

# Mikrochips (1/2)

## Was sind Mikrochips?

Mikrochips sind kleine, meist nur wenige Millimeter bis Zentimeter große elektronische Bauteile, die in nahezu allen modernen Geräten verbaut sind. Sie bestehen aus komplexen Systemen von winzigen elektrischen Schaltungen und werden daher oft als „**integrierte Schaltkreise**“ bezeichnet. Der Begriff „Mikrochip“ ist ein Sammelbegriff, und sowohl der Aufbau als auch die Anwendung können sehr unterschiedlich sein. Die bekannteste Gruppe von Mikrochips sind die **Mikroprozessoren**, die für die logische Berechnung und Verarbeitung von Befehlen verantwortlich sind. Daher werden sie auch als **Logikchips** bezeichnet.

**Der Hauptprozessor (CPU)** stellt die Haupteinheit von Computern und Smartphones dar. Die Rechenleistung und Geschwindigkeit bei der Bearbeitung von Aufgaben hängen größtenteils vom Aufbau und der Komplexität des CPUs ab. Das Verkleinern und Integrieren immer kleinerer elektrischer Schaltungen auf engem Raum ist daher seit langem der Hauptfokus in der mikrotechnologischen Forschung.

## Immer kleiner und schneller!

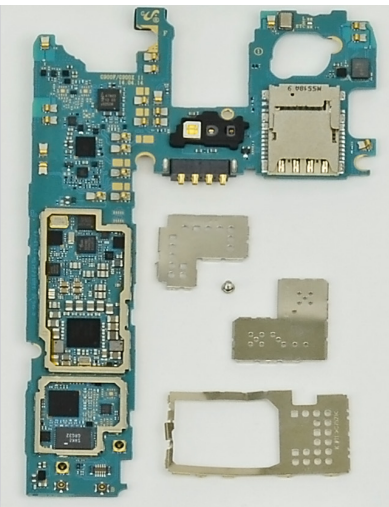
Die Komplexität eines Mikrochips wird häufig anhand seiner Dichte von elektrischen Bauelementen festgelegt, das heißt wie viele elektrische Schaltungen (Transistoren) auf eine gewisse Fläche passen. Die ersten Heimcomputer vor über 40 Jahren hatten CPUs mit ca. **50-100 tausend** Transistoren auf einer Fläche von ein paar Quadratzentimeter. In einem heutiger Computer-CPU können bei ähnlicher Fläche und Preis, Zahlen von 5-10 Milliarden Transistoren integriert sein. Bei Topgeräten mit hoher Rechenleistung können die CPUs schon knapp an die **50 Milliarden** Transistoren grenzen. Moderne Computer benötigen daher selbst für die anspruchsvollsten Aufgaben nur wenige Millisekunden (Beispiel: Künstliche Intelligenz). Durch die Entwicklung kleinerer Mikrochips mit hoher Rechenleistung eröffneten sich zusätzliche neue Möglichkeiten wie das Smartphone (Bild 1).

Dieses Phänomen der **Miniaturisierung** (Verkleinerung) von Mikrochips nennt man auch das **Moore'sche Gesetz**. Es besagt, dass sich etwa alle zwei Jahre die Anzahl der Transistoren pro Fläche auf einem Mikrochip verdoppelt (Bild 2). Bis zum jetzigen Zeitpunkt hat sich die Vorhersage grob bewahrheitet, wobei die Strukturen mittlerweile so klein geworden sind, dass bestimmte physikalische Eigenschaften der Materie ein zunehmendes Problem für die Zuverlässigkeit und den Herstellungsprozess darstellen.

### Bild 1

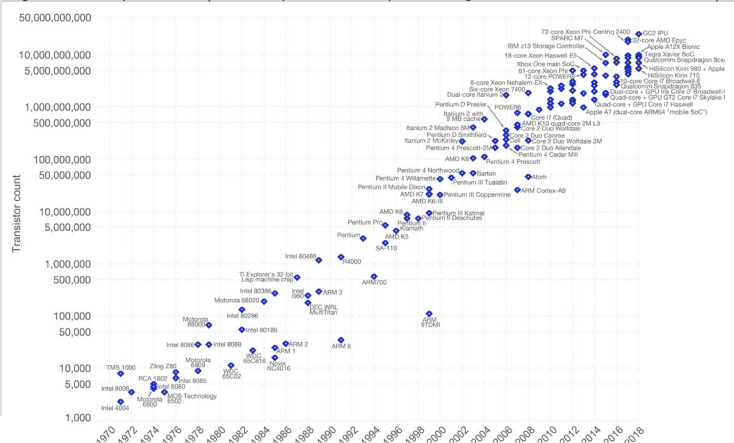
Die Entwicklung von Smartphones ist vor allem den kleinen Rechen- und Speicherchips zu verdanken.

Auf der Hauptplatine (siehe Bild) sind ein Großteil der verbauten Mikrochips sowie anderer elektrischer Komponenten zu finden. Sie machen jedoch nur einen Bruchteil des Gesamtgewichts aus.



### Bild 2

Die Anzahl der Transistoren bei Mikrochips ist in den letzten Jahrzehnten regelrecht explodiert. (Bild: [https://de.wikipedia.org/wiki/Mooresches\\_Gesetz](https://de.wikipedia.org/wiki/Mooresches_Gesetz))



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Mikrochips (2/2)

### Herstellung von Mikrochips

Die Produktion von Mikrochips ist ein äußerst komplexer Herstellungsprozess, der tausende spezialisierte Arbeitsschritte umfasst. Aufgrund seiner chemischen Eigenschaften werden nahezu alle Mikrochips aus **Silizium** hergestellt, welches auf der Erde hauptsächlich in Form von Sand oder Quarz vorkommt. Damit aus dem unscheinbaren Sand ein Mikrochip mit winzig kleinen **Transistoren** entsteht, sind hochpräzise und hocheffiziente Maschinen wie Laser, Mikroskope (Bild 1), Roboter, Ätzanlagen und Belichtungsanlagen erforderlich. Diese Maschinen müssen monatelang beschichten, kontrollieren, sägen, säubern und vieles mehr. Allein die Kosten der Maschinen sind enorm und belaufen sich schnell auf mehrere **Milliarden** Euro pro Fabrikhalle. Hinzu kommen dann noch die Kosten des massive **Energie-** und **Wasserverbrauch** die tagtäglich anfallen.

#### Schaltungen dünner als ein Haar

Im A17 Prozessor des iPhone 15 Pro von Apple sind Strukturen von weniger als 30 Nanometer verbaut.

#### Zum Vergleich:

Unser Haar ist ca. 50-80 Nanometer dick.

Neben den Anforderungen an die Maschinen, muss zusätzlich darauf geachtet werden, dass die kleinen Strukturen nicht durch **Partikel** verschmutzt oder sogar zerstört werden. Der Mensch stellt hierbei das größte Problem dar, da unsere Atemluft mit kleinen, wenige Mikrometer großen **Partikeln** verunreinigt ist, stellt bereits das reine Atmen in einer Chip-Fabrik ein **Risiko** für die Funktionsfähigkeit des Mikrochips dar. Um das Risiko möglichst gering zu halten, werden sogenannte **Reinräume** (Cleanrooms) gebaut.

**Der Reinraum** ist, wie der Name bereits andeutet, extrem sauber (Bild 2). Tatsächlich sind Reinräume so sauber, dass sich auf wenigen Kubikmetern nur eine kleine Anzahl von Staubpartikeln befinden darf. Je nach benötigter Sauberkeit (Reinheitsklasse), sind eine Vielzahl von ausgeklügelten Filtrations- und Luftreinigungssystemen notwendig, welche kontinuierlich in Betrieb sind.

Es müssen gleichzeitig Reinigungs- und Isoliergase verwendet werden, die zwar keine direkte Gefahr für den Menschen bilden, jedoch als starke Treibhausgase wirken. Teilweise haben diese Gase den tausendfachen Effekt von Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>).

#### Bild 1

Um die winzigen Strukturen zu prüfen, benötigt es hochpräzise Mikroskopietechnik.



#### Bild 2

Reinraum (Fraunhofer IZM) von innen. Mikrotechnologen tragen Maske und Schutzanzug um das Risiko gering zu halten.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages