

Wie?

Atomuhrgenaue Zeit kann man heute schon am Handgelenk tragen. Küchenuhren gibt's, die laufen ebenso genau wie die beliebte Fernsehuhren vor den Abendnachrichten. Brauchte früher nur die Seefahrt die genaue Zeit, sind es heute Synchronschaltungen von Verkehrsampeln, zeitscheibengesteuerte Gleichwellenübertragungen von Mobilfunkdiensten, nahtlos von einer Rundfunkanstalt zur anderen umzuschaltende Fernsehbilder und elektronische „Stechuhren“ an den Toren selbst kleiner Werke, die es zum Teil bis zu Bruchteilen von Sekunden präzise wissen wollen. Wie kommen sie zu dieser Zeit?

Für die „Darstellung und Verbreitung der gesetzlichen Zeit“ ist in Deutschland die Physikalisch-Technische Bundesanstalt, die PTB in Braunschweig, zuständig. Nur die Telekom und der neue deutsche Osten in Berlin betreiben noch eigene Uhrennormale - eigentlich unnötig, denn in Braunschweig „ticken“ lautlos zwei dort gebaute Atomuhren neunmilliardeneinhundertzweundneunzigmillionensechshunderteinunddreißigtausendundsiebenhundertsiebzimal in der Sekunde. Seit 1967 ist die Sekunde nämlich nach diesen Cäsium-Schwingungen definiert, statt wie früher als der 86 400ste Teil des mittleren Sonnentags, dessen schwer vorhersehbare Schwankungen zwischen Ende Mai und Anfang Oktober allein wegen der ungleichmäßigen Erddrehung um sechs Hundertstelsekunden berücksichtigt werden mußten. Dazu kam noch die „Polbewegung“ des Globus: Unsere Erde „eiert“, und das ändert zuweilen die Tageslänge an einem Ort im Vergleich zu einem anderen. Und selbst bei Ausgleich der jahreszeitlichen Schwankungen („Ephemeridenzeit“) ist die Erde einfach keine gute Uhr; schon Quarzuhren laufen genauer. Der Gleichlauf der Braunschweiger Atomuhren hingegen ist unvorstellbar, übers Jahr bis zu acht mal zehn hoch minus 15 Sekunden genau.

Das auf 175 Grad erwärmte, in einem Vakuumrohr verdampfende Alkalimetall Cäsium 133 strahlt nicht radioaktiv. Die Umwandlung eines seiner Energiezustände in einen niedrigeren („Übergang zwischen den beiden Hyperfeinstrukturniveaus des Grundzustands des Atoms des Nuklids 133Cs“) ist mit der Aussendung einer ganz konstanten elektromagnetischen Welle genau der genannten Frequenz verbunden, mit der

die Sekunde jetzt definiert ist. Die mit etwas Glück zweitausend Kilometer weit, also noch bis Portugal und Griechenland, empfangbare deutsche Zeit kommt allerdings seit 1977 rund um die Uhr von einer von Hewlett-Packard seriengefertigten Cäsium-Uhr aus Mainflingen, fünfundzwanzig Kilometer südöstlich von Frankfurt am Main, auf besonders langer Langwelle (4650 Meter oder 77,5 Kilohertz) als DCF77 mit 50 Kilowatt Sendeleistung (etwa die Hälfte davon strahlt auch ab) von einem 150 Meter hohen Mast - außer es gewittert. Sie wird in Braunschweig von den dortigen noch besseren Uhren nur überwacht.

Die ausgesendete Normalfrequenz ist auf ein Millionstel eines Millionstel genau. Die Träger-Phasenzeit am Sendeort wird auf plus/minus 0,3 Mikrosekunden der UTC (Universal Time Coordinated = Weltzeit) der PTB telefonisch fernwirkend nachgeregelt. Bis zum Empfangsort kommt die Laufzeit mit Lichtgeschwindigkeit dazu, eine Mikrosekunde alle dreihundert Meter. Trotz der Funkübertragung mit geringer Bandbreite, Überlagerungen von Boden- und Raumwelle und möglichen Interferenzen ist selbst einige hundert Kilometer weit die Zeit aber noch auf eine Zehntelmillisekunde genau.

Die Sendung der amtlichen Zeit ist digital verschlüsselt, genaugenommen mit Sekundenmarken amplitudenmoduliert: jede Sekunde ein Töndchen und jede Minute Datum und Uhrzeit für die nächste, durch Impulsdauermodulation im BCD-Code (Binary Coded Decimal), samt besonderen Bits (Nummer 17 und 18) für die 1980 hier eingeführte Sommerzeit,

wenn's Sommer ist, und drei Prüfbits. Muß einmal zusätzlich eine Sekunde in den Lauf der Zeit eingefügt werden - und das geschah seit 1958 schon 27mal, zuletzt am 1. Juli des laufenden Jahres -, dann berücksichtigt das unsere Funkuhr auch.

Ja, auch die Welt wird älter und dabei eher langsamer, schon weil sie sich an den Gezeiten reibt. Läuft sie mehr als 0,9 Sekunden nach, dann schenkt uns der Internationale Erdrotationsdienst in Paris eine zusätzliche Sekunde, genau um Greenwich-Mitternacht meist zu Silvester, in Mitteleuropa also früh um eins (oder um zwei, wenn's im Juli Sommerzeit hat). Ein Glück, daß die Ausstrahlung digital verschlüsselt ist. Amerikaner können auf ihrem Halbkontinent zwar auch Funkzeit empfangen, doch sie wird durch den Äther nur mündlich-amerikanisch vorgetragen, was für sprechende Radios gut und für daten- oder datumsweiterverarbeitende Rechner schlecht ist.

Wer bei uns die Zeitlangwellensendung empfängt und entschlüsselt, weiß spätestens nach einer Minute, was die Uhr geschlagen hat. Die meisten Systeme warten mit ihrer Zeitangabe dann noch eine zweite Minute, damit sie ganz sicher richtigliegen. Und viele zeigen gar nichts an, weil sie die Zeit des Mainflinger Frequenznormals nur für ihre inneren Synchronisationen nutzen.

Geschichtlich ist aus Sonnenuhr und Ortszeit am 1. April 1893 wegen der Eisenbahnen die „Bürgerliche Zeit“ geworden. Hundert Jahre später ist die Zeit, genaugenommen eine elektromagnetische Schwingung, allenthalben zu empfangen. Aber Zeit haben tut deshalb immer noch keiner. fj.

