Jean Elsner
Maximilian Kurthen

Fortgeschrittenenpraktikum Astronomie - Hausarbeit

(1) **Polarstern**
Ein Fixstern ist überall dort zirkumpolar, wo DEC $> 90° - \phi$ gilt
(DEC: Deklination, ϕ: Breitengrad)

Im Fall des Polarsterns (DEC = +89°15' 51") also für $\phi > +0°44'09''$

(2) **Sommerdreieck**
Das Sommerdreieck besteht aus den Fixsternen:

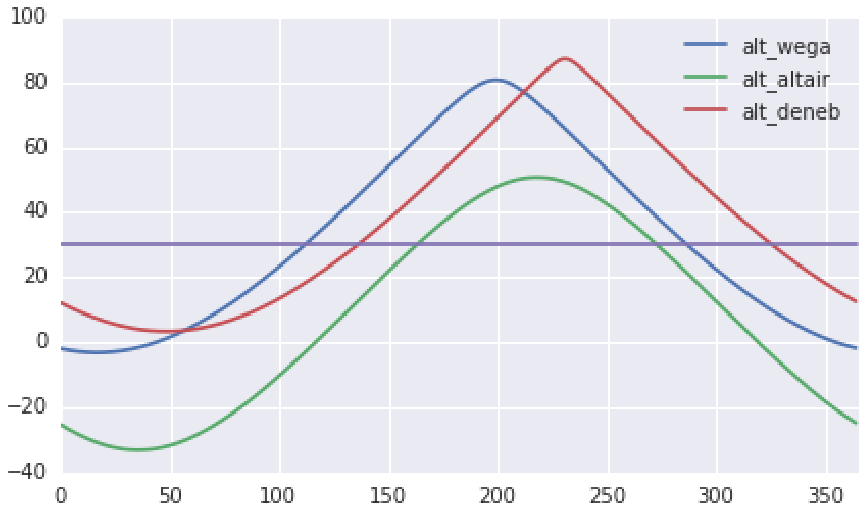
- Wega: RA: 18h 36m 56s, Dec: +38°47' 1,3"
- Altair: RA: 19h 50m 47s, Dec: +08°52' 6"
- Deneb: RA: 20h 41m 26s, Dec: +45°16' 49,217"

Die lokale Höhe ALT über dem Horizont berechnet sich aus rotierenden äquitorialen Koordinaten (RA, DEC) und der lokalen Sternzeit θ durch

$$sin(ALT) = sin(\phi)sin(DEC) + cos(\phi)cos(DEC)cos(\theta - RA)$$
$$\Leftrightarrow ALT = arcsin(sin(\phi)sin(DEC) + cos(\phi)cos(DEC)cos(\theta - RA))$$

(Die Berechnug der lokalen Sternzeit wird im Abschnitt (3) näher erläutert)

Eine grafische Auswertung für die lokale Höhe in München um 22 Uhr (UT) an den Tagen des Jahres 2015, lässt gut erkennen, dass die Höhe von *Altair* das entscheidende Kriterium ist. Diese ist an allen Tagen vom 13. Juni 2015 (30,03°) bis zum 1. Oktober 2015 (30,02 °) größer als 30°.



Höhenwinkel der Sterne des Sommerdreiecks in München um 22 Uhr (UT)an den Tagen des Jahres 2015

Die Berechnung und die Erstellung des Plots wurde mit folgendem python-skript durchgeführt:

python-skript

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns

#declination in degrees
dec_wega = 38 + 47/60 + 1.3/3600
dec_altair = 8 + 52/60 + 6/3600
dec_deneb = 45 + 16/60 + 49.217/3600

#right ascension in hours
ra_wega =   18 + 36/60 + 56/3600
ra_altair = 19 + 50/60 + 47/3600
ra_deneb =  20 + 41/60 + 26/3600

#longitude and latitude of munich in degrees
long_muc = 11 + 35/60
lat_muc = 48 + 8/60

#get GMST_0 for a day in 2015 (1.1. is 0, 2.1. is 1, ... )
def get_GMST_0(doy):
    JD_01_01 = 2457023.5 #Julian date for 1.1.2015, 00:00
    JD = JD_01_01 + doy
    T = (JD- 2451545.0) / 36525
    timedelta_seconds = (24110.54841 + 8640184.812866*T + 0.093104*(T**2) - 0.0000062*(T
        **3) ) % (24*3600)
    GMST_0 = timedelta_seconds / 3600
    return GMST_0

#get local altitude of an object, given local sidereel time
def get_altitude(lst, dec, ra, lat = lat_muc):
    #convert to rad,
    lat =  lat * 2 * np.pi / 360
    lst =  lst * 2 * np.pi / 24
    ra  =  ra  * 2 * np.pi / 24
    dec =  dec * 2 * np.pi / 360

    alt = np.arcsin(
        np.sin(lat) * np.sin(dec)
        + np.cos(lat) * np.cos(dec) * np.cos(lst - ra)
        )

    #return altitude in degrees
    return alt * 360 / (2*np.pi)

#gmst_0 times in 2015
GMST_0_2015 = np.array([get_GMST_0(i) for i in range(365)])
#gmst_22 times in 2015
GMST_22_2015 = (GMST_0_2015 + 1.00273790935 * 22)  % 24
#local sidereel times at 22:00 UT in munich in 2015
LST_22_2015 = (GMST_22_2015 + long_muc/15 ) % 24

#get daily local altitudes in 2015 in munich
alt_wega = np.array([get_altitude(lst, dec_wega, ra_wega) for lst in LST_22_2015])
alt_altair = np.array([get_altitude(lst, dec_altair, ra_altair) for lst in LST_22_2015])
alt_deneb = np.array([get_altitude(lst, dec_deneb, ra_deneb) for lst in LST_22_2015])

#plot altitudes
fig = plt.figure(figsize = (7,4))
ax = fig.add_subplot(1,1,1)
ax.plot(alt_wega, label = 'alt_wega')
```

```
ax.plot(alt_altair, label = 'alt_altair')
ax.plot(alt_deneb, label = 'alt_deneb')
ax.plot([30]*len(alt_deneb))
ax.legend()
ax.set_xlim(0,365)
fig.savefig('Sommerdreieck.png')
```

(3) **Eigene Objekte**

Es sollen die optimalen Beobachtungszeiträume für die Klasse der Nebel am 11.11.2015 betrachtet werden. Hierzu werden vor allem Deklination und Zeitpunkt des Meridian-Überganges herangezogen. Eine möglichst hohe meridiale Deklination erlaubt einerseit einen längeren Zeitraum das Objekt zu beobachten, hat aber auch optische Vorteile. Streuendes Licht in Horizontnähe und störende Effekte durch die Atmosphäre werden so minimiert.

Mathematische Grundlagen

Als Grundlage für die Berechnungen der Koordinaten im System des Beobachters dient die Sternzeit sowie ein Datenkatalog der Messier Objekte.

- **Sternzeit**

  Die Berechnung der Sternzeit erfolgt nach der Formel:

  $$\begin{aligned}\text{GMST(0h UT)} &= 24110{,}54841^{\mathrm{s}} + 8640184{,}812866^{\mathrm{s}} \cdot T + 0{,}093104^{\mathrm{s}} \cdot T^2 - 0{,}0000062^{\mathrm{s}} \cdot T^3 \\ \text{wobei: } T &= \frac{JD - 2451545{,}0}{36525}, \\ \text{mit } JD&\text{: Julianisches Datum}\end{aligned}$$

  Die lokale Sternzeit ist ferner abhängig vom Längengrad λ und lässt sich mit dem Korrekturterm $\lambda/15$ berechnen.

- **Stundenwinkel**:

  Sternzeit θ und Rektaszension α sind mit dem Stundenwinkel τ über die Relation $\tau = \theta - \alpha$ verknüpft. Da die Sternzeit über den Frühlingspunkt definiert wird, ist der Stundenwinkel des Frühlingspunkts identisch mit der lokalen Sternzeit. Für ein beliebiges astronomisches Objekt gilt: entspricht der Stundenwinkel der Resktaszension, kulminiert der Himmelskörper.

- **Sternhöhe**

  Die Sternhöhe bei Meridiandurchgang ergibt sich auf einfache Weise relativ zum Breitengrad des Beobachters:

  $$ALT_{meridian} = \begin{cases} DEC + (90^\circ - \phi) & DEC \leq \phi \\ \phi + (90^\circ - DEC) & DEC > \phi \end{cases}$$

  Für einen beliebigen Stundenwinkel können die Relationen der Koordinatentransformation vom äquatorialen zum horizontalen Koordinatensystem verwendet werden:

  $$\sin(ALT) = \sin(DEC) \cdot \sin(\phi) + \cos(DEC) \cdot cos(\phi) \cdot \cos(\tau)$$

Datenauswertung

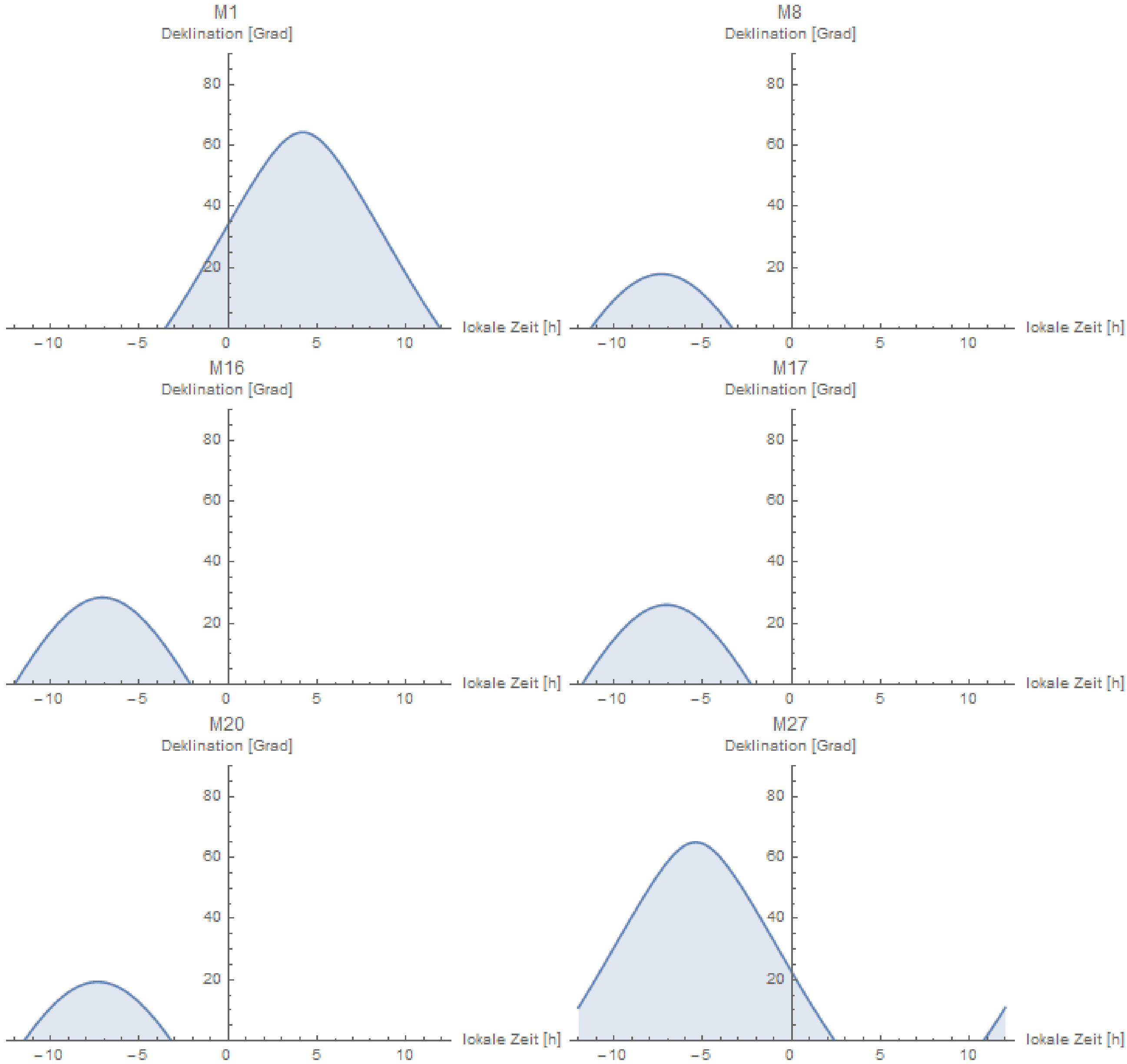
Mit Hilfe von *Mathematica* wurde ein Skript auf Basis des Beispiels implementiert und um zeitliche Plots der Deklination in Abhängigkeit von der Zeit erweitert. Für den 11.11.2015 20:00 Uhr GMT+1 ergeben sich für die Nebel des Messier-Katalogs folgende Werte:

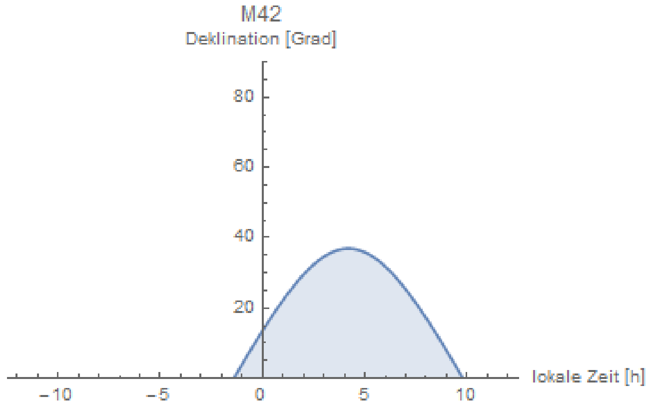
Objekt	RA	DEC	Typ	HA	merLT	merALT	photpix	MAG	merAM
M1	83.625°	22°	SupernovaRemnant	252.282°	3.181 18 h	64.2964°	266.667	9	1.109 82
M8	271.005°	−24.4°	Emissionsnebel	64.9002°	15.6732 h	17.8964°	10 616.2	5	3.254 18
M16	274.755°	−13.8°	Emissionsnebel	61.1522°	15.9232 h	28.4964°	1682.55	7	2.095 98
M17	275.25°	−16.2°	Emissionsnebel	60.6572°	15.9562 h	26.0964°	4226.38	6	2.273 33
M20	270.75°	−23°	Emissionsnebel	65.1572°	15.6562 h	19.2964°	1682.55	7	3.026 13
M27	299.88°	22.7°	PlanetarischerNebel	36.0272°	17.5982 h	64.9964°	669.836	8	1.103 41
M42	83.85°	−5.4°	Emissionsnebel	252.057°	3.196 18 h	36.8964°	26 666.7	4	1.665 64
M43	84°	−5.3°	Emissionsnebel	251.907°	3.206 18 h	36.9964°	266.667	9	1.661 78
M57	283.395°	33°	PlanetarischerNebel	52.5122°	16.4992 h	75.2964°	266.667	9	1.033 86
M76	25.605°	51.6°	PlanetarischerNebel	310.302°	23.3132 h	86.1036°	96.8208	10.1	1.002 32
M78	86.745°	0.1°	Reflexionsnebel	249.162°	3.389 18 h	42.3964°	266.667	9	1.483 12
M97	168.75°	55°	PlanetarischerNebel	167.157°	8.856 18 h	82.7036°	106.162	10	1.008 16

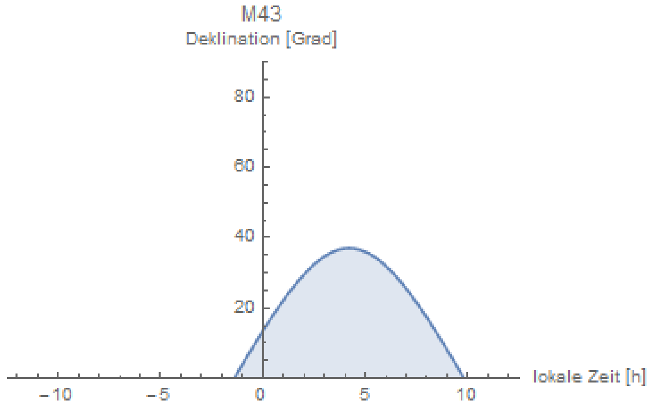
Tabelle 1: Nebel des Messier Katalogs für den Beobachtungszeitpunkt 11.11.2015 20:00 Uhr GMT+1

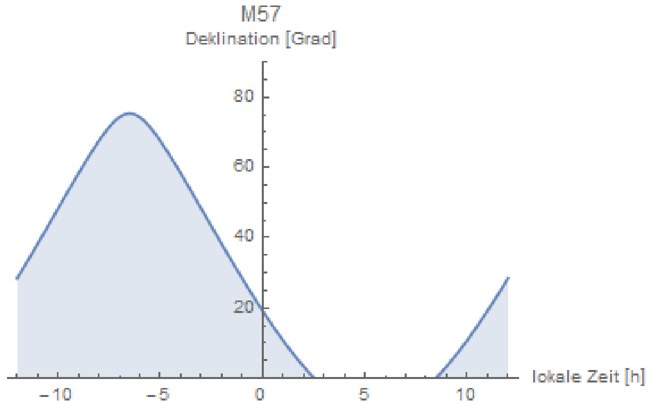
Am 11. November 2015 ist um 16:41 Uhr (MEZ) Sonnenuntergang. Objekte, die nach Sonnenuntergang kulminieren (merLT) und beim Meridiandurchgang möglichst hoch stehen (merALT) bieten sich zur Beobachtung an. In den zeitaufgelösten Plots zeigt sich dies durch große Flächen, die möglichst um die Achse Zentriert sind.

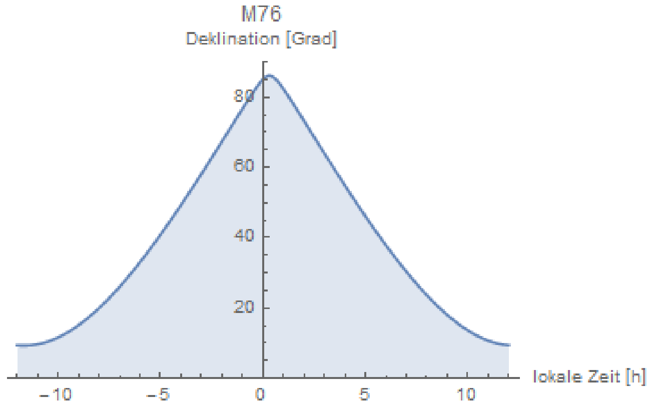
Während fast alle Nebel in der nacht vom 11. November zumindest kurzzeitig sichtbar sind, wird schnell deutlich, dass sich vor allem M76 und M27 zur Beobachtung eignen. Beide Objekte haben eine hohe Deklination ($\geq 60°$) beim Meridiansdurchgang und kulminieren während der Beobachtungsblöcke (etwa 23:30 Uhr und 18:00 Uhr respektiv).

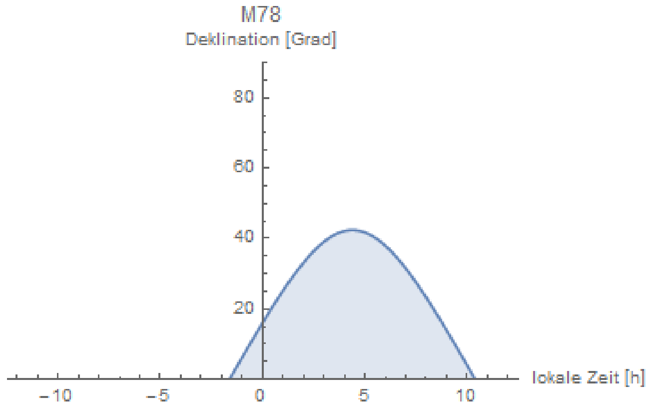

M1
Deklination [Grad]
lokale Zeit [h]
M8
Deklination [Grad]
lokale Zeit [h]
M16
Deklination [Grad]
lokale Zeit [h]
M17
Deklination [Grad]
lokale Zeit [h]
M20
Deklination [Grad]
lokale Zeit [h]
M27
Deklination [Grad]
lokale Zeit [h]

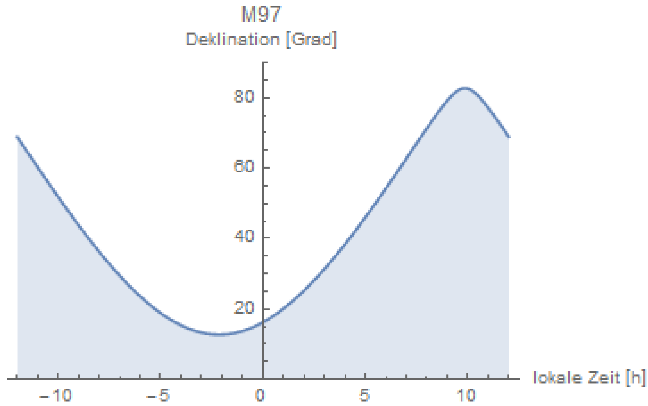

M42
Deklination [Grad]
80
60
40
20
lokale Zeit [h]
−10
−5
0
5
10


M43
Deklination [Grad]
80
60
40
20
lokale Zeit [h]
−10
−5
0
5
10


M57
Deklination [Grad]
80
60
40
20
lokale Zeit [h]
−10
−5
0
5
10


M76
Deklination [Grad]
80
60
40
20
lokale Zeit [h]
−10
−5
0
5
10


M78
Deklination [Grad]
80
60
40
20
lokale Zeit [h]
−10
−5
0
5
10


M97
Deklination [Grad]
80
60
40
20
lokale Zeit [h]
−10
−5
0
5
10

Mathematica Skript

```
type = "Nebel";
lat =  Quantity[47 + 42/60 + 13/3600, "AngularDegrees"];
lng = Quantity[44/60, "AngularDegrees"];
observationDate = DateObject[{2015, 11, 11, 20, 00}, TimeZone -> 1];
observationPostion = GeoPosition[{lat, lng}];
zeroPoint = 21.5;

SetDirectory[NotebookDirectory[]];
extractSublists[x_List, el_] := Extract[x, Most /@ Position[x, el]];
meridianDeclination[lat_, decl_] :=
  If[decl <= lat, decl + (Quantity[90, "AngularDegrees"] - lat),
   lat + (Quantity[90, "AngularDegrees"] - decl)];

st = SiderealTime[observationPostion, observationDate, Mean];
table = extractSublists[Import["messier.tbl", "Table"], type];
table = Transpose[
   DeleteCases[table, _?(StringMatchQ[#1[[1]], "#" ~~ ___] & )]];
table = Append[table, {}];

dl = DateList[observationDate];
table[[2]] =
  UnitConvert[Quantity[#1, "HoursOfRightAscension"],
     "AngularDegrees"] & /@ table[[2]];
table[[3]] = Quantity[#1, "AngularDegrees"] & /@ table[[3]];
table[[8]] =  10^(-0.4*(#1 - zeroPoint))*60/(60/0.4)^2 & /@ table[[6]];
table[[9]] = table[[6]];
table[[5]] =  st - #1 & /@ table[[2]];
table[[6]] =
  Quantity[dl[[4]] + dl[[5]]/60 + dl[[6]]/3600,
       "HoursOfRightAscension"] - #1  & /@ table[[5]];
table[[7]] = meridianDeclination[lat, #1] & /@ table[[3]];
table[[10]] =
  If[QuantityMagnitude[#1] > 0   ,
     1/Sin[QuantityMagnitude[#1]/180*Pi], 10^5] & /@ table[[7]];
table[[5]] = UnitConvert[#1, "AnglularDegrees"] & /@ table[[5]];
table[[6]] =
  UnitConvert[
     If[#1 < Quantity[0, "AngularDegrees"],
      Quantity[24, "HoursOfRightAscension"] + #1, #1],
     "HoursOfRightAscension"] & /@ table[[6]];

declOverTime[h_, decl_, lat_, culm_] :=
  ArcSin[Sin[decl]*Sin[lat] +
      Cos[decl]*Cos[lat]*Cos[h*15/180*Pi - culm/12*Pi]] / Pi * 180 ;
plotDeclOverTime[name_, rec_, decl_, culm_] :=
 Plot[declOverTime[h, decl, lat, QuantityMagnitude[culm]], {h, -12,
   12}, PlotRange -> {0, 90}, PlotLabel -> name,
  AxesLabel -> {"lokale␣Zeit␣[h]", "Deklination␣[Grad]"},
  Filling -> Bottom, ImageSize -> Medium]

MapThread[plotDeclOverTime, {table[[1]], table[[2]], table[[3]],
  table[[6]]}]

table = Transpose[table];
Grid[Prepend[
  table, {"Objekt", "RA", "DEC", "Typ", "HA", "merLT", "merALT",
   "photpix", "MAG", "merAM"}], Alignment -> Left, Frame -> All]
```