

aetherise 1.2

Sebastian Pliet*

22. Dezember 2021

Aetherise ist ein Werkzeug zur Analyse der Datenblätter, die bei den Experimenten von Dayton C. Miller auf dem Mount Wilson in den Jahren 1925–1926 entstanden sind. Die Datenblätter aus Cleveland ab 1927 können auch verarbeitet werden. Der Name ist ein Wortspiel aus den englischen Wörtern *ether*, *analyse* und *rise*.

Aetherise ist in C++11 programmiert und quelloffen.

<https://github.com/aetherise/aetherise>

*aetherise@gmx.de

Inhaltsverzeichnis

1	Funktionsweise	4
1.1	Aufruf	4
2	Datenblätter	5
3	Filter	6
3.1	-no <i>Intervall</i>	7
3.2	-year <i>Intervall</i>	7
3.3	-month <i>Intervall</i>	7
3.4	-day <i>Intervall</i>	7
3.5	-weight <i>Intervall</i>	7
3.6	-fringes <i>Intervall</i>	7
3.7	-time <i>Intervall</i>	7
3.8	-sidereal <i>Intervall</i>	7
3.9	-T <i>Intervall</i>	7
3.10	-dT <i>Intervall</i>	7
3.11	-mean_dT <i>Intervall</i>	7
3.12	-TD <i>Intervall</i>	8
3.13	-adjust <i>Intervall</i>	8
3.14	-sign_correct	8
3.15	-sign_correct_missing	8
3.16	-nw	8
3.17	-sw	8
3.18	-amplitude <i>Intervall</i>	8
3.19	-drift <i>Intervall</i>	8
3.20	-abs_drift <i>Intervall</i>	8
3.21	-uncertainty <i>Intervall</i>	8
3.22	-theory_amp <i>Intervall</i>	8
4	Aktionen	8
4.1	-header	9
4.2	-raw	9
4.3	-raw_reduced	9
4.4	-raw_spectrum	9
4.5	-reduce	10
4.6	-spectrum	10
4.7	-test	10
4.8	-aggregate <i>Methode</i>	10
4.8.1	list	10
4.8.2	test	10
4.8.3	mean	11
4.8.4	sidereal	12
4.8.5	diff	12
4.8.6	signals	12
4.8.7	fit	13

5	Schalter von Aktionen	14
5.1	-reduction <i>Methode</i>	14
5.1.1	Miller	14
5.1.2	DFT	14
5.2	-theory <i>Name</i>	14
5.2.1	classic	15
5.2.2	aether	15
5.2.3	relativity	15
5.3	-single	15
5.4	-subtract_theory	15
5.5	-add_theory	15
5.6	-invert_data	15
5.7	-invert_theory	15
5.8	-data <i>Dateiname</i>	15
5.9	-subtract_data	15
5.10	-disable_earth	16
5.11	-signals_dTD <i>Wert</i>	16
5.12	-signals_ddT <i>Wert</i>	16
5.13	-signals_dt <i>Wert</i>	16
5.14	-day_and_night	16
5.15	-low_sun	16
5.16	-fit_amplitude	16
5.17	-fit_sine	16
5.18	-fit_disable <i>Nummern</i>	16
5.19	-minimizer <i>Name</i>	16
5.19.1	grad	17
5.19.2	Minuit2	17
5.20	-delta_chi2 <i>Wert</i>	17
5.21	-chi2_scale <i>Wert</i>	17
5.22	-theory_params v, α, δ	17
5.23	-start_params v, α, δ	18
5.24	-loocv	18
5.25	-n <i>Wert</i>	18
5.26	-latitude <i>Wert</i>	18
5.27	-longitude <i>Wert</i>	18
5.28	-altitude <i>Wert</i>	18
5.29	-contour	18
5.30	-residuals	18
5.31	-ignore <i>Kürzel</i>	18
6	Andere Schalter	19
6.1	-validate	19
6.2	-simulation	19
6.3	-sim_seed <i>Nummer</i>	19
6.4	-sim_simple	19
6.5	-sim_sys	19
7	Ausgaben	20
7.1	-stats	20
7.2	-no_data	21

7.3	-no_theory	21
7.4	-csv	21

1 Funktionsweise

Aetherise wird von der Konsole aus benutzt. Aetherise liest die Datenblätter ein und erzeugt Ausgaben auf dem Standardausgabekanal in verschiedenen Textformaten. Die Hauptfunktionen sind Datenreduzierung, Ausgleichsrechnung und Datenvisualisierung. Für die Datenvisualisierung erzeugt Aetherise Ausgaben im Gnuplot-Format.¹

Es gibt zwei grundsätzliche Modi der Datenverarbeitung. Die Stapelverarbeitung und die Aggregation (**-aggregate**). Bei der Stapelverarbeitung werden alle Dateien in der angegebenen Reihenfolge unabhängig von allen anderen verarbeitet. Bei der Aggregation werden alle angegebenen Dateien in einem Zusammenhang verarbeitet. Zum Beispiel kann ein Mittelwert berechnet werden.

1.1 Aufruf

Aetherise erwartet als Parameter eine Liste von CSV-Dateien (Millers Datenblätter). Der einfachste Aufruf ist:

```
aetherise *.csv
```

Das Ergebnis ist eine Liste der angegebenen Dateinamen. Der Ausdruck „*.csv“ wird vom Betriebssystem verarbeitet, nicht von **aetherise**. Ausgaben von Aetherise werden direkt auf die Konsole gemacht und können mit **>** in eine Datei umgelenkt werden. Zum Beispiel:

```
aetherise *.csv -month [9,9] -no [49,56] -reduce > s.dat
```

Das Standardausgabeformat für Daten ist das Gnuplot-Format. Mit verschiedenen Skripten kann man diese Daten dann mit Gnuplot anzeigen. Für das obige Beispiel:

```
plot_signal.sh s.dat
```

¹<http://www.gnuplot.info>

2 Datenblätter

Die Datenblätter liegen einzeln als Textdateien im CSV-Format vor. Jede Datei entstand aus einer Abschrift der digitalisierten originalen Datenblätter von Miller [1]. Die ersten 4 Zeilen enthalten Metadaten, gefolgt von beliebig vielen Datenzeilen. Die Metadaten haben folgende Struktur:

Nr	Datum	tm	tlm	theta	Gewicht	Streifen	sc	rem
th0	TN0	TE0	TS0	TW0	Wetter			
th1	TN1	TE1	TS1	TW1				
t0	t1	Attribute						

Tabelle 1: Metadaten

Kürzel	Feld	Beschreibung
Nr	Datenblattnummer	Fortlaufend vergebene Nummer, eindeutig je Epoche.
Datum	Datum der Messung	Bezieht sich auf die mittlere Beobachtungszeit.
tm	Mittlere Beobachtungszeit	
tlm	Mittlere Ortszeit	
theta	Ortssternzeit	
Gewicht	Anzahl Gewichte	Vermutlich gibt dieser Wert die Anzahl von Gewichten auf den Armen des Interferometers an.
Streifen	Anzahl Interferenzstreifen	
sc	Vorzeichen richtig?	Hier ist das Zeichen x eingetragen, wenn in den Bemerkungen der Text „sign correct“ auftaucht.
rem	Bemerkungen	
th0	Ablesezeitpunkt	Zeitpunkt der Ablesung der vier Thermometer vor den Messungen.
TN0–TW0	Temperaturen	Temperaturen in °C der vier Thermometer an den Wänden der Hütte. Abgelesen vor der Messung.
th1	Ablesezeitpunkt	Zeitpunkt der Ablesung der vier Thermometer nach den Messungen.
Wetter	Wetterbedingungen	Eine Kombination der Zeichen: c=Wolken (clouds), w=Wind, r=Regen, f=Nebel (fog), m=Dunst (mist), h=Trübung (haze). Kein Kürzel bedeutet: Klar.
TN1–TW1	Temperaturen	Temperaturen in °C der vier Thermometer an den Wänden der Hütte. Abgelesen nach der Messung.
t0	Startzeit	Anfang der Messungen.
t1	Endzeit	Ende der Messungen.
Attribute	Datenblattattribute	Eine Kombination der Zeichen: s=Schreibtisch im Südwesten statt im Nordwesten, r=Vorzeichen umdrehen, v=Besucher, p=Wellpappe angebracht.

Die Datenzeilen bilden eine Tabelle mit 18 Spalten. Die ersten 17 Spalten enthalten die Messwerte. Die Messwerte sind ganze Zahlen welche den Abstand des Referenzstreifens zu einer Markierung angeben. Der Abstand wird in $\frac{1}{10}$ Streifen angegeben. In der letzten Spalte (Meta) können sich weitere Metadaten oder Kürzel zur Datenmanipulation befinden, welche sich auf diese Zeile beziehen. Eine Datenzeile hat folgende Struktur:

q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7	q8	q9	q10	q11	q12	q13	q14	q15	q16	q17	Meta
----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

In den Feldern q1–q16 stehen die Ablesungen bei den entsprechenden Azimuten. Das Feld q17

enthält die zweiten Ablesung des Azimuts 1 nach einer vollen Umdrehung und ist mit dem Wert des Feldes q1 der nächsten Zeile identisch, falls es keine Neujustierung gab.

Tabelle 2: Kürzel im Feld Meta ^a

Kürzel	Beschreibung
a	Neujustierung
+, -	Vorzeichen (Bedeutung unklar)
r	Vorzeichen der Messung umdrehen
c	Messung weglassen
R	Aufgehobenes r
C	Aufgehobenes c
i	Vorzeichen der Messung umdrehen
b	Messung weglassen

^a Die Kürzel R, C, i, b sind neu und tauchen in den originalen Datenblättern nicht auf. Sie werden zur Datenmanipulation benutzt.

Beispiel: Datenblatt Sep-20 mit den ersten 5 Datenzeilen.

```
20;1925-09-12;17:21;17:29;16:54;8;6;x;"slight fog overhead. sun low. ..."
17:05;16.1;15.9;16;16;f
17:23;15.8;15.6;15.7;15.8
17:07;17:22;
8;8;7;6;6;6;5;5;6;5;5;5;6;6;6;5;5;
5;5;5;5;5;5;4;4;4;4;3;3;2;2;1;1;0;
0;0;0;0;0;-1;-2;-3;-3;-3;-3;-2;-2;-3;-4;-5;-5;b
-5;-5;-6;-6;-6;-7;-7;-7;-7;-8;-8;-8;-9;-9;-8;-8;-8;a-
1;1;1;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;-1;-1;-1;
```

3 Filter

Üblicherweise arbeitet man immer mit der kompletten Liste aller Datenblätter und nutzt dann die Filtermöglichkeiten. Ein Datenblatt aus Millers Experimenten auf dem Mount Wilson ist eindeutig über den Monat des Datums und der Datenblattnummer bestimmbar. Millers Datenblätter enthalten mehr Metadaten als nur Datum und Datenblattnummer, und nach fast allen diesen Metadaten kann man filtern.

Filter erwarten üblicherweise ein Intervall, also einen Wertebereich. Einzelwerte kann man nicht angeben. Verschiedene Filter werden logisch und-verknüpft. Gleiche Filter werden logisch oder-verknüpft. Intervalle werden durch zwei Dezimalzahlen, durch ein Komma getrennt, in eckigen Klammern und ohne Leerzeichen angegeben. Die Dezimalzahlen müssen mit dem englischen Dezimaltrennzeichen, dem Punkt statt dem Komma, angegeben werden. Es ist möglich unbeschränkte Intervalle anzugeben, in dem man einen Wert weg lässt.

Im folgenden Beispiel werden die Filter `-month` und `-no` verwendet. Es sollen nur Datenblätter aus dem Monat September mit den Nummern 49 bis 56 ausgewählt werden:

```
aetherise dcm/csv/*.csv -month [9,9] -no [49,56]
```

Das Ergebnis ist eine Liste der Dateinamen der ausgewählten Datenblätter.

Hier ein Beispiel, wie man nach Zeiten filtert. Es werden nur Datenblätter ausgewählt, mit einer mittlere Beobachtungszeit ab 13:30 Uhr:

```
aetherise -time [13.5,] dcm/csv/*.csv
```

Das Ergebnis ist wieder nur eine Liste der ausgewählten Dateinamen.

3.1 -no *Intervall*

Nummer des Datenblattes.

3.2 -year *Intervall*

Jahr des Datums.

3.3 -month *Intervall*

Monat des Datums.

3.4 -day *Intervall*

Tag des Datums.

3.5 -weight *Intervall*

Vermutlich die Anzahl der Gewichte.

3.6 -fringes *Intervall*

Anzahl der Interferenzstreifen.

3.7 -time *Intervall*

Mittlere Beobachtungszeit.

3.8 -sidereal *Intervall*

Ortssternzeit.

3.9 -T *Intervall*

Temperatur (°C). Alle Temperaturen auf dem Datenblatt müssen im angegebenen Intervall liegen.

3.10 -dT *Intervall*

Temperaturänderung, bezogen auf die Ablesezeitpunkte. Alle Temperaturänderungen der vier Thermometer müssen im angegebenen Intervall liegen.²

3.11 -mean_dT *Intervall*

Mittlere Temperaturänderung (°C pro $\frac{1}{4}$ h).²

²Es gibt Datenblätter, bei denen nur einmal (oder gar nicht) die Thermometer abgelesen wurden und somit keine Änderung bestimmt werden kann. Diese Datenblätter gehen nicht durch diesen Filter.

3.12 -TD *Intervall*

Maximaler Temperaturunterschied (°C) der vier Thermometer zu einem Zeitpunkt. Der Wert muss bei beiden Ablesungen im Intervall liegen.

3.13 -adjust *Intervall*

Anzahl der Neujustierungen.

3.14 -sign_correct

Vermerk „sign correct“ vorhanden.

3.15 -sign_correct_missing

Vermerk „sign correct“ fehlt.

3.16 -nw

Schreibtisch im Nordwesten.

3.17 -sw

Schreibtisch im Südwesten.

3.18 -amplitude *Intervall*

Amplitude der gemessenen Verschiebung.

3.19 -drift *Intervall*

Die mittlere Drift. Siehe -stats.

3.20 -abs_drift *Intervall*

Die mittlere absolute Drift. Siehe -stats.

3.21 -uncertainty *Intervall*

Die mittlere Standardunsicherheit.

3.22 -theory_amp *Intervall*

Amplitude der theoretischen Verschiebung.

4 Aktionen

Um sich bestimmte Daten der Datenblätter anzeigen zu lassen, oder in bestimmter Weise verarbeiten zu lassen, gibt es die Aktionen. Ohne Angabe einer Aktion werden einfach die Dateinamen ausgegeben.

4.1 -header

Zeigt die Metadaten in der Kopfzeile eines Datenblattes ungefähr so an, wie sie im Original aufgeschrieben wurden. Der Aufruf

```
aetherise dcm/csv/*.csv -month [9,9] -no [50,50] -header
```

erzeugt die Ausgabe

```
(50)  Mt. Wilson, 1925-09-17
      19:58 20:15
      15.7 15.7      20:07 20:15
      15.7 15.4       $\theta$  = 20h 0m
      15.7 15.7      weight: 9.0      fringes: 6
      15.7 15.8
      Cloudy. Fringes wide, straight steady (6 to field).
      19:59 - 20:15      sign correct
```

Man sieht in der ersten Zeile in Klammern die Datenblattnummer. Daneben den Standort, hier der Text „Mt. Wilson“, gefolgt vom Datum in ISO Schreibweise. Darunter folge eine Zeile mit zwei Uhrzeiten, die sich auf die Tabelle mit Temperaturen darunter beziehen. Die Uhrzeiten sind die Zeitpunkte der Temperaturablesung der vier Thermometer an den Wänden der Hütte. Von oben nach unten die Himmelsrichtungen: N, O, S, W. Daneben in der Mitte sieht man die mittlere Beobachtungszeit und die mittlere Ortszeit und darunter die Ortssternzeit im Stundenmaß, welche daraus berechnet wurde. Die mittlere Ortszeit bestimmt Miller für die Epochen August, September und Februar aus der mittleren Beobachtungszeit +8 Minuten. In der Epoche April ist keine mittlere Ortszeit angegeben. Unter den Zeiten sieht man „weight“ (Gewicht) und „fringes“ (Fransen; Gemeint sind die Interferenzstreifen). Der Wert für „fringes“ gibt eine Anzahl an, der Wert für „weight“ vermutlich auch. Werte für Gewicht und Fransen sind nicht durchgehend vorhanden. In der vorletzten Zeile stehen Millers Bemerkungen. Üblicherweise Beschreibungen des Wetters und des Interferenzstreifenbildes, oder besondere Ereignisse. In der letzten Zeile stehen die Uhrzeiten vom Anfang und vom Ende der Messungen und möglicherweise der Vermerk „sign correct“ (Vorzeichen richtig).

4.2 -raw

Gibt die Rohdaten eines Datenblattes aus. Diese Daten können dann mit den Skript `plot_raw.sh` grafisch angezeigt werden.

4.3 -raw_reduced

Befreit die Einzelmessungen von Drift und Versatz, verrechnet sie aber nicht zu einem Datensatz. Die Daten können mit dem Skript `plot_raw.sh` grafisch angezeigt werden.

4.4 -raw_spectrum

Mit einer Diskreten Fourier-Transformation wird ein Frequenzspektrum der Messdaten erzeugt. Es werden die Rohdaten verwendet. Die Sprünge, die durch die Justierung entstehen, werden aber herausgerechnet, so daß eine kontinuierliche Drift entsteht. Zu allen Messwerten wird eine Konstante addiert, so daß der erste Messwert immer 0 ist. Das Spektrum kann mit dem Skript `plot_spectrum.sh` grafisch angezeigt werden.

4.5 -reduce

Reduziert die Messdaten eines Datenblattes zu einem einzigen Datensatz mit Unsicherheiten. Die Messdaten werden dabei von Drift und Versatz befreit. Die Doppelperiode kann mit dem Schalter `-single` zu einer Einzelperiode gemittelt werden. Die Daten können mit den Skripten `plot_signal.sh` und `plot_signal3d.sh` grafisch angezeigt werden.

4.6 -spectrum

Mit einer Diskreten Fourier-Transformation wird ein Frequenzspektrum der Messdaten erzeugt. Die Messdaten jeder Einzelmessung werden dabei vorher von Drift und Versatz befreit. Das Spektrum kann mit dem Skript `plot_spectrum.sh` grafisch angezeigt werden.

4.7 -test

Macht den Anderson-Darling-Test auf Normalverteilung für alle Azimute. Ausgegeben wird eine Tabelle mit der Anzahl der abgelehnten (Rejected) Azimute je Signifikanzniveau (Level). Nach der Blattnummer in der ersten Zeile, folgt die Anzahl der Stichproben/Messwerte (samples) je Azimut für das Datenblatt. Beispiel:

```
aetherise dcm/csv/*.csv -month [9,9] -no [49,50] -test
```

1925-09-17,	49	(19 samples)				
Level :	50%	25%	10%	5%	1%	
Rejected:	8/16	6/16	2/16	2/16	0/16	
1925-09-17,	50	(20 samples)				
Level :	50%	25%	10%	5%	1%	
Rejected:	4/16	2/16	0/16	0/16	0/16	

Die Ausgabe liest man zum Beispiel so: Bei Datenblatt Sep-49 sind, bei einem Signifikanzniveau von 5 %, die Messwerte bei 2 von 16 Azimuten nicht normal verteilt getestet.

4.8 -aggregate *Methode*

Verarbeitet alle angegebenen Dateien in einem Zusammenhang. Aggregate sind normalerweise eigene Aktionen, können aber auch eine gewählte Aktion erfordern.

4.8.1 list

Erzeugt eine Liste/Tabelle von allen wichtigen Daten und Statistiken. Jede Zeile steht für ein Datenblatt. Diese Liste eignet sich als Übersicht für eine Datenanalyse. Die Ausgabe gibt es nur im CSV-Format und ist dazu gedacht von einer Tabellenkalkulation geladen zu werden. In der erste Zeile der Ausgabe stehen die Überschriften der einzelnen Spalten. In Tabelle 3 findet man eine Beschreibung.

4.8.2 test

Macht den Anderson-Darling-Test auf Normalverteilung für alle Azimute aller Datenblätter und zeigt die Ergebnisse zusammengefasst in einer Statistik an. Ausgegeben wird eine Tabelle mit der Anzahl der abgelehnten (Rejected) Azimute je Signifikanzniveau (Level) und die sich daraus ergebende Ablehnungsquote (Quota). Die Ablehnungsquote kann nur geschätzt werden und wird als

Konfidenzintervall für 95 % Konfidenz, ermittelt nach Agresti-Coull, angegeben. In der ersten Zeile ist die mittlere Anzahl von Stichproben/Messwerten (samples) je Azimut angegeben. Beispiel:

```
aetherise dcm/csv/*.csv -month [9,9] -aggregate test
```

Mean number of samples per azimuth: 18.9

Level	Rejected	Quota
50%	382 / 720	53.0 ± 3.6 %
25%	204 / 720	28.4 ± 3.3 %
10%	73 / 720	10.4 ± 2.2 %
5%	34 / 720	5.0 ± 1.6 %
1%	4 / 720	0.8 ± 0.7 %

Die Lesart ist die gleiche wie bei `-test`.

4.8.3 mean

Bildet den Mittelwert der Ergebnisse der gewählten Aktion. Unterstützt momentan `-reduce`, `-raw_spectrum`, `-spectrum`. Example:

```
aetherise dcm/csv/*.csv -month [9,9] -no [49,51] -reduce -aggregate mean > s.dat
```

Ohne Angabe einer Aktion erhält man eine Fehlermeldung, weil die voreingestellte Aktion keine Daten erzeugt von denen man den Mittelwert bilden kann.

```
Given action can not be aggregated
```

Tabelle 3: Spalten der Liste

Spalte	Beschreibung
date	Datum
no	Datenblattnummer
time	Mittlere Beobachtungszeit
sidereal time	Ortssternzeit
time of day	Tageszeit. Siehe <code>-stats</code> .
duration	Dauer der Messung in min
turns	Anzahl Umdrehungen auf dem Datenblatt.
duration/turn	Dauer einer Umdrehung in min. Rechnet +1 Umdrehung je Justierung mit ein.
attributes	Attribute. Siehe Tabelle 1.
weather	Wetter. Siehe Tabelle 1.
uncertainty	Mittlere Standardunsicherheit der Messungen an den Azimuten.
sign correct	Siehe Tabelle 1, Kürzel <i>sc</i> .
T	
TD	
dT	
adjust	Siehe <code>-stats</code>
sign	
drift	
abs drift	
notes	Millers Notizen

4.8.4 sidereal

Nur die Amplitude je Sternzeit ausgeben statt dem ganzen Signal. Die Datenblätter werden anhand der Sternzeit in Klassen mit einer Breite von 0,5 Stunden eingeteilt. Die Anzeige der Daten erfolgt mit dem Skript `plot_sidereal.sh`.

4.8.5 diff

Bestimmt die Ähnlichkeit aufeinander folgender Datenblättern über die Größe R^2 . Das R^2 ist die Summe der Quadrate der fehlernormierten Differenzen der Werte an den Azimuten. Je kleiner das R^2 ist, desto ähnlicher sind sich die beiden gemessenen Signale. Bei N Datenblättern werden $N - 1$ Werte der Größe R^2 und der Mittelwert ausgegeben. Es müssen mindestens zwei Datenblätter angegeben werden. Beispiel:

```
aetherise -single -ignore all dcm/csv/*.csv -month [2,2] -no [69,73]
          -aggregate diff
```

```
{22.18, 31.52, 24.26, 8.40}
mean  $R^2$  = 21.59
```

4.8.6 signals

Die besten Differenzsignale auswählen. Die übergebenen Datenblätter werden in Gruppen eingeteilt. Die Gruppen werden aufgrund von Epoche, Schreibtischstandort und zeitlichem Abstand aufeinander folgender Datenblätter gebildet. Der Algorithmus versucht, mittels Permutation, in Gruppen oder gruppenübergreifend, die zwei ähnlichsten Folgen von Datenblättern zu finden. Zwei Folgen sind ähnlich, wenn die Temperaturbedingungen innerhalb gewisser Toleranzen übereinstimmen. Der Algorithmus erkennt keine Ausreißer oder Anomalien. Mit den Schaltern `-signals_dTD`, `-signals_ddT`, `-signals_dt`, `-day_and_night`, `-low_sun` kann der Algorithmus eingestellt werden. Beispiel:

```
aetherise -single -ignore all dcm/csv/*.csv -aggregate signals -signals_dt 1
          -signals_ddT 0.1 -signals_dTD 0.15
```

```
#####
# Generated signal extractions using options
# -signals_dTD    0.15 °C
# -signals_ddT    0.1 °C per ¼h
# -signals_dt     1 h
# -day_and_night  no
# -low_sun        no
#####

### Group signals ###

sep [49,51] - [53,55]
sep [57,58] - [60,61]
sep [78,79] - [81,82]
feb [48,49] - [51,52]

### Intergroup signals ###

aug [31,33] - [60,62]
```

Ein Ausdruck zur Signalextraktion hat die Form:

*Epoc*he [von,bis] - [von,bis]

Die Epoche ist eines der Kürzel: apr, aug, sep, feb. Es können also nur Datenblätter der selben Epoche verrechnet werden. Mit den Intervallen wählt man Datenblätter über ihre Nummern aus. Das Minuszeichen stellt die Subtraktion dar. Auf jeder Seite der Subtraktion können, durch Komma getrennt, mehrere Intervalle stehen. Der Ausdruck muss in einer Zeile stehen und kann auch einen Kommentar enthalten, der mit dem Zeichen # eingeleitet wird. Jeder Ausdruck wird wie im Beispiel zu `-subtract_data` verarbeitet, um das Signal zu extrahieren.

4.8.7 fit

Mittels einer Ausgleichsrechnung die Werte für die Parameter (v, α, δ) der Theorie ermitteln. Diese Aktion erwartet eine zusätzliche Eingabe von Ausdrücken, welche das Signal aus den Daten extrahieren. Üblicherweise fasst man alle Ausdrücke in einer Textdatei zusammen und leitet diese dann auf den Standardeingabekanal um. Mit dem gewählten Minimierer (-**minimizer**) wird die Größe χ^2 minimiert. Die Werte der Parameter am Minimum liefern dann die beste Übereinstimmung zwischen Daten und Theorie. Vor der Minimierung wird mit einer Monte-Carlo-Suche versucht, Parameterwerte in der Nähe des globalen Minimums zu finden. Die gefundenen Werte sind der Startpunkt für den Minimierer. Diesen Schritt kann man überspringen, indem man mit **-start_params** einen Startpunkt festlegt. Schlägt die Minimierung fehl, wird eine Warnung ausgegeben:

WARNING: Minimizing did not converge

Als Ergebnis werden die Parameterwerte am Minimum mit Unsicherheiten und eine χ^2 -Statistik ausgegeben. Die Unsicherheiten können mit `-delta_chi2` eingestellt werden. Mit dem Schalter `-contour` hat man die Möglichkeit die Daten für ein Konturdiagramm zu erzeugen. Beispiel: Automatisierte Eingabe von Ausdrücken:

```
aetherise -single -ignore all dcm/csv/*.csv -aggregate fit < selected_signals.txt
```

```
Enter expressions to extract the signals from the data sheets.  
Type 'fit' to commit and start the fitting process.  
Type 'cancel' to cancel the input.  
: : : : : : : : : : : : : : : : : : : : : : : : : : : :  
Extracting signals...  
Fitting theory to 11 signals.  
  
Scanning for good starting point...100%  
v = 270665 m/s  
 $\alpha$  = 10.6775 h  
 $\delta$  = -3.4988 °  
  
Fitting...100%  
v = 281664 ± 13724.4 m/s  
 $\alpha$  = 10.927 ± 0.179104 h  
 $\delta$  = -9.31387 ± 4.06042 °  
  
 $\chi^2$  = 87.432  
f = 74  
 $\chi^2/f$  = 1.182  
p-value = 0.136176
```

Verwendet man den Schalter `-stats` wird eine zusätzliche Statistik ausgegeben:

#	χ^2	Signal
1	5.661	sep 49,50,51 - 53,54,55
2	10.905	sep 58,59 - 61,62
3	4.352	sep 78,79 - 81,82
4	7.390	feb 48,49 - 51,52
5	7.230	feb 85,86,87 - 89,90,91
6	9.944	apr 110,111 - 113,114
7	10.298	sep 39,40,41,42 - 53,54,55,56
8	3.549	feb 25,26 - 44,45
9	9.106	feb 25,26 - 50,51
10	11.223	feb 44,45,46 - 50,51,52
11	7.773	feb 74,75 - 77,78

7.948 Mean
7.773 Median

Residuals distribution: $\mu = -0.016$, $\sigma^2 = 0.960$, p-value = 0.326

In der ersten Spalte steht die Signalnummer. In der zweiten Spalte steht der nicht reduzierte Wert der Größe χ^2 . Danach folgt der Ausdruck zur Signalextraktion. Unter dieser Tabelle ist der Mittelwert (Mean) und der Median der χ^2 -Werte angegeben. Diese Statistik eignet sich zum Beispiel dafür Ausreißer zu finden. In der letzten Zeile ist der Erwartungswert μ und die Varianz σ^2 der Residuen ausgegeben. Der p-Wert ist das Ergebnis eines Anderson-Darling-Tests auf Normalverteilung.

5 Schalter von Aktionen

5.1 `-reduction Methode`

Bei der Datenreduzierung mit `-reduce` die angegebene Methode verwenden. Voreingestellt ist die Methode Miller.

5.1.1 Miller

Millers Algorithmus. Zur Bestimmung der Unsicherheiten wird ein anderer, gleichwertiger Algorithmus verwendet, der von den einzelnen Messungen Drift und Versatz entfernt.

5.1.2 DFT

Mit einer Diskreten Fourier-Transformation (DFT) werden die harmonischen Anteile mit den Frequenzen 1 und 2 bestimmt. Vorher wird bei den einzelnen Messungen Drift und Versatz entfernt. Es wird der Goertzel-Algorithmus [2] verwendet.

5.2 `-theory Name`

Wählt eine Theorie aus, mit der das theoretische Signal berechnet wird. Bei den Äthertheorien können einige Parameter mit `-theory_params` geändert werden. Voreingestellt ist `aether`. Das theoretische Signal wird zum Beispiel bei der Aktion `-reduce` immer mit ausgegeben, es sei denn man stellt es mit `-no_theory` ab.

5.2.1 classic

Die klassische Äthertheorie ohne Lorentz-Kontraktion und ohne anisotropem Brechungsindex in bewegten Gasen.

5.2.2 aether

Die Äthertheorie von Lorentz [3] mit der Hypothese [4] eines anisotropen Brechungsindex in bewegten Gasen.

5.2.3 relativity

Die Spezielle Relativitätstheorie [5].

5.3 -single

Die Doppelperiode zu einer Einzelperiode mitteln. Es werden aber weiterhin 17 Azimute q_i ausgegeben und angezeigt. Die Werte der Einzelperiode werden kopiert, so daß gilt:

$$(q_1, \dots, q_9) = (q_9, \dots, q_{17}) . \quad (1)$$

5.4 -subtract_theory

Theorie von den Daten subtrahieren.

5.5 -add_theory

Theorie auf Daten addieren.

5.6 -invert_data

Vorzeichen der Daten eines Datenblattes ändern.

5.7 -invert_theory

Vorzeichen der Theorie ändern.

5.8 -data *Dateiname*

Eine Datei im CSV-Format einlesen. Die Daten können dann auf verschiedene Arten verrechnet werden. Je nach Aktion und angegebenen Schaltern ist ein bestimmtes Format erforderlich. Typischerweise erzeugt man diese Datei mit einem Aufruf von Aetherise bei Verwendung von **-aggregate mean**, denn nur so erhält man ein Format welches eingelesen werden kann.

5.9 -subtract_data

Die mit **-data** geladenen Daten von den, mit einer bestimmten Aktion aus einem Datenblatt erzeugten Daten, subtrahieren.

Beispiel: Aus der Gruppe Sep-49 das Signal vom Äther extrahieren.

```
aetherise -single -ignore all dcm/csv/*.csv -month [9,9] -no [53,54] -reduce
          -aggregate mean -csv > data.csv
```

```
aetherise -single -ignore all dcm/csv/*.csv -month [9,9] -no [49,50] -reduce
          -aggregate mean -data data.csv -subtract_data > s.dat
```

5.10 -disable_earth

Den Geschwindigkeitsvektor der Erde auf ihrer Bahn um die Sonne nicht in der Theorie berücksichtigen.

5.11 -signals_dTD Wert

Maximale Differenz des Temperaturunterschieds ΔTD in °C zwischen Datenblättern. Voreinstellung ist 0,1 °C.

5.12 -signals_ddT Wert

Maximale Differenz der Temperaturänderung ΔdT in °C pro $\frac{1}{4}$ h zwischen Datenblättern. Voreinstellung ist 0,1 °C.

5.13 -signals_dt Wert

Minimaler zeitlicher Abstand Δt in h zwischen zwei Folgen von Datenblättern. Voreinstellung ist 1,0 h.

5.14 -day_and_night

Differenzsignale auch zwischen Datenblättern extrahieren die am Tag und in der Nacht gemessen wurden.

5.15 -low_sun

Differenzsignale auch von Datenblättern extrahieren die bei Sonnenaufgang oder Sonnenuntergang gemessen wurden.

5.16 -fit_amplitude

Bei der Ausgleichsrechnung mit -aggregate fit nur die Amplitude nutzen, nicht das ganze Signal.

5.17 -fit_sine

Anpassung an die Parameter Phase und Amplitude eines Signals.

5.18 -fit_disable Nummern

Bei der Ausgleichsrechnung mit -aggregate fit werden die angegebenen Signale nicht verwendet. Es wird eine Liste von Nummern erwartet. Das Trennzeichen ist das Komma. Die Signalnummern entsprechen denen in der Statistik, die angezeigt wird, wenn man -stats in Verbindung mit der Ausgleichsrechnung nutzt.

5.19 -minimizer Name

Wählt einen der vorgegebenen Minimierer aus. Wird von -aggregate fit ausgewertet. Voreingestellt ist grad.

Tabelle 4: Übersicht über einige $\Delta\chi^2$ -Werte

Konfidenz / %	$\Delta\chi^2$ bei Anzahl Parameter		
	1	2	3
68,3	1,0	2,3	3,5
90,0	2,7	4,6	6,3
95,5	4,0	6,2	8,0
99,0	6,6	9,2	11,3
99,7	9,0	11,8	14,2

5.19.1 grad

Ein einfaches Gradientenverfahren was ein lokales Minimum findet. Die Umsetzung ist immer noch etwas experimentell, liefert aber gute Ergebnisse. Die Unsicherheiten werden ohne Beachtung von Kovarianzen ermittelt.

5.19.2 Minuit2

Minuit2 aus dem *ROOT - Data Analysis Framework* [6] vom CERN.³

5.20 -delta_chi2 Wert

Mit dem Wert für $\Delta\chi^2$ legt man das Konfidenzintervall für die Unsicherheiten der Parameter am Minimum fest. Voreinstellung ist der Wert 1. Das bedeutet die einzelnen Parameter haben eine Unsicherheit die ein Intervall für eine Konfidenz von 68,3 % angibt. Das ist die 1-Sigma Standardunsicherheit. Werte für andere Konfidenzen findet man in Tabelle 4 in der Spalte für 1 Parameter.

Der Wert für $\Delta\chi^2$ wird auch bei *-contour* verwendet. Dort legt er den Bereich um das Minimum fest, für den Werte berechnet werden, um dann $\Delta\chi^2$ -Isolinien darzustellen. Die Werte dafür findet man in Tabelle 4 in der Spalte für 2 Parameter.

5.21 -chi2_scale Wert

Mit diesem Skalierungsfaktor werden die Unsicherheiten multipliziert. Um die Größe χ^2 auf den bestimmten Wert w zu bringen, ist der Faktor

$$\sqrt{\frac{\chi^2}{w}}. \quad (2)$$

5.22 -theory_params v, α, δ

Parameter der Theorie setzen. Die Parameter (v, α, δ) bilden den Geschwindigkeitsvektor des Sonnensystems im Äther. Wobei v die Geschwindigkeit ist und (α, δ) die Richtung in äquatorialen Koordinaten angibt. Die Einheiten sind (m/s, h, °). Die Voreinstellung ist (369000, 11.2, -6.9), was die Werte sind, die man aus dem Dipol in der kosmischen Hintergrundstrahlung [7] berechnen kann.

Die einzelnen Werte werden durch Kommas getrennt, ohne Leerzeichen hintereinander geschrieben. Beispiel:

```
aetherise dcm/csv/*.csv -month [9,9] -no [49,49] -reduce
-theory_params 200000,23.2,6.9 > s.dat
```

³<https://root.cern>

5.23 -start_params v, α, δ

Startparameter für den Minimierer. Mit diesem Schalter kann man die Monte-Carlo-Suche nach einem guten Startpunkt nahe eines Minimums überspringen. Weitere Erklärungen zu den Parametern findet man bei -theory_params.

5.24 -loocv

Eine Kreuzvalidierung durchführen statt der normalen Ausgleichsrechnung mit -aggregate fit. Für jedes Differenzsignal wird für die übrigen Differenzsignale die Ausgleichsrechnung ausgeführt und dann mit den gefundenen Parametern die Abweichung des weggelassenen Differenzsignals von der Theorie bestimmt. Die Abkürzung *loocv* steht für „leave-one-out cross-validation“.

5.25 -n Wert

Den Brechungsindex auf einen festen Wert setzen. Ohne Angabe dieses Schalters wird der Brechungsindex für jedes Datenblatt aus der Temperatur und der geschätzten Luftfeuchtigkeit berechnet.

5.26 -latitude Wert

Geografische Breite (°) des Standortes. Voreinstellung ist der Breitengrad 34.225° vom Mount Wilson.

5.27 -longitude Wert

Geografische Länge (°) des Standortes. Voreinstellung ist der Längengrad -118.057° vom Mount Wilson.

5.28 -altitude Wert

Höhenlage (m) des Standortes. Voreinstellung ist der Wert 1700 für den Mount Wilson.

5.29 -contour

Erzeugt in Verbindung mit -aggregate fit die Daten, um in einem Bereich um das gefundene Minimum die Isolinien für $\Delta\chi^2$ darzustellen. Die Ausgabe muss in eine Datei umgeleitet werden. Die Darstellung der Daten erfolgt mit den Skripten `plot_contour.sh` und `plot_contour_apex.sh`.

5.30 -residuals

Erzeugt in Verbindung mit -aggregate fit die Ausgabe der Residuen, deren Quadrate für die Berechnung der Größe χ^2 genutzt wurden. Die Ausgabe erfolgt aufsteigend sortiert.

5.31 -ignore Kürzel

Angegebene Kürzel eines Datenblattes ignorieren. Es kann eine Kombination aus einzelnen Kürzel angegeben werden, oder der Name einer Menge. Eine Übersicht geben Tabelle 5 und Tabelle 6.

Tabelle 5: Ignorierbare Kürzel

Kürzel	Beschreibung
-	Vorzeichen aller Messdaten umdrehen ^a
i	Vorzeichen einer Messung umdrehen
b	Messung weglassen
r	Vorzeichen einer Messung umdrehen (Miller)
c	Messung weglassen (Miller)
R	Aufgehobenes r
C	Aufgehobenes c

^a In der CSV-Datei eines Datenblattes wird abweichend das Zeichen r verwendet.

Tabelle 6: Benannte Kürzelmengen

Name	Beschreibung
all	Alle Kürzel, außer Millers r und c
all!	Alle Kürzel

6 Andere Schalter

6.1 -validate

Widerspruchsfreiheit prüfen. Prüft die Metadaten und die Messdaten eines Datenblattes auf Fehler und ungewöhnliche Werte. Fehlermeldungen und Warnungen werden auf dem Standardfehlerkanal ausgegeben. Die weitere Abarbeitung wird nicht unterbrochen.

6.2 -simulation

Alle Messwerte der Datenblätter werden durch die theoretischen Werte plus normal verteilte statistische Fehler ersetzt. In der Simulation werden alle angegebenen Datenblattattribute als wahr angenommen und die Daten entsprechend erzeugt, z. B. mit einem umgekehrten Vorzeichen. VORSICHT: In Verbindung mit -ignore können so falsche Daten erzeugt werden! Beim Start wird der eingestellte Startwert für den Zufallsgenerator ausgegeben. Beispiel:

```
Simulation seed = 2160789540
```

6.3 -sim_seed *Nummer*

Startwert für den Zufallsgenerator der Simulation. Ohne Angabe dieses Schalters wird ein zufälliger Startwert ausgewählt.

6.4 -sim_simple

Die Phase und Amplitude von Signalen und systematischen Fehlern werden nicht mehr durch statistische Fehler geändert.

6.5 -sim_sys

Fügt einen konstanten periodischen systematischen Fehler hinzu, dessen Phase und Amplitude aber durch statistische Fehler Abweichungen erhalten.

7 Ausgaben

Mit diesen Schaltern kann man die Ausgabe oder die Anzeige von Daten ändern.

7.1 -stats

Statistiken zu den Daten anzeigen, die mit einer Aktion erzeugt wurden. Statistiken können die ursprüngliche Ausgabe ersetzen oder erweitern. Beispiel:

```
aetherise dcm/csv/*.csv -month [9,9] -no [49,51] -stats
```

1925-09-17, 49	mean T	max TD	mean dT	adjust	drift	abs drift
19:30 19 ^h 23 ^m n	15.87	0.30	-0.06	+ 2	-0.71	4.84
1925-09-17, 50	mean T	max TD	mean dT	adjust	drift	abs drift
20:07 20 ^h 0 ^m n	15.68	0.38	-0.06	+ 2	1.01	3.60
1925-09-17, 51	mean T	max TD	mean dT	adjust	drift	abs drift
20:49 20 ^h 42 ^m n	15.49	0.40	-0.03	+ - 3	0.00	4.11

Ohne Angabe einer Aktion werden nun statt der Dateinamen allgemeine Statistiken angezeigt. Wird eine Aktion angegeben, wird diese Statistik erweitert oder geändert. Besondere Statistiken haben eine eigene Aktion. Die Feldstruktur ist folgende:

Datum		Nr	Überschriften der Spalten der nächsten Zeile.					
tm	theta	tz	T	TD	dT	adjust	drift	abs drift

Tabelle 7: Felder der Statistik

Kürzel	Feld	Beschreibung
Datum	Datum der Messung	Bezogen auf die mittlere Beobachtungszeit.
Nr	Datenblattnummer	
tm	Mittlere Beobachtungszeit	
theta	Ortssternzeit	
tz	Tageszeit	Die Tageszeit wird mit einem der Zeichen d, n, s angegeben. Das d steht für Tag, das n steht für Nacht, und s für Sonnenaufgang oder Sonnenuntergang. Sonnenaufgang und Sonnenuntergang dauern eine Stunde während des Tages. Die Tageszeit hat eine Genauigkeit von ~ 15 min.
T	Mittlere Temperatur	In $^{\circ}\text{C}$.
TD	Maximaler Temperaturunterschied	Der größte Temperaturgradient in $^{\circ}\text{C}$.
dT	Mittlere Temperaturänderung	In $^{\circ}\text{C}$ pro $\frac{1}{4}\text{h}$.
adjust	Anzahl Neujustierungen	Die Zeichen + und - in der Spalte adjust zeigen an welche Vorzeichen vorkamen. Tauchen beide Zeichen auf, ist das erste das Zeichen, das auf eine größere Anzahl von Zeilen wirkt.
drift	Mittlere Drift	In $\frac{1}{10}$ Streifen. Die Drift einer einzelnen Umdrehung errechnet sich aus $q17 - q1$. Siehe Abschnitt 2.
abs drift	Mittlere absolute Drift	In $\frac{1}{10}$ Streifen.

7.2 -no_data

Ausgabe der Messdaten verhindern.

7.3 -no_theory

Ausgabe der Theorie verhindern.

7.4 -csv

Ausgaben im CSV-Format. Das Trennzeichen ist ein Semikolon. Der Schalter wirkt nicht bei jeder Aktion. Ausgaben im CSV-Format werden vor allem benötigt, um diese mit **-data** wieder einzulesen.

Literatur

- [1] 19IM2 Dayton C. Miller Papers, 1878-1939, Case Western Reserve University Archives.
19IM2 6:17 Research. Interferometer. Mt. Wilson, April 1925
19IM2 6:18 Research. Interferometer. Mt. Wilson, July-August 1925
19IM2 6:19 Research. Interferometer. Mt. Wilson, July-August 1925
19IM2 7:1 Research. Interferometer. Mt. Wilson, September 1925
19IM2 7:2 Research. Interferometer. Mt. Wilson, September 1925
19IM2 7:3 Research. Interferometer. Mt. Wilson, February 1926
19IM2 7:4 Research. Interferometer. Mt. Wilson, February 1926.
- [2] Gerald Goertzel. „An Algorithm for the Evaluation of Finite Trigonometric Series“. In: *The American Mathematical Monthly* 65 (1958), S. 34–35.
- [3] Hendrik A. Lorentz. „Elektromagnetische Erscheinungen in einem System, das sich mit beliebiger, die des Lichtes nicht erreichender Geschwindigkeit bewegt“. In: *Das Relativitätsprinzip – Eine Sammlung von Abhandlungen*. B. G. Teubner, 1913, S. 6–26.
- [4] Sebastian Pliet. „Hypothese einer Verletzung der Lorentz-Invarianz in der Äthertheorie und Bestätigung durch die Experimente von D. C. Miller“. 2021. URL: <https://vixra.org/abs/2104.0040>.
- [5] Albert Einstein. „Zur Elektrodynamik bewegter Körper“. In: *Annalen der Physik und Chemie* 17 (1905), S. 891–921.
- [6] Rene Brun und Fons Rademakers. „ROOT - An Object Oriented Data Analysis Framework“. In: *Nucl. Inst. & Meth. in Phys. Res. A* 389 (1997), S. 81–86.
- [7] G. Hinshaw et al. „Five-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Data Processing, Sky Maps, and Basic Results“. In: *Astrophys.J.Suppl* 180 (2009), S. 225–245. URL: <https://arxiv.org/abs/0803.0732v2>.