

7 Wunsch-PC zusammenstellen

Sie wollen einen PC selbst zusammenstellen oder die Komponenten für eine Aufrüstung selbst aussuchen? In diesem Kapitel versuche ich zu erklären, welche Teile ich dafür aussuchen würde und wie ich dabei vorgehen würde, um einen PC der „gehobenen Mittelklasse“ zu bauen, der bei einem moderaten Preis sowohl als „Office-PC“ als auch für den „normalen“ PC-Nutzer genügend Leistung bietet. Falls Sie Ihren PC reparieren oder aufrüsten wollen, können Sie ebenfalls den Kauf der im folgenden vorgeschlagenen Teile erwägen.

7.1 KRITERIEN

- Der Anschaffungspreis ist Nebensache, **besonders dann**, wenn man nicht viel Geld hat. Nachbessern und Aufrüsten kostet mehr, als von Anfang an etwas Ordentliches zu kaufen.
- Mit langlebigen Komponenten vermeidet man nicht nur Reparaturen und Datenverluste, sondern man senkt auch die Anschaffungskosten, langfristig gesehen.

7.1.1 Darf es auch etwas teurer sein?

Nehmen wir an, dass ein durchschnittliches PC-System (ohne Bildschirm und Drucker) 500 Euro kostet. Geteilt durch eine Nutzungsdauer von drei Jahren entspricht das 14 Euro pro Monat oder 50 Cent pro Kalendertag – so viel wie zwei Zigaretten. Im Vergleich zu manch anderem Hobby ist ein PC gar nicht so teuer. Wenn Sie bereit sind, beim Kauf eines PCs 100 Euro mehr zu investieren (auf drei Jahre verteilt sind das 3 Euro pro Monat), können Sie sich einen wesentlich besseren PC zusammenstellen: schneller, zuverlässiger, leiser ... Ist Ihnen das nicht 10 Cent pro Tag wert?

Wenn Sie Firmenchef sind, vergleichen Sie diese Mehrkosten mit den Tausenden Euro Lohn- und Nebenkosten, die pro Monat und Mitarbeiter anfallen! Zudem sagen zahlreiche Statistiken übereinstimmend, dass die laufenden Betreuungskosten von Firmen-PCs (Service, Updates, Reparaturen usw.), ergänzt um die Ausfallkosten bei Störungen, drei- bis zehnmal höher sind als die Anschaffungskosten. Mit anderen Worten: Langfristig betrachtet fällt der Anschaffungspreis nicht ins Gewicht. Statistisch erwiesen ist andererseits, dass qualitativ höherwertigere, gut ausgestattete PCs geringere Betreuungskosten verursachen. Eine SSD beschleunigt nicht nur die normale Arbeit, sondern auch Updates, Installationen und Reparaturen.

Sie sind kein Firmenchef? Denken Sie trotzdem darüber nach. Wenn Ihnen das Basteln am PC Spaß macht, werden Sie die Arbeitsstunden nicht zählen. Wenn Sie aber bei Problemen häufig einen Fachmann aufsuchen und bezahlen müssen, sollten Sie vielleicht anfangen, wie ein Firmenchef zu denken und zu rechnen.

Die Engländer sagen „You get what you pay“ (Du bekommst das, wofür du bezahlst), sehr frei übersetzt „Ich bin zu geizig, um mir billige Produkte leisten zu können“.

Sie sind sehr knapp mit dem Geld? Dann sollten Sie erst recht nicht „Schrott ab Werk“ kaufen. Ich werde Ihnen Hinweise geben, wie man mit einem preiswerten PC beginnt und diesen Schritt für Schritt mit Hardware-Updates aufrüstet.

7.1.2 Umwelt

Die Herstellung eines PC kostet etwa 3000 kWh Energie, hat das Wuppertaler Institut für Klima, Umwelt und Energie ausgerechnet. Daran „schuld“ ist unter anderem der Energiebedarf für Klima- und Filtertechnik in der Reinraumfertigung und die energieaufwendige Herstellung hochreiner Materialien. Dazu ein paar Zahlen:

- Die 2001 in Dresden gebaute Infineon-Halbleiterfabrik kostete drei Milliarden Euro, die Betriebskosten betragen drei Millionen Euro pro Tag. Heutzutage sind die Investitionen noch höher: Intel baut zwei Chipfabriken in Arizona für zusammen 17 Milliarden Euro, die 2024 fertig sein sollen.
- Die Infineon-Fabrik hat fünf Stockwerke: eins für die Produktion und darüber weitere vier für die Luftaufbereitung. Die Luft in der Produktionshalle wird sechs mal pro Minute ausgetauscht und gefiltert, damit sich der Staub (Hautschuppen, Abrieb der Schuhsohlen u.a.) nicht absetzen kann.
- Es sind 1000 Prozessschritte nötig, um einen hochintegrierten Chip zu fertigen.

Ein durchschnittlicher Büro- oder Heim-PC kommt mit weniger als 100 Watt aus. Wenn Sie einen PC, der 100 Watt Leistung benötigt, pro Kalendertag fünf Stunden einschalten, braucht er in drei Jahren $0,1 \text{ kW} \times 5 \text{ Stunden} \times 365 \text{ Tage} \times 3 \text{ Jahre} = 550 \text{ kWh}$ – das ist wenig im Vergleich zu einem Herstellungsaufwand von typisch 3000 kWh. Wobei der Herstellungsaufwand kaum davon abhängt, ob ein billiger oder ein hochwertiger PC hergestellt wird.

Die Belastung der Umwelt durch Schadstoffe ist enorm. Blei (im Lötzinn) ist giftig, krebserzeugend und fortpflanzungsschädigend. Cadmium (im Silberlot und in Akkus) ist hochgiftig und krebserzeugend. Vor allem bei der Herstellung von Leiterplatten fallen große Mengen von sauren und alkalischen Ätzlösungen und anderen schwermetallhaltigen Abfällen an, deren Recycling schwierig und teuer ist. Etwa 10 % bis 15 % der PCs und der für die Herstellung verwendeten Hilfsmittel landen auf Spezialdeponien.

Wenn Sie einen hochwertigen PC kaufen oder bauen, der nach ein paar Aufrüstungen für mindestens fünf Jahre eine gute Leistung bringt, ist das langfristig sowohl für Ihren Geldbeutel als auch für die Umwelt gut.

7.1.3 Muss es die allerneueste Technologie sein?

„Neu“ bedeutet im Unterschied zu „bewährt“ auch immer: Es ist noch nicht allzu sehr in der Praxis erprobt. Es gibt für PCs keinen TÜV und keine Crashtests. Selbst die Standards werden nachgebessert. Ein Beispiel dafür ist die neue M.2 Schnittstelle, die von Intel im Jahr 2012 entworfen wurde. M.2 ist vor allem für SSDs interessant. Moderne Hauptplatinen sind mit einem M.2 Steckplatz ausgestattet. Mit einer M.2-SSD kann man die gegenwärtig höchste Boot- und Arbeitsgeschwindigkeit erreichen.

„Neueste Technologie“ bedeutet in der Computerbranche, dass Sie zuerst das Testobjekt für viel Geld kaufen müssen, um als unbezahlter Tester an einem Großversuch teilzunehmen. Drei bis zwölf Monate nach der Markteinführung eines neuen Produkts hat der Hersteller das neue Produkt meist so weit nachgebessert, dass man es relativ unbesorgt kaufen kann. Die Fachzeitschriften werden hilfreiche Tipps zur Bewältigung der übriggebliebenen Probleme veröffentlichen. Ob Hard- oder Software: Kaufen Sie möglichst nichts, was gerade erst brandneu auf den Markt gekommen ist!

Mein Haupt-Arbeitsgerät ist ein zehn Jahre alter iMac mit einem Intel Core i5-3470 und 16 GB RAM, den ich mit einer SSD aufrüstet habe. In meinem besten Windows-PC steckt eine ASUS-Hauptplatine mit einem Intel i5-7400 der 7. Generation darauf (auf dem Markt seit 2017). Ich kenne durchaus die neuen Entwicklungen (weil ich PCs für meine Kunden zusammenbaue), doch für meinen eigenen Bedarf reichen meine bewährten alten Computer gegenwärtig noch aus.

7.1.4 Tendenzen

Bis Windows 7 galt die Regel, dass jede neue Betriebssystem-Generation mehr Hardware-Leistung braucht, um seine Aufgaben auf dem Geschwindigkeitsniveau des Vorgängers zu erfüllen, siehe Tab. 7.1.

	32 Bit	64 Bit
Windows 98	16 MB	
Windows 2000	64 MB	
Windows XP	128 MB	0,5 GB
Windows Vista	0,5 GB	1 GB
Windows 7	1 GB	2 GB
Windows 8	1 GB	2 GB
Windows 10	1→2 GB	2 GB
Windows 11		4 GB

Tab. 7.1: RAM Mindestausstattung

Eine Zeit lang hat sich Microsoft darum bemüht, Windows zum Betriebssystem auch für Smartphones und Tablets zu machen.

Durch Codeoptimierungen und Entsorgung von Software-Altlasten war die Mindest-Speicheranforderung von 1 GB für Windows 7 auch für Windows 8 und Windows 10 ausreichend, und auch die Anforderungen an die CPU-Leistung sind nur wenig gestiegen. Seit dem Anniversary Update vom Herbst 2016 änderte Microsoft die Mindestanforderung für Windows 10 von 1 auf 2 GB RAM. Mit 4 GB RAM und Doppelkern-CPU's mit 3 GHz sind Sie für die meisten Büro-Anwendungen zur Zeit noch ausreichend gerüstet. 8 GB RAM sind die empfehlenswerte Ausstattung für Neugeräte, eine Aufstockung auf 16 GB oder mehr bringt bei einigen Anwendungen ein spürbares Mehr an Leistung.

854 × 480	0,5 GB
1366 × 768	1 GB
1920 × 1200	2 GB
2560 × 1600	3 GB
2560 × 2048	4 GB

Tab. 7.2: RAM-Mindestbedarf für Windows 10 auf Mobilgeräten ist abhängig von der max. Bildschirmauflösung

Ob Bildschirmarbeit zu bleibenden Augenschäden führen kann, wurde früher verneint. Neuere statistische Untersuchungen beweisen eindeutig: Der Beginn der Altersweitsichtigkeit verschiebt sich auf frühere Jahre. Je länger die tägliche Bildschirmarbeit, desto wahrscheinlicher sind Augenbeschwerden. Erschwerend kommt hinzu, dass sich die Augen weder auf dem Weg zur Arbeit noch auf dem Heimweg ausruhen können, denn da schaut man ja auf das winzige Display vom Smartphone.

Zum Glück gibt es inzwischen bezahlbare technische Innovationen. Mit der Sammelbezeichnung „4k“ werden höhere Auflösungen bezeichnet, die in der Waagerechten etwa viertausend Pixel haben und vom Auge nicht mehr als unscharf empfunden werden. Im Kino ist 4k längst Realität.

Die Auflösung von 3840×2160 Pixeln hat sowohl in der Höhe als auch in der Breite genau die doppelte Pixelzahl wie HDTV und heißt **Quadruple Full High Definition** (Vierfache volle hohe Auflösung), auch als 4k-Auflösung bezeichnet. 2013 kostete ein solcher Monitor noch 8000 Euro, im November 2023 ist der Preis gefallen: Eizo EV2785 (27“) für 600 Euro. Den Samsung U28E590D 28“, im Mai 2023 noch 700 Euro, gibt es als Auslaufmodell für 222 Euro.

Bezeichnung	Auflösung
HDTV	1920×1080
(Apple 27“)	2560×1440
WQXGA	2560×1600
QFHD 4k	3840×2160
Digital Cinema 4k	3996×2160
UHDTV	7680×4320

Wird die Pixelzahl in Höhe und Breite ein weiteres Mal verdoppelt, erhält man die **Ultra HDTV** Auflösung, also im Vergleich zu HDTV je vierfache Pixelzahl in Breite und Höhe. UHDTV wird es als „8k UHD“ beworben, die Verwechslungsgefahr mit UHD ist groß. Bei Preisen von etwa 4090 Euro für einen 32" Monitor („Dell UltraSharp UP3218K 7680×4320 Pixel 8K“ im November 2023) ist diese Auflösung noch exotisch. Neuere Grafikkarten unterstützen diese Auflösung. Genug Rechenleistung für eine ruckelfreie Darstellung könnte ein Problem sein.

Die HDTV-Auflösung für Computerdisplays ist allmählich zum Standard geworden. Es wächst die Zahl von Webseiten, die auf HD-Auflösung optimiert sind. Doch im Privatbereich sind noch zahlreiche Bildschirme mit einer Auflösung von 1280×1080 und sogar 1024×768 im Einsatz.

Anhand der von Microsoft empfohlenen RAM-Ausstattung für Windows-Smartphones (Tab. 7.2) sieht man: Für höhere Auflösungen braucht man mehr RAM. Empfehlung für den PC: Orientierung auf 8 GB, längerfristig auf 16 GB, obwohl 4 GB ausreichen, wenn extrem gespart werden muss. Eine Ausstattung mit nur 2 GB ist indiskutabel.

Die Ansprüche hochwertiger Actionspiele an die PC-Leistung sind in den letzten Jahren langsamer gestiegen als die Rechenleistung der PCs, so dass auch Spieler-PCs eine längere Nutzungsdauer erreichen können.

7.2 MARKTFÜHRER

Die nebenstehende Tabelle enthält meine persönlichen Favoriten. Die genannten Firmen geben auf ihre Erzeugnisse teilweise drei bis fünf Jahre Garantie, weil deren Ausfallhäufigkeit gering ist. Sie haben einen großen Marktanteil und dadurch die Finanzkraft, an bahnbrechenden Technologien zu forschen. Sie sind in der Lage, Spitzengehälter für die weltbesten Ingenieure zu zahlen. Sie können es sich leisten, mit der Auslieferung angekündigter neuer Produkte monatelang und notfalls jahrelang zu warten, bis vorhersehbare Probleme ausgeräumt sind.

Diese Liste bedeutet nicht, dass Erzeugnisse dieser Firmen immer die besten sind. Auch bei den Besten gibt es Qualitätsschwankungen in der Forschung und der Produktion, und das Rudel der Konkurrenten arbeitet unablässig daran, mit neuen Technologien die Marktführerschaft zu übernehmen. Doch wenn Sie weder Zeit noch Lust haben, zahllose Testberichte auszuwerten, dann greifen Sie zu einem Produkt dieser Firmen. Es wird wahrscheinlich kein Fehlgriff sein.

CPU und Chipsatz	Intel
Mainboard	ASUS
RAM	Kingston
Grafikkarte	NVIDIA
Festplatte (magnetisch)	Seagate
SSD	Samsung
Optische Laufwerke	LG
Bildschirm	ASUS, Samsung
Drucker (Tinte)	Canon
Drucker (Laser)	HP

Tab. 7.4. Meine Hardware-Favoriten 2023

7.3 HAUPTPLATINE, CPU UND RAM

Falls Sie einen Gaming-PC bauen wollen, sollten Sie mit der Auswahl von Grafikkarte und CPU beginnen und danach die dazu passende Hauptplatine und alles andere aussuchen. Budgetvorschlag: Die Hälfte des Budgets oder etwas mehr für Grafikkarte und CPU reservieren. Davon verwenden Sie zwei Drittel für die Grafikkarte und ein Drittel für die CPU. Die CPU sollte genug PCIe-Lanes haben, um die Grafikkarte ohne den Umweg über den Chipsatz direkt anzusteuern (was die Hauptplatine ermöglichen muss).

Für PCs, bei denen nicht die Grafikleistung im Mittelpunkt steht, gelten andere Maßstäbe. Für Büro- und Alltags-PCs reicht oft eine integrierte Grafikkarte. Hier sollten die Überlegungen – auch im Interesse der Langlebigkeit des Computers – mit einer soliden Hauptplatine beginnen.

7.3.1 Vorüberlegungen zur Hauptplatine

Sie heißt nicht nur **Haupt**platine, sie ist tatsächlich das wichtigste Bauteil. Fast alle Komponenten eines PCs werden auf die Hauptplatine auf- oder angesteckt. Die Hauptplatine stellt Transportwege für Daten bereit und limitiert deren Übertragungsgeschwindigkeiten.

Wenn die jetzt gekaufte Hauptplatine in ein paar Jahren gegen eine modernere ausgetauscht werden soll, bedeutet das:

- meist eine neue CPU,
- meist eine neue Generation RAM,
- eine Neuinstallation des Betriebssystems.

während ein Austausch der CPU oder eine RAM-Aufstockung völlig unproblematisch sind.

Deshalb sollte die Zukunftssicherheit der Hauptplatine einen hohen Rang haben. Wenn Sie sparen wollen: besser ein hervorragendes Board mit Billig-CPU kaufen und später einmal die CPU wechseln als umgekehrt. Falls Sie Ihre Windows-10-Lizenz auf einem kostenlosen Upgrade von Windows 7 beruht, ist sie nach meinem Kenntnisstand an das Mainboard gebunden: Wenn Sie das Mainboard wechseln, müssen Sie eine neue Windows-Lizenz kaufen. Die gibt es z. B. bei softwarebilliger.de für etwa 25 Euro.

Wenn die Hauptplatine komplett mit Polymer-Kondensatoren bestückt ist, wird der Hersteller in der Werbung deutlich darauf hinweisen. Billige Mainboards sind mit Elektrolyt-Kondensatoren bestückt. Der Elektrolyt in den Elkos der verdunstet allmählich, was deren Speicherkapazität verringert. Besonders gefährdet sind die Spannungsregler-Kondensatoren rund um die CPU, weil sie von der CPU ständig gut „gewärmt“ werden.

Weiterhin sollten Sie großen Wert auf viele Steckplätze legen. Die Möglichkeit, einen PC durch Steckkarten an wechselnde Bedürfnisse anzupassen, trägt wesentlich dazu bei, den Personal Computer zu einen individuellen, persönlichen Computer zu machen. Wenn Sie irgendwann einmal USB 4.0 benötigen oder Sie wollen Heizung, Jalousie und Modelleisenbahn mit dem PC steuern, können Sie das mit einer Steckkarte nachrüsten – vorausgesetzt, Sie haben freie Steckplätze.

Hauptplatinen der mittleren und preiswerten Klassen haben meist eine integrierte Onboard-Grafiklösung, was die Anschaffung einer Grafikkarte in manchen Fällen erübrigt. Doch auch wenn Sie heute ohne Actionspiel auskommen, kann später einmal eine Grafikkarte nötig werden, um einen Bildschirm mit 4k- oder 8k-Auflösung anzuschließen. Einen zweiten 16-Bit-Slot (PCIe-16) sollte man in Reserve haben: vielleicht für eine superschnelle PCIe-SSD-Festplatte oder für eine zweite Grafikkarte, falls Sie den PC später einmal an die heranwachsenden Kinder weitergeben wollen.

Wenn Sie Ihr Gehäuse ausmessen, wie groß die Hauptplatine höchstens sein darf, sollten Sie auch auf die „lichte Höhe“ achten. Wenn hohe Teile der Hauptplatine unter den Laufwerkskäfigen angeordnet sind, könnte der Platz zu knapp sein. Achten Sie auch auf hohe Kühlkörper über dem Chipsatz und auf den Spannungsreglern.

7.3.2 Hauptplatine

Mainboards von ASUS gibt es in verschiedenen Qualitäten: „Business“, „Prime“, „CSM“, „ROG“ und „TUF“. „Business“ und „Prime“ stehen für professionelle Qualität. „CSM“ – „Corporate Stable Model“ ermöglicht Unternehmen, die Wartungskosten durch Begrenzung der Modellvielfalt zu senken. CSM-Boards kann man mindestens 36 Monate nachkaufen und einschließlich BIOS-Einstellungen und Schnittstellen aus der Ferne fernwarten. „ROG“ – „Republic of Gamers“ glänzt mit Übertaktungsmöglichkeiten und Extras bei der Ausstattung. „TUF“ – „The Ultimate Force“ bezeichnet robuste, besonders langlebige und zuverlässige Hauptplatinen, die „auf jedem Schlachtfeld bestehen“ (Originalton ASUS). Es werden Komponenten verbaut, deren Haltbarkeit militärischen Kriterien entspricht (Bild 7.1). Darüber hinaus haben ROG und TUF Mainboards Steckplätze und Anschlüsse mit erhöhter mechanischer Stabilität.

Beispiel: TUF Gaming ASUS B760M-Plus WIFI, Preis etwa 175 €

Dieses Mainboard mit dem B760 Chipsatz kann mit CPUs der 12. oder der 13. Generation mit 1700 Pins bestückt werden, angeblich auch mit CPUs der neuesten 14. Generation.

Basiseigenschaften

- Die maximale DDR5-Speicherkapazität beträgt $4 \times 128 \text{ GB} = 512 \text{ GB}$. Ist das Board mit einer CPU Core i7 oder Core i9 bestückt, kann der Speicher bis 6600 MHz übertaktet werden.
- 1 × PCIe-16 V5.0
- 1 × PCIe-16 V4.0: davon max. 8 Lanes nutzbar. AMD CrossFireX wird unterstützt.
- 1 × PCIe-1 V4.0
- Integrierte Grafik mit HDMI 2.1 (4096 × 2160) und DisplayPort 1.4 (4096 × 2304).
- Vier SATA-3-Anschlüsse mit 6 Gb/s, welche RAID 0 / 1 / 15 / 10 ermöglichen.
- Zwei M.2 Steckplätze mit M-Key, Typ 2242/2260/2280 arbeiten mit PCIe V4.0.
- An der Rückseite insgesamt acht mal USB:
1 × USB 3.2 Gen2x2 (2 × 10 Gb/s) Typ C
4 × USB 3.2 Gen2 (10 Gb/s) Typ A
1 × USB 3.2 Gen1 (5 Gb/s) Typ A
2 × USB 2.0 (0,5 Gb/s) Typ A
- Für die Vorderseite sind sieben Anschlüsse möglich (wenn das Gehäuse diese anbietet):
1 × USB 3.2 Gen2x2 (2 × 10 Gb/s) Typ C
4 × USB 2.0 Typ A
1 × USB 3.2 Gen1 (5 Gb/s) Typ A
- Bluetooth V5.2
- LAN: Super Speed Ethernet mit 2,5 Gbit
- WLAN 802.11a/b/g/n/ac/ax. Die beiliegenden WLAN-Antennen werden an der Rückseite angeschraubt.

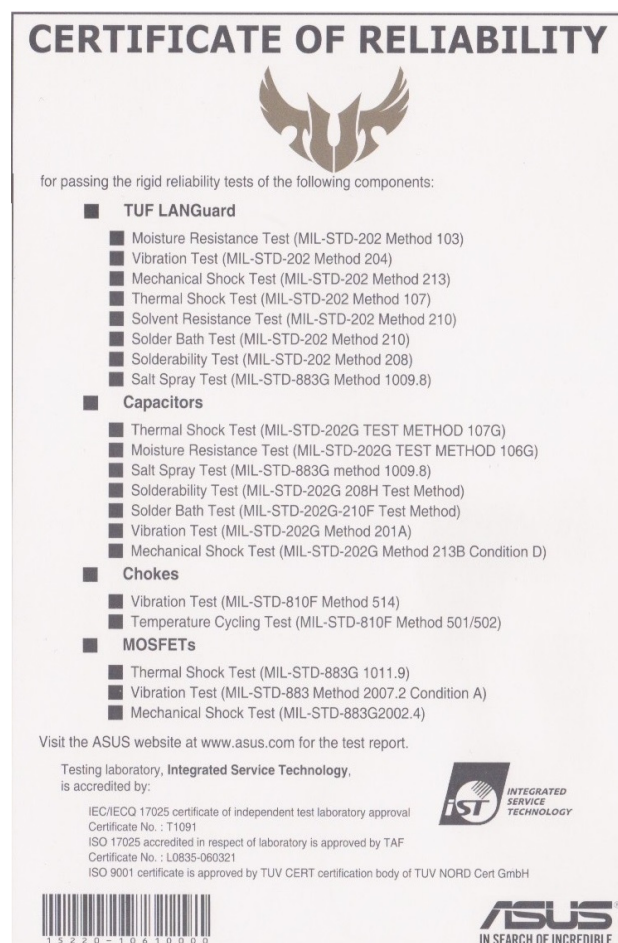


Bild 7.1: ASUS Qualitäts-Zertifikat für ein TUF Mainboard

Überdurchschnittliche und zukunftsweisende Eigenschaften

- Preisgekröntes UEFI-BIOS, das sogar Ihre Notizen, Menü-Favoriten und frühere Einstellungen speichert und einen Screenshot der BIOS-Einstellungen auf USB-Stick speichern kann.
- Mit AMD 2-Way-CrossFireX (x16/x4) kann man zwei Grafikkarten zusammenschalten.
- Zusätzlich zum CPU-Lüfter können zwei Gehäuselüfter und eine Wasserpumpe angesteckt werden.

Fan Xpert 2+ ermöglicht es, für jeden Lüfter eine individuelle Regelung einzustellen.

- Enhanced ESD protection: Alle Anschlüsse sind gegen ESD (Statik-Entladungen) bis 10 000 V geschützt.
- Vollständige **Qualified Vendor List** (Liste der geprüften Zubehör-Lieferanten) ist online verfügbar.

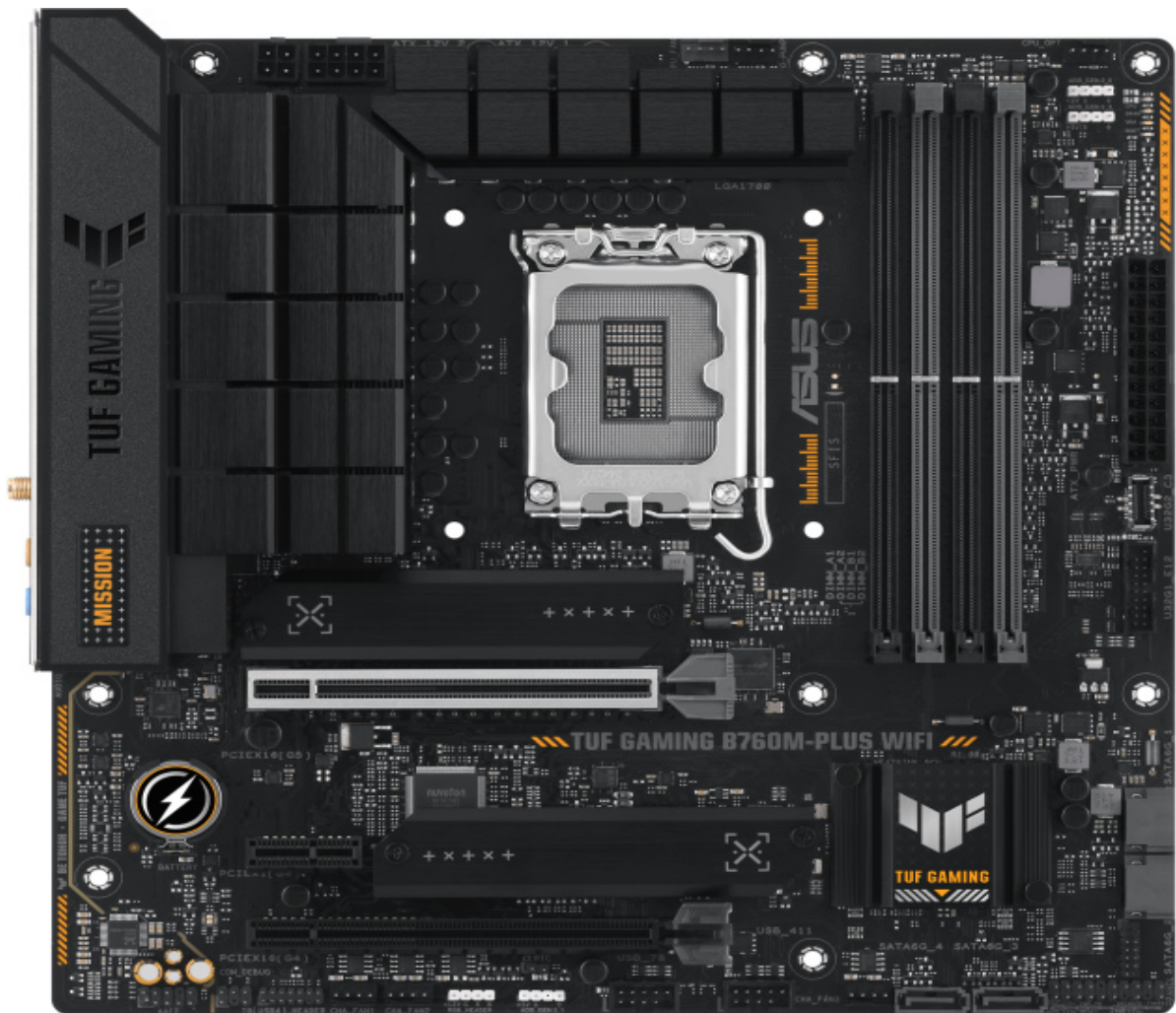


Bild 7.2: Mainboard B760M-Plus WIFI

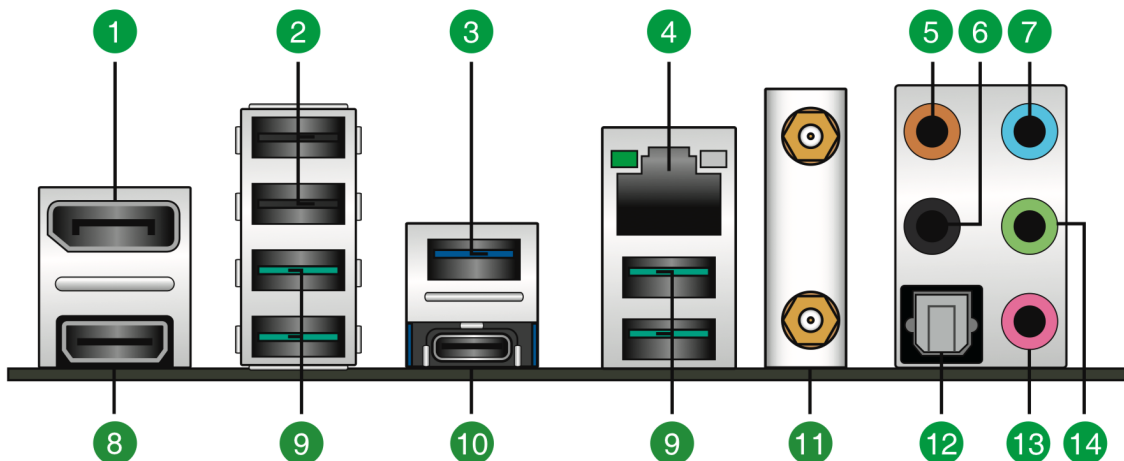


Bild 7.3: Die rückseitigen Anschlüsse des ASUS TUF Gaming B760M-Plus: 1: DP, 2: USB 2.0, 3: USB 3.2 (Gen1) 5Gb/s 4: LAN 2,5 Gb, 5: Subwoofer, 6: Hinterer Lautsprecher, 7: Line-In, 8: HDMI, 9: USB 3.2 (Gen2) 10: USB 3.2 (Gen2x2) Typ C, 11: WiFi6-Antenne, 12: S/PDIF Ausgang, 13: Mikrofon, 14: Line-Out

7.3.3 CPU

„CeleronG“ und „PentiumG“ sind Bezeichnungen für technologisch ältere, besonders preiswerte CPUs. Ab 2023 wird Intel den Celeron und den Pentium unter dem neuen Markennamen „Intel Processor“ führen. Die „Core“-Modelle sind fortschrittlicher und leistungsfähiger. Die Modellreihe „Core i3“ ist für den unteren Leistungsbereich, „Core i5“ für den mittleren und „Core i7“ für den oberen Leistungsbereich. „Core i9“ steht für Spitzenleistung.

Hinter „Core ix“ folgt hinter einem Minuszeichen die mehrstellige Modellnummer, die seit 2011 mit der „Generationsnummer“ beginnt. Die 10. Generation heißt „Comet Lake“ oder „Ice Lake“, mit „Rocket Lake“ oder „Tiger Lake“ wird die 11. Generation bezeichnet. Die 12. Generation heißt „Alder Lake“ und die 13., die neueste, heißt „Raptor Lake“. Wenn Sie mehr über Prozessorgenerationen lesen wollen, beginnen Sie mit den Wikipedia-Artikeln „Intel-Comet-Lake-Mikroarchitektur“ oder „AMD Ryzen“.

- Wenn Sie die CPU übertakten wollen, brauchen Sie ein Board mit „Z“-Chipsatz und eine CPU mit einem „K“, „X“ oder „XE“ hinter der Modellnummer (z. B. Core i7-13800K), wobei „XE“ das höchste Übertaktungspotential hat.
- Ein „F“ hinter der Modellnummer bedeutet, dass in der CPU die integrierte Grafik deaktiviert ist und Sie eine separate Grafikkarte brauchen. Für anspruchsvolle Spiele ist eine hochwertige Grafikkarte zu empfehlen, und dann ist es sinnvoll, auf einen Grafikeil in der CPU zu verzichten.
- Ein „T“ kennzeichnet „energieoptimierte“ CPUs.
- Notebook-CPUs werden mit einem „H“ gekennzeichnet, besonders stromsparende mit „U“.

Die von mir empfohlene Hauptplatine TUF Gaming B760M-Plus WIFI kann mit CPUs Celeron, Pentium, Core i3, Core i5, Core i7 und Core i9 CPUs der 12. oder 13. Generation bestückt werden. Hier die QVL-Liste aller kompatiblen CPUs: https://www.asus.com/de/motherboards-components/motherboards/tuf-gaming/tuf-gaming-b760m-plus-wifi/helpdesk_qvl_cpu/?model2Name=TUF-GAMING-B760M-PLUS-WIFI

Suchen Sie sich aus dieser Liste eine beliebige CPU aus. Alle CPUs haben 20 PCIe-Lanes. Von diesen gehen 16 zu einem oder 8 + 8 zu zwei Grafikkarten-Steckplätzen. Über die restlichen vier Lanes kann die CPU direkt auf einen SSD-Speicher zugreifen, unter Umgehung des Chipsatzes.

Einige CPUs der 13. Generation, meine Empfehlung für hohe Leistung fett hervorgehoben:

Core i9-13900	5,6 GHz	(8P+16E Kerne)	36 MB Cache	660 €
Core i7-13700	5,2 GHz	(8P+8E Kerne)	30 MB Cache	420 €

Einige CPUs der 12. Generation, meine Preis-Leistungs-Empfehlung fett hervorgehoben::

Core i9-12900	5,1 GHz	(8P+8E Kerne)	30 MB Cache	480 €
Core i7-12600K	4,9 GHz	(6P+4E Kerne)	20 MB Cache	250 €
Core i5-12400	4,4 GHz	(6P Kerne)	18 MB Cache	195 €
Core i3-12100	4,3 GHz	(4P Kerne)	12 MB Cache	130 €
Celeron G6900	3,4 GHz	2 Kerne	2,5 MB Cache	60 €

Falls Sie einen Spieler-PC mit einer Intel-CPU konfigurieren, beachten Sie, dass einige Spiele zwingend nach einer CPU mit mindestens vier Kernen verlangen.

Im Artikel der Zeitschrift „PC Games“ finden Sie die ständig aktualisierte CPU-Kaufberatung von 2023: <https://www.pcgameshardware.de/CPU-CPU-154106/Tests/CPU-Test-Benchmark-AMD-Intel-675663/>

Eine CPUs der 13. oder 12. Generation kaufen?

Intel liefert die 13. CPU-Generation seit dem 1. Quartal 2023 aus. Die Leistung ist natürlich höher als bei der Vorgängergeneration, andere Kennzeichen sind unverändert: Beide Generationen unterstützen PCIe 4.0

und PCIe 5.0. Die CPUs können DDR-4 oder DDR-5 Arbeitsspeicher ansteuern. Der Mainboardhersteller entscheidet, ob das Board mit DDR-4 oder DDR-5 Steckplätzen bestückt wird. Acht PCIe-Lanes des Direkt-Media-Interface verbinden die CPU mit dem Chipsatz.

Die höherwertigen CPUs haben zwei Arten von Kernen: **Performance-Kerne** und **Effizienz-Kerne**. In dieser Hybrid-Architektur übernehmen die P-Kerne die Hauptarbeit. Die neuen E-Kerne übernehmen Hintergrundaufgaben. Ein **Thread Director** unterteilt die Arbeit und weist sie dem jeweils bestgeeigneten Kern zu. Windows 11 arbeitet mit dem Thread Director zusammen.

Der Core i9-12900 beispielsweise läuft mit einem Grundtakt von 2,4 GHz und kann kurzzeitig bis 5,1 GHz übertakten. Er hat acht multithreadfähige P-Kerne (kann also 16 Threads abarbeiten) und weitere acht E-Kerne, die nicht multithreadfähig sind. Es können also 24 Threads $((2 \times 8) + 8)$ gleichzeitig verarbeitet werden. Der i9-12900 hat 20 % weniger Leistung als der i9-13900, kostet aber weniger als die Hälfte.

Ich sehe mehrere mögliche Gründe, eine ältere CPU zu nutzen:

- Man braucht die Höchstleistung (gegenwärtig) einfach nicht. Vielleicht wäre in ein oder zwei Jahren das Auswechseln der CPU sinnvoll, wenn der Preis des i9-13900 unter 300 Euro gefallen ist.
- Die alte Hauptplatine ist defekt und man möchte die vorhandene CPU weiter nutzen.
- Man möchte eine neue Hauptplatine wegen der Anschlüsse: USB 3.2, WLAN, LAN mit 2,5 GHz oder wegen PCIe 5.0 für die M.2 SSD. Die vorhandene CPU soll weiter genutzt werden.

7.3.4 RAM

Kühlkörper

Viele Hersteller bieten RAM mit Kühlkörpern an. Damit kann die Modultemperatur um drei bis zehn Grad verringert werden. Ist es sinnvoll, RAM-Module mit Kühlkörpern zu verwenden?

Läuft der PC unter voller Belastung, können die RAM-Module 50 °C bis über 60 °C heiß werden. Steigt die Temperatur über 65 °C, werden die RAM-Chips doppelt so häufig durch einen Refresh unterbrochen. Es kommt zu einem gewissen Geschwindigkeitsverlust des Gesamtsystems, der aber ein bis zwei Prozent kaum übersteigen wird. Weil die meisten RAM-Chips bis 95 °C zertifiziert sind, läuft ein normaler PC auch mit ungekühlten Modulen stabil.

Wenn jedoch mehrere der folgenden Kriterien zutreffen, kann eine Kühlung sinnvoll sein.

- Wird der PC mit vier Speichermodulen bestückt, entsteht auf engem Raum viel Wärme. Die Ableitung der Wärme ist schwierig.
- Im Streben nach einem besonders leisen PC wird oft an der Lüfterdrehzahl gespart. Zusammen mit einer passiv gekühlten CPU und Grafikkarte kann die Grundtemperatur im Gehäuse recht hoch sein.
- Wenn Sie beabsichtigen, CPU, RAM und andere Komponenten zu übertakten, wird es im Gehäuse besonders heiß.

Mehr: <http://www.pcgameshardware.de/RAM-Hardware-154108/Specials/Arbeitsspeicher-Ist-ein-RAM-Kuehler-Pflicht-PCGH-Basiswissen-1119855/>

Takt

Für DDR4 ist in den JEDEC-Spezifikationen ein Standardtakt von 2133 MHz vorgesehen, für DDR5 von 4800 MHz. Und nur für diese Frequenz **garantiert** Intel eine stabile Arbeit der Speichercontroller. Das heißt nicht, dass eine höhere Taktfrequenz nicht funktioniert. Sie wird bei den meisten Mainboards lediglich nicht garantiert. Nur für einige hochwertige Mainboards (ASUS) wird eine höhere RAM-Taktfrequenz genannt.

Deshalb startet jedes Mainboard mit dem Standardtakt von 2133 MHz bei DDR4 oder 4800 MHz bei DDR5. Anschließend kann man im BIOS eine höhere Taktfrequenz einstellen. Lesen Sie aufmerksam das Handbuch der geplanten Hauptplatine. Die höchste unterstützte Speicherfrequenz kann auch von der CPU abhängen.

Empfehlung

Ein Speicherkit „Kingston FURY Beast DDR5 16 GB (2x8 GB) 5600 MHz CL40“ für 73 €. Diese Module sind mit Kühlkörper und mit der bei Kingston üblichen 10-Jahre-Garantie ausgestattet. Eine Besonderheit: Die FURY-Module mit XMP 3.0 kommunizieren mit dem Intel-Chipsatz und übertakten automatisch auf die RAM-Höchstfrequenz des Mainboards.

Etwas preiswerter: „Crucial RAM DDR5 16 GB (2x8 GB) 4800 MHz CL40“ für 50 Euro. In der Spezifikation wird XMP nicht erwähnt, deshalb wohl der günstige Preis. Das Hochtakten von 2133 auf 4800 MHz muss man wohl selbst erledigen.

DDR-4 oder DDR-5?

DDR5 hat die doppelte Transferrate und die doppelte Speicherkapazität wie DDR4 – das hört sich toll an. Das Komprimieren eines Archivs mit 7-Zip kann mit DDR-4 40 % bis 50 % länger dauern als mit DDR-5. Doch bei den meisten Anwendungen wird man mit der neuen Technologie kaum einen Leistungsunterschied bemerken. Beispielsweise ist bei einem Spiel mit hohen Auflösungen und maximalen Details wahrscheinlich die Grafikkarte das limitierende Element und die CPU ist nicht voll ausgelastet. Die Geschwindigkeit des RAM-Speichers spielt dann fast keine Rolle.

Neue Technologien kosten immer deutlich mehr. DDR-5 RAM kostet etwa doppelt so viel wie die gleiche Menge DDR-4. Auch eine Alder-Lake-CPU und ein Mainboard kosten deutlich mehr.

7.4 MASSENSPEICHER

7.4.1 Festplatte oder SSD

Das Betriebssystem sollte auf einer SSD-Festplatte installiert sein. Eine SSD ist einer Magnetfestplatte in der Geschwindigkeit derart weit überlegen, dass der höhere Preis zu akzeptieren ist. Es muss ja keine große SSD sein, für umfangreiche Datensammlungen kann man eine preiswerte Magnetfestplatte als zusätzlichen Massenspeicher einbauen.

Wenn Sie Ihren PC nicht nur zum Surfen benutzen, sondern auch größere Mengen von Daten erzeugen und sammeln, brauchen Sie langfristig gesehen mindestens drei Festplatten:

- eine SSD-Platte für das Betriebssystem und Anwendungen,
- eine große Magnetfestplatte (oder ein NAS-System) für Filme, Fotos, Musik und andere Massendaten,
- eine mittlere oder große Festplatte für Backups. Wenn Sie nur wenige wichtige Daten haben, genügt vielleicht ein USB-Speicherstick für ein kleines Backup.
- vielleicht noch eine Festplatte beliebiger Größe für Testinstallationen, z. B. um ein neues Betriebssystem oder neue Software zu testen.

Meine Sparempfehlung: Kaufen Sie eine SSD von etwa 500 GB (25 €) für Betriebssystem, Programme und einige Daten. Eine SSD dieser Kapazität genügt längere Zeit, um eine überschaubare Menge Fotos und Musik zu speichern. Nur auf das Sammeln von Filmen werden Sie wohl verzichten müssen. Bei etwa 5 GB pro Film ist die SSD schnell voll. Anspruchsvolle Nutzer könnten für die SSD eine Kapazität von 1000 GB (45 €) oder gar 2 TB (80 bis 110 €) wählen.

SSD mit M.2 oder SATA-Anschluss?

SSD gibt es in zwei Ausführungen: Mit dem gleichen SATA-Anschluss wie die Magnetfestplatten oder mit dem M.2-Anschluss. Die Datenübertragungsrate über SATA ist auf höchstens 6 Gbit/s bzw. 600 MByte/s begrenzt, und die typische Übertragungsrate von SSD mit SATA-Anschluss beträgt 550 MByte/s beim Lesen. Wegen der höheren Übertragungsrate ist der M.2 Steckplatz vorzuziehen, falls Ihre Hauptplatine einen solchen hat, auch wenn SSDs mit M.2 Interface bei gleicher Speicherkapazität etwa 20 % teurer sind als solche mit

SATA-Anschluss. Die Übertragungsrate erreicht bis zu 16 GBit (über M.2 Interface mit 2 PCIe-Lanes) oder 32 Gbit/s (über M.2 Interface mit 4 PCIe-Lanes). Aktuelle M.2 SSDs können diese 32 Gbit/s auch ausnutzen: Die Samsung SSD 970 EVO M.2 liest mit 3500 MByte/s, was aufgrund der 8B/10B-Kodierung (siehe 1.8.1 PCIe Grundlagen) 35 Gbit/s entspricht.

Die Samsung SSD 990 Pro M.2 liest Daten sogar mit 7450 MByte/s und schreibt mit 6900 MByte/s, vorausgesetzt die Hauptplatine hat PCIe 4.0 mit 4 PCIe-Lanes. Diese SSD mit 2 TB kostet etwa 165 Euro.

Weil ich meinen PC häufig für Probeinstallationen nutze, verzichte ich auf die höhere Übertragungsrate und verwende SATA-SSD. Denn um eine M.2-SSD zu wechseln, müsste ich schrauben und fummeln. An einem SATA-Anschluss muss ich nur umstecken, und ich kann auch von Magnetfestplatten booten.

Brauche ich 2 TB? Reichen vielleicht 500 GB für den Anfang?

Windows 7, 10 und 11 kommen mit 25 GB für Betriebssystem und Auslagerungsdatei aus. Wir reservieren großzügige 75 GB für weitere Software. Hinter dieser 100 GB Partition bleiben noch 400 GB für Daten. Die reichen für 80 000 Bilder (zu je 5 MB) oder ebenso viele Musikstücke oder für 80 Spielfilme.

Lohnt es, eine SSD von 2000 GB oder größer zu kaufen? Wenn Sie ein Notebook mit nur einem Steckplatz für Festplatten haben, kann das sinnvoll sein. Für einen Desktop-PC halte ich das für Verschwendung. Lagern Sie die Massendaten (Filme, Musik und Fotos) auf eine Magnetfestplatte aus! Eine Magnetplatte hat ein sehr viel besseres Verhältnis zwischen Kapazität und Preis. Die Zugriffszeiten von Magnetplatten sind zwar größer, doch auch die langsamste Festplatte kann Daten schneller liefern, als Sie diese hören oder sehen können. Lediglich der Abspielbeginn eines Musikstücks oder das Zeigen eines Fotos kann etwas verzögert werden – um etwa 0,1 Sekunde, doch wer kann das spüren (außer beim sehr schnellen Durchblättern einer Fotosammlung)?

Abgesehen vom Preis pro Terabyte sind Magnetfestplatten vorteilhaft für Backups und Auslagerungen:

- SSD benötigen eine regelmäßigen Refresh, wenn auch viel seltener als RAM. Während ungenutzte SSD nach einigen Monaten beginnen, Daten zu verlieren, überdauern magnetisch aufgezeichnete Daten viele Jahre.
- Nach Feuer- oder Wasserkatastrophen, auch nach Herunterfallen, können Datenrettungsunternehmen die Daten von Magnetfestplatten fast immer retten (wenn auch zu einem hohen Preis). Bei SSD ist eine Datenrettung fast immer unmöglich.

Wenn Sie Ihre Filme und andere Daten von mehreren Computern (Notebook, Smartphone, Tablet) gemeinsam nutzen wollen, sehe ich zwei Möglichkeiten:

- Ein NAS-System mit 2 bis 4 TB Kapazität mit LAN oder WLAN Zugriff für alle Computer, oder
- eine interne Magnet-Festplatte mit 1 bis 4 TB. Das sollte dann aber eine 24/7 Festplatte sein, weil diese durch den Zugriff mehrerer Computer einen großen Teil des Tages in Betrieb sein könnte. Beispiel: Die Festplatten der „roten“ Serie von Western Digital sind für Dauerbetrieb in einem NAS ausgelegt. Die „WD Red 4TB 3.5" WD40EFRX - NAS 24/7“ (160 €) hat 4 TB Kapazität. Sie ist mit 5400 U/min zwar etwa 20 % langsamer als eine mit 7200 U/min, aber wenn das Betriebssystem von einer SSD startet, sollte das keine Rolle spielen. Und sie hat eine längere Lebensdauer.

Wenn die Zugriffsmöglichkeiten für weitere Computer keine große Rolle spielen, rate ich Ihnen zu einer internen Magnetfestplatte mit 2 TB oder mehr für Daten.

Falls Sie sich für ein NAS-System entschieden haben, ist der Einbau einer zweiten internen Festplatte in den PC vermutlich unnötig. Falls Sie dem PC trotzdem eine Zweitplatte spendieren, haben Sie drei Vorteile:

- Sie können darauf Daten speichern, die nicht für die ganze Familie bestimmt sind, ohne sich mit der Rechteverwaltung des NAS-Speichers beschäftigen zu müssen.
- Der Zugriff auf die interne Festplatte ist schneller als über das Netzwerk, was aber nur für Videoschnitt und andere anspruchsvolle Anwendungen wesentlich ist.

- Sie können die Festplatte für ein Backup der wichtigsten Daten des NAS-Systems nutzen.

Beachten Sie beim Kauf einen möglichen „Katastrophenfall“: Stellen Sie sich vor, Ihr PC hat einen Defekt oder Windows bootet nicht mehr. Wenn Sie den PC zur Reparatur einschicken, wird die Festplatte gelöscht. Um vorher Ihre Daten zu sichern, müssen Sie die Platte an einen anderen PC anstecken. Doch wenn die Festplatte 2,2 TB oder größer ist, wird sie an sehr alten PCs ohne UEFI-BIOS nicht funktionieren. Sie brauchen dann zwingend einen zweiten PC mit UEFI-BIOS, sonst kommen Sie nicht mehr an Ihre Daten heran.

7.4.2 Optisches Laufwerk

Mobile Geräte haben kein DVD-Laufwerk mehr und auch bei stationären Geräten sind DVD-Laufwerke aus der Mode gekommen. Ein portables DVD-Laufwerk an USB 3.0 für etwa 30 Euro wäre eine Alternative.

Ich brauche ein DVD-Laufwerk: Wegen meiner vielen vorhandenen DVDs mit Daten und Software. Weil Computerzeitschriften oft eine DVD beiliegt. Außerdem habe ich Dutzende von Installations-DVD für Windows sowie bootfähige DVD mit Tools, Antiviren und anderer Software. DVD-Rohlinge sind für diesen Zweck erheblich billiger als USB-Sticks.

Bei den DVD-Brennern sind die Unterschiede in Geschwindigkeit und Preis geringfügig geworden. Und weil die meisten Nutzer das Laufwerk nur sehr selten benutzen, ist auch die durchschnittliche Lebensdauer unwichtig. Trotzdem habe ich nur eine einzige Empfehlung: Einen Brenner von LG, und zwar das „LG GH24NSD1 bulk“ für 17 Euro. Das Laufwerk brennt DVDs mit 24x.

Viele Jahre lang hatten LG-Brenner ein Alleinstellungsmerkmal: Nur LG-Laufwerke konnten die M-Disk beschreiben. Die M-Disk besteht aus einem anorganischen, steinähnlichen Material und wird mit einer Haltbarkeit von 1000 Jahren beworben. „Normale“ DVD-Rohlinge aus organischem Material haben eine Haltbarkeit von wenigen Jahren. Meist werden nicht einmal die zehn Jahre erreicht, die das Finanzamt als Mindestaufbewahrungszeit steuerlicher Unterlagen fordert. Es ist auch gut, eine Möglichkeit zu haben, wichtige Erinnerungen für Enkel und Urenkel langfristig speichern zu können.

In den letzten Jahren haben weitere Hersteller die Lizenz erworben, ihre DVD-Brenner mit der M-Disk-Technologie auszustatten. Doch LG hat die längste Erfahrung. Zudem haben die Brenner von LG eine prima Qualität. In vielen Jahren habe ich bei meinen Kunden so manches defekte CD- und DVD-Laufwerk gewechselt, doch ein LG-Laufwerk war nicht darunter, soweit ich mich erinnern kann.

Sie bevorzugen ein Blu-ray-Laufwerk? Für 68 Euro gibt es das „BluRay ASUS BC-12D2HT“. Dieses Kombi-Laufwerk liest Blu-ray mit 12-facher Geschwindigkeit. DVD werden mit 16-facher Geschwindigkeit gelesen und gebrannt.

Wenn Sie nur deshalb ein BD-Laufwerk einbauen wollen, um Videos am PC zu sehen, bedenken Sie bitte: Es wäre vielleicht besser, einen separaten Player zu kaufen. Der ist leichter zu bedienen und mitzunehmen, ist schneller startbereit, braucht nicht heruntergefahren zu werden, verbraucht weniger Energie und ist leiser.

Sie haben einen hochauflösenden UHD-Bildschirm oder Fernseher und wollen darauf UHD-Blu-rays ansehen? Stand 2021: Damit das funktioniert, muss das Ausgabegerät den Kopierschutz HDCP 2.2 unterstützen und über HDMI 2.0a oder höher angeschlossen sein. Das Blu-ray-Laufwerk muss den Kopierschutz AACS 2.0 unterstützen. Eine i5 oder i7 CPU der 7. Generation („Kaby Lake“) ist erforderlich (AMD-CPU's werden nicht unterstützt). Der PC muss mindestens 6 GB RAM haben. Manche UHD-Blu-rays starten nicht ohne Internetverbindung. Als Betriebssystem ist nur Windows 10 oder 11 möglich. Als Abspielsoftware ist nur PowerDVD von Cyberlink geeignet. Weil die Filmindustrie jeden PC-Nutzer für einen bösen Raubkopierer hält, hat sie dafür gesorgt, das Ansehen von hochauflösenden Blu-ray-Filmen auf dem PC fast unmöglich zu machen.

7.5 GRAFIKKARTE UND DISPLAY

7.5.1 Grafikkarte

Auch wenn ein integrierter Grafikchip auf der Hauptplatine zunächst ausreicht, kann später einmal eine separate Grafikkarte sinnvoll sein: Sei es wegen eines Aktionsspiels oder weil Sie einen 8k-Bildschirm gekauft haben und die interne Grafiklösung dessen hohe Auflösung nicht unterstützt (die interne Grafik von Mainboards mit Intel-CPU's unterstützt die 4k-Auflösung (4096×2304), aber nicht die 8k-Auflösung (8192×4608)).

Ihre Hauptplatine hat HDMI- oder Displayport-Anschluss, aber Ihr älterer Monitor hat nur VGA- und DVI-Anschluss? Eine Grafikkarte zu kaufen, um den Monitor anzuschließen, ist nicht nötig. Für etwa 20 Euro gibt es Adapterkabel von HDMI auf DVI oder von Displayport auf DVI. Sogar von Displayport auf VGA gibt es Adapter, siehe Bild 7.4.



Bild 7.4: Displayport am PC kann DVI, HDMI und VGA ansteuern

7.5.2 Display

ASUS und Samsung sind meine Favoriten bei den Herstellern, weil sie bei guter Qualität und langer Lebensdauer einen vernünftigen Preis haben. Doch ich muss anmerken: Die Monitore von EIZO sind noch eine Klasse besser als die gesamte Konkurrenz. Wenn Sie das Beste wollen, gibt es keine Konkurrenz zu EIZO. Allerdings sind sie auch mit großem Abstand die teuersten. Ein Beispiel (Stand vom Nov. 2023): Der Eizo EV2460 mit 23,8 Zoll Diagonale und ungewöhnlich vielen Anschlüssen (DisplayPort, DVI-D, HDMI, VGA, USB 3.0) kostete 290 Euro, die 27" Ausführung FlexScan EV2760-BK gibt es für 470 Euro. Zum Vergleich: Einen 24" Full HD Monitor von Samsung gibt es schon für 110 Euro, und einen 27" Monitor ab 140 Euro.

Wenn Sie die Anschaffung eines Bildschirms planen, sollten Sie ein 4k-Modell in Erwägung ziehen. Damit erreichen Sie Kinoqualität und schonen die Augen bei jeder Art von Computertätigkeit. Bedenken Sie: Flachbildschirme sind langlebig. Während Röhrenbildschirme meist wegen altersbedingter Qualitätsmängel ersetzt wurden, können Flachbildschirme ein viel längeres Leben haben, zehn Jahre sind keine Seltenheit. Sie werden meistens nur deshalb ersetzt, weil sie unmodern oder zu klein geworden sind. Kaufen Sie keinen Monitor, mit dem Sie vielleicht schon in drei Jahren nicht mehr zufrieden sind!

Meine Empfehlung: Samsung U28R550UQP für aktuell 210 € (3,50 € pro Monat bei fünfjähriger Nutzung). Der 28" IPS-Monitor hat 4k-Auflösung (3840×2160), eine schnelle Reaktionszeit von 4 ms, eine Milliarde Farben, und auch wenn ich den Bildschirm teile (ein PC benutzt die linke Hälfte und ein anderer PC oder das Fernsehbild benutzt die rechte Hälfte), habe ich noch die doppelte Auflösung wie HDTV.

Ich konnte zwar eine 4k-Auflösung anfangs noch nicht nutzen (mein älterer iMac schafft nur 2560×1440), und für meinen damaligen PC musste ich mir eine Grafikkarte für 300 Euro kaufen, doch jetzt genieße ich die hohe Auflösung. Die integrierte Grafik auf vielen CPU-Mainboard-Kombinationen unterstützt bereits die 4k-Auflösung. Auch Ihr nächster oder übernächster PC wird diese Auflösung beherrschen. Sollten Sie jemals einen 75" Fernseher (189 cm) kaufen, brauchen Sie die 4k-Auflösung, sonst wird das Bild grobkörnig.

Achten Sie darauf, dass die Anschlüsse am PC und am Bildschirm zusammenpassen. Ein Display ohne HDMI würde ich nicht kaufen. Mehrere Anschlüsse sind nützlich, um das Display im Wechsel an verschiedenen PCs betreiben zu können, z. B. am PC und als Zweitdisplay am Notebook.

Beachten Sie bei der Suche nach einem preiswerten Gerät: Auch die renommiertesten Hersteller haben einige verschlissene Fließbänder und veraltete Fabriken, in denen sich keine Spitzengeräte mehr produzieren lassen. Und auch bei den besten Herstellern ist nicht jede Neuentwicklung ein Spitzenprodukt. Doch auch Geräte in minderer Qualität kann man verkaufen, wenn man den Preis weit genug senkt. Und warum sollte sich irgend ein Hersteller das Geschäft mit den „Geiz-ist-geil“-Käufern entgehen lassen? Immer, wenn Sie nach dem billigsten Gerät suchen, gehen Sie ein Risiko ein.

7.6 NETZTEIL

Welche Leistung wird benötigt?

Beim Hochfahren braucht der PC viel Strom, die Festplatten beispielsweise benötigen im Anlaufmoment drei- bis viermal so viel Strom wie im Dauerbetrieb. Deshalb ist eine Leistungsreserve nötig. Versuchen Sie, die benötigte Leistung des Netzteils realistisch einzuschätzen. Für einen einfachen bis mittleren PC genügt ein Netzteil von 300 Watt, maximal 500 Watt. Mehr braucht man nur, wenn man extrem leistungshungrige Komponenten einbaut, wie z. B. Hochleistungs-Grafikkarten. Wenn ein Netzteil weit unterhalb seiner Nominalleistung betrieben wird, arbeitet es mit einem schlechten Wirkungsgrad und erzeugt viel Abwärme.

Lüfterlose Netzteile

Sie werden als geräuschlos beworben, und das stimmt ja. Allerdings muss man dann mit einem Gehäuselüfter für Luftzirkulation sorgen. Letztendlich verlagert sich das Geräusch nur zu einem anderen Lüfter. Die Temperatur ist vergleichsweise höher als in einem belüfteten Netzteil, was die Lebensdauer des Netzteils verringert. Besonders die großen Elektrolyt-Kondensatoren trocknen aus. Lüfterlose Netzteile sind relativ teuer, außerdem glaube ich beobachtet zu haben, dass die Ausfallrate Lüfterloser Netzteile recht hoch ist.

Qualitätsmerkmale

TÜV und GS sollte jedes Netzteil haben. Die ersten drei Schutzfunktionen in der nebenstehenden Tabelle sind vom Standard vorgeschrieben. Wenn das Netzteil weitere Schutzschaltungen hat, ist das von Vorteil.

OVP	Over Voltage Protection	Überspannungsschutz
SCP	Short Circuit Protection	Schutz vor Kurzschlüssen
OCP	Over Current Protection	Schutz vor Stromspitzen
OPP	Over Power Protection	Überlastungsschutz
UVP	Under Voltage Protection	Unterspannungsschutz
OTP	Over Temperature Protection	Übertemperaturschutz

Tab. 7.6: Schutzschaltungen für das Netzteil

Meine Empfehlung: Das Netzteil „be quiet! Pure Power 11 400 Watt ATX V2.4 Netzteil 80+ Gold“ hat eine Energieeffizienz von 92 % und ist mit einem temperaturgeregelten Lüfter außergewöhnlich leise. Es hat zwei PCIe Kabel (mit 6+2 Pin) für den Zusatzstrom einer Grafikkarte. Der Hersteller gibt 5 Jahre Garantie. Es kostet etwa 55 Euro.

7.7 GEHÄUSE UND LÜFTER^

7.7.1 Gehäuse

Für das DVD-Laufwerk ist eine waagerechte Einbaulage Pflicht. Treiber-CDs für kleines Zubehör haben oft einen reduzierten Durchmesser von 8 cm. Solche CDs können Sie in ein senkrecht eingebautes Laufwerk nicht einlegen. Auch die Magnetfestplatten sollten vorzugsweise waagerecht eingebaut werden können.

Es ist ja ganz nett, wenn man das Gehäuse schnell auf- und zumachen kann und wenn man die Laufwerke ohne Schrauberei auf Gleitschienen in das Gehäuse einschieben kann. Für den Hersteller ist das prima, es verringert den Montageaufwand. Aber wie nützlich ist es für den Käufer, ein DVD-Laufwerk mit wenigen Handgriffen ohne Schraubendreher wechseln zu können? Wie oft in einem Computerleben werden Sie denn voraussichtlich das DVD-Laufwerk wechseln? Wenn Sie Festplatte und Brenner mit dem Gehäuse verschrauben können, wirkt das Gehäuse als Kühlblech und die Wärme wird besser abgeleitet.

In manchen Gehäusen brauchen bzw. können die Steckkarten nicht an der Rückwand des Gehäuses festgeschraubt werden, sondern sie werden nur festgeklemt. Das erspart eine Minute bei der Montage, aber es erhöht die Gefahr von Wackelkontakten.

Es ist nützlich, von den großen Laufwerksschächten (5,25 Zoll) einige mehr zu haben als nur für das DVD-Laufwerk. 3,5" Festplatten mit Geräuschdämpfern passen nur in einen 5,25" Slot. Und es gibt eine Menge Zubehör: Lüfterregler, diverse Anzeigen, zusätzliche USB- und andere Anschlüsse, Wechselplatten, ...

Das Gehäuse „Antec ESK3000E-R-U3 Cardreader/USB3.0 mATX“ für 40 € hat in der Frontblende 2 x USB 2.0, 1 x USB 3.0, einen Kartenleser sowie Kopfhörer- und Mikrofonanschluss. Wenn Sie ein „schickes“ Gehäuse wünschen, werden Sie wohl einen Rundgang durch Computermärkte machen müssen. Erschrecken Sie nicht über die Preise. Mode ist teuer.

Achten Sie auf die Anzahl der nach vorn herausgeführten USB-Anschlüsse und deren Art. Da moderne Mainboards mehrere USB 3.2 Anschlüsse anbieten, sind USB 3.0 Buchsen veraltet. Bessere Gehäuse haben vorn einen USB-C-Anschluss sowie zwei USB 3.2 Gen2 (10 Gbit/s) Buchsen. Das treibt leider den Preis nach oben. Alternativ kann man nachträglich einen USB-Hub in einen der Laufwerksschächte einbauen, für etwa 40 Euro.

7.7.2 Luftströmungen

Die Luft tritt an der Unterseite des PCs, zwischen Metallgehäuse und Vorderblende, in das Gehäuse ein. Meist gibt es im unteren Teil der Vorderseite, hinter der Plastablenke, noch weitere Öffnungen für den Luft-eintritt. Die aufsteigende Wärme sammelt sich im oberen Teil des Computers. Das Netzteil ist meist oben hinten im Gehäuse eingebaut, und der Lüfter des Netzteils saugte diese warme Luft an, kühlte damit noch das Netzteil und beförderte sie nach draußen. Einfache Büro- und Home-PCs kommen oft mit dem Lüfter im Netzteil aus (abgesehen vom CPU-Lüfter). Leistungsfähigere PCs brauchen in der Regel ein bis drei Zusatzlüfter.

Mit Zusatzlüftern im unteren Teil der Vorderwand und im oberen Teil der Rückwand kann die Luftströmung verstärkt werden. Ein guter Platz für einen Zusatzlüfter ist an der Vorderseite, wo er kalte Luft direkt auf die Festplatte blasen kann. Mitunter gibt es eine zusätzliche Öffnung in der Seitenwand, um die Abluft des CPU-Kühlers auf dem kürzesten Weg aus dem Gehäuse hinauszubefördern. Kontrollieren Sie die Richtung, in die die Lüfter blasen. Warme Luft steigt nach oben. Es ist sinnlos, dagegen anzukämpfen. Manche Lüfter haben kleine Pfeile, welche die Richtung des Luftstroms anzeigen, Sie können das aber auch ohne Pfeile ganz einfach sehen: Die Richtung des Luftstroms geht immer hin zum Befestigungsrahmen des Motors.

Sorgen Sie also dafür, dass die Luft optimal strömt: von vorn unten nach hinten oben. Kontrollieren Sie, in welche Richtung der Lüfter bläst. Ungenutzte Slotblenden sollten Sie zuschrauben oder zukleben. Ungenutzte Öffnungen für Zusatzlüfter an der Rückseite sollten Sie ebenfalls zukleben, damit die von den Lüftern ausgestoßene warme Abluft nicht auf kurzem Wege zurück ins Gehäuse strömt.

In manchen Gehäusen ist in der Vorderfront ein Luftfilter versteckt, und es gibt auch Lüfter mit integriertem Luftfilter. Wenn auf den Elektronik-Komponenten weniger Staub liegt, können diese die Wärme besser abstrahlen. Nebeneffekt, besonders für Allergiker: Man sollte nicht unterschätzen, welcher Anteil der Raumluft während stundenlanger Arbeit durch den PC gesaugt und dabei gereinigt wird.

Allerdings verringert ein Luftfilter die durchströmende Luftmenge. Sorgen Sie für ein gewisses Gleichgewicht der hinein- und herausgeblasenen Luftmenge. Wenn die Lüfter an der Rückwand zu viel Luft absaugen, entsteht im Gehäuse ein Unterdruck und es wird ungefilterte Luft durch alle Ritzen einströmen.

Seit einiger Zeit gibt es Gehäuse, bei denen das Netzteil unten eingebaut wird. Der Vorteil: Am Boden des Computers ist die Luft erheblich kühler als oben, das Netzteil wird besser gekühlt. Nachteil: Nun staut sich oben die warme Luft. Deshalb muss mindestens ein Gehäuselüfter möglichst weit oben eingebaut werden, der die warme Abluft des Computers nach draußen befördert.

In Internetforen wird oft geraten, das Gehäuse zu öffnen, wenn der PC zu heiß wird. Das ist keine gute Idee. Die warme Luft, die das Netzteil nach hinten ausbläst, kehrt auf kürzestem Wege wieder in das Gehäuse zurück. Statt durch das Gehäuse zu strömen, kreist die Luft nur um das Netzteil herum, gewissermaßen ein thermischer Kurzschluss. Folglich „steht“ die Luft in der Mitte des Gehäuses fast still. Das Gehäuse offen zu lassen, ist also nur dann sinnvoll, wenn Sie mit einem Tischventilator für eine kräftige Luftbewegung sorgen. Einen zusätzlichen Gehäuselüfter einzubauen wäre die bessere Lösung.

7.7.3 Lüftergröße

Die meisten heutigen CPUs regeln zunächst den Takt herunter, wenn sie zu heiß werden. Wenn Ihr PC nach einigen Minuten Aufwärmzeit drastisch langsamer wird, haben Sie möglicherweise ein Kühlungsproblem. Deshalb sollten Sie CPU-Lüfter und -Kühlkörper großzügig dimensionieren! Ein Kühlsystem, das für einen wesentlich stärkeren als Ihren Prozessor geeignet ist, kann den Lüfter auf eine langsamere Drehzahl herabregeln und dadurch leiser arbeiten. Außerdem haben Sie an heißen Tagen eine Sicherheitsreserve.

Handelsübliche Zusatzlüfter sind quadratisch und typisch 80 x 80 mm groß, dazu passende Befestigungsbohrungen sind in den meisten Gehäusen vorhanden. Wenn man die Wahl hat zwischen Lüftern mit großem oder mit kleinem Durchmesser, sollte man den größeren wählen. Ein Lüfter mit doppeltem Durchmesser hat die vierfache Fläche und kann daher die gleiche Luftmenge mit einer wesentlich geringeren Drehzahl befördern. Das bedeutet eine längere Lebensdauer des Lüfters, weniger Motorengeräusch, und auch das Geräusch der Luftströmung verringert sich. Sehen Sie sich die Rückseite des Gehäuses an: Wie groß dürfen die Lüfter maximal sein? Lüfter mit größerem Durchmesser passen in die meisten Gehäuse leider nicht hinein.

Es ist Platz vorhanden für einen 12 cm Lüfter, aber in der Rückwand sind Bohrungen für den Luftdurchlass nur für einen 8 cm Lüfter? Dann sollten Sie zusätzliche Löcher bohren. Dazu muss man aber die gesamte Elektronik und das Netzteil ausbauen: Wegen der Vibration und weil Metallspäne im PC furchtbar wären.

7.7.4 Kugel- oder Gleitlager

Lüfter werden sowohl mit Kugellagern („ball bearing“, abgekürzt BB) als auch mit Gleitlagern („sleeve bearing“) hergestellt. Gleitlager in einem Lüfter bedeutet: Im Plastegehäuse ist eine Bohrung, darin dreht sich eine Metallachse. Verschleiß und Geräuschpegel sind hoch. Der Preisunterschied zum Kugellager ist gering, der Unterschied in der Lebensdauer jedoch gewaltig. Bevorzugen Sie die Kugellager-Ausführung!

Auf billigen Grafikkarten und für Chipsatz-Kühler werden fast immer Lüfter verwendet, deren Achse nur auf einer Seite gelagert ist. Deshalb sind diese Grafikkarten-Lüfter recht kurzlebig. Wenn Sie einen verschlissenen Lüfter austauschen müssen, sollten Sie versuchen, einen Lüfter mit beidseitigen Lagern zu finden.

7.8 BEISPIEL-KALKULATION

	Typ	Parameter	Preis
Gehäuse		Miditower	120 €
Netzteil	be quiet! Pure Power 11 400 Watt ATX V2.4 80+ Gold		55 €
Hauptplatine	ASUS TUF Gaming B760M-Plus WIFI	2 x M.2	175 €
CPU	Core i3-12100	4 x 4,3 GHz	130 €
RAM	Kingston FURY Beast DDR5 16 GB 5600 MHz CL40	2 x 8 GB	73 €
Festplatte	M.2 Samsung 990 Pro PCIe V4.0 2 TB 7450 MB/s Lesen		175 €
Zusatzlüfter	Be Quiet! Pure Wings 2: Sehr leise, langlebig	120x120x25 mm	15 €
		Summe	623 €

Tab. 7.7: Grobkalkulation für einen Büro-PC

	Typ	Parameter	Preis
Tastatur	Cherry KC 1000 white, Flüsteranschlag, abriebfest, Blauer Engel	4 Hotkeys	12 €
Maus	Logitech Mouse M100 White, ergonomisch		10 €
DVD	Amicool portabler DVD Brenner mit USB-A und USB-C		25 €
Bildschirm	LG 24BN650Y Full HD IPS-Monitor, TÜV-Ergo, höhenverstellbar	60,4 cm/23,8"	165 €
Windows	Windows 10		20 €
		Summe	222 €

Tab. 7.8: Grobkalkulation für Zubehör

	Typ	Parameter	Preis
Gehäuse	ASUS TUF Gaming GT502 mit USB 3.2 Gen1 und Gen2	Seitenwände: Glas	135 €
Netzteil	be quiet! Pure Power 11 600 Watt ATX V2.4 80+ Gold		75 €
Hauptplatine	ASUS TUF Gaming B760M-Plus WIFI	2 × M.2	170 €
CPU	Intel Core i9-12900 (8P+8E Kerne)	5,1 GHz	480 €
RAM	Kingston FURY Beast DDR5 16 GB 5600 MHz CL40	2 × 8 GB	73 €
Festplatte	M.2 Samsung 990 Pro PCIe V4.0 2 TB 7450 MB/s Lesen		175 €
DVD	BluRay ASUS BC-12D2HT	Blu-ray und DVD	68 €
Zusatzlüfter	2 × Be Quiet! Pure Wings 2: Sehr leise, langlebig	120×120×25 mm	15 €
		Summe	1191 €

Tab. 7.9: Vorschlag für einen „besseren“ PC, Preise 11/2023

7.9 SPARMÖGLICHKEITEN

Hier mache ich einen Vorschlag, wie Sie mit hochwertigen Komponenten preiswert beginnen können, um den PC vielleicht später schrittweise aufzurüsten.

7.9.1 RAM

Für DDR4-RAM entfällt die Notwendigkeit, vermessene „Pärchen“ zu verwenden. Je mehr von den vorhandenen RAM-Steckplätzen Sie bestücken, desto seltener muss die CPU auf den Speicher warten. Doch wenn die Hauptplatine nur zwei RAM-Steckplätze hat, würde ich nicht mit 2 × 4 GB anfangen, sondern mit 1 × 8 GB. Dann haben Sie einen Steckplatz frei, den Sie später für das Aufrüsten auf 16 GB brauchen. Falls Sie vier Steckplätze für RAM haben, können Sie sogar bis 32 GB oder 48 GB aufstocken.

7.9.2 Massenspeicher

SSD oder Magnet-HDD?

Beginnen Sie mit einer SSD und verschieben Sie den Kauf einer Magnetfestplatte auf später. **Notfalls** reicht auch eine SSD mit 240 GB Kapazität (etwa 15 €) für Betriebssystem, Software und ein paar Daten.

Falls Sie extrem sparen müssen und von Anfang an viel Platz für Daten brauchen: Beginnen Sie mit einer 1000 GB Magnetfestplatte, z. B. „WD Blue WD10EZEX 1TB 7200 (35 €).

Bei einem Preisunterschied von etwa zehn Euro zwischen Festplatten von 500 und 1000 GB ist es unsinnig, mit einer Magnetfestplatte kleiner als 1000 GB zu beginnen, zumal bei Festplatten aus der gleichen Familie die größere stets etwas schneller ist.

Wenn Sie Geld angespart haben: Kaufen Sie eine 500 GB oder 1000 GB SSD und duplizieren Sie die Magnetfestplatte komplett auf die SSD. Das geht natürlich am einfachsten, solange die Belegung der Magnetfestplatte kleiner ist als die Kapazität der SSD.

Wenn Sie sich davon überzeugt haben, dass die Kopie funktioniert, können Sie die Partitionen auf der Magnetplatte löschen und neue Partitionen einrichten, um die Magnetfestplatte als zweite Festplatte für die Massendaten zu nutzen. Oder Sie benutzen die Magnetfestplatte für regelmäßige Backups.

M.2 oder SATA?

SSDs gibt es mit M.2 Anschluss und mit SATA-Anschluss, wobei erstere die dreifache Datentransferrate haben und etwa 20 % teurer sind. Welche Ausführung ist für das Betriebssystem zu empfehlen?

Die Zeit, die Windows zum Hochfahren braucht, ebenso wie die Zeit zum Starten von Programmen hängt nur zum Teil von der Geschwindigkeit des Massenspeichers ab. Es werden einige kleine Dateien gelesen, dann muss die CPU erst einmal damit arbeiten: die Daten dekomprimieren und an der richtigen Stelle des Arbeitsspeichers ablegen, zur Grafikkarte schicken oder ... Der Massenspeicher hat hauptsächlich Pause.

Die bis zu dreimal höhere Datentransferrate einer M.2-SSD im Vergleich zu einer SATA-SSD bringt nur bei sehr großen Dateien einen Vorteil. Beim Startvorgang von Windows und beim Starten von Programmen ist ein Unterschied kaum messbar. Wenn Sie einen Blick in den Ordner `C:\Windows\` werfen, sehen Sie warum: Die meisten Dateien sind relativ winzig. Teilt man den Speicherbedarf von Windows durch die Anzahl der Dateien, erhält man eine durchschnittliche Dateigröße von 0,1 MByte. Zum Vergleich: Eine SATA-SSD hat ein Transferrate von 500 MByte/s. Und bedenken Sie, wie zeitaufwendig die Verwaltung einer Viertelmillion Dateien in 50 000 tief verschachtelten Ordnern ist! Bevor eine Datei in einem Unter-Unter-Unter-Ordner gelesen werden kann, muss sich Windows durch geschachtelte Inhaltsverzeichnisse dorthin vorarbeiten. Wenn Sie den PC zum Surfen und für Büroarbeiten nutzen, ist eine M.2-SSD gegenüber einer SATA-SSD kaum schneller. Die höhere Transfergeschwindigkeit einer M.2-SSD ist vor allem dann von Vorteil, wenn man häufig große Dateien (Videos und Musik) bewegt oder anspruchsvollere Spiele liebt.

Mit einer M.2-SSD kann es Kompatibilitätsprobleme geben, was bei einer SATA-SSD nicht passieren wird. Obwohl: Eine Kundin hatte eine neue SATA-SSD in einen nicht ganz so neuen Laptop eingebaut. Windows erreichte nur ein Viertel der normalen Geschwindigkeit. Ursache: Das Ereignisprotokoll war übersät mit Meldungen „Ein Zurücksetzen auf Gerät `\Device\Harddisk0` ist erfolgt“. Die SATA-SSD funktionierte in anderen PCs einwandfrei, und mit einer SSD von Samsung, dem Marktführer, funktionierte auch der Laptop einwandfrei. Also ein Problem mit der Kompatibilität.

7.9.3 Grafikkarte

Die integrierte Grafikkarte reicht für die meisten Anwender, außer für Power-Anwender (Spiele, Videoschnitt, Datenbanken). Früher konnte es passieren, dass ein Bildschirm eine höhere Auflösung hat, als die integrierte Grafikkarte schafft – heute nicht mehr.

7.9.4 CPU und Mainboard

Die preiswerte Hauptplatine ASUS Prime H610M-A D4 hat den älteren Chipsatz H610 und wird mit DDR4-RAM bestückt. Doch USB und M.2 Anschlüsse sind modern.

Beginnen kann man mit einer billigen CPU, z. B. Celeron G6900 mit $2 \times 3,4$ GHz für 60 €. Für die meisten (Office-)Anwendungen reicht das völlig. Auch für die meisten Spiele reichen gegenwärtig zwei Kerne aus. Kürzlich habe ich bei eBay einen Celeron für Testzwecke ersteigert, er hat 4 Euro + 5 Euro Versand gekostet.

Später kann man die CPU gegen einen Prozessor der 13. Generation austauschen.

7.9.5 Gehäuse und Netzteil

Preiswerte Gehäuse gibt es schon ab 27 Euro, z. B. aus der „LC-Power Midi“ Serie. Gehäuse in dieser Preislage haben wenige USB-2.0- und USB-3.0-Anschlüsse. Auf USB-3.2 Anschlüsse brauchen Sie nicht zu hoffen. Auch die 5,25" Einbauplätze für ein DVD-Laufwerk oder ein Erweiterungspanel wie z. B. für einen Speicherkartenleser sind knapp. Doch wenn Sie das von Anfang an vorhaben, kaufen Sie doch gleich ein besseres Gehäuse.

Ein Netzteil wie beispielsweise „LC-Power LC6460GP3, 80 Plus Silver“ kostet nur 30 €. Die Energieeffizienz wird mit 90,91 % angegeben, der Standby-Verbrauch mit 0,4 Watt.

	Typ	Parameter	Preis
Gehäuse	LC-Power 7034B ATX Classic	Miditower	27 €
Netzteil	LC-Power LC6460GP3, 80 Plus Silver	460 W	30 €
Hauptplatine	ASUS Prime H610M-A D4 mit PCIe 4.0, USB 3.2 Gen2	$2 \times$ M.2	89 €
CPU	Intel Pentium G7400 $2 \times 3,7$ GHz	$2 \times 3,4$ GHz	80 €
RAM	DDR4-2400 8 GB CL17	1×8 GB	19 €
Festplatte	SanDisk SSD PLUS 240GB Sata III	240 GB	23 €
		Summe	268 €

Tab. 7.10: Grobkalkulation für Spar-PC

7.10 EIN PC MIT EINER CPU DER 13. GENERATION

Intels 13. CPU-Generation (Raptor Lake S) zusammen mit dem Chipsatz Z790 waren im Frühjahr 2023 das Modernste. Zu Intels 14. CPU-Generation „Meteor Lake S“ (seit Nov. 2023) habe ich mir noch keine Meinung gebildet. Für die Hauptplatine habe ich eine ASUS-Hauptplatine ausgesucht: die ASUS TUF GAMING Z790-PLUS WIFI. Es ist ein ATX Mainboard mit Socket 1700 und kann mit Intel Core, Pentium Gold oder Celeron CPUs (der 13. Generation) bestückt werden, möglicherweise auch mit CPUs der 14. Generation.

TUF-Komponenten sind in Militärqualität verbaut. Externe Anschlüsse sind vor Überspannungen geschützt.

- Vier Steckplätze für DDR5-RAM, max. 128 GB, Übertaktung bis DDR5-7200 möglich.
- Vier M.2 Steckplätze PCIe V4.0, zwei davon 110 mm lang, zwei davon 80 mm lang. Sogar an den M.2 Slots ist RAID 0, 1 oder 5 möglich!
- Sechs SATA 3.0 Anschlüsse (RAID 0, 1, 5, 10 möglich)
- Zwei PCIe-16 Steckplätze für Grafikkarten (1 x PCIe 5.0, 1 x PCIe 4.0)
- Ein PCIe-4 V4.0 Steckplatz und zwei PCIe-1 V3.0 Steckplätze
- WLAN 802.11ax sowie a/b/g/n/ac

Rückwärtige Anschlüsse:

- HDMI, DP, 7.1 Kanal Audio
- LAN Realtec 2,5 Gbit/s, TUF LANGuard.
- 1 x USB 3.2 Gen 2x2 Typ-C, 1 x USB 3.2 Gen 1 Typ-C,
- 2 x USB 3.2 Gen2, 4 x USB 3.2 Gen1,

Vordere Anschlüsse:

- 1 x USB 3.2 Gen 2 Typ-C, 1 x USB 3.2 Gen 1, 2 x USB 2.0
- 1 x Thunderbolt 4™ Anschluss

Die folgende Zusammenstellung ist fast das Beste vom Besten:

	Typ	Parameter	Preis
Gehäuse	keine Empfehlung - Angebot ist zu vielfältig	Miditower	130 €
Netzteil	be quiet! Straight Power 11 ATX 2.4 1000W Gold	6 x PEG Kabel	175 €
Hauptplatine	ASUS TUF GAMING Z790-PLUS WIFI	4 x M.2 PCIe 4.0	270 €
CPU	Core i7-13700 5,2 GHz 8 + 8 Kerne	bis 5,2 GHz	400 €
RAM	Kingston FURY Beast DDR5 32 GB 5200 MHz CL40	2 x 16 GB	110 €
Festplatte	M.2 Samsung 990 Pro PCIe V4.0 2 TB 7450 MB/s Lesen		160 €
Zusatzlüfter	Be Quiet! Pure Wings 2: Sehr leise, langlebig 3 Stück	120x120x25 mm	27 €
		Summe	1272 €

Tab. 7.11: Grobkalkulation für einen leistungsfähigen PC (Zubehör siehe Tabelle 7.8)

Wird der PC vor allem zum Spielen genutzt, sollte eine Grafikkarte ergänzt werden. Dann könnte eine CPU mit Zusatz „F“ (ohne Onboard-Grafik) verwendet werden.

Die CPU i9-13900 mit 8 P-Kernen + 16 E-Kernen hätte 20 % mehr (Rechen-)Leistung als der Core i7-13700, kostet aber 600 €. Ich habe Zweifel, ob sich der Gewinn an (Gesamt-)Leistung lohnt.

Sie möchten mit einer preiswerten CPU starten und diese später gegen eine bessere tauschen? Sie könnten mit der CPU i3-13100 (4 P-Kerne, keine E-Kerne, 150 €) beginnen. Auch die CPUs der 12. Generation (Alder Lake S) kommen in Frage, z. B. am unteren Ende der Preisliste der Celeron G6900 für 55 €.

7.11 NOTEBOOK INDIVIDUELL KONFIGURIEREN

Was kann man eigentlich an einem Notebook konfigurieren?

Nachträglich aufrüsten ist teuer

Notebooks werden als komplettes Gerät verkauft. Um einen günstigen Preis zu erzielen, wird meist an der RAM-Ausstattung und an der Festplatte gespart. In der Regel kann man nach dem Kauf vier Veränderungen vornehmen:

- den Arbeitsspeicher aufrüsten. Die meisten Notebooks haben zwei RAM-Steckplätze, von denen manchmal nur einer bestückt ist. Ein zusätzliches RAM-Modul einzustecken sollte kein Problem sein. Falls alle Steckplätze belegt sind, müssen Sie den zu kleinen RAM entsorgen, um größere Module einstecken zu können.
- die Festplatte austauschen – gegen eine SSD oder eine größere Festplatte. Allerdings ist das mit drei Problemen verbunden:
 - Das Kopieren des Betriebssystems auf eine andere Festplatte ist nicht trivial.
 - Die alte Festplatte, die Sie mit dem Notebook gekauft haben, bleibt übrig.
 - Das Öffnen des Notebooks ist manchmal recht aufwendig.
- das vorinstallierte Betriebssystem neu installieren, um die vorinstallierte Testsoftware und anderen Müll loszuwerden,
- das vorinstallierte Betriebssystem durch ein anderes ersetzen.

Darüber hinaus wird der Verkäufer in einem Garantiefall wahrscheinlich verlangen, das Notebook in den Zustand zurückzusetzen, in dem es gekauft wurde. Deshalb sollten Sie die alte Festplatte und den ausgetauschten RAM aufheben.

Individuell konfigurierte Notebooks

Diese Probleme umgehen Sie beim Kauf eines individuell konfigurierten Notebooks. Bei einigen Händlern wie beispielsweise bei notebookinfo.de kann man ein Grundmodell aussuchen und dann aus einem Katalog auswählen:

- Art und Größe der Festplatte
- RAM-Bestückung
- ohne oder mit Betriebssystem und welches (Home oder Pro, 32 oder 64 Bit), vielleicht auch Linux
- LTE/UMTS-Modul oder nicht

und manches andere.

Fragen Sie Google nach „Notebook-Konfigurator“. Auch die Nachfrage beim örtlichen Computerhändler kann sich lohnen. Der hat bei manchen Großhändlern die Möglichkeit, ein „maßgeschneidertes“ Notebook für Sie zu bestellen.

Was ich auf keinen Fall kaufen würde

Seit einiger Zeit gibt es besonders billige Notebooks, die ich nur als Wegwerfartikel bezeichnen kann. Ihr Kennzeichen: Der Akku lässt sich nicht entnehmen und der SSD-Speicher auch nicht. Mit ein wenig Pech ist der Akku nach zwei Jahren hinüber und Sie können ihn nicht auswechseln. Und häufig ist es noch schlimmer: Das Gehäuse kommt weitgehend ohne Schrauben aus, die Teile sind mit federnden Plastezungen verbunden. Am Fließband wird nicht geschraubt, sondern zeitsparend zusammengedrückt. Man bekommt diese Geräte nicht geöffnet, ohne eine größere Zahl der Halterungen zu zerbrechen. Und selbst wenn man es aufbekommt: Der RAM ist eingelötet und der SSD-Speicher auch. Aufrüsten ist unmöglich und Festplattentausch ebenfalls. Und wenn das Notebook kaputt ist, können Sie den Massenspeicher nicht einmal an einen anderen PC anstecken, um Ihre Daten zu retten.

Worauf ich achten würde

Zunächst einmal die Bildschirmgröße. Wie gut sind Ihre Augen? Wie oft benutzen Sie zwei Fenster gleichzeitig? Geräte mit einer Auflösung von weniger als 1920 × 1080 würde ich nicht kaufen.

Achten Sie auf ein entspiegeltes Display („non glare“), sonst sehen Sie im Sonnenschein nichts.

Sie hätten gern einen separaten Ziffernblock? Das erfordert eine minimale Displaygröße von 14 Zoll, sonst ist einfach kein Platz für einen Ziffernblock.

Als Massenspeicher würde ich eine M.2 SSD bevorzugen (ist deutlich schneller als eine SATA-SSD). Für manche Anwendungen könnte es sinnvoll sein, Platz für eine zweite Festplatte zu haben.

Ein LTE/UMTS-Modul erhöht den Preis für das Gerät um etwa hundert Euro. Außerdem brauchen Sie einen Mobilfunkvertrag mit monatlichen Kosten. Wenn Sie das Gerät nur an Orten benutzen, wo es WLAN gibt, können Sie dieses Geld sparen. Es sei denn, Sie brauchen das Internet auch während einer Reise. WLAN gibt es in den Fernzügen der Bahn und an vielen öffentlichen Stellen. Und wenn Ihnen das nicht reicht, können Sie über Ihr Smartphone ins Internet kommen, indem Sie es als Ihren „persönlichen Hotspot“ konfigurieren.

Ein Notebook ohne USB 3.1 Anschluss vom Typ C ist nicht zukunftssicher. Mindestens drei weitere USB Anschlüsse sollten vorhanden sein, vorzugsweise USB 3.1.

Wenn Sie das Notebook in nicht nur geringfügigem Umfang stationär nutzen, sollten Sie externe Tastatur, Maus und einen großen Bildschirm anschließen können. Die Bildschirmarbeitsverordnung schreibt das sogar vor. Eine Dockingstation ist dafür recht praktisch, aber teuer. Ich benutze einen USB 3.0 Docking Adapter für etwa 20 Euro (Bild 7.5). Ich kann ihn wahlweise über USB-C oder über USB-A-Adapter an USB 3.0 an das Notebook anstecken. Am Docking Adapter sind Tastatur, Maus und LAN angesteckt, am dritten USB-Port des Adapters steckt der Drucker oder ein externer Speicher. So kann ich alle Geräte außer dem großen Bildschirm mit nur einem Stecker anschließen.

Für 60 Euro bekommen Sie einen noch leistungsfähigeren USB-C Hub, an den Sie drei USB 3.0, einen USB Typ C und Gigabit Ethernet anschließen können. Über HDMI kann ein externes 4k Display angeschlossen werden. Außerdem sind im Hub je ein Kartenslot für SD und Micro SD/TF enthalten.

Displayport halte ich für den zukunftssichersten Anschluss für einen externen Monitor. HDMI ist auf Platz 2.

Achten Sie auf die verbaute Grafikkarte und die Möglichkeit eines Mehr-Monitor-Betriebs. Kürzlich habe ich für einen Kunden ein Notebook mit einer Grafikkarte GTX 965M ausgesucht, die einen HDMI-Anschluss sowie 2 × Mini-Displayport bereitstellt. Die GTX 965M erlaubt vier aktive Displays anzuschließen, die mit einer maximalen Auflösung von 3840 × 2160 Pixeln und 60 Hz zum Beispiel über DisplayPort 1.2 oder HDMI 2.0 angesteckt werden können.



Bild 7.5: USB Docking Adapter mit 3 USB 3.0 + 1 LAN

7.12 EINEN PC FÜR EINEN FREUND ZUSAMMENBAUEN

Ihre Kenntnisse haben sich herumgesprochen und nun bekommen Sie Bestellungen? Sie sollen für einen Bekannten oder Freund einen PC zusammenstellen und montieren? Da können Sie stolz sein. Und vielleicht glauben Sie sogar, sich damit ein wenig Geld verdienen zu können.

Nun, die folgenden Zeilen sollten Sie nachdenklich stimmen und Ihnen Fallstricke aufzeigen, über die Sie leicht stolpern könnten.

Die Gewährleistungsfalle

Ob bei einem gewerblichen oder bei einem privaten Kauf – der Käufer hat einen Anspruch auf Gewährleistung. Geht der PC kaputt, sind Sie zwei Jahre lang verpflichtet, ihn zu reparieren. Außer Sie haben schriftlich vereinbart: „Die Ware wird unter Ausschluss jeglicher Gewährleistung verkauft“, mit genau dieser Formulierung. Unter <https://www.ratgeber-geld.de/privatverkauf/> können Sie nachlesen, warum diese Formulierung wichtig ist.

Was passiert, wenn der neue PC defekt ist?

Der von Ihnen gebaute PC ist kaputt. In den ersten sechs Monaten nach dem Kauf gilt die Vermutung, der PC hätte von Anfang an einen Makel gehabt. Es sei denn, Sie können beweisen, dass der Käufer den Schaden selbst verursacht hat. Es ist unwahrscheinlich, das Ihnen das gelingt. Also müssen Sie den PC kostenlos reparieren. Wie unangenehm und wie teuer kann das werden?

Zunächst einmal müssen Sie zweifelsfrei feststellen, welches Teil defekt ist. Angenommen, Sie verdächtigen die CPU. Wie können Sie das testen? Haben Sie eine Ersatz-CPU im Regal? Oder können Sie zum Testen die CPU aus Ihrem eigenen PC ausbauen, falls diese kompatibel ist?

Die Hersteller gewähren keine Garantie, wenn die CPU oder das Mainboard infolge von Übertaktung „gestorben“ ist. Wenn Ihr Freund den PC mit Übertaktungsversuchen ruiniert hat, wird er das kaum zugeben. Weil Sie das kaum nachweisen können, müssen Sie Ersatz liefern. Der Hersteller kann feststellen, ob die CPU den Hitzetod gestorben ist und wird eine Ersatzlieferung verweigern.

Angenommen, die Hauptplatine ist defekt. Sie können diese zur Prüfung an den Händler zurückschicken. Nach meiner Erfahrung dauert es mindestens zwei Wochen, bis Sie eine Antwort erhalten. Wenn Sie Pech haben, schickt der Händler das Mainboard zur Überprüfung weiter zum Hersteller nach Südostasien. Dann dauert es zwei Monate.

Was glauben Sie, wie viele Wochen der Freund bereit ist, auf den Austausch der Hauptplatine zu warten? Wahrscheinlich werden Sie sich genötigt fühlen, ein neues Board zu kaufen. Haben Sie diese Kosten bei Ihrer ursprünglichen Kalkulation eingeplant?

Und wenn das neue Board dem alten nicht ähnlich genug ist, startet Windows nicht mehr. Möglicherweise müssen Sie Daten sichern, Windows neu installieren und alle Anwendungen wieder zum Laufen bringen. Ihr Freund wird erwarten, dass Sie das für ihn kostenlos tun (möglicherweise ist er selbst dazu nicht in der Lage).

Falls der Händler nach der Prüfung Ihren Gewährleistungsanspruch anerkennt, hat er zwei Möglichkeiten: Er zahlt Ihnen den ursprünglichen Kaufpreis zurück oder er schickt Ihnen die reparierte Hauptplatine oder einen Ersatz, den er für gleichwertig hält. Letzteres kommt dem Händler billiger und ist deshalb wahrscheinlicher, denn der Preis der Hauptplatine dürfte inzwischen gefallen sein. Falls er Ihnen eine Ersatz-Hauptplatine schickt: Was machen Sie nun mit der überzähligen Hauptplatine?

Die Lösung: Ein Werkvertrag

Diese Risiken können Sie umgehen, indem Sie keinen fertigen PC liefern, sondern sich nur Ihre Arbeitszeit bezahlen lassen. Vereinbaren Sie, dass der Freund die Komponenten selbst bestellt und Sie diese gegen ein Honorar „nur“ zusammenbauen. Und dass der Freund alle Risiken selbst trägt – ab dem Zeitpunkt, an dem er den fertigen PC funktionstüchtig „übernommen“ hat.

Es dauert mindestens eine Stunde, geeignete, zueinander passende Komponenten auszuwählen und sich diese Zusammenstellung vom Freund genehmigen zu lassen.

Ein bis zwei Stunden könnte es dauern, Bestellungen für ein halbes Dutzend Komponenten auszulösen, wenn man dabei Preise, Versandkosten und voraussichtliche Lieferzeit von mehreren Online-Shops berücksichtigen muss.

Für das Auspacken und die Überprüfung der gelieferten Teile und den eigentlichen Zusammenbau sollten Sie ein bis zwei Stunden einplanen, plus eine gewisse Zeit für die Installation des Betriebssystems.

Am besten machen Sie das alles im Beisein des Freundes, damit es im Nachhinein keine Diskussion darüber gibt, warum das alles sooo lange gedauert hat.