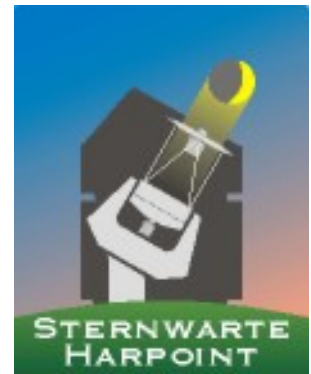


# Sternzeituhr

Nachdem wir erstmal erklären, was es mit der Sternzeit auf sich hat und wozu wir eine Sternzeituhr überhaupt benötigen, wollen wir hier 2 Wege zur eigenen Sternzeituhr vorstellen:

- Eine vor 30 Jahren selbst gebaute elektronische Sternzeituhr
- Eine Sternzeituhr in Form eines kleinen PC-Programms



## Inhaltsverzeichnis

Sternzeituhr.....	1
Inhaltsverzeichnis .....	1
Definition Sternzeit.....	1
Ein praktisches Beispiel.....	1
Ergebnis .....	2
Wozu brauchen wir eine Sternzeituhr .....	2
Die Hardware-Uhr .....	3
Alternativen .....	5
Die Software-Uhr.....	6
Warum eine selbstprogrammierte Sternzeituhr? .....	6
Vorzüge unserer Sternzeituhr.....	6
Installation .....	6
Berechnungsgrundlagen unserer Sternzeituhr.....	7
Links .....	8

## Definition Sternzeit

Unsere allgemein gebräuchliche Uhrzeit (egal welche Zeitzone) orientiert sich am Tag/Nacht-Rythmus. Dieser hängt bekanntlich **nicht nur** von der Eigenrotation der Erde ab, sondern ergibt sich aus der Überlagerung zweier Bewegungen:

- Die Eigenrotation der Erde
- Der Umlauf der Erde um die Sonne

Der Umlauf der Erde um die Sonne verlängert jeden Tag nämlich um etwa 4 Minuten. Die Sternzeit (auch siderische Zeit genannt) orientiert sich hingegen **nur** an der Erdrotation, und die Erde dreht sich in 23 Stunden und 56 Minuten um ihre eigene Achse. Genau genommen dauert so ein Sterntag (siderischer Tag) 23 Stunden, 56 Minuten und 4,091 Sekunden unserer normalen Zeit. Wie eine normale Uhr einen Sonnen-Tag in genau 24 Stunden unterteilt, tut das eine Sternzeituhr mit einem Sternen-Tag ebenso. Damit muss eine Sternzeituhr pro Tag um etwa 4 Minuten schneller laufen.

Die normale Uhrzeit haben wir aus praktischen Gründen in Zeitzonen eingeteilt. Jede Zeitzone ist etwa über 15 Längengrade hinweg gültig. Eine Sonnenuhr zeigt hingegen die „wahre Sonnenzeit“ an, und die ändert sich mit dem jeweiligen Längengrad, ist also eine lokale Zeit. Das gleiche gilt auch für die Sternzeit. So wie bei der wahren Sonnenzeit 12 Uhr (mittags) ist, wenn die Sonne genau den Orts-Meridian durchläuft, haben wir die Sternzeit 0 Uhr, wenn der Frühlingspunkt im Orts-Meridian steht. Damit ist die Sternzeit vom Längengrad des Beobachtungsortes abhängig.

## Ein praktisches Beispiel

Wir erblicken einen Stern heute in der Nacht zu einer ganz bestimmten Uhrzeit und einer gewissen Sternzeit genau im Süden, und notieren beide Zeiten. In der nächsten Nacht sehen wir den gleichen Stern zur gleichen Sternzeit am gleichen Ort ebenfalls genau im Süden. Schauen wir dann auf eine normale Uhr, so zeigt sie eine

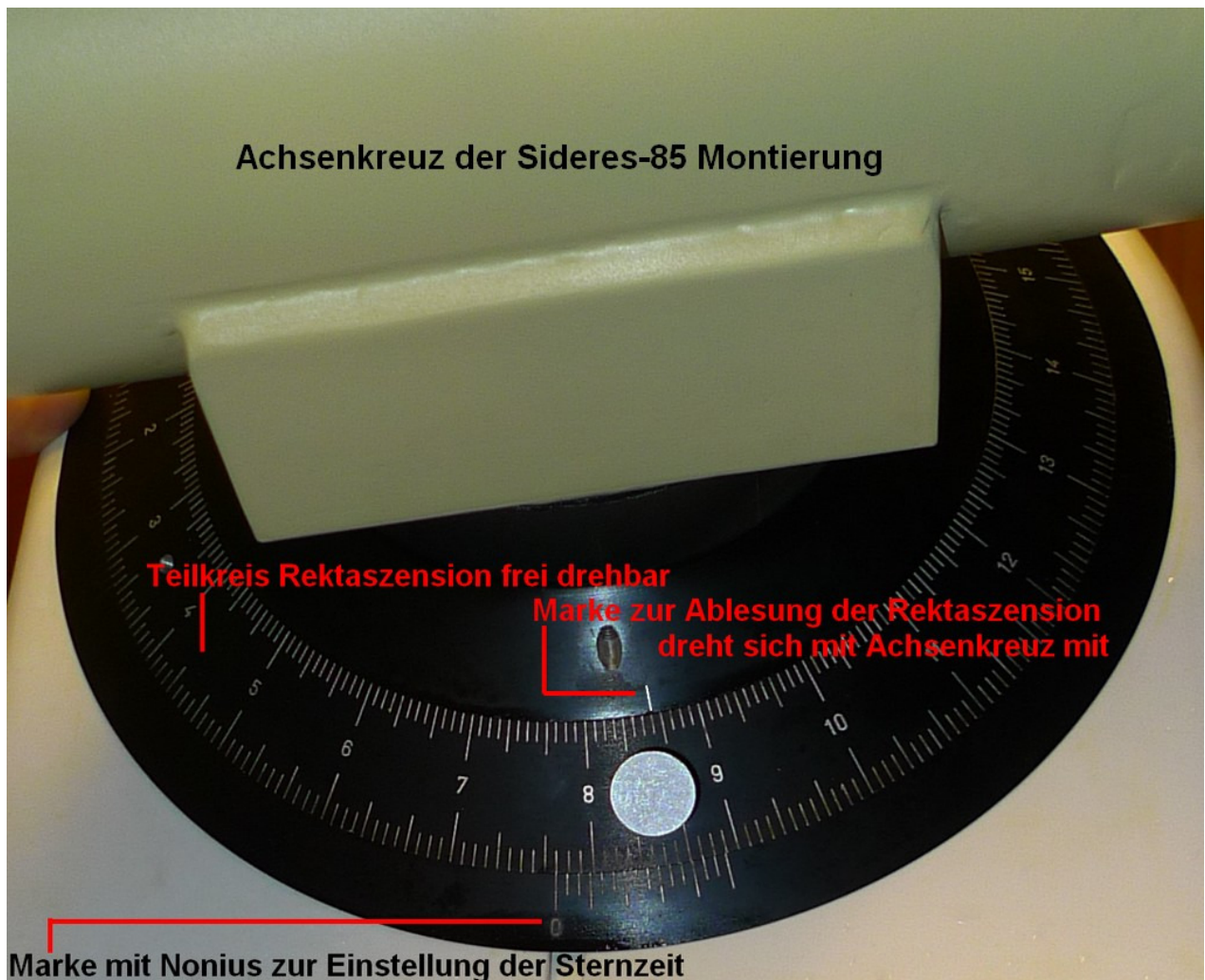
Uhrzeit um etwa 4 Minuten früher an, als gestern. Schlagen wir die Koordinaten unseres im Süden befindlichen Sterns in einer Sternkarte nach, dann bemerken wir, dass seine Rektaszension (das ist eine seiner beiden Koordinaten in der Sternkarte) genau der Sternzeit entspricht.

## Ergebnis

Die Sternzeit ist definiert, als die Rektaszension eines Sterns im Meridian des lokalen Beobachtungsortes.

### **Wozu brauchen wir eine Sternzeituhr**

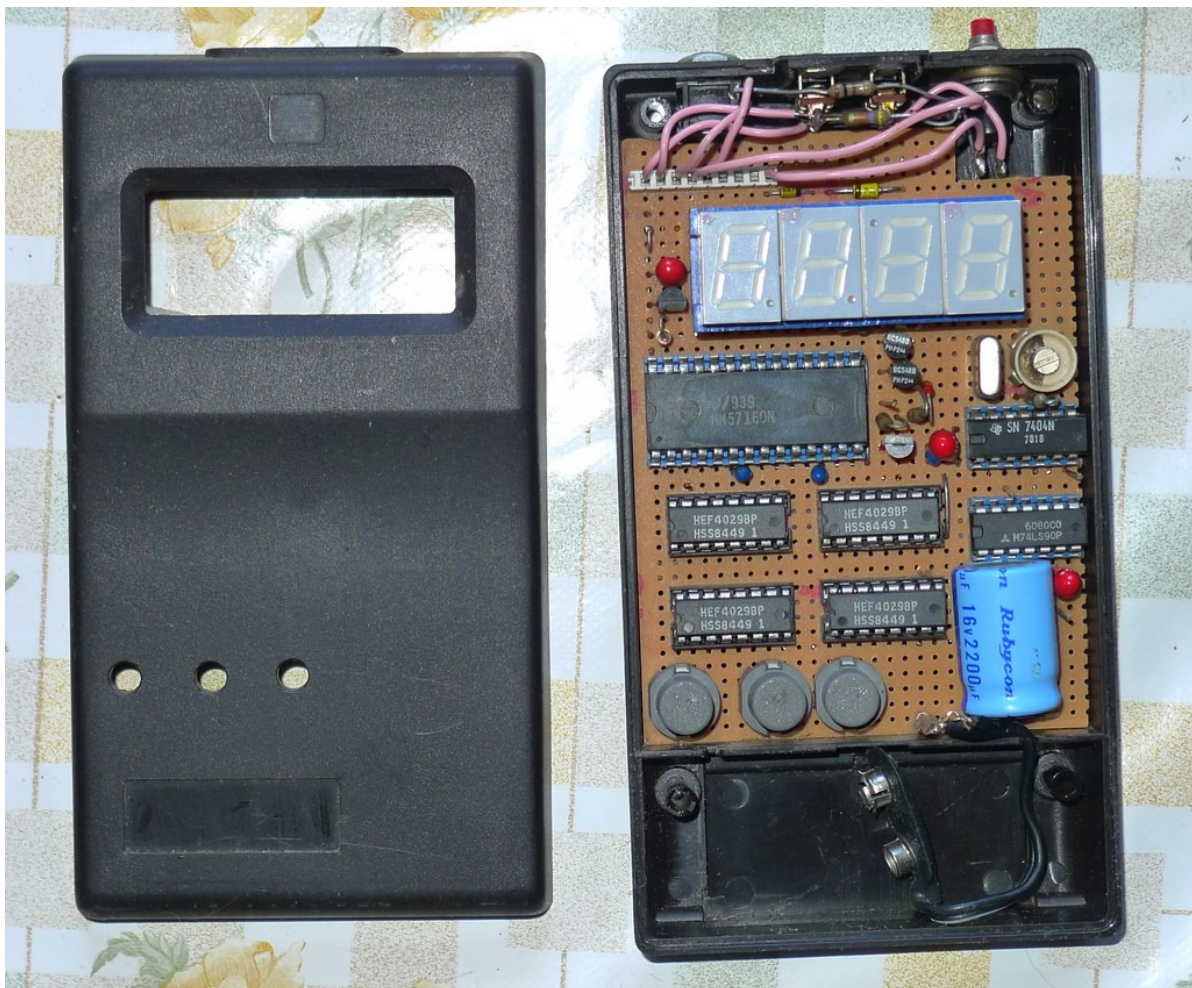
Damit wir den renovierten Teilkreis unserer Sideres-85-Montierung verwenden können, benötigen wir in der kleinen Rolldachsternwarte eine Sternzeituhr. Mit Hilfe der lokalen Sternzeit des Beobachtungsortes stellen wir den Rektaszensionsteilkreis in einem ersten Schritt auf die Rektaszension des Meridians ein: Ein ortsfeste Ablesemarke (sie markiert den Meridian, also die Südrichtung) muss am Teilkreis die momentane Sternzeit anzeigen. Der Teilkreis ist dem entsprechend zu drehen. **Unmittelbar danach zeigt eine zweite, bewegliche Ablesemarke (sie dreht sich beim Schwenk des Teleskops mit der Stundenachse mit) am Teilkreis direkt die Rektaszension des eingestellten Himmelsobjektes an.** Eine Umrechnung auf Stundenwinkeln oder die Ermittlung und Einstellung von Rektaszensionsdifferenzen kann entfallen. Der Teilkreis ist damit einfacher nutzbar.



## Die Hardware-Uhr

Eine Digitaluhr ist die klassische Aufgabenstellung für Einsteiger in die Programmierung von Microcontrollern (Arduino, Basic-Stamp etc.) Wenn wir die Uhr einfach um 4 Minuten/Tag vorgehen lassen, dann haben wir bereits unsere Hardware-Sternzeituhr. Dazu gibt es nicht viel mehr zu sagen, was ohnehin leicht im Internet zu finden ist.

Wir wollen hier eine Sternzeituhr der alten Schule vorstellen: „Made by LötKolben“ ohne eine einzige Zeile Code. Vor über 30 Jahren habe ich schon mal eine Sternzeituhr entwickelt und gebaut. Ich verwendete dazu einen damals handelsüblichen Uhren-IC-Baustein MM57160 von National Semiconductor. Es handelt sich um einen 28-poligen IC-Baustein im DIL-Gehäuse, welcher eine 6-stellige 7-Segmentanzeige als Digitaluhr ansteuern kann. Als Frequenznormal für die Uhrenfunktion hat der Baustein einen 50Hz-Eingang, der für die 50Hz-Netzfrequenz vorgesehen war. An Stelle der Netzfrequenz verwendete ich einen 10MHz-Quarzoszillator, dessen Frequenz zunächst mit 7493 auf 1Mhz und dann mit CMOS-Digitalbausteinen der 4011-Serie auf 50.1369Hz heruntergeteilt wird. Dieser Frequenzteiler sorgte für den um 4 Minuten beschleunigten Gang der Sternzeituhr im Vergleich zu einer normalen Uhr. Von den möglichen 6 Anzeigestellen wurden nur 4 ausgebaut, sodass die Uhr nur Stunden und Minuten anzeigt. Wir geben hier den damals noch mit der Hand gezeichneten Schaltplan dieser Sternzeituhr an. Ein erforderliches Steckernetzteil ist im Schaltplan nicht eingezeichnet. Eine 9V-Pufferbatterie soll beim Transport der Uhr deren Funktion sicherstellen. Bei Inbetriebnahme der Uhr muss die lokale Sternzeit ermittelt und an der Uhr mit den Stellfunktionen des Uhrenbausteins eingestellt werden. Heutzutage ist der Uhrenbaustein nur mehr schwer aufzutreiben, geschweige denn ein Datenblatt dazu. Das Prinzip mit dem Frequenzteiler funktioniert freilich auch bei jeder anderen Uhr mit 24-Stunden-Anzeige und 50Hz Eingang.



Die 3 grauen Drucktaster dienen zum Einstellen der Zeit. Sie sind mit einem Stift durch die Bohrungen im Gehäuse hindurch zu betätigen. So besteht nicht die Gefahr, die Zeit unbeabsichtigt zu verstellen. Im gezeichneten Plan wird noch mal auf die Parametrierung der 4029-Bausteine des Frequenzteilers eingegangen.



# STERNZEITUHR

Faktor: 1,002738

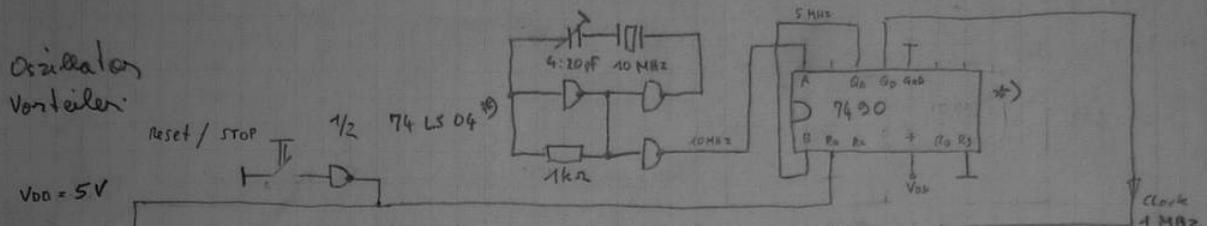
Quarzfrequenz 10 MHz geteilt auf 1 MHz (Idealwert 999.980,3798 Hz)

Nennfrequenz 50,1369 Hz (Idealwert der Periode: 19945,391  $\mu$ s)

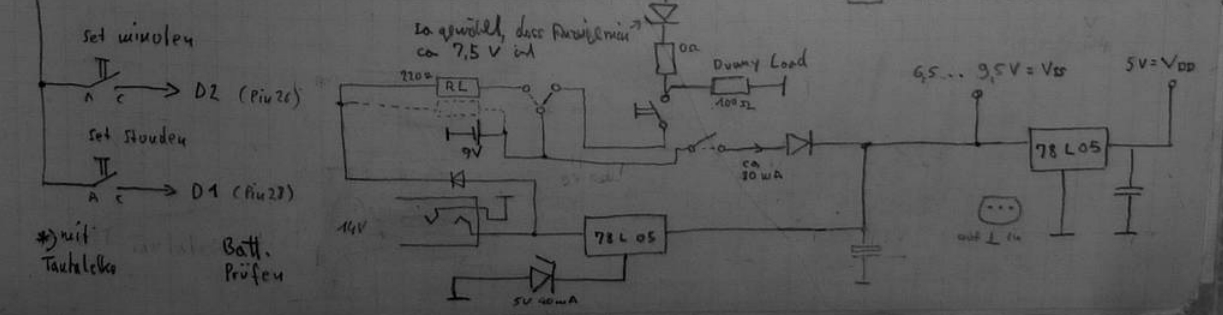
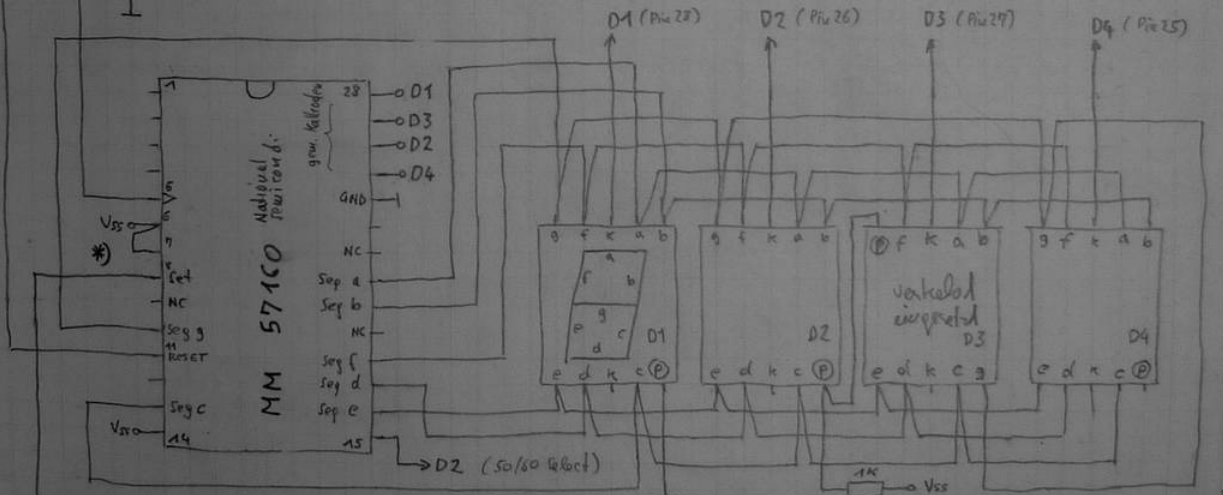
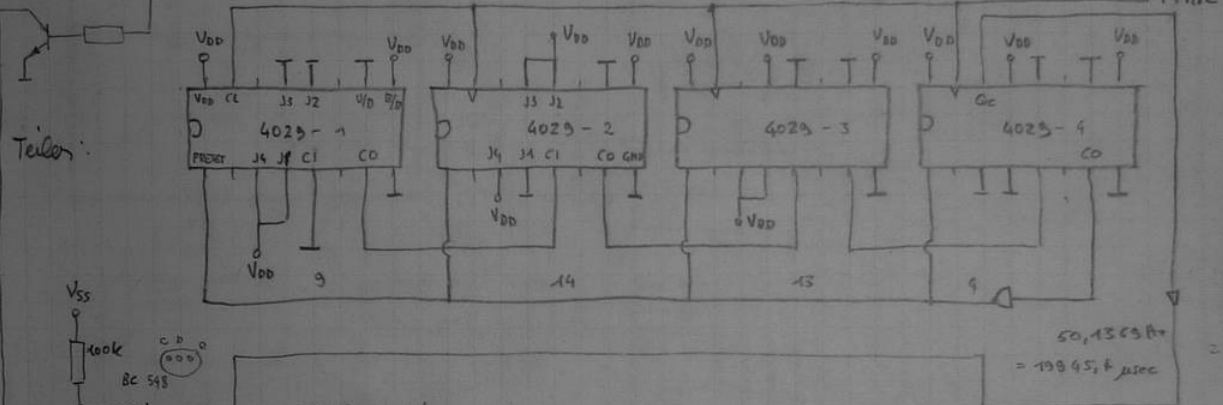
Teilungswahlverhältnis  $1 \text{ MHz} / 50,1369 = 19945,38952 \approx 19945$

$$19945 = 46751 / \text{Okt} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 4 & 6 & 7 & 5 & 1 & & \\ \hline 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ \hline 9 & 13 & 14 & 9 & & & & & \\ \hline \end{array} \begin{array}{l} \text{Oktal} \\ \text{Binär} \\ \text{Hexa} \end{array}$$

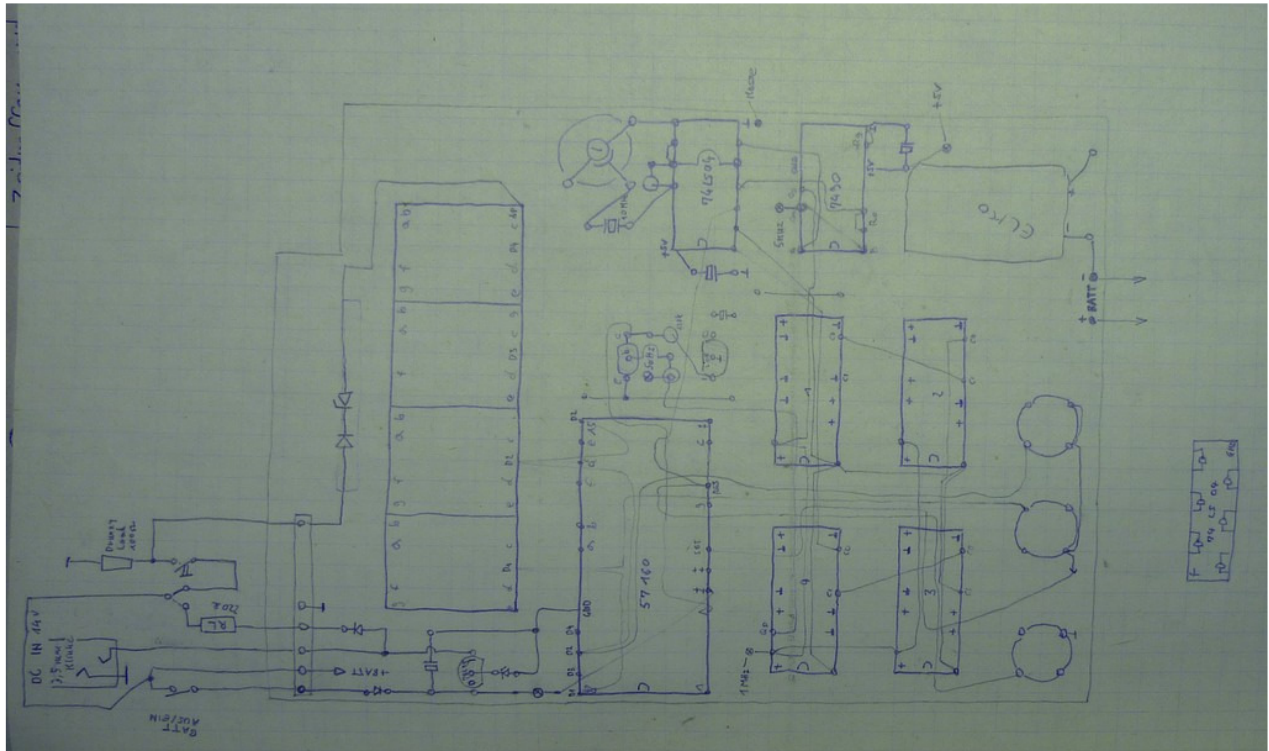
Oszillator  
Vorsteilen:



Teiler:



Abschließend noch der Verdrahtungsplan auf der Lochrasterplatte



## Alternativen

Eine nette Variante wäre übrigens eine analoge Uhr mit Stunden- und Minutenzeiger, jeder von einem eigenen Schrittmotor angetrieben. Da müsste man nur den Frequenzteiler entsprechend erweitern und damit 2 Schrittmotor-Endstufen ansteuern. Auf einen speziellen Uhrenbaustein kann man dann verzichten. Die Bauteile für einen Frequenzteiler sind auch heute nach 30 Jahren noch leicht erhältlich. Mit normalen Schrittmotoren ist allerdings die konzentrische Anordnung von großem und kleinem Zeiger nicht so leicht realisierbar, doch das muss kein Nachteil sein: Die nicht konzentrische Anordnung der beiden Ziffernblätter bedeutet einen künstlerischen Gestaltungsspielraum bei deren graphischer Ausführung. Viele historische Sternzeit-Pendeluhr in alten Sternwarten haben ja ebenfalls unkonventionelle Zifferblätter.

## Die Software-Uhr

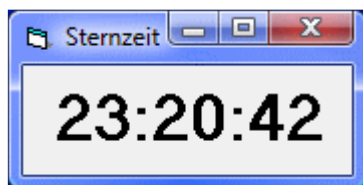
Die Softwareuhr ist eigentlich keine Uhr im klassischen Sinn, sondern ein Sternzeitrechner. Sie verwendet nämlich die normale Rechneruhr des PC und rechnet deren Zeit laufend auf die lokale Sternzeit um, um sie dann in einem kleinen Fenster am Desktop anzuzeigen.

## Warum eine selbstprogrammierte Sternzeituhr?

Im Internet sind zahlreiche Sternzeituhren als Freeware runterladbar. Leider ist keine einzige davon für unseren Zweck wirklich praktisch. Deren Fenster sind zu groß und beanspruchen viel Platz auf dem Desktop. Die Uhren haben vielfältige Einstellungsmöglichkeiten für Parameter und Darstellungsoptionen, welche unnötigerweise immer angezeigt werden. Warum müssen die Kollegen ihre Produkte immer so überfrachten mit Dingen, die in der Praxis keiner braucht? Wir wollen doch nur in großen Lettern die Sternzeit ablesen und nichts weiter. Teilweise gibt es Einschränkungen bezüglich des zugrundeliegenden Betriebssystems (MSDOS, Windows bis XP, Windows ab Vista) was für eine so einfache Aufgabe überhaupt unverständlich ist. Deshalb verzichte ich hier auf die Anführung der entsprechenden Links. Es ist schon ärgerlich, doch offenbar muss man in der Hobbyastronomie alles selber machen, sogar etwas so Einfaches wie eine Sternzeituhr-Anzeige am Bildschirm.

## Vorzüge unserer Sternzeituhr

Unser Tool öffnet nur ein kleines Anzeigefenster, ohne allzu viel Platz am Desktop zu beanspruchen. Dort wird kurz und bündig einfach die lokale Sternzeit angezeigt. Wird das kleine Fenster verschoben, dann merkt sich unser Tool die neue Fensterposition und öffnet das Anzeigefenster beim nächsten Programmstart an der neuen Stelle des Desktops. Ausgangspunkt für die Berechnung der Sternzeit ist die Systemzeit des Rechners. Von dieser wird angenommen, dass es sich entweder um die mitteleuropäische Zeit (MEZ, CET), oder um die mitteleuropäische Sommerzeit (MESZ) handelt. Welche von beiden zutrifft, das entscheidet das Tool selber (ohne auf die entsprechenden Funktionen von Windows zurückzugreifen). Auf die Einstellbarkeit anderer Zeitzonen haben wir verzichtet. Was jetzt noch fehlt, das sind die lokalen Ortskoordinaten, also die Längen- und Breitengradangabe des Beobachtungsstandortes. Sie sind in der einfach editierbaren Datei „sternzeituhr.ini“ zu hinterlegen. Dabei ist GL die geografische Länge. Sie ist als Dezimalzahl im Bogenmaß anzugeben ( $360^\circ$  entsprechen  $2\pi$ ). So entspricht  $GB = 47^\circ 54' 33'' = 47.909166^\circ = 0.8361727\text{rad}$  (die geographische Breite wird nicht benötigt und ist hier nur als Rechenbeispiel angeführt) und  $GL = 13^\circ 21' 07'' \text{Ost} = 13.351944^\circ = 0.233035392\text{rad}$ .



so einfach sieht das aus

Nachfolgend der Inhalt der Datei „sternzeituhr.ini“. Nur die erste Zeile ist zum Editieren durch den Anwender vorgesehen.

```
GL= .233035392  
Fensterposleft= 1500  
Fensterpostop = 3405
```

Auf den „Rotlicht-Darstellungsmodus“ anderer Sternzeituhrenprogramme haben wir ebenfalls bewusst verzichtet. Ein einzelnes Fenster am desktop rot einzufärben ist unfug. Unsere Lösung für eine blendfreie Anzeige ist in <http://www.harpoint-observatory.com/deutsch/eigenbau/rotlichtscheibe.pdf> beschrieben.

## Installation

Zuerst ist die gepackte Datei sternzeituhr.zip zu entpacken. Danach installiert der Aufruf von setup.exe das Hauptprogramm sternzeituhr.exe zusammen mit sternzeituhr.ini in ein lokales Programmverzeichnis. Setup.exe

benötigt dazu die Dateien sternzeituhr.cab und setup.lst. Man könnte den erwünschten Installationsordner (beispielsweise c:\Programme\sternzeituhr) eintippen, wenn er in der Auswahl nicht zu finden ist. **Achtung:** Unter WIN7 sind die Zugriffsrechte auf den Standardordner für Programme (c:\Programme oder c:\Program Files) eingeschränkt, wodurch möglicherweise die spätere Ausführung des Programms behindert wird, es sei denn man ist immer als „administrator“ eingeloggt. Das ist Zwangsbeglückung a la Microsoft. Wir empfehlen als Abhilfe die Installation unter einem anderen Ordner.

Damit sternzeituhr.exe auch in einer Systemumgebung ohne das Entwicklungswerkzeug VB6 laufen kann, wird die Laufzeitumgebung von VB6 mitinstalliert. Achtung: setup.exe versucht dazu folgende Dateien ins Windows Systemverzeichnis \$(WinSysPath), also normalerweise auf c:\windows\system32 zu kopieren und zu registrieren: vb6stkit.dll, olepro32.dll, oleaut32.dll, msvbvm60.dll, comcat.dll, asycfilt.dll, vb6de.dll. Wer will kann eventuell schon vorhandene Versionen vorher sichern oder bei Ausführung des Setup <beibehalten> wählen.

Sternzeit.exe selbst verwendet die Windows Registry zum Glück für den Anwender nicht. Alle Einträge über sternzeit.exe in der Registrierungsdatenbank sind nur Standardeinträge durch das Setup. Das bedeutet auch eine weitgehende Portabilität des Programms, sofern die VB6-Laufzeitumgebung auf dem Rechner bereits vorhanden ist: Wenn sie den Installationsordner also ganz wo anders hin verschieben und von dort aus sternzeituhr.exe starten, wird es genauso funktionieren.

## Berechnungsgrundlagen unserer Sternzeituhr

Als Berechnungsgrundlage verwenden wir die Algorithmen aus dem Buch „Astronomie mit dem Personal Computer“ von Oliver Montenbruck und Thomas Pfleger, ergänzt um eine eigene Funktion „Sommerzeit“. Wir geben hier die entsprechende VB6-Subroutine an:

```
Public Sub SternZeitNow(GL As Double, GB As Double)
'Ausgabe der Sternzeit in String STZ. Als Eingangsparameter dienen GL und GB (geografische Länge und Breite)
Public Jd_ As Double 'Julianisches Datum incl. Ortszeit in UT
Public Jd0_ As Double 'Julianisches Datum um 0 Uhr UT
Dim Mjd_ As Double 'Modifiziertes Julianisches Datum incl. Ortszeit in UT
Dim Mjd0_ As Double 'Modifiziertes Julianisches Datum um 0 Uhr UT
Dim MLS As Single 'mittlere lokale Sternzeit in dezimalen Stunden
Dim STZ As String 'detto als String hh:mm:ssDim yy, mm, dd, hh, min, sec, ya, MO As Integer
Dim A, B, Gmst, t, Ut, Ho As Double
Const k = 1.0027379093 'Länge eines Sonnentages in Sterntage
'aktuelle Zeit:
yy = Val(Right(Date, 2)) + 2000 'gilt erst ab jahr 2000, dafür 2 oder 4-stellige Jahresangabe
mm = Val(Mid(Date, 4, 2))
dd = Val(Left(Date, 2))
hh = Val(Left(Time, 2))
min = Val(Mid(Time, 4, 2))
sec = Val(Right(Time, 2))
'singlevariable=Timer gibt hingegen die Sekunden seit Mitternacht mit 2 Dezimalen

If mm > 2 Then
MO = mm
ya = yy
Else
MO = mm + 12
ya = yy - 1
End If

Ho = hh + min / 60# + sec / 3600#
A = 10000 * yy + 100 * mm + dd
If A > 15821004 Then
B = Int(ya / 400) - Int(ya / 100) + Int(ya / 4)
Else
```

```

    B = 2 + Int((ya + 4716) / 4) - 1179
End If
A = 365 * ya - 679004

Mjd0_ = A + B + Int(30.6001 * (MO + 1)) + dd 'Modifiziertes Julian.Datum um 0h UT
Mjd_ = Mjd0_ + Ho / 24 'Modifiziertes Julian. Datum noch nicht Zeitkorrigiert
If Sommerzeit Then Mjd_ = Mjd_ - 2 / 24# Else Mjd_ = Mjd_ - 1 / 24# ' Korrigieren von MEZ bzw. MESZ auf
UT-Zeit:

Jd0_ = Mjd0_ + 2400000.5 'Julian.Datum um 0h UT
Jd_ = Mjd_ + 2400000.5 'Julian.Datum zur Zeit UT
t = (Int(Mjd_) - 51554.5) / 36525 ' jahrhundertzahl
Ut = 24 * (Mjd_ - Int(Mjd_))

'GMST = 6.697374558 + k * UT + (8640184.812866 + (0.093104 - 0.0000062 * T) * T) * T / 3600
'GMST = (24110.54841 + 8640184.812866 * T + 0.093104 * T * T + 0.0000062 * T * T * T) / 3600

Gmst = 6.656306 + 0.0657098242 * (Jd0_ - 2445700.5) + 1.0027379093 * Ut
Gmst = 24 * ((Gmst / 24) - Int(Gmst / 24))
If Gmst < 0 Then Gmst = Gmst + 24

MLS = Gmst + GL * 180 / Pi / 15 'Mittlere lokale Sternzeit in dezimalen Stunden für GL östlicher Länge in rad
If MLS > 24 Then MLS = MLS - 24
min = (MLS - Int(MLS)) * 60
sec = (min - Int(min)) * 60
STZ = Format(Int(MLS), "00") + ":" + Format(Int(min), "00") + ":" + Format(Int(sec), "00")
End Sub

```

## Links

- <http://www.primacom.net/sma/stuhr.htm> eine elektromechanische Sternzeituhr
- <http://zeitladen.de/palm.html> Sternzeituhrenprogramm für Palmtop
- [http://www.harpoint-observatory.com/deutsch/eigenbau/sanierung\\_sideres.pdf](http://www.harpoint-observatory.com/deutsch/eigenbau/sanierung_sideres.pdf) Testbericht und Anleitung zur Sanierung der Montierung Sideres-85.
- <http://www.harpoint-observatory.com/deutsch/eigenbau/rotlichtscheibe.pdf> Blendfreie Nutzung eines Netbook für nächtliche Himmelsbeobachtungen.

© Sternwarte Harpoint, 2012, Autor: Dipl. Ing. Hans Robert Schäfer