

QUARZUHREN

Ein Herz aus Stein

Siliziumdioxid lässt moderne Uhren präzise ticken.

Von Mark Fischetti

Fast 90 Prozent aller modernen Uhren funktionieren elektronisch. Batterien liefern die nötige Energie und Flüssigkristallanzeigen haben heute die Minuten- und Stundenzeiger ersetzt. Das Herz eines solchen Chronometers aber ist ein Oszillator aus Quarz, chemisch gesehen Siliziumdioxid. Damit gehen nach Angaben des amerikanischen Herstellers Timex selbst preiswerte Armbanduhren auf eine oder zwei Sekunden pro Monat genau.

Zahnräder, Pendel, Gewichte und Federn waren seit der Renaissance die Elemente, aus denen mechanische Zeitmesser gebaut wurden. Schweizer Uhrmachern gelang es Anfang des 19. Jahrhunderts, verlässliche und handhabbare Armbanduhren zu bauen; das Land kontrollierte diesen Markt für mehr als hundert Jahre. Quarzuhren wurden um 1940 erfunden, erste klobige Exemplare kamen in den 1960er Jahren in die Geschäfte. Die meisten Uhrmacher sahen darin eher eine Kuriosität. Einige Schweizer Firmen verbesserten die Konstruktion, doch es waren japanische Unternehmen, denen es gelang, die notwendigen Komponenten inklusive der Steuerelektronik zu miniaturisieren. Damit stürmten sie in den 1970er Jahren den Markt. Die Traditionsunternehmen in Europa benötigten fast zwanzig Jahre, um aufzuschließen.

Dank des so genannten piezoelektrischen Effekts verändert der Schwingquarz seine Ausdehnung unter elektrischer Spannung. Einmal ausgelenkt wie ein Pendel oder eine Stimmgabel, beginnt der Kristall elastisch zu schwingen. Umgekehrt lässt sich auf Grund der Formänderung eine Spannung am Quarz abgreifen. Damit steuert er einen elektrischen Schwingkreis, der letztlich die Impulse für die Zeitmessung liefert. Weil mit diesem Auslesen des Takts am Quarz ein Energieverlust verbunden ist, muss der Kristall periodisch wieder »angestoßen« werden.

Mechanische Uhren, die heute die Krone der Feinmechanik repräsentieren, prägen den Markt hochpreisiger Luxusprodukte. Ihre Spiralfeder-Uhr schwingt typischerweise fünfmal pro Sekunde hin und her, während ein Schwingquarz es auf 32 768 Vibrationen bringt. Diese zentrale Komponente wird mittlerweile größtenteils von japanischen Firmen und Micro Crystal SA, einer Tochter des Schweizer Uhrenherstellers Swatch, in Massen hergestellt, einige mit Verfahren der Chipfertigung. ◀

▼ Schrittmacher einer Digitaluhr ist ein Quarzkristall. Ein Mikroprozessor zählt seine Schwingungen und steuert dementsprechend die Anzeige. Diese wiederum beruht auf einer Kombination von Polarisationsfolien, Flüssigkristallen und winzigen Elektroden: Wie winzige Gitterstäbe lassen die Folien nur Licht bestimmter Ausrichtung hindurch; das wird dann reflektiert und lässt die Anzeige hell erscheinen. Werden die Flüssigkristalle, die zwischen den Polarisationsfolien liegen, elektrisch so angesteuert, dass sie ein Gitter mit um neunzig Grad verdrehter Orientierung bilden, kann dort kein Tageslicht hindurchdringen und der Bereich erscheint schwarz.



Der Autor **Mark Fischetti** ist Mitarbeiter von Scientific American. Die Redaktion dankt den Firmen Swatch und Casio für informelle Unterstützung.

WUSSTEN SIE SCHON?

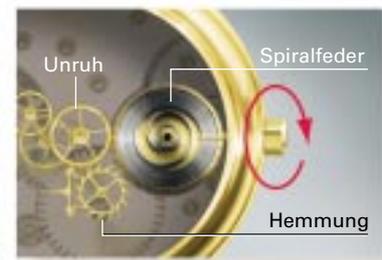
- ▶ Etwa 95 Prozent aller **Quarzuhren** werden von Batterien versorgt. Reichten diese in den Anfängen gerade einmal für 18 Monate, sind es heute schon bis zu zehn Jahre. Uhren mit Solarzellen setzen auf aufladbare Akkus oder speichern die aus Sonnenlicht gewonnene Energie in Superkondensatoren.
- ▶ Der **Mikroprozessor** einer Zehn-Euro-Digitaluhr besitzt mehr Rechenleistung als der Prozessor des Apple II, der 1980

dem heutigen PC den Weg ebnete. Der amerikanische Uhrenhersteller Timex beschäftigte damals nicht einen Software-Ingenieur, heute gehören mehr als die Hälfte der Angestellten zu dieser Berufsgruppe.

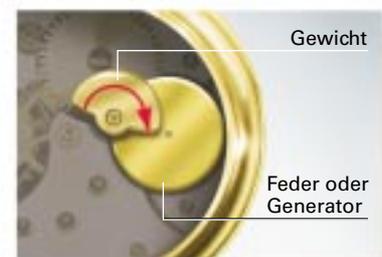
- ▶ Winzige **Stimmgabeln aus Quarz** erzeugen auch den Takt für allerlei elektronisches Gerät, vom Computerchip über den Satellitenempfänger bis hin zum Synthesizer.



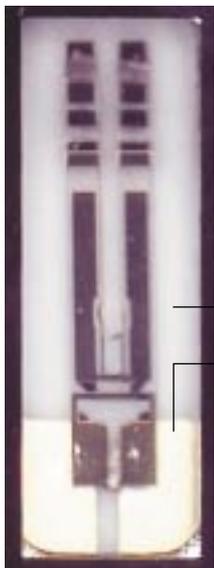
◀ Analoge Quarzuhren verwenden dasselbe Prinzip wie ihre digitalen Verwandten, doch ein spezieller Schaltkreis setzt die Schwingungszahl auf zwei pro Sekunde herunter. Damit wird ein Schrittmotor an- und abgeschaltet, der den Sekundenzeiger betätigt.



▶ Das Aufziehen einer mechanischen Uhr spannt eine Spiralfeder, eine so genannte Hemmung erlaubt deren Entspannung nur in kleinen Schritten. Diese wiederum versetzen das Rad einer Unruh in Schwingung.



▶ Automatische beziehungsweise selbstaufziehende mechanische Uhren nutzen ein kleines Gewicht, das bei Armbewegungen beschleunigt wird, um eine Spiralfeder aufzuziehen oder mittels eines winzigen Generators elektrische Spannung zu erzeugen, die wiederum einen Schwingquarz antreibt.



◀ Ein Schwingquarz wird durch einen fotolithografischen Ätzprozess in Form einer winzigen Stimmgabel gefertigt, die eine stabile Schwingung liefert.