Zeitschrift: Pestalozzi-Kalender
Herausgeber: Pro Juventute
Band: 73 (1980)

Artikel: Zeit aus Kristall
Autor: Meyer, Jürg H.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-986869

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Zeit aus Kristall

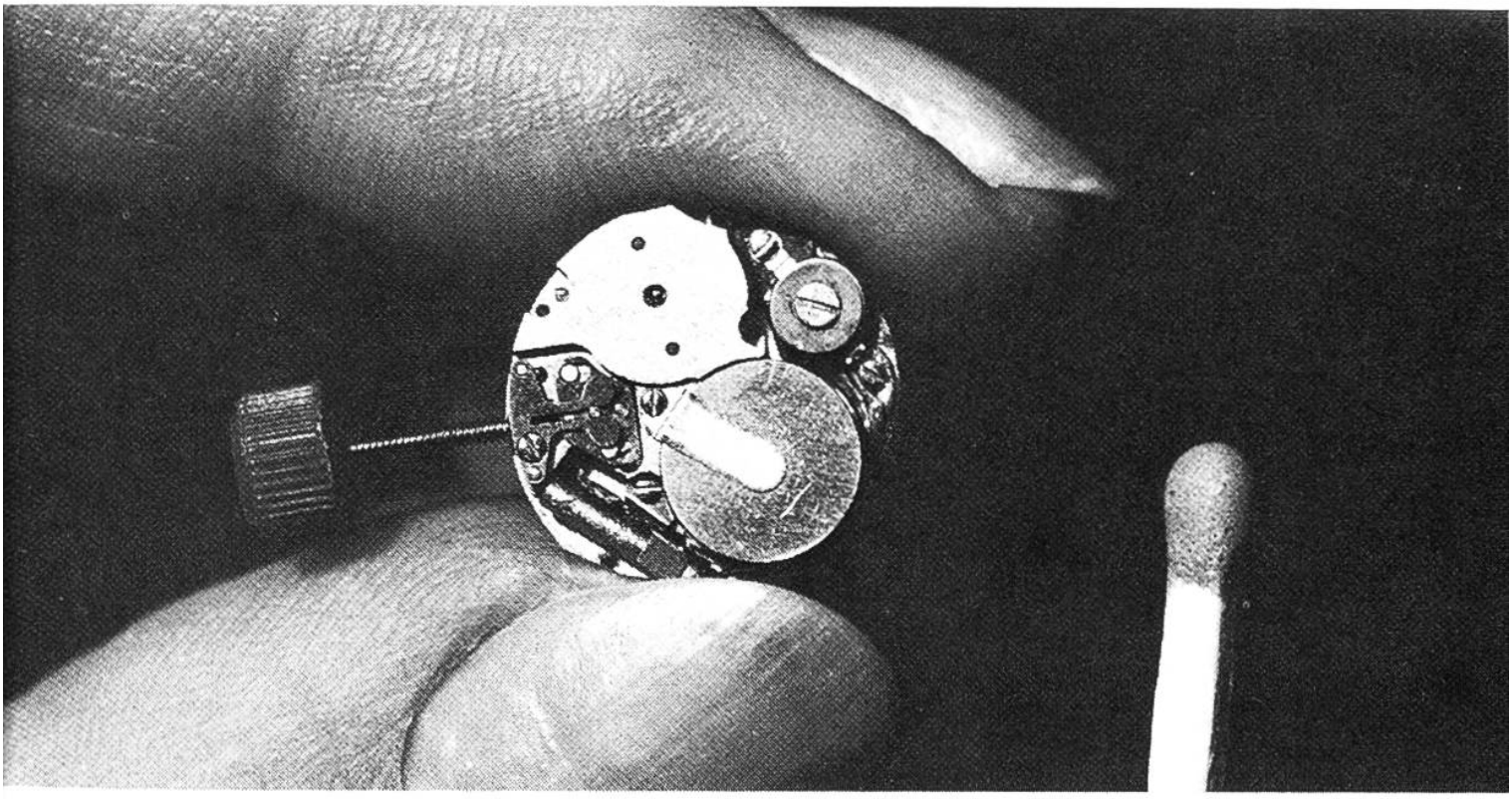
Moderne elektronische Uhren mit Digitalanzeige haben keine Zeiger und keine Räder, sie haben überhaupt keine mechanischen Bauteile mehr. Die seltsamen Zeitmesser ticken nicht und summen nicht. Sie laufen völlig lautlos – mit einer Batterie mehr als ein Jahr lang. Datum, Stunden, Minuten und Sekunden, je nachdem auch weitere Angaben, erscheinen und verschwinden in einem rechteckigen Ziffernfeld – wie von Zauberhand gezeichnet und gelöscht. Die Zeit, die diese Wunderwerke modernster Technik anzeigen, ist aus Kristall – buchstäblich. Denn in ihrem Innern bildet ein schwingender Quarzkristall das Eichmass der Zeit. Quarzuhren – wie funktionieren sie?

Zeit ist kein absoluter Begriff. Eine Zeitspanne lässt sich – genau wie eine Strecke im Raum – nur durch Vergleich mit einer andern Zeitspanne messen. Seit der Mensch Uhren irgendwelcher Art baut, sieht er sich deshalb einem charakteristischen Problem gegenüber: Er muss als Zeitmass eine Einheit finden, deren Dauer möglichst genau bestimmbar ist und die bei beliebiger Wiederholung der Messung in ihrer Grösse konstant bleibt.

Ein solches Zeitmass war etwa die Klepsydra der Antike, die Wasseruhr der Assyrer, der alten Griechen und Römer. Sie bestand aus einem mit Wasser gefüllten Gefäss. Durch eine kleine Öffnung am Boden floss der Inhalt langsam ab. Die durch den ersten und den letzten Tropfen definierte Zeitspanne genügte den damaligen Ansprüchen an eine Kurzzeitmessung hinreichend. Ein analoges Zeitmass hat sich bis in unsere Tage erhalten: die Sanduhr.

Für einen Dauerbetrieb freilich waren diese Zeitmesser nicht ideal. Antike Pünktlichkeitsfanatiker mussten sich schon einen eigenen Sklaven zu periodischem Wiederauffüllen der Klepsydra oder zum Umdrehen ihrer Sanduhr halten. Eine bessere Lösung brachten erst die mechanischen Uhrwerke. Hier stellt nicht der vollständige Ablauf der Uhr das eigentliche Zeitmass dar, sondern der periodisch wiederkehrende Vorgang beispielsweise einer Pendelschwingung. Die Pendelschwingung gibt das Grundmass, das den Gang der Uhr bestimmt und deren Zeiger in der richtigen Geschwindigkeit regelmässig vorrücken lässt. Das Pendel ist damit der **Regulator** des Uhrwerks.

Grundsätzlich kann man jeden Schwingungsvorgang zur Steuerung eines Zeitmessers verwenden. Bei herkömmlichen Kleinuhrwerken wie Wecker, Taschen- und Armbanduhren ist das Pendel

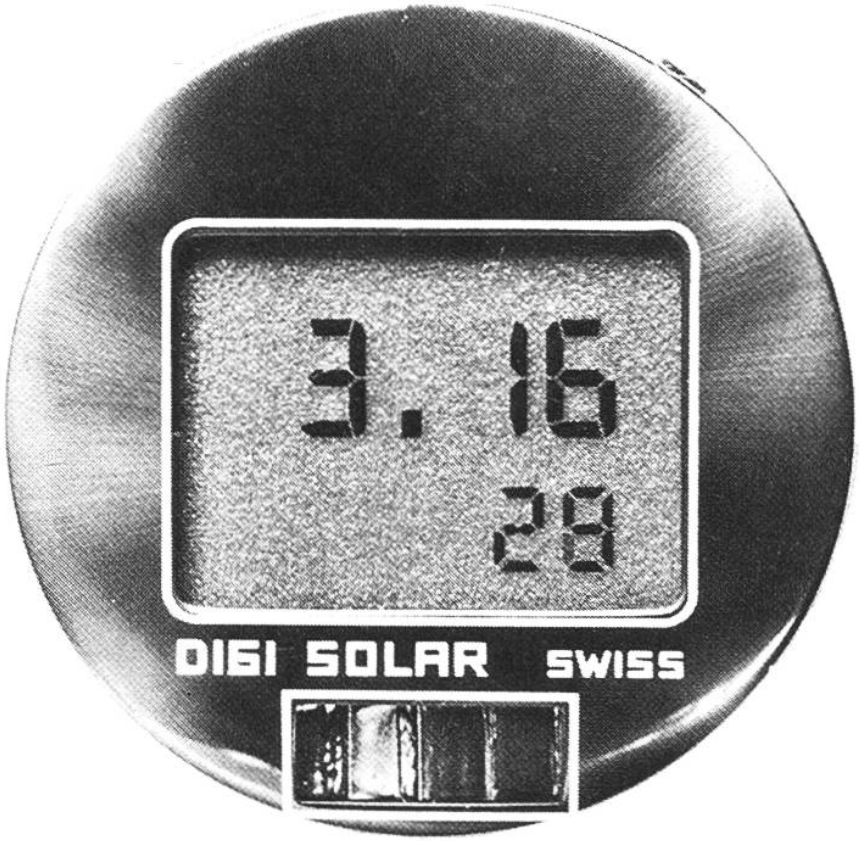


So klein können heute elektronische Quarzuhren gebaut werden.

durch eine radförmige Schwungmasse, die Unruh, ersetzt, die durch Verbindung mit einer Spiralfeder hin und her schwingt. Analog kann man sich aber auch die Schwingungen eines Quarzkristalls zunutze machen, die dieser ausführt, wenn man eine elektrische Wechselspannung an ihn legt.

Um sich dieses Phänomen zu verdeutlichen, kann man sich etwa einen Pudding vorstellen, der mit einem Löffel leicht angeschlagen wird – zentral von oben. Der Pudding beginnt zu schwabbeln. Diese Bewegung wird als Dickenschwingung bezeichnet. Wiederholt man den Schlag mit dem Löffel in einem bestimmten Rhythmus, der der Beschaffenheit und den Abmessungen des Puddings genau angepasst ist, ergibt sich ein regelmässiger Schwingungsverlauf in der elastischen Masse. Und die Schwingungsweite oder Amplitude erreicht trotz relativ geringem Energieaufwand des einzelnen Schlages maximale Werte.

Einen entsprechenden Effekt zeigt ein geeignet geschnittener Quarzkristall. Dieser wird jedoch nicht durch mechanische Stösse angeregt, sondern man legt an zwei gegenüberliegenden Flächen des Quarzstücks eine Wechselspannung an, welche den Kristall im Takt des periodisch ändernden elektrischen Feldes zu rhythmischem Ausdehnen und Zusammenziehen oder auch zum

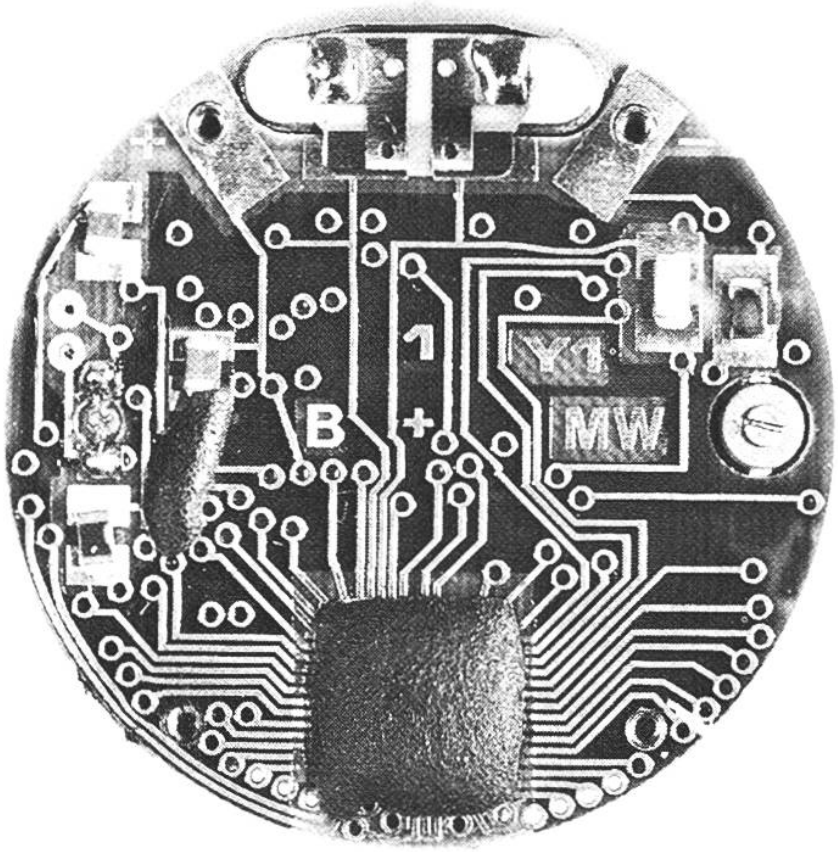


Bei elektronischen Uhren sagt man nicht «Werk», sondern «Modul». Das ist das Modul einer modernen Digital-Armbanduhr, die ihre Antriebsenergie aus Sonnenzellen (im Rechteck unten) bezieht.

Sich-Verbiegen zwingt. Die Schwingungszahl eines solchen Schwingquarzes ist ebenfalls unmittelbar durch die Abmessungen des Kristalls bestimmt. Und sie ist – was für die Konstruktion von Quarzuhren ausschlaggebend ist – von ausserordentlich hoher Konstanz: genau 32 768 Schwingungen pro Sekunde.

Kehren wir noch einmal zum Pudding zurück. Wie sich im Versuch leicht feststellen lässt, vermag der elastische Körper seine gleichmässige Dickenschwingung nur dann beizubehalten, wenn wir die Abfolge, das heisst die Frequenz unserer Schläge, absolut exakt einhalten. Der schwingende Pudding zwingt uns damit einen präzisen Klopfrhythmus auf. Er wirkt als Regulator unserer Schläge, und genau diese Funktion übernimmt auch der Schwingquarz in bezug auf die an ihn angelegte Wechselspannung.

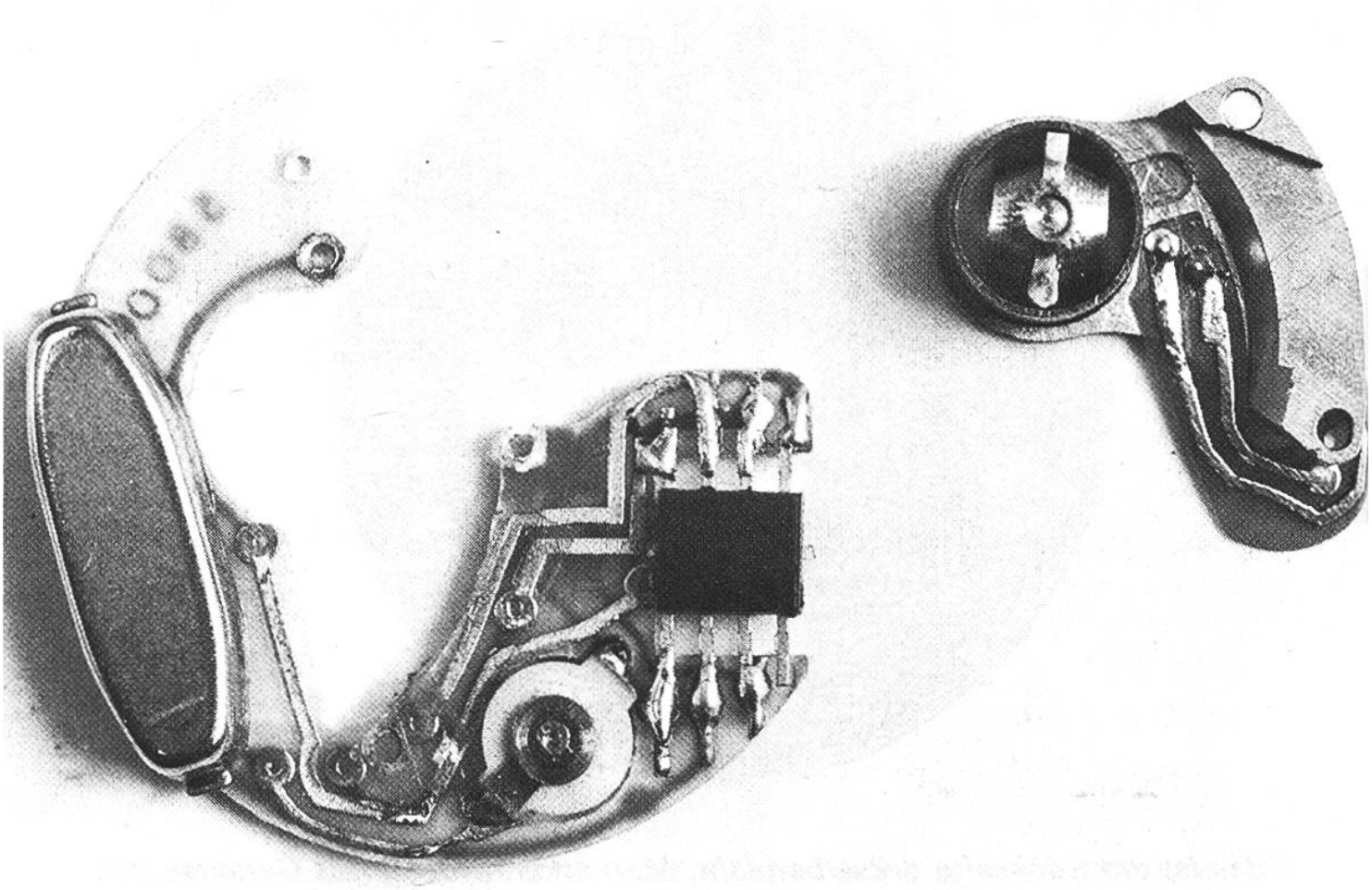
Im praktischen Fall unserer Uhr ist es ein winziger Oszillator, das heisst Schwingungserzeuger, der – gespiesen von einer 1,5-Volt-Batterie – die elektrische Wechselspannung für die Anregung des Schwingquarzes liefert. Die Frequenz dieser Wechselspan-



Und das ist die Rückseite derselben Uhr. Man erkennt oben das Gehäuse des Schwingquarzes und ganz unten, in einer schützenden Masse eingegossen, den Microprozessor.

nung liegt nahe der Eigenfrequenz des Quarzes und wird durch diesen in der beschriebenen Weise auf den exakten Wert von 32 768 Schwingungen pro Sekunde selbsttätig einreguliert. Unter einer Lupe sieht der schwingende Quarz in seiner einfachsten Form wie ein gläserner Mast aus, der auf zwei Böcken aufliegt.

Doch wie werden diese Schwingungen nun in eine Zeitangabe umgesetzt? Wir können von der anschaulichen Vorstellung ausgehen, dass vom schwingenden Quarz in der Sekunde 32 768 einzelne Impulse ausgehen. Nun gibt es ein relativ einfaches elektronisches Schaltelement, mit dem sich diese Impulse auf genau die Hälfte reduzieren lassen. Hinein gehen also 32 768 Impulse, heraus kommen nur noch deren 16 384. Werden neun solche elektronische «Reduzierelemente» hintereinandergeschaltet, setzen sie die ursprüngliche Impulszahl stufenweise immer weiter herab – auf 8192, 4096, 2048, 1024, 512, 256, 128 und zuletzt auf 64. Diese 64 Impulse pro Sekunde lassen sich schliesslich einem sogenannten Decoder zuführen,



Zwei Bauteile einer elektronischen Uhr: Links in länglichem Gehäuse der Schwingquarz, rechts ein winziger Schrittmotor für Uhren, die die Zeit mit Zifferblatt und Zeigern angeben.

einem winzigen elektronischen Umwandler. Dieser hat zwei Funktionen: er zählt die Impulse zu Sekunden, Minuten und Stunden zusammen, das heisst 64 Impulse ergeben eine Sekunde, 3840 Impulse eine Minute und 230 400 Impulse eine Stunde.
Die zweite Funktion des Decoders aber besteht darin, eine elektrische Verteilschaltung herzustellen, um im richtigen Takt der abgezählten Impulse im Anzeigefeld die richtigen Ziffern der Stunden und Minuten erscheinen zu lassen. Bei Quarzuhren aber, die die Zeit in herkömmlicher Weise mit Zifferblatt und Zeigern angeben – man spricht dabei von Analoganzeige, im Gegensatz zur Digitalanzeige –, dienen Impulse des Sekundenbereichs zur Betätigung eines winzigen Motors, der sich schrittweise dreht und die Zeiger über ein mechanisches Räderwerk bewegt.

Die geschilderte Funktionsweise einer elektronischen Uhr entspricht dem Prinzip, wie es für die ersten Uhren dieser Art charakteristisch war. Moderne Digital-Quarz-Uhren haben unter Umständen aber einen weit raffinierteren und komplizierteren Innenaufbau. Vor allem: An Stelle der relativ einfachen Impulsteilerschaltung und des Decoders kann ein sogenannter Microprozessor sitzen, ein programmierbares «Gehirnchen» von weit höherer Leistungsfähigkeit. In solchen Uhren wird die Zeiteinheit, das Zeitmass nicht durch den Schwingquarz direkt gegeben, sondern durch eine in vielen Stufen ablaufende Rechnung, die der Microprozessor nach Befehlen des ihm eingegebenen Programms ausführt.

Um die Rechnung vom Anfang bis zum Ende durchzuarbeiten, braucht der Microprozessor eine ganz bestimmte Zeit. Ist er am Ende der Rechnung angelangt, fängt er dieselbe wieder von vorne an. Die Rechenzeit bleibt immer ganz genau dieselbe, weil der Microprozessor die einzelnen Rechenschritte nur in einem ganz bestimmten Takt durchführen kann. Und eben dieser Takt, dieser Rhythmus, wird durch den Schwingquarz, mit hoher Präzision gleichgehalten, bestimmt.

Der Microprozessor ist einem Schüler, der durch den Schwingquarz konstantgehaltene Taktgeber dem Lehrer vergleichbar. Der Schüler hat immer dieselbe schriftliche Rechnung durchzuführen, wozu er eine bestimmte Zeit und jeweils ein neues Blatt Papier braucht. Ist der Schüler mit einer Rechnung früher fertig, kann er nicht weiterarbeiten, denn das neue Blatt wird ihm vom Lehrer immer nur im vorgegebenen Takt ausgehändigt.

Die Verwendung von Microprozessoren hat den praktischen Vorteil, dass man auf diese Weise relativ einfach und preisgünstig Uhren herstellen kann, die – mit ein- und demselben Microprozessor – ganz verschiedene Anzeigefunktionen bieten, je nach Programm, das man dem Microprozessor eingibt. So hat man heute Quarzuhren, die nicht nur Zeit und Datum unter selbsttätiger Berücksichtigung aller Schaltjahre mit einer Ganggenauigkeit von wenigen Sekunden pro Monat anzeigen. Diese können auch als hochpräzise Stoppuhren mit jeder Art von Zwischenzeitmessung, als Alarmgeber (Wecker), als Thermometer für die Körpertemperatur ihres Trägers oder als Weltzeituhren funktionieren, indem sie auf Tastendruck die aktuelle Zeit in mehreren verschiedenen Zeitzonen auf ihrem Anzeigefeld erscheinen lassen.

Jürg H. Meyer