 Kernen, 4 GB RAM, 64 GB Speicher, UEFI mit Secure-Boot-Fähigkeit und TPM 2.0 voraus. Den Boot-Stick erstellt man mit dem Media Creation Tool von Microsoft oder mit Rufus aus einer ISO-Datei.

9.6.2 Windows 11 installieren

Schritt	Hinweis
Boot-Stick erstellen	Microsoft Media Creation Tool
Vom Stick booten	Boot-Reihenfolge im UEFI
Sprache und Region	Deutsch / Deutschland
Lizenz / Product Key	Skip möglich, später Aktivieren
Edition wählen	Pro/Enterprise je nach Lizenz
Installations-Typ	Benutzerdefiniert (saubere Installation)
Partitionierung	Komplette SSD löschen, Windows partitioniert automatisch
Setup	30-60 Min., mehrere Reboots
Konto-Setup	Lokales Konto oder Microsoft-Konto
Einstellungen	Datenschutz minimal, Cortana aus

9.6.3 Treiber-Installation und Updates

Nach Windows-Installation: Mainboard-Treiber installieren (Chipsatz, LAN, Audio – meist über Hersteller-USB-Stick oder Download). Grafiktreiber direkt von NVIDIA/AMD/Intel. Anschließend Windows Update laufen lassen, oft mehrere Runden bis alles aktuell ist.

BitLocker nutzt das TPM 2.0, um das Systemlaufwerk beim Start automatisch zu entsperren; ohne TPM ist nur ein Startkennwort oder ein USB-Startschlüssel möglich, und Änderungen an Firmware oder Bootkonfiguration führen zur Abfrage des Recovery-Keys. Den Status prüft man mit manage-bde -status C: (Adminrechte) oder in der Systemsteuerung unter „BitLocker-Laufwerkverschlüsselung“; BitLocker To Go verschlüsselt externe USB-Laufwerke.

9.7 Abnahme, Test und Dokumentation

Bevor der PC zum Nutzer geht, muss er vollständig getestet sein.

9.7.1 Abnahme-Tests

Test	Tool	Dauer
CPU-ID prüfen	CPU-Z	1 Min.
RAM-Konfig prüfen	CPU-Z (Tab Memory)	1 Min.
CPU-Stabilität	Cinebench R23 oder Prime95	10-30 Min.
Speicher-Stabilität	MemTest86 (USB-Boot)	Mehrere Stunden
SSD/HDD-Gesundheit	CrystalDiskInfo	1 Min.
Temperatur-Profile	HWiNFO64	10-15 Min. unter Last
Grafik-Test	FurMark oder 3DMark	10-20 Min.
Netzwerk-Test	iperf3 gegen anderen PC	5 Min.

9.7.2 BWI-Abnahme-Protokoll

Bei BWI: Hardware-Inventar erfasst (Seriennummern aller Komponenten), Funktionstest dokumentiert, Testergebnisse archiviert. Asset-Tag aufgeklebt, im Asset-Management-System eingetragen. BitLocker-Recovery-Key ins AD/Intune gespeichert. Erst dann darf das Gerät an den Nutzer.

Zu jedem Gerät werden mindestens Hostname, Seriennummer, CPU, RAM, Mainboard mit BIOS-Version, Systemlaufwerk, Betriebssystem mit Build-Nummer, MAC-Adresse, Standort bzw. Nutzer und Garantieende erfasst. Quellen sind u. a. CPU-Z, CrystalDiskInfo, winver und ipconfig /all.

9.8 Häufige Fehler und Zusammenfassung

Zum Abschluss: die Top-10-Fehler beim PC-Aufbau und die Verdichtung in Merkpunkten.

9.8.1 Top-10-Fehler beim PC-Aufbau

Fehler	Folge / Lösung
ESD-Schutz vergessen	Latente Defekte – immer Armband + Matte
CPU verkehrt herum	Sockel-Pins verbogen – Markierungen beachten
RAM nicht ganz eingerastet	Bootet nicht – beide Klipse prüfen
RAM in falschen Slots	Single-Channel statt Dual – Handbuch lesen
Standoff vergessen oder zu viele	Kurzschluss oder Mainboard wackelt
CPU-Kühler ungleichmäßig angezogen	Schlechter Kontakt – über Kreuz!
Wärmeleitpaste zu viel/zu wenig	Throttling oder kein Schutz
ATX-EPS-Stecker vergessen	CPU bootet nicht – 8-Pin EPS prüfen
Frontpanel-Kabel verpolt	LED leuchtet nicht – polarität tauschen
Im UEFI: XMP/EXPO vergessen	RAM läuft mit JEDEC-Standard, nicht voll

9.8.2 Zusammenfassung – die zehn wichtigsten Merkpunkte

#	Merkpunkt	IHK / BW
1	ESD-Schutz Pflicht: Armband + Matte + Antistatik-Verpackung	Sehr häufig
2	CPU mit Markierung ausrichten, NIE Pins berühren	Häufig
3	Wärmeleitpaste reiskorngroß, Kühler über Kreuz anziehen	Häufig
4	RAM in richtigen Slots für Dual-Channel (A2 + B2)	Sehr häufig
5	Standoffs passend zum Mainboard-Lochbild – Kurzschlussgefahr	Ja
6	Frontpanel-Header polung-genau anschließen	Häufig
7	ATX 24-Pin + EPS 8-Pin sind PFLICHT, kein Boot ohne	Sehr häufig
8	Im UEFI: Datum, Boot-Order, XMP/EXPO, Secure Boot	BWI-Praxis
9	Tests vor Auslieferung: CPU-Z, MemTest86, HWiNFO64	BWI-Praxis
10	BWI-Abnahme-Protokoll mit Inventar, Tests, BitLocker-Key	BW-Praxis

9.8.3 Begriffs-Glossar Kapitel 9

Begriff	Kurzdefinition
ESD	Electrostatic Discharge – elektrostatische Entladung
ESD-Armband	Verbindet Träger über Widerstand mit Erde
Standoff	Mainboard-Abstandshalter, schützt vor Kurzschluss
F_PANEL	Frontpanel-Header für Power-Button, LEDs, Audio
CPU_FAN-Header	Spezieller Lüfter-Anschluss für CPU-Kühler
LGA / PGA	Land Grid Array (Pins am Sockel) / Pin Grid Array (Pins an CPU)
XMP / EXPO	Profile für übertaktete RAM-Geschwindigkeiten
Secure Boot	UEFI-Feature: nur signierte Bootloader zulassen
Wärmeleitpaste	Thermal Interface Material zwischen CPU und Kühler
Modulares Netzteil	Nur benötigte Kabel werden eingesteckt
Cinebench / MemTest86	Standard-Test-Tools nach Aufbau

🎯 Selbsttest – Fragen zur Vertiefung

Prüfen Sie Ihr Verständnis. Antworten finden Sie im Fragenkatalog oder in diesem Kapitel.

Frage 1: Ab welcher Spannung werden moderne CMOS-Chips geschädigt? Ab welcher Spannung fühlt ein Mensch eine Entladung?

Frage 2: Beschreiben Sie den Aufbau eines ordnungsgemäßen ESD-Schutzarbeitsplatzes.

Frage 3: Nennen Sie die korrekte Reihenfolge beim Einbau der Komponenten und begründen Sie jeweils kurz.

Frage 4: Erklären Sie, warum die Wärmeleitpaste zwischen CPU und Kühler weder zu viel noch zu wenig sein darf.

Frage 5: Was sind Standoffs, und welche Probleme entstehen bei falscher Anzahl oder Position?

Frage 6: Wie finden Sie heraus, wie Sie die Frontpanel-Stecker (PWR, RESET, HDD-LED, Power-LED) anschließen müssen?

Frage 7: Welche UEFI-Einstellungen sind für Bundeswehr-Clients Pflicht? Welche PowerShell-Befehle prüfen sie?

Frage 8: Sie bauen einen neuen PC ein, drücken den Power-Schalter und nichts passiert – keine LEDs, keine Lüfter. Was prüfen Sie in welcher Reihenfolge?

IHK-Prüfungsaufgaben

Die folgenden Aufgaben sind im Stil der IHK-Abschlussprüfung Fachinformatiker / Systemintegration formuliert. Bearbeiten Sie zuerst eigenständig, vergleichen Sie dann mit der Musterlösung.

Aufgabe 1 *(8 Punkte)*

Sie sollen an einem Bundeswehr-Reparaturplatz ein Mainboard tauschen. Vor Beginn muss ESD-Schutz korrekt eingerichtet sein.

a) Ab welcher Spannung werden moderne CMOS-Chips beschädigt, und ab welcher fühlt ein Mensch eine Entladung? *(3 P.)*

b) Beschreiben Sie den Aufbau eines ordnungsgemäßen ESD-Schutzarbeitsplatzes. *(3 P.)*

c) Welche Dokumentation ist bei der Bundeswehr nach jeder ESD-Arbeit Pflicht? *(2 P.)*

Aufgabe 2 *(10 Punkte)*

Sie bauen einen neuen Bundeswehr-PC zusammen und konfigurieren das UEFI für VS-NfD-Einsatz.

a) Nennen Sie die korrekte Einbau-Reihenfolge der ersten fünf Komponenten und begründen Sie sie kurz. *(4 P.)*

b) Welche Pflicht-Settings müssen Sie im UEFI für einen VS-NfD-fähigen Client setzen? *(3 P.)*

c) Welche zwei PowerShell-Befehle führen Sie nach dem Booten zur Verifikation aus? *(2 P.)*

d) Was passiert mit BitLocker, wenn TPM oder Secure Boot fehlt? *(1 P.)*

✓ Musterlösungen

Vergleichen Sie zuerst Ihre eigenen Lösungen mit den nachfolgenden Musterlösungen.

✓ Musterlösung Aufgabe 1

a) CMOS-Chips: schon ab 100–200 V Beschädigung möglich. Mensch fühlt elektrostatische Entladung erst ab ca. 3.000 V. Daher sind unbemerkte ESD-Schäden tückisch – oft latent (Chip funktioniert kurz, fällt später aus).

b) Drei Komponenten: leitfähige ESD-Matte auf der Werkbank (mit Erdungsanschluss). ESD-Armband am Handgelenk mit direktem Hautkontakt (NICHT über Kleidung) und 1-MΩ-Widerstand. Gemeinsamer Erdungspunkt für Matte und Armband. NICHT Schutzleiter, Heizung oder Wasserrohre.

c) In Wartungsakte: ESD-Schutz wurde eingehalten, Datum, Armband-Nummer, Bearbeiter. Bei späterem Bauteil-Defekt klärt das die Haftungsfrage. Ohne Dokumentation kann ein Defekt als Fahrlässigkeit gewertet werden.

✓ Musterlösung Aufgabe 2

a) 1. CPU im Sockel (solange das Board offen liegt). 2. CPU-Kühler montieren (vor Board-Einbau einfacher). 3. RAM in Slots (Board noch frei zugänglich). 4. M.2-SSDs (Schraube erreichbar). 5. I/O-Blende ins Gehäuse einbauen (muss VOR dem Board drin sein, sonst Rückbau).

b) Boot-Modus auf UEFI. CSM disabled. Secure Boot enabled. TPM 2.0 (PTT/fTPM) enabled. XMP/EXPO-Profile aktiviert. Wake on LAN enabled. Reihenfolge wichtig: CSM disable BEVOR Secure Boot enable möglich.

c) Confirm-SecureBootUEFI – muss True zurückgeben. Get-Tpm – TpmReady, TpmPresent, TpmEnabled müssen alle True sein. Beide Befehle gehören zur Standard-Abnahme-Routine.

d) TPM-Auto-Unlock funktioniert nicht. Nutzer muss bei jedem Start ein Pre-Boot-Passwort eingeben oder einen Recovery-Key. Damit ist die VS-NfD-Konformität nicht gegeben – der Client darf nicht in die Produktiv-Domäne aufgenommen werden.

Kapitel 10 – Troubleshooting

Systematische Fehlersuche bei Hardware- und Software-Problemen

Troubleshooting ist die Krönung der bisher vermittelten Inhalte. Wer die Kapitel 1 bis 9 verstanden hat, weiß, wie ein Computer funktioniert und wie seine Komponenten zusammenarbeiten. Im Störungsfall muss dieses Wissen aktiv angewandt werden: systematisch, strukturiert, nachvollziehbar – nicht durch wildes Probieren.

Dieses Kapitel vermittelt eine methodische Vorgehensweise: die 6-Schritt-Methodik, die Isolationsmethode, die Deutung von POST-Codes und Debug-LEDs, die Interpretation von Bluescreens und Ereignisanzeige, die Netzwerk-Diagnose nach OSI-Schichten und schließlich die saubere Ticket-Dokumentation. Diese Techniken zahlen sich im Alltag täglich aus – sowohl bei Routine-Support als auch bei knifflige Sonderfälle.

10.1 Fehlermethodik

Strukturiertes Vorgehen ist beim Troubleshooting wichtiger als Fachwissen. Wer wahllos drauflos repariert, macht aus einem Fehler zwei. Dieses Unterkapitel zeigt die 6-Schritt-Methodik und die Isolationsmethode.

10.1.1 Die 6-Schritt-Methodik

Schritt	Was tun?
1. Identifizieren	Symptom genau beschreiben, Reproduzieren
2. Theorien aufstellen	Was könnte die Ursache sein? Mehrere Hypothesen
3. Theorie testen	Eine Hypothese gezielt prüfen, andere ausschließen
4. Lösungsplan	Wenn Theorie bestätigt: Plan aufstellen
5. Lösung umsetzen	Plan ausführen, Wirksamkeit prüfen
6. Dokumentieren	Was war das Problem? Wie gelöst? Vorbeugung?

Diese Methodik ist universell – ob bei Hardware-Defekt, Netzwerk-Problem oder Software-Crash. Wer sie konsequent anwendet, kommt schneller und sicherer zum Ziel als der „erfahrene Bauchgefühl-Reparateur“.

Fehler lassen sich grob in sechs Kategorien einordnen: Hardware, Software/Betriebssystem, Treiber, Netzwerk, Konfiguration (z. B. Rechte, Gruppenrichtlinien) und Peripherie. Die wichtigste Einstiegsfrage lautet immer: „Was wurde zuletzt geändert?“ – ein neuer Treiber, ein Update oder neue Software ist sehr häufig der Auslöser.

10.1.2 Isolationsmethode

Bei komplexen Setups: Schrittweise Komponenten reduzieren bis das Problem isoliert ist. PC startet nicht? Auf Minimal-Konfig zurück: CPU + 1 RAM + Grafik + Netzteil. Wenn das läuft, eine Komponente nach der anderen wieder dazu. Wenn ein Hinzufügen den Fehler reproduziert, ist die Komponente schuldig.

10.1.3 Dokumentation während des Vorgehens

Was wurde getan? Was war das Ergebnis? Welche Hypothese verworfen? Bei längeren Diagnosen ohne Notizen verliert man den Überblick. BWI-Standard: jedes Ticket hat einen Diagnose-Verlauf, der nachvollziehbar ist.

10.2 POST-Fehler und Hardware-Probleme

Wenn der PC schon vor dem Betriebssystem stehen bleibt, sind Pieptöne, Q-Codes und LEDs die wichtigsten Diagnose-Signale.

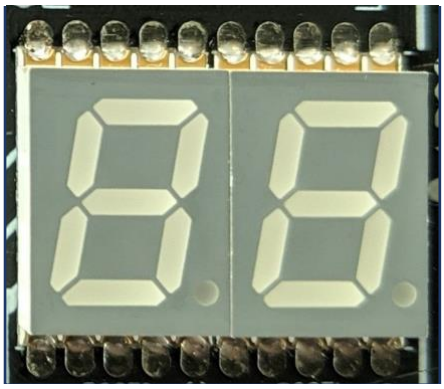

Abb. 52: POST-Karte mit 7-Segment-Anzeige. *Bild: Markus Kuhn, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons*

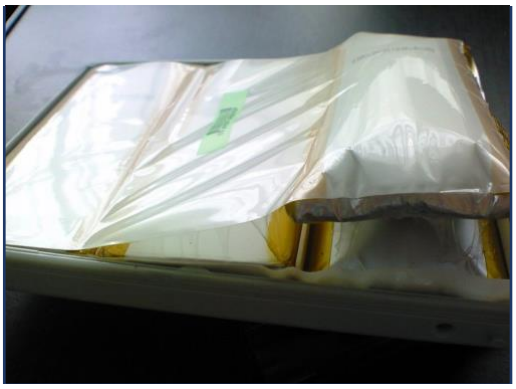

Abb. 53: Aufgeblähter Notebook-Akku. *Bild: sparti24 (Flickr), CC BY-SA 2.0, via Wikimedia Commons*

10.2.1 POST-Fehler erkennen

Symptom	Wahrscheinliche Ursache
Kein Bild, 1 langer + 2 kurze Pieptöne	Grafikkarte fehlt, nicht erkannt oder ohne PCIe-Strom
3 kurze (bei manchen Boards 3 lange) Pieptöne	RAM nicht erkannt oder defekt – Riegel neu einsetzen, anderen Slot
Dauerton / 5 kurze Töne	RAM- bzw. Tastaturfehler (BIOS-abhängig) / CPU-Problem – Beep-Tabelle im Handbuch
Q-Code 00 / FF	CPU bootet nicht (BIOS-Reset versuchen)
LED CPU rot	CPU defekt, falsch eingesetzt oder Mikrocode fehlt
LED RAM rot	RAM-Modul defekt oder im falschen Slot
LED VGA rot	Grafikkarte fehlt oder defekt
LED BOOT rot	Kein bootfähiges Medium

10.2.2 Minimal-Konfiguration zum Test

Bei totem System: CPU + ein RAM-Modul + Grafik + Netzteil + Mainboard. Alles andere abgesteckt. Wenn das bootet: schrittweise Komponenten dazu, bis Fehler auftritt. Wenn auch Minimal nicht bootet: einzelne Hauptkomponenten isolieren (anderes Netzteil, anderes RAM-Modul probieren).

10.2.3 CMOS-Reset – der erste Reflex

Bei verkonfiguriertem BIOS oder hartnäckigen Boot-Problemen: CMOS-Reset. Knopfzelle 30 Sekunden entfernen, gleichzeitig Power-Button 30 Sekunden halten (entlädt Restenergie). Dann Knopfzelle wieder rein, booten. Setzt BIOS auf Werkseinstellungen – Datum/Uhrzeit nachstellen.

10.3 Software-Fehler

BSOD, Treiber-Probleme, Boot-Schwierigkeiten – die häufigsten Software-Probleme im BWI-Support.



Abb. 54: Bluescreen (ältere Windows-Version – seit Windows 11 24H2 ist der Absturzbildschirm schwarz). *Bild: Ente75, CC0, via Wikimedia Commons*

Die Windows-Reparatur erfolgt eskalierend – immer zuerst der weniger invasive Schritt: abgesicherter Modus, Ereignisanzeige, sfc /scannow, DISM /RestoreHealth, chkdsk, Treiber-Rollback, Starthilfe (WinRE), Systemwiederherstellung, In-Place-Upgrade (Installation aus der Windows-ISO über das laufende System, behebt tiefe Beschädigungen ohne Datenverlust) und erst zuletzt die Neuinstallation nach vorheriger Datensicherung.

10.3.1 Windows-Bluescreen (BSOD)

Der Blue Screen of Death zeigt einen kritischen Fehler. Wichtige Information: der Stop-Code (z. B. „MEMORY_MANAGEMENT“ oder „IRQL_NOT_LESS_OR_EQUAL“). Windows 10 zeigt zusätzlich einen QR-Code zu Microsoft-Hilfeseiten; seit 2025 ist die Anzeige unter Windows 11 schwarz und ohne QR-Code. Memory-Dump-Datei (.dmp) liegt unter C:\Windows\Minidump und kann mit WinDbg analysiert werden. Häufige Ursachen: Treiber-Konflikt, defekter RAM, Festplatten-Fehler.

Weitere häufige Stop-Codes: CRITICAL_PROCESS_DIED (kritischer Systemprozess abgestürzt – sfc und DISM), WHEA_UNCORRECTABLE_ERROR (Hardware-Fehler an CPU, RAM oder Netzteil – Temperaturen und Stresstest prüfen), PAGE_FAULT_IN_NONPAGED_AREA (RAM oder Treiber) und INACCESSIBLE_BOOT_DEVICE (Systemlaufwerk beim Start nicht erreichbar – Controller-Modus im UEFI oder Speichertreiber prüfen).

10.3.2 Treiber-Probleme

Symptom	Maßnahme
Gerät mit gelbem !-Symbol	Treiber neu installieren
BSOD direkt nach Update	Im abgesicherten Modus Treiber zurücksetzen
Codes wie nvlddmkm.sys im BSOD	Grafiktreiber clean neu installieren (DDU)
Black Screen nach Update	Abgesicherter Modus → Treiber-Rollback

10.3.3 Windows-Reparatur und Recovery

Werkzeug	Einsatz
sfc /scannow	Repariert beschädigte Systemdateien
DISM /Online /Cleanup-Image /RestoreHealth	Tiefere Reparatur des Component Stores
chkdsk C: /F /R	Repariert Dateisystemfehler auf C
System-Wiederherstellung	Rollback auf früheren Zustand
Reset (Windows zurücksetzen)	OS neu installieren, Daten optional behalten
Recovery-Stick / WinRE	Bei Boot-Fehlern – Reparatur außerhalb Windows

10.4 Netzwerk-Diagnose nach OSI-Schichten

Netzwerk-Probleme systematisch: von unten nach oben durchs OSI-Modell. Physik zuerst, dann höhere Schichten.



Abb. 55: Netzwerkkabeltester. *Bild: Smial, FAL, via Wikimedia Commons*

10.4.1 Schicht 1 – Physical

Kabel gesteckt? Link-LED am Switch und am NIC leuchten? Patchkabel testen (Kabel-Tester, Loopback). Bei WLAN: Signalstärke messen. Höhere Schichten zu prüfen hat keinen Sinn, solange die Hardware-Verbindung nicht steht.

10.4.2 Schicht 2-3 – Data Link, Network

Befehl	Information
ipconfig /all	Eigene IP, MAC, DNS-Server, Gateway
ping <Gateway>	Lokales Netz erreichbar?
ping 8.8.8.8	Internet-Routing funktioniert?
ping <Hostname>	Namensauflösung + Routing
nslookup <Hostname>	DNS-Test
tracert <Ziel>	Route nachvollziehen, Hop-Identifikation
arp -a	ARP-Tabelle anzeigen
ipconfig /flushdns	DNS-Cache leeren
ipconfig /release + /renew	DHCP-Lease erneuern

10.4.3 Schichten 4-7 – Transport bis Application

Höhere Probleme: Firewall blockiert Port? Anwendung antwortet nicht? telnet/Test-NetConnection auf einen Port testen. Wireshark für detaillierte Paket-Analyse. Bei BWI-Geräten: Palo-Alto-Firewall-Logs prüfen, ob das Gerät blockiert wird.

Ergänzend zeigt netstat -an alle aktiven Verbindungen und offenen Ports, route print die Routing-Tabelle des Rechners. Damit lassen sich Port-Konflikte und falsche Routen erkennen.

IHK-Prüfungstipp

Klassische IHK-Aufgabe: „Ein PC kann den Webserver per IP, aber nicht per Hostname erreichen. Welche Schicht ist betroffen?“ Antwort: Schicht 7 / Application – DNS-Auflösung. ipconfig /flushdns oder DNS-Server prüfen.

10.5 Diagnose-Tools im Werkzeugkasten

Welche Tools gehören in jeden BWI-Support-Werkzeugkasten – und wofür.



Abb. 56: Digitalmultimeter. *Bild: Michael Häckel, gemeinfrei, via Wikimedia Commons*



Abb. 57: Verstaubte Kühlrippen – Ursache für Überhitzung. *Bild: Dale Mahalko, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons*

10.5.1 Standard-Diagnose-Tools

Tool	Zweck
HWiNFO64	Live-Sensoren: Temperatur, Spannungen, Auslastung – sehr detailliert
CPU-Z	CPU-/RAM-/Mainboard-Identifikation
CrystalDiskInfo	S.M.A.R.T.-Status der Datenträger
MemTest86 (USB-Boot)	RAM-Stabilität testen
Prime95 / Cinebench	CPU-Stabilität unter Volllast
FurMark / 3DMark	Grafikkarten-Stabilität
Process Explorer	Erweiterter Task-Manager (Sysinternals)
Wireshark	Netzwerk-Paketanalyse
PingPlotter	Latenz und Paketverlust visualisieren

10.5.2 Bordmittel von Windows

Tool	Aufruf	Zweck
Ereignisanzeige	eventvwr.msc	System- und Anwendungs-Logs
Geräte-Manager	devmgmt.msc	Hardware-Treiber-Status
Datenträgerverwaltung	diskmgmt.msc	Partitionen, Volumes
Aufgabenplanung	taskschd.msc	Geplante Tasks anzeigen/anlegen
Ressourcenmonitor	perfmon /res	CPU/Disk/Netz/Memory live
Reliability-Monitor	perfmon /rel	Stabilitätsverlauf pro Tag
Zuverlässigkeitsverlauf	Eingeben in Suchleiste	Visualisierung Reliability

10.5.3 Ereignisanzeige – die wichtigste Quelle

Die Ereignisanzeige protokolliert alle System-Events. Die wichtigsten Bereiche: Windows-Protokolle → System (Treiber, Hardware), Anwendung (Software-Crashes), Sicherheit (Login-Versuche). Filtern nach Quelle, Zeitpunkt, Schweregrad. „Kritisch“ und „Fehler“ sind die ersten Anlaufstellen bei systematischen Problemen.

10.6 Dokumentation und BWI-Praxis

Ein gelöstes Problem ist erst dann wirklich gelöst, wenn es dokumentiert ist – und beim nächsten Mal in einer Sekunde wieder gefunden wird.

10.6.1 Aufbau eines Fehlerberichts

Feld	Inhalt
Asset-ID / Seriennummer	Welches Gerät betroffen
Symptom	Was wurde beobachtet (genau, reproduzierbar)?
Bedingungen	Wann tritt es auf? In welcher Software? Mit welchen Daten?
Fehlermeldung / Code	Genauer Wortlaut, Screenshot wenn möglich
Diagnose-Schritte	Was wurde geprüft? Mit welchem Ergebnis?
Diagnose-Ergebnis	Welche Ursache identifiziert?
Maßnahme	Was wurde unternommen?
Status	Erfolg, offen, eskaliert
Vorbeugung	Wie verhindern wir das in Zukunft?

10.6.2 ITIL und Ticket-System

ITIL definiert Standardprozesse für IT-Service: Incident (Störung), Problem (Ursachenanalyse), Change (geplante Änderung), Service Request (Anforderung). Ticket-Systeme wie Jira Service Management, ServiceNow, Remedy strukturieren diese Prozesse. Im BWI: zentrales Ticket-System mit Eskalationsstufen (1st-Level, 2nd-Level, 3rd-Level Hersteller-Support).

10.6.3 BWI-Fehler-Typen und Eskalation

Stufe	Aufgabe	Beispiel
1st-Level	Erste Diagnose, Standard-Fixes	Passwort-Reset, Treiber-Reinstall
2nd-Level	Tieferes Wissen, komplexere Fälle	Hardware-Tausch, AD-Probleme
3rd-Level	Spezialisten, Engineering	Tiefe Bug-Analyse, Architektur
Hersteller-Support	Bei Hardware- oder Software-Defekt	RMA, Microsoft Premier Support

BW-Bezug

BWI-Praxis: Bei Eskalation an höheren Level immer vollständige Diagnose vorlegen – was getestet wurde, mit welchem Ergebnis. Spart dem 2nd-Level Zeit und beschleunigt die Lösung.

10.7 Zusammenfassung des gesamten Hardware-Curriculums

Zum Abschluss von Kapitel 10 und damit des gesamten Hardware-Curriculums: die wichtigsten Merkpunkte und das Glossar zum Nachschlagen.

Zur Prüfungsvorbereitung lohnt es sich, je Kapitel die Schwerpunkte abzuhaken: Von-Neumann/BIOS-UEFI/POST, CPU (TDP, Kerne, Cache), RAM (DDR5, Dual-Channel, effektive Latenz), Mainboard (Formfaktoren, PCIe, M.2), Massenspeicher (RAID, S.M.A.R.T., 3-2-1), Netzteil/USV (VA vs. W, Laufzeit), Peripherie, Beschaffung (Kalkulation, TCO), PC-Aufbau/ESD und Troubleshooting (6 Schritte, OSI, sfc/DISM, BSOD).

10.7.1 Zusammenfassung – die zehn wichtigsten Merkpunkte zum Troubleshooting

#	Merkpunkt	IHK / BW
1	6-Schritt-Methodik strukturiert und konsequent	Sehr häufig
2	Isolationsmethode: schrittweise Reduktion	Häufig
3	POST-Fehler über LEDs/Pieptöne/Q-Codes lesen	Sehr häufig
4	Minimal-Konfig zur Hardware-Isolation	Häufig
5	BSOD: Stop-Code dokumentieren, dann analysieren	Häufig
6	sfc /scannow + DISM /RestoreHealth bei Windows-Schäden	BWI-Praxis
7	Netzwerk: OSI-Schichten von unten nach oben prüfen	Sehr häufig
8	ping/tracert/nslookup als Standard-Werkzeuge	Sehr häufig
9	Ereignisanzeige bei systematischen Problemen	BWI-Praxis
10	Dokumentation jedes Tickets – Wissensdatenbank wächst	BW-Praxis

10.7.2 Begriffs-Glossar Kapitel 10

Begriff	Kurzdefinition
BSOD	Blue Screen of Death – kritischer Windows-Fehler
Stop-Code	Eindeutige Bezeichnung eines Windows-Fehlers
POST	Power-On Self-Test – Hardware-Selbsttest beim Start
Q-Code	Zweistellige Hex-Anzeige am Mainboard für POST-Fehler
Isolationsmethode	Schrittweise Komponenten reduzieren, bis Fehler isoliert
Minimal-Konfig	CPU + 1 RAM + Grafik + Netzteil – nichts anderes
CMOS-Reset	BIOS auf Werkseinstellung zurück
OSI-Modell	Sieben-Schichten-Modell des Netzwerks
sfc	System File Checker – repariert Windows-Systemdateien
DISM	Deployment Image Servicing and Management
ITIL	IT Infrastructure Library – Best-Practices-Framework
Incident	Störung, die einen Service beeinträchtigt
Eskalation	Weitergabe an höheres Support-Level

10.7.3 Schlusswort

Mit diesem Kapitel schließt das Hardware-Curriculum. In zehn Kapiteln haben wir den Bogen geschlagen von der Computerarchitektur über CPU, RAM, Mainboard, Massenspeicher, Netzteil, Peripherie, Beschaffung, PC-Aufbau bis zum Troubleshooting. Wer dieses Wissen verinnerlicht hat, ist für die IHK-Externenprüfung nach § 45 BBiG ebenso gerüstet wie für den Alltag im BWI-Support oder in einer ähnlich strukturierten IT-Umgebung. Hardware ist die solide Basis – auf ihr aufbauend wird Sie das Betriebssysteme-Curriculum in die nächste Schicht der IT führen.

> **Merksatz**
> „Der Unterschied zwischen einem guten und einem sehr guten Techniker ist nicht das Wissen – sondern das strukturierte Vorgehen bei Problemen." Methodik schlägt Bauchgefühl, Dokumentation schlägt Erinnerung, ESD-Schutz schlägt Glück.

🎯 Selbsttest – Fragen zur Vertiefung

Prüfen Sie Ihr Verständnis. Antworten finden Sie im Fragenkatalog oder in diesem Kapitel.

Frage 1: Nennen Sie die sechs Schritte der strukturierten Fehlersuche. Welcher Schritt wird am häufigsten übersprungen?

Frage 2: Ein PC startet nicht, die DRAM-LED leuchtet dauerhaft. Welche Ursachen kommen in Frage, und in welcher Reihenfolge gehen Sie vor?

Frage 3: Welche Bedeutung haben die Stopcodes MEMORY_MANAGEMENT, DRIVER_IRQL_NOT_LESS_OR_EQUAL und INACCESSIBLE_BOOT_DEVICE?

Frage 4: Erklären Sie die richtige Reihenfolge von sfc, DISM und chkdsk. Warum DISM vor sfc bei hartnäckigen Problemen?

Frage 5: Beschreiben Sie die 6-Stufen-Ping-Methode. Wo liegt das Problem, wenn Stufe 4 klappt, Stufe 5 aber nicht?

Frage 6: Was bedeutet eine APIPA-Adresse im Format 169.254.x.x? Welche Ursachen hat das?

Frage 7: Welche Einträge gehören in ein vollständiges Ticket? Warum ist Dokumentation so wichtig?

Frage 8: Ein Nutzer meldet „mein PC geht jeden Nachmittag um 15 Uhr einfach aus“. Welche Hypothesen haben Sie, und wie prüfen Sie sie?

IHK-Prüfungsaufgaben

Die folgenden Aufgaben sind im Stil der IHK-Abschlussprüfung Fachinformatiker / Systemintegration formuliert. Bearbeiten Sie zuerst eigenständig, vergleichen Sie dann mit der Musterlösung.

Aufgabe 1 *(10 Punkte)*

Hauptmann Müller meldet: „Mein PC fährt seit 2 Tagen jeden Nachmittag um 14:30 Uhr einfach aus. Ich verliere meine Arbeit." Standort: Liegenschaft München, Gebäude 12, Raum 207. Hostname BW-MUC-12-207-PC. Gerätealter ca. 2 Jahre.

a) Nennen Sie zwei zusätzliche Fragen, die Sie im Schritt „Identifizieren" sofort stellen. *(2 P.)*

b) Formulieren Sie drei plausible Hypothesen für die Ursache mit Begründung. *(3 P.)*

c) Welche zwei Eventlog-IDs sind zur Diagnose besonders relevant, und was bedeuten sie? *(2 P.)*

d) Beschreiben Sie kurz die 6-Schritt-Methodik der Fehlersuche. *(3 P.)*

Aufgabe 2 *(9 Punkte)*

Ein Bundeswehr-Sachbearbeiter meldet, dass sein Internet nicht funktioniert. Ipconfig zeigt eine IP-Adresse 169.254.187.42.

a) Was bedeutet die IP-Adresse 169.254.x.x, und was ist die wahrscheinliche Ursache? *(3 P.)*

b) Beschreiben Sie die 6-Stufen-Ping-Methode, mit der Sie das Problem systematisch eingrenzen. *(4 P.)*

c) Ein Windows-Bluescreen zeigt MEMORY_MANAGEMENT. Welche Komponente ist verdächtig, und welches Tool nutzen Sie zur Diagnose? *(2 P.)*

✓ Musterlösungen

Vergleichen Sie zuerst Ihre eigenen Lösungen mit den nachfolgenden Musterlösungen.

✓ Musterlösung Aufgabe 1

a) Erstens: Steht der PC in direkter Sonneneinstrahlung am Nachmittag? Zweitens: Wurden Windows-Updates installiert, oder gab es Änderungen an Energieoptionen / Aufgabenplanung?

b) Hypothese 1: thermisches Problem durch Sonneneinstrahlung am Nachmittag oder verstaubten Lüfter (Überhitzung → automatischer Shutdown). Hypothese 2: geplante Aufgabe (Task Scheduler) oder Energieoption mit Auto-Shutdown um 14:30. Hypothese 3: Hardware-Defekt (Netzteil, RAM) der unter Last instabil wird.

c) Event-ID 41 (Kernel-Power) – dokumentiert unerwarteten Shutdown ohne reguläre Anmeldung. Event-ID 1001 (BugCheck) – zeigt Bluescreen-Details mit Stopcode. Beide sind im Windows-Eventlog unter System abrufbar.

d) 1. Identifizieren (Problem klar beschreiben). 2. Reproduzieren (Fehler nachstellen). 3. Isolieren (Ursache eingrenzen: HW/SW/Nutzer/Zeit/Netzwerk). 4. Lösen (Maßnahme durchführen, immer nur EINE Variable auf einmal). 5. Verifizieren (prüfen ob Fehler weg). 6. Dokumentieren (Ticket abschließen).

✓ Musterlösung Aufgabe 2

a) APIPA-Adresse (Automatic Private IP Addressing). Bedeutet: kein DHCP-Server hat geantwortet. Ursachen: Netzwerkkabel lose, Switch-Port deaktiviert, DHCP-Server-Problem oder fehlende DHCP-Lease.

b) Stufe 1: ping 127.0.0.1 (TCP/IP-Stack). Stufe 2: ping eigene IP (Netzwerkkarte). Stufe 3: ping Default-Gateway (lokale Verbindung). Stufe 4: ping 8.8.8.8 (Internet-IP-Routing). Stufe 5: ping www.google.de (DNS-Auflösung). Stufe 6: tracert (Routing-Weg). Wo die Kette abreißt, liegt das Problem.

c) RAM ist verdächtig. Diagnose mit MemTest86 (kostenlos, von memtest86.com). Bootfähiger USB-Stick erstellen, im UEFI Boot-Reihenfolge anpassen, 8 Pässe durchlaufen lassen (typisch über Nacht). Schon ein einzelner Fehler bedeutet Modul-Tausch.

Anhang A – Abkürzungsverzeichnis

Die folgende Liste enthält die wichtigsten Abkürzungen aus diesem Skript. Für die IHK-Prüfung ist die Kenntnis dieser Begriffe Pflicht – sie tauchen regelmäßig in Multiple-Choice-Fragen und in Transferaufgaben auf.

Abkürzung	Bedeutung
ACL	Access Control List – Zugriffssteuerungsliste
AES	Advanced Encryption Standard – symmetrisches Verschlüsselungsverfahren
ALU	Arithmetic Logic Unit – Rechenwerk der CPU
APIPA	Automatic Private IP Addressing – Notfall-IP ohne DHCP (169.254.x.x)
ATX	Advanced Technology Extended – Mainboard-Formfaktor und Netzteil-Standard
AVX	Advanced Vector Extensions – SIMD-Befehlssatz
BAAINBw	Bundesamt für Ausrüstung, Informationstechnik und Nutzung der Bundeswehr
BIOS	Basic Input/Output System – klassische Firmware (Vorgänger von UEFI)
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
BW	Bundeswehr
BWI	BWI GmbH – IT-Dienstleister der Bundeswehr
CCD	Core Complex Die – Kernverbund bei AMD-CPUs
CPU	Central Processing Unit – Prozessor
CSM	Compatibility Support Module – Legacy-BIOS-Emulation im UEFI
DDR	Double Data Rate – RAM-Technologie
DIMM	Dual Inline Memory Module – RAM-Modul
DISM	Deployment Image Servicing and Management – Windows-Reparatur
DMI	Direct Media Interface – Intel-Chipsatz-Bus

Abkürzung	Bedeutung
DPI	Dots per Inch – Bildpunkt-Dichte, bei Scannern und Mäusen
DRAM	Dynamic RAM – gängige RAM-Bauart
ECC	Error-Correcting Code – Fehlerkorrektur im RAM
ESD	Electrostatic Discharge – elektrostatische Entladung
EPS	Entry-Level Power Supply – 8-Pin-CPU-Stromanschluss
EXPO	Extended Profiles for Overclocking – AMD RAM-Profile
FAT32	File Allocation Table 32-bit – Dateisystem
GPT	GUID Partition Table – moderne Partitionstabelle
GPU	Graphics Processing Unit – Grafikprozessor
HDD	Hard Disk Drive – klassische magnetische Festplatte
HID	Human Interface Device – USB-Klassentreiber für Tastatur/Maus
IHK	Industrie- und Handelskammer
IPC	Instructions per Cycle – Befehle pro Taktzyklus
JEDEC	Joint Electron Device Engineering Council – Standardgremium für RAM
LGA	Land Grid Array – CPU-Sockel-Typ (Pins im Sockel)
M.2	Kompakt-Formfaktor für SSDs und Erweiterungskarten
MAC	Media Access Control – 48-Bit-Hardware-Adresse im Netzwerk
MBR	Master Boot Record – klassische Partitionstabelle, max. 2 TB
MFP	Multifunction Printer – Drucker mit Scanner und Kopierer
NTFS	New Technology File System – Standard-Dateisystem Windows
NVMe	Non-Volatile Memory Express – moderne SSD-Anbindung über PCIe
OSI	Open Systems Interconnection – 7-Schichten-Modell für Netzwerke
PCIe	Peripheral Component Interconnect Express – moderner Erweiterungsbus

Abkürzung	Bedeutung
PGA	Pin Grid Array – CPU-Sockel-Typ (Pins an der CPU, alt bei AMD)
PnP	Plug and Play – automatische Geräte-Erkennung
POST	Power-On Self-Test – Selbsttest beim Einschalten
PSU	Power Supply Unit – Netzteil
PTT	Platform Trust Technology – Intels Firmware-TPM
QVL	Qualified Vendor List – Kompatibilitäts-Liste eines Mainboards
RAM	Random Access Memory – Arbeitsspeicher
RAID	Redundant Array of Independent Disks – Laufwerks-Verbund
SATA	Serial AT Attachment – Anschluss für Laufwerke
SCCM	System Center Configuration Manager – zentrale Client-Verwaltung
SINA	Sichere Inter-Netzwerk-Architektur – BSI-zertifizierter Krypto-Client
SMART	Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology – Laufwerks-Diagnose
SMT	Simultaneous Multithreading – bei Intel „Hyperthreading“
SPD	Serial Presence Detect – Timing-Daten im RAM-Modul
SSD	Solid-State Drive – Halbleiterspeicher-Laufwerk
TCO	Total Cost of Ownership – Gesamtkosten über Lebenszyklus
TDP	Thermal Design Power – Wärmeleistung, Richtgröße für Kühler
TPM	Trusted Platform Module – kryptographischer Sicherheits-Chip
UEFI	Unified Extensible Firmware Interface – moderne Firmware (Nachfolger BIOS)
USB	Universal Serial Bus – universeller Peripherie-Anschluss
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung – Batterie-Puffer bei Stromausfall
VA	Volt-Ampere – Scheinleistung bei USVs

Abkürzung	Bedeutung
VS-NfD	Verschlusssache – Nur für den Dienstgebrauch – niedrigste Geheimhaltungsstufe
XMP	Extreme Memory Profile – Intels RAM-Overclocking-Profil

Anhang B – Literatur und weiterführende Quellen

Die folgenden Quellen ergänzen dieses Skript und bieten Vertiefung für die Prüfungsvorbereitung sowie für die berufliche Praxis. Alle Angaben sind nach bestem Wissen zum Redaktionsstand (April 2026) korrekt; aktuelle Editionen finden sich über die üblichen Buchhandlungen und Fachportale.

Lehrbücher

- Tanenbaum, Andrew S. / Austin, Todd: Rechnerarchitektur – Von der digitalen Logik zum Parallelrechner. Pearson, aktuelle Auflage. Grundlagenwerk zur Computerarchitektur, für die Theorie von Kapitel 1 und 2 bestens geeignet.
- Hansen, Hans Robert / Mendling, Jan / Neumann, Gustaf: Wirtschaftsinformatik. De Gruyter Oldenbourg, aktuelle Auflage. Standardwerk für die kaufmännischen Prüfungsteile.
- Heise, Hans-Jürgen (Hrsg.): IT-Handbuch für Fachinformatiker. Rheinwerk Verlag, aktuelle Auflage. Umfassendes Nachschlagewerk für die gesamte Ausbildung.
- Dollinger, Norbert: IT-Berufe – Prüfungstrainer für die Abschlussprüfung. Westermann, aktuelle Auflage. Aufgabensammlung auf IHK-Prüfungs-Niveau mit Musterlösungen.

Dokumente und Online-Quellen

- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik: IT-Grundschutz-Kompendium. BSI-Standards 200-1 bis 200-4. Kostenlos unter www.bsi.bund.de. Pflichtlektüre für Bundeswehr-relevante Sicherheitsthemen.
- Microsoft Learn (docs.microsoft.com): Dokumentation zu Windows 11, PowerShell, Active Directory. Umfangreich, aktuell, kostenlos.
- Intel ARK (ark.intel.com) und AMD Produktseiten: technische Datenblätter aller CPUs und Chipsätze. Verlässliche Primärquelle für Kompatibilitäts- und Spezifikations-Fragen.
- JEDEC (www.jedec.org): Standards für DDR4, DDR5 und zukünftige RAM-Generationen.
- IHK Prüfungskataloge (jeweilige IHK-Website): Fragenkataloge aus früheren Prüfungen, oft kostenfrei einsehbar.

Werkzeuge und Testprogramme

- CPU-Z (cpuid.com): zeigt CPU-, RAM- und Mainboard-Details. Kostenlos.
- HWiNFO64 (hwinfo.com): umfangreiches Hardware-Monitoring, Sensoren, Logs. Kostenlos.
- CrystalDiskInfo (crystalmark.info): S.M.A.R.T.-Auswertung für Laufwerke. Kostenlos.
- MemTest86 (memtest86.com): Bootfähiger RAM-Test. Free-Version ausreichend.

- Microsoft Sysinternals Suite (learn.microsoft.com/sysinternals): Process Explorer, Autoruns, Process Monitor. Kostenlos.

Alle genannten Werkzeuge sind kostenlos verfügbar und sollten Teil des digitalen Werkzeugkastens jeder IT-Fachkraft sein. Sie ersparen im Alltag viele Stunden Diagnose-Arbeit.

. . .

Ende des Lernskripts
Viel Erfolg bei der IHK-Prüfung!

Anhang C – Bildnachweis

Die Fotos stammen von Wikimedia Commons und stehen unter freien Lizenzen (gemeinfrei, CC0, CC BY, CC BY-SA, FAL). Bei Weitergabe des Skripts sind Urheber und Lizenz wie unten angegeben zu nennen; Bearbeitungen von CC-BY-SA-Bildern sind unter derselben Lizenz weiterzugeben. Die Schemazeichnung zu den Debug-LEDs (Abb. 7) ist eine eigene Darstellung. Ein Klick auf den Dateinamen öffnet die Commons-Seite mit allen Lizenzangaben.

Abb.	Motiv	Urheber / Lizenz	Quelle (Wikimedia Commons)
1	Geöffneter Desktop-PC: Mainboard, CPU-Kühler, RAM, Laufwerke und Netzteil	Bubba73 / CC BY-SA 4.0	HP SFF desktop computer inside.jpg
2	Der IAS-Rechner (1952) – einer der ersten Computer nach dem Von-Neumann-Prinzip	Smithsonian Institution / gemeinfrei	IAS machine at Smithsonian.jpg
3	Leiterbahnen auf einem Mainboard – physisch sind die Busse Kupferbahnen	Chrihern / gemeinfrei	Motherboard bus.jpg
4	BIOS-/UEFI-Flash-Chip	Mixabest / CC BY-SA 3.0	BIOS@ASUS P8H67.JPG
5	CMOS-Batterie CR2032	Lukas A, CZE / gemeinfrei	CR2032 in mainboard.jpg
6	POST-Diagnosekarte mit Debug-LEDs und Codeanzeige	Markus Kuhn / CC0	BIOS POST card for PCI, PCIe and LPC bus.jpg
7	Lage von Debug-LEDs und Q-Code auf dem Mainboard (Schema)	Thomas Seuß, eigene Darstellung	–
8	Prozessor mit Heatspreader (Oberseite)	Eric Gaba / CC BY-SA 4.0	Intel CPU Core i7 6700K Skylake top.jpg
9	Intel LGA 1700: Kontakte im Sockel	Jacek Halicki / CC BY-SA 4.0	2023 Podstawka LGA 1700.jpg
10	AMD AM4 (PGA): Pins an der CPU	Ilya Plekhanov / CC BY-SA 4.0	Socket AM4 (ASRock AB350M Pro4) 01.jpg
11	CPU-Kühler mit Lüfter und Kühlkörper	ZeroOne / CC BY-SA 3.0	CPU fan and heatsink.jpg
12	DDR4-DIMM-Speichermodul	ElooKoN / CC BY-SA 4.0	RAM Module (SDRAM-DDR4).jpg
13	DDR5-DIMM	Smial / FAL	DDR5 SDRAM IMGP6304 smial wp.jpg
14	DDR4-DIMM – Kerbe an anderer Stelle	Smial / FAL	DDR4 Ram IMGP5859 smial wp.jpg
15	Vier DIMM-Steckplätze – farbige Slots kennzeichnen die Kanäle	Project Kei / CC BY-SA 4.0	Four SDRAM DIMM slots on a computer motherboard.jpg
16	DDR5-SODIMM (Notebook)	Sebastiaan Broekhoven (ITEagle Europe) / CC BY-SA 4.0	Ramaxel 16 GB DDR5-5600 SO-DIMM memory module.jpg
17	ECC-Registered-Modul (Server)	Mixabest / gemeinfrei	Micron PC2700 DDR ECC REG.JPG
18	Speichertest mit Memtest86+	Kreuzschnabel / gemeinfrei	Memtest86+-6.00b2.png
19	Mainboard in der Draufsicht	Smial / FAL	Intel DB75EN mainboard IMGP0779 smial wp.jpg
20	Kompaktes Mini-ITX-Mainboard	A Meaden / CC BY-SA 3.0	Mini-itx-motherboard.jpg
21	Platform Controller Hub (PCH) von Intel	Jpogi / CC BY-SA 4.0	Intel DH82H81 PCH.JPG
22	M.2-Steckplatz	Dsimic / CC BY-SA 4.0	M.2 connector on a computer motherboard.jpg
23	SATA-Anschlüsse	Raimond Spekking / CC BY-SA 4.0	Asus P8H61-MX USB3 - 4 SATA3G connectors-6521.jpg
24	Spannungsregler (VRM) neben dem CPU-Sockel	Dsimic / CC BY-SA 4.0	Voltage regulator module on a computer motherboard.jpg
25	Aufgeblähte Elektrolytkondensatoren	Bushytails / CC BY-SA 3.0	Bad Capacitor 01.jpg
26	I/O-Blende für die Gehäuserückseite	Klaus Eifert / CC BY-SA 3.0	Mainboard Slotblende V1a.JPG
27	Geöffnete Festplatte mit Magnetscheiben und Schreib-/Lesekopf	Matthew Field / CC BY-SA 3.0	Hard disk platters and head.jpg
28	2,5-Zoll-SATA-SSD	Qurren / CC BY-SA 3.0	Super Talent 2.5in SATA SSD SAM64GM25S.jpg
29	M.2-NVMe-SSD (M-Key, eine Kerbe)	smial / FAL	Samsung MZ-V6E500 m.2 SSD IMGP5309 smial wp.jpg
30	NAS mit geöffneten Laufwerksschächten	Korrupt / CC BY 4.0	Synology nas 413j front open.jpg
31	Festplatte nach einem Head-Crash	Alchemist-hp / CC BY-SA 3.0	Hard disk head crash.jpg
32	Geöffnetes Schaltnetzteil	siehe Commons-Seite / CC BY-SA 3.0	ATX power supply unit-open.jpg
33	ATX-Stecker 24-, 8- und 4-polig	Tobias Maier / CC0	ATX Power connectors 24pin 8pin 4pin PSU.jpg
34	Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)	Tahir mq / CC BY-SA 4.0	Uninterruptible power supply.jpg
35	HDMI-Stecker	Evan-Amos / gemeinfrei	HDMI-Connector.jpg
36	DisplayPort-Stecker mit Verriegelung	D-Kuru / CC BY-SA 3.0 at	DisplayPort connector-male-front oblique PNr°0440.jpg
37	Laserdrucker im Schnittbild	Welleman / gemeinfrei	Laser printer (cutaway diagram).jpg
38	Tonerkartusche (bei HP mit Trommel)	Sir James / gemeinfrei	Tonerkassette Laserdrucker HP.jpg
39	Geöffneter Flachbettscanner	Santeri Viinamäki / CC BY-SA 4.0	Epson V850 scanner open 20230920.jpg

Abb.	Motiv	Urheber / Lizenz	Quelle (Wikimedia Commons)
40	RJ45-Stecker	David.Monniaux / CC BY-SA 3.0	Ethernet RJ45 connector p1160054.jpg
41	SFP+-Transceiver	Dmitry Nosachev / CC BY-SA 4.0	LR-Link 10GBASE-SR SFP+ transceiver.jpg
42	USB-Steckerformen im Überblick	GeroZ / CC BY-SA 3.0	USB-Steckerformen.jpg
43	Typenschild eines Netzteils mit Prüfzeichen	Baran Ivo / gemeinfrei	ATX PS label.jpg
44	Etikett mit Seriennummer und Barcode	Raimond Spekking / CC BY-SA 4.0	Innovation IT SSD 2.5" 1 TB SATA III TLC-7138.jpg
45	Antistatik-Armband	Kms / CC BY 3.0	Antistatic wrist strap.jpg
46	ESD-Arbeitsplatz mit Matte und Erdungskabel	Toniperis / CC BY-SA 3.0	Anti static mat.png
47	Wärmeleitpaste	Darkone / CC BY-SA 2.5	Wärmeleitpaste Thermal Compound.jpg
48	Geöffneter LGA-Sockel mit Hebel	smial / FAL	Socket LGA 1366 open R7309468 wp.jpg
49	Boxed-Kühler	w:ruFox89 / gemeinfrei	Intel CPU cooler made by Sanyo Denki 20070628.jpg
50	Pinleisten (Frontpanel-Header) auf dem Mainboard	Mintaren / CC BY-SA 4.0	Part of a Motherboard, pin headers.JPG
51	UEFI-Setup mit Boot-Reihenfolge	Paowee / CC BY-SA 4.0	Lenovo ThinkPad T470 UEFI BIOS 1.75 setup - boot menu selection.JPG
52	POST-Karte mit 7-Segment-Anzeige	Markus Kuhn / CC BY-SA 4.0	BIOS POST card for PCI, PCIe and LPC bus 7segment.jpg
53	Aufgeblähter Notebook-Akku	sparti24 (Flickr) / CC BY-SA 2.0	Macbook Pro 15inch swollen battery.jpg
54	Bluescreen (ältere Windows-Version – seit Windows 11 24H2 ist der Absturzbildschirm schwarz)	Ente75 / CC0	Blue Screen of Death on Internet Terminal.JPG
55	Netzwerkkabeltester	Smial / FAL	Network cable tester IMGP1639 smial wp.jpg
56	Digitalmultimeter	Michael Häckel / gemeinfrei	Digitalmultimeter.jpg
57	Verstaubte Kühlrippen – Ursache für Überhitzung	Dale Mahalko / CC BY-SA 3.0	Laptop overheating due to dust-clogged internal heatsinks in 2.5 year old laptop.jpg