

Rätselhafte, modulierte Dauerschwingungen des Luftdrucks in Mitteleuropa

Herbert Weidner*

Corresponding author: herbertweidner@gmx.de
University of applied sciences, Aschaffenburg, Germany

Ein Vergleich der Spektren vieler europäischer Barometer zeigt, dass sich der Luftdruck bei speziellen, sehr niedrigen Frequenzen trotz großer Abstände der Sensoren phasengleich ändert. Die Periodendauern von etwa 60 Stunden stehen in keiner Relation zur Tageslänge und liefern keine Hinweise auf mögliche Ursachen dieser Schwingungen. Während des Zeitraums von zwanzig Jahren misst man konstante Amplituden und Phasenmodulation mit wenigen diskreten Frequenzen.

1 Motivation

Die Erde ist niemals völlig ruhig. Benachbarte Himmelskörper und Erdbeben verursachen Kräfte, die die Erde und die umgebende Atmosphäre periodisch verformen. Die gemessenen Beschleunigungen erlauben Rückschlüsse über den Ort und die Stärke der Ursache. Mond, Sonne und die Planeten erzeugen etwa 13000 Störfrequenzen, die in [3] tabelliert sind. Messungen zeigen zusätzliche Spektrallinien, die von unbekanntem Quellen stammen. Eine mögliche Ursache könnten kontinuierliche Gravitationswellen sein. Um diesen Verdacht zu überprüfen, wurden umfangreiche Dateien des *Luftdrucks* untersucht, der – anders als Gravimeter – kaum durch Erdbeben beeinflusst wird. Unregelmäßig auftretende Wetterphänomene erzeugen keine Dauersignale.

2 Das Spektrum

Den Luftdruck misst man nicht kontinuierlich, sondern in festen Zeitabständen von beispielsweise einer Stunde ($T_s = 1$ Stunde). Den Kehrwert von T_s nennt man Abtastfrequenz f_s . Üblicherweise durchläuft das Signal *vor* der Messung *keinen* analogen Tiefpass der Grenzfrequenz $0.5 \cdot f_s$, weshalb die Messung des atmosphärischen Drucks gegen das Nyquist-Shannon-Abtasttheorem verstößt und das Spektrum mehrdeutig ist. Das Gesamtspektrum, das auch sehr hohe Frequenzen enthalten kann, wird in den Bereich $0 < f < 139 \mu\text{Hz}$ gefaltet, den Figur 1 zeigt. Ein starkes Signal der Frequenz $300 \mu\text{Hz}$ erscheint bei $22.2 \mu\text{Hz}$ (aliasing) und kann zu Fehlinterpretationen führen.

Beschränkt man die Analyse auf $f < 20 \mu\text{Hz}$, kann man die Mehrdeutigkeit ignorieren, weil die Amplituden im untersten Bereich mindestens um den Faktor 10^5 höher sind als die Spektrallinien und das Rauschen im hohen Frequenzbereich ($f > 150 \mu\text{Hz}$).

Das Spektrum in Figur 1 besteht offenbar aus einem Kontinuum und wenigen starken Spektrallinien. Da die Rauschamplitude bei $f \approx 1 \mu\text{Hz}$ etwa 10^7 mal größer ist als bei $f \approx 100 \mu\text{Hz}$, handelt es sich weder um das häufig beobachtete $1/f$ Rauschen noch um das $1/f^2$ Rauschen. Ist es überhaupt Rauschen?

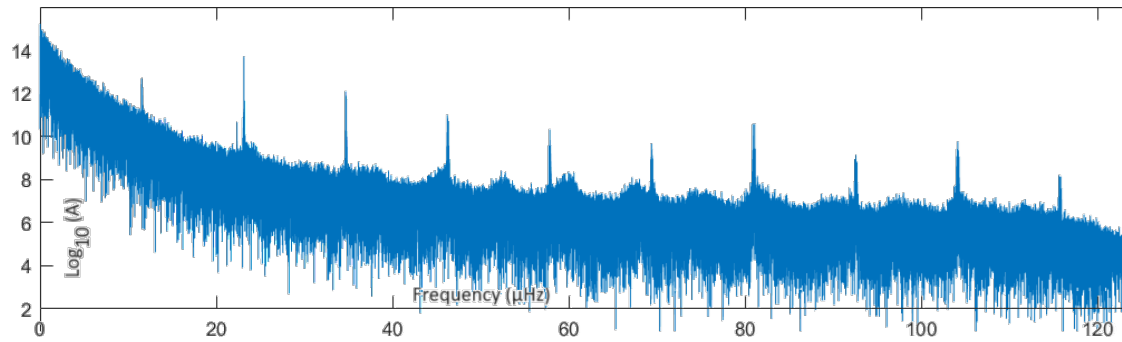


Abbildung 1): *Spektrum des Luftdrucks in Deutschland, eine Messung pro Stunde. Datenbasis ist der mittlere Luftdruck zwischen den Jahren 2000 und 2020. Die auffallenden Maxima werden im Text erläutert.*

Die Ursachen der starken Spektrallinien kennt man:

- Obwohl die Atmosphäre etwa die Form der Erde nachbildet, ist sie nicht perfekt kugelsymmetrisch. Da Dichte, Druck und Temperatur der Atmosphäre auch von der Tageszeit abhängen, messen Barometer periodische Änderungen der Frequenzen $f \approx n \cdot 11.57 \mu\text{Hz} = n/(24 \text{ Stunden})$ mit $n \in 1, 2, 3, \dots$
- Eine Besonderheit ist der einsame peak bei $22,3643 \mu\text{Hz}$. Das ist die stärkste Frequenz, mit der der Mond die Erde und die Atmosphäre verformt (Gezeiten). Diese und viele weitere 'astronomische' Linien [3] lassen sich leicht identifizieren, weil ihre Frequenzen konstant und unmoduliert sind.

Alle Spektrallinien in Figur 1 liegen weit unter der tiefsten Eigenfrequenz der Erde (${}_0S_2$ bei $300 \mu\text{Hz}$). Das widerlegt die häufig geäußerte Vermutung, dass man resonante Antennen benötigt, um Schwingungen zu detektieren, die von extraterrestische Quellen erzeugt werden.

3 Der Suchbereich

Die Tabelle [3] enthält mehrere Frequenzbereiche ohne Spektrallinien, die durch Himmelskörper des Sonnensystems erzeugt werden. Tatsächlich findet man in der breiten Lücke bei $4.1 \mu\text{Hz} < f < 7.45 \mu\text{Hz}$ mehrere übereinstimmende Linien, die an weit auseinander liegenden Orten in Europa gemessen wurden (siehe Abbildung 2). Addiert man die Rohdaten *vor* der Berechnung des Spektrums, zeigt sich, dass nicht nur die Frequenzen des Luftdrucks, sondern auch die Phasen europaweit übereinstimmen. Da man für dieses synchrone Pulsieren der Luftmasse in Mitteleuropa keine bekannte Ursache kennt, werden die Eigenschaften mehrerer auffälliger Koinzidenzen detailliert untersucht.

Aus der Synchronität der Schwingungen folgt, dass die Wellenlänge λ wesentlich größer ist als der Abstand der in Abbildung 2 genannten Orte. Mit der Annahme $\lambda \approx 6 \times 10^7 \text{ m}$ errechnet sich die Ausbreitungsgeschwindigkeit dieser Wellen von mindestens $v = \lambda f \approx 300 \text{ m/s}$. Das ist etwa der Wert der Schallgeschwindigkeit in Luft.

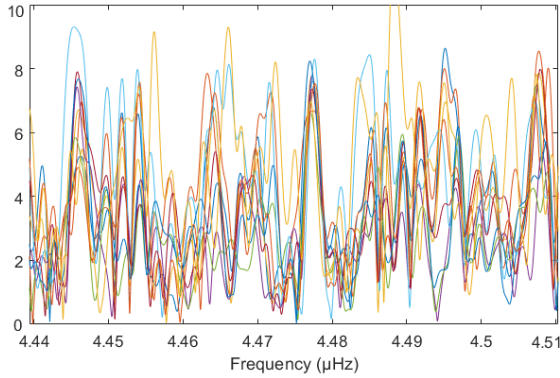


Abbildung 2): Die Überlagerung eines schmalen Bereichs der Spektren des Luftdrucks in Amsterdam, Berlin, Brüssel, Bern, Budapest, Dublin, London, Paris, Wien und Stockholm im Zeitraum 1990-01-01 bis 2022-07-01 enthüllt überraschende Gemeinsamkeiten ohne bekannte Ursache.

4 Datenquelle und Vorbereitung

Der Abbildung 2 entnimmt man, dass die Frequenzauflösung Δf besser als 1 nHz sein sollte. Diesen Wert erreicht man nur durch die Analyse hinreichend langer Datenketten. Mit der Formel

$$T_{min} \cdot \Delta f \geq 0.5 \quad (1)$$

von Küpfmüller [4] berechnet man die Mindestdauer 16 Jahre. Der DWD [2] speichert Luftdruckdaten vieler Wetterstationen, die nach einiger Vorarbeit eine gute Datenquelle bilden. Um den Einfluss lokaler Besonderheiten und vereinzelter Datenlücken zu reduzieren, addiert man die Messwerte möglichst vieler Barometer, die über ganz Deutschland verteilt sind und mindestens zehn Jahre lang in Betrieb waren. Im Zeitraum 2000 bis 2009 wurden 64 Datenketten gefunden, im Zeitraum 2010 bis 2019 nur 51 Datenketten. Die kohärente Addition vieler records verbessert das Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) und macht Spektrallinien sichtbar, die bei der Analyse einzelner Datenketten im Rauschen verschwinden würden.

5 Phasenmodulation verbreitert die Bandbreite des Signals

Signale sind nie perfekt monochromatisch und die Abweichungen erlauben Rückschlüsse auf die Eigenschaften der Quelle und des Übertragungswegs. Um diese Informationen zu ermitteln, muss man die Seitenbänder, also die Begleitfrequenzen zu beiden Seiten der Trägerfrequenz, finden und analysieren. Bei schlechtem SNR wie in Abbildung 2 kann man keine Amplitudenmodulation nachweisen, weil alle dazugehörigen Spektrallinien das Rauschen deutlich übertreffen müssten. Das gilt nicht für Frequenz- oder Phasenmodulationen, wenn man sich auf wenige diskrete Modulationsfrequenzen beschränkt. Ein Modifizierter SuperHet (MSH) ist ein geeignetes Verfahren, um Signale unter dem Rauschpegel zu demodulieren: Man moduliert einen lokalen Hilfsoszillator so, dass seine Modulation übereinstimmt mit der Modulation des Signals. Wenn die Imitation gelingt, ist die Differenzfrequenz $f_{Signal} - f_{osz}$ konstant und ein eindeutiges und leicht zu kon-

trollierendes Kriterium. Da die Gesamtenergie des Signals anschließend in einer einzigen Spektrallinie konzentriert ist, lässt sich das Signal sehr schmalbandig filtern und deshalb leicht im Rauschen identifizieren (siehe Abbild 4). Die folgende Untersuchung beschränkt sich auf diese Modulationsart.

Figur 3 zeigt das typische Spektrum eines phasenmodulierten Signals. Die Struktur ist meist sehr komplex und unterscheidet sich mitunter kaum von Rauschen.

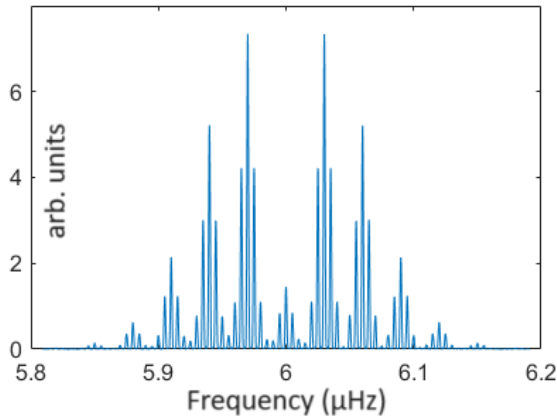


Abbildung 3): *Beispiel eines Signalspektrums der Frequenz 6 μHz , das mit **nur** zwei unterschiedlichen Frequenzen phasenmoduliert ist (ohne Rauschen). Die Gesamtenergie verteilt sich auf mehr als 40 schwache Spektrallinien, die einen breiten Frequenzbereich belegen, den man als Carson-Bandbreite bezeichnet.*

6 Das Suchverfahren

Jede Signalübertragung erfordert eine gewisse Bandbreite, die oft wesentlich kleiner ist als die Signalfrequenz. Das erlaubt, die Frequenz eines ausreichend breiten Bereichs um die Signalfrequenz auf etwa 0,3 μHz zu verringern (Superhet-Verfahren) und anschließend den Abstand zwischen zwei Datenpunkten um den Faktor tausend zu spreizen (Dezimation auf $T_s = 1000$ Stunden). Das hat zwei Konsequenzen: Der Zeitbedarf aller Berechnungen verringert sich erheblich und es lassen sich nur langsame Modulationen mit Periodendauern von mehreren Wochen nachweisen. Diese Einschränkung kann man anpassen, sobald man die Modulationsfrequenzen kennt.

Es macht wenig Sinn, in einem verrauschten Signalgemisch wie in Abbildung 2 symmetrische Strukturen wie in Abbildung 3 zu suchen. Das liegt vor allem daran, dass ein Spektrum alle Phaseninformation zerstört. Das MSH-Verfahren vermeidet dieses Problem: Es enthält keine Betragsbildung und zerstört keine Phaseninformation und kann deshalb zusammengehörige Spektrallinien erkennen und zusammenfassen.

Mit MSH bestimmt man iterativ die Werte einer langsamen Frequenzdrift und mehrerer periodischer Phasenmodulationen eines Signals. Das beseitigt alle Modulationen, konzentriert die Gesamtenergie des Signal in einem engen Bereich um die Zentralfrequenz und vergrößert die Amplitude dieser Spektrallinie, die den Rauschpegel deutlich überschreitet (Figur 4).

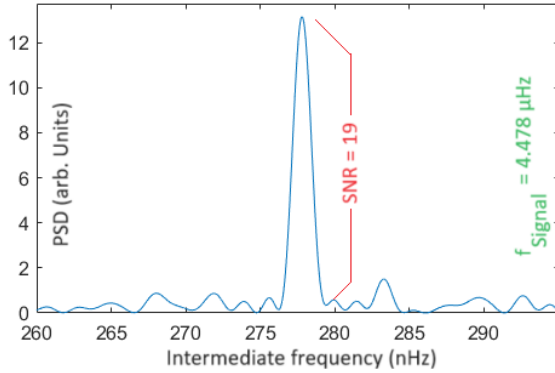


Abbildung 4): Power Spektrum des Signals bei $f = 4.478 \mu\text{Hz}$ nach Durchführung des MSH-Verfahrens (Welch Methode). Die Kompensation der Phasenmodulationen (siehe Tabelle 1) löscht die Seitenbänder und vergrößert die Amplitude der Trägerfrequenz. Das MSH-Verfahren verschiebt die Signalfrequenz auf den Wert $f_{ZF} = 1/(1000 \text{ Stunden})$.

7 Ergebnisse

Die Spektren weit auseinander liegender Barometer in Deutschland zeigen mehrere übereinstimmende Linien. Die Tabellen 1, 2 und 3 zeigen die Eigenschaften einiger auffälliger Linien. Dabei bedeuten:

- Zeile-2: Die Modulationsfrequenz des Signals
- Zeile-3: Die Schwingungsperiode $P = 1/f_{mod}$
- Zeile-4: Die individuelle Phasenverschiebung der Modulation. Bezugszeitpunkt ist der Beginn der Messungen am 2000-01-01
- Zeile-5: Der Modulationsindex η der Phasenmodulation (siehe Sektion 8)

Tabelle 1): Das Signal bei $f = 4.47803 \mu\text{Hz}$ ist mit sechs unterschiedlichen Frequenzen phasenmoduliert. Die Frequenzdrift beträgt $\dot{f} = 45.2 \times 10^{-20} \text{ Hz/s}$.

	Mod-1	Mod-2	Mod-3	Mod-4	Mod-5	Mod-6
f_{mod} (nHz)	0.934	3.42	14.28	31.638	38.70	94.96
P (Jahre)	33.9	9.26	2.22	1.0012	0.819	0.334
φ	4.07	5.44	0.93	4.84	1.79	3.86
η	1.83	2.99	4.59	4.24	4.22	3.62

Tabelle 2): $f = 5.854 \mu\text{Hz}$. Die Frequenzdrift beträgt $\dot{f} = 0.88 \times 10^{-20} \text{ Hz/s}$

	Mod-1	Mod-2	Mod-3	Mod-4	Mod-5	Mod-6	Mod-7
f_{mod} (nHz)	0.963	4.45	9.219	16.78	31.496	40.907	57.13
P (Jahre)	33	7.1	3.44	1.89	1.006	0.775	0.55
φ	0.62	2.84	4.33	5.08	0.797	-0.017	0.766
η	0.39	0.93	2.32	1.59	1.795	0.917	2.07

Es ist schwierig, in Datensätzen, die eine Zeitspanne von nur zwanzig Jahren umfassen, periodische Vorgänge nachzuweisen, die sich über noch längere Zeiträume erstrecken. Da

Tabelle 3): $f = 6.3158 \mu\text{Hz}$. Die Frequenzdrift beträgt $\dot{f} = 35.5 \times 10^{-20} \text{ Hz/s}$

	Mod-1	Mod-2	Mod-3	Mod-4	Mod-5	Mod-6	Mod-7
f_{mod} (nHz)	0.946	1.236	4.187	12.03	32.3021	39.26	57.51
P (Jahre)	33.5	25.7	7.6	2.64	0.982	0.808	0.55
φ	1.69	0.671	4.724	2.87	0.074	4.56	1.96
η	1.44	1.595	4.90	2.652	3.383	5.722	2.00

auch eine Abgrenzung zur (vermutlich) linearen Frequenzdrift kaum möglich ist, wurde darauf verzichtet, Modulationen mit $P \geq 40$ Jahre zu suchen. Zusammenfassung:

- Alle Signalfrequenzen steigen proportional zur Zeit.
- Jedes Signal ist mit mehrfach phasenmoduliert.
- Die Modulation mit der Schwingungsdauer $P \approx 1$ Jahr (grau unterlegte Felder) wird vermutlich durch den Erdborbit verursacht. Daraus folgt, dass sich die Signalquelle *nicht* im Sonnensystem befindet.
- Es wurde nicht untersucht, ob die Signale im 24-Stunden-Rhythmus moduliert sind, weil der Modulationsindex wegen der geringen Rotationsgeschwindigkeit am Äquator zu klein ist.

8 Interpretation der Resultate

Es wurden keine Anzeichen gefunden, dass die Signale amplitudenmoduliert sind. Was könnte die erstaunlich starken und ähnlichen Phasenmodulationen (PM) aller untersuchten Signale verursachen? Die auffallende Verbesserung des SNR zwischen Originalsignal in Figur 2 und demoduliertem Signal in Figur 4 ist *nur* Resultat der Beseitigung der Phasenmodulation und lässt sich durch den Ansatz

$$y = \sin(2\pi t \cdot f_{Signal} + \phi_{modulation}) \quad (2)$$

beschreiben. Die beiden Parameter f_{Signal} und $\phi_{modulation}$ muss man an das Problem anpassen: Die Frequenz f_{Signal} kann sich proportional zur Zeit ändern und $\phi_{modulation}$ kann die Summe mehrerer Sinus-Funktionen sein. Falls die Modulation aus einer einzigen Frequenz f_{mod} besteht, lautet die Gleichung

$$y = \sin(2\pi t(f_{Signal} + t\dot{f})) + \eta \cdot \sin(2\pi t f_{mod} + \varphi) \quad (3)$$

Eine sinusförmige Phasenmodulation bewirkt, dass die Momentanfrequenz des Signals periodisch zwischen den Grenzen $f_{Signal} + \Delta f$ (maximale blueshift) und $f_{Signal} - \Delta f$

(maximale redshift) pendelt. Die Größe Δf nennt man Frequenzhub. Die Momentanfrequenz zu einem beliebigen Zeitpunkt lässt sich nur schwer und ungenau messen, weil sie nie längere Zeit konstant ist. Es ist einfacher, den Modulationsindex η mit der MSH-Methode zu bestimmen und $\Delta f = \eta \cdot f_{mod}$ zu berechnen. (Die Diskussion der Phase φ erfolgt in Sektion 8.2).

8.1 Die Geschwindigkeit der Wellen

Der Frequenzhub Δf ist physikalisch interpretierbar: Wenn sich die Signalquelle oder der Empfänger oder beide bewegen, ändert sich die Empfangsfrequenz abhängig von der Geschwindigkeit (Dopplereffekt). Falls sich das Signal mit Lichtgeschwindigkeit c ausbreitet, gilt die relativistische Formel

$$\Delta f = f_{Signal} \cdot \left(\sqrt{\frac{c+v}{c-v}} - 1 \right) \quad (4)$$

wobei v die Relativgeschwindigkeit zwischen Quelle und Erde ist. Für $v_{Signal} \ll c$ nimmt man üblicherweise an, dass die Wellenausbreitung in einem Medium erfolgt. Dabei gibt es unterschiedliche Lösungen: Wenn der Beobachter bezüglich Medium ruht und sich die Signalquelle mit der Geschwindigkeit v_{Quelle} bewegt, gilt

$$\Delta f = \frac{v_{Quelle} \cdot f_{Signal}}{v_{Signal} - v_{Quelle}} \quad (5)$$

Wenn die Signalquelle in Ruhe ist und sich der Beobachter mit der Geschwindigkeit $v_{Empfaenger}$ bewegt, gilt

$$\Delta f = \frac{v_{Empfaenger} \cdot f_{Signal}}{v_{Signal}} \quad (6)$$

Die Messungen zeigen, dass alle Signale sinusförmig phasenmoduliert sind mit $P \approx 1$ Jahr (grau hinterlegte Zellen in den Tabellen 1..4). Nimmt man an, dass die Quellen weit außerhalb des Sonnensystems und in der Ebene der Ekliptik liegen, verringert und vergrößert sich der Abstand zwischen Quelle und Erde alle sechs Monate. Dann schwankt die Geschwindigkeit des Beobachters zwischen den Extremwerten $-30 \text{ km/s} < v_{Erde} < 30 \text{ km/s}$.

Damit liefert Formel (4) einen Wert für Δf , der das Messergebnis um den Faktor hundert unterschreitet. Mit Formel (6) erhält man $v_{Signal} \approx c/100$. Tabelle 4 zeigt in der rechten Spalte die Geschwindigkeiten v_{signal} für fünf untersuchte Signale. Der Mittelwert beträgt $v_{Signal} = (2.41 \pm 0.54) \times 10^6 \text{ m/s}$. Diese Geschwindigkeit ist wesentlich kleiner als die Lichtgeschwindigkeit c , viel größer als die Schallgeschwindigkeit in Luft (siehe auch Sektion 3) und entspricht keinem bekannten Wellenphänomen.

8.2 Die Richtung der Quellen

Der Phasenwinkel φ in Formel (3) erlaubt die Berechnung des Tages $B = 365 \cdot \varphi/2\pi$ (Day Of the Year), an dem wir die maximale Signalfrequenz empfangen. Ein halbes Jahr später misst man den größten Wert der Redshift.

Tabelle 4): *Zusammenfassung der wichtigsten Signaleigenschaften*

f_{Signal} (μHz)	P (Jahr)	φ	Blueshift DOY	Redshift DOY	η	v_{signal} $\times 10^6$ m/s
4.478	1.001	4.84	281	99	4.24	1.00
4.678	1.003	3.023	176	358	1.095	4.06
5.4992	0.989	3.81	221	39	2.425	2.12
5.854	1.014	0.797	46	229	1.795	3.13
6.316	0.981	0.074	4	187	3.383	1.73

Die Bedeutung der Spalten in Tabelle 4:

Spalte-1: Die Signalfrequenz

Spalte-2: Schwingungsdauer der Signalmodulation mit $P \approx 1$ Jahr

Spalte-3: Der gemessene Phasenwinkel in Formel (3)

Spalte-3: Tag des Jahres, an dem man die höchste Signalfrequenz misst

Spalte-4: Tag des Jahres, an dem man die kleinste Signalfrequenz misst

Spalte-5: Modulationsindex der PM-Frequenz 31.7 nHz ($P = 1$ Jahr)

Spalte-6: Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle gemäß Formel (6)

8.3 Zusätzliche Phasenmodulationen

Es wurden zusätzliche PM ($P \neq 1$ Jahr) gemessen, über deren Ursache man nur spekulieren kann. Es ist unklar, ob diese PM in der Umgebung der Quelle oder der Erde entstehen. Die Periodendauern P ähneln den siderischen Umlaufzeiten der Planeten der Sonne, weichen aber davon merklich ab. Wenn man die grau hinterlegten Felder in den Tabellen 1..3 ignoriert und die restlichen Perioden geeignet nummeriert, zeigt Figur 5 eine erstaunliche Regelmäßigkeit, die man von Planetenbahnen kennt.

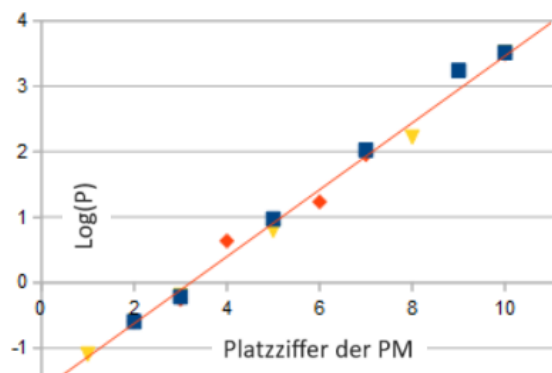


Abbildung 5): *Logarithmus der Periodendauern (in Jahren). Die Farben kennzeichnen unterschiedliche Tabellen 1..3. Die Platzziffern wurden willkürlich so zugeordnet, dass nur minimale Abweichungen von der Linearität auftreten. Manche Platzziffern sind mehrfach besetzt.*

Obwohl die untersuchten Signale mit unterschiedlichen Frequenzen aus unterschiedlichen Richtungen (Phase φ) hier eintreffen, scheinen die Modulationsfrequenzen einer universellen Regel zu folgen. Die Gerade in Figur 5 entspricht der Formel

$$P_n = P_0 \cdot e^{k \cdot n} \quad (7)$$

mit $n \in 1, 2, 3, 4, \dots$, $P_0 = 70$ Tage und $k = 0.51$. Mit einer vergleichbaren Formel gelang es Dermott [5], die Umlaufzeiten von Planeten zu beschreiben. Die Annahme, dass die Periodendauern in Zeile-2 der Tabellen 1.3 tatsächlich Planetenbahnen um ferne Doppelsternsysteme beschreiben, führt auf ein großes Problem: Falls die periodischen Schwankungen des Luftdrucks tatsächlich durch Gravitationswellen verursacht werden (dagegen spricht die viel zu geringe Ausbreitungsgeschwindigkeit im Vergleich mit der üblichen Annahme), misst man die Phasenmodulationen von schweren Binärsystemen. Auch massereiche Planeten können die beiden zentralen Sterne nur wenig bewegen, sicher langsamer als mit $v \approx 30$ km/s. So hohe Geschwindigkeiten wären aber notwendig, um die gemessenen Werte $\eta \approx 2.5$ der Modulationsindices zu erzielen.

Versucht man, dieses Problem mit realistischen Schätzwerten für die beteiligten Massen numerisch zu lösen, erhält man mit Formel (5) Ausbreitungsgeschwindigkeiten der Größenordnung $v_{Quelle} \approx 100$ m/s in der unmittelbaren Umgebung von Doppelsternen. Verringert sich die Geschwindigkeit von GW in Anwesenheit großer Massen so stark? Bisher ist es nicht gelungen, die entsprechenden Einsteinschen Gleichungen zu lösen.

9 Zusammenfassung

Es gibt keine bekannten Quellen in der Umgebung der Erde, die Wellen im Frequenzbereich $4.1 \mu\text{Hz} < f < 7.45 \mu\text{Hz}$ erzeugen. Trotzdem findet man in den Spektren von Gravimetern und Barometer weit voneinander entfernter Stationen problemlos einige übereinstimmende Linien. Eine genauere Untersuchung mit Standardmethoden der Nachrichtentechnik zeigt, dass alle Linien mehrfach phasenmoduliert sind. Die Modulationsfrequenzen folgen keiner erkennbaren Regel mit einer Ausnahme: Der Rhythmus einer PM beträgt fast genau 365 Tage (Tabelle 4). Daraus folgt, dass die Quelle außerhalb des Sonnensystems liegt und dass der Dopplereffekt (Bahngeschwindigkeit der Erde) die Phasenmodulation verursacht.

Die Auswertung der Formeln (4) und (6) des Dopplereffekts schließt aus, dass sich die Wellen mit Lichtgeschwindigkeit ($c = 3 \times 10^8$ m/s) oder Schallgeschwindigkeit ($v = 340$ m/s) ausbreiten.

Eine mögliche Ursache der beobachteten Schwingungen könnten Gravitationswellen von Doppelsternsystemen sein. In unserer Galaxis existieren vermutlich mehr als 10^5 Binärsysteme mit Periodendauern von etwa fünf Tagen, die man nur bei besonderen Orientierungen der Rotationsachse optisch identifizieren kann. Vermutlich besitzen die meisten davon Planeten, die das zentrale Binärsystem zu Bewegungen um den gemeinsamen Schwerpunkt zwingen. Auf diese Weise lassen sich die zusätzlichen PM mit Perioden zwischen wenigen Monaten und vielen Jahren qualitativ erklären. Die Berechnung mit Hilfe

des Dopplereffektes ergibt jedoch extrem geringe Werte für die Ausbreitungsgeschwindigkeit von GW in der Nähe großer Massen, die allen bisherigen Annahmen widersprechen.

10 Data availability

Der DWD [2] speichert alle historischen Messergebnisse der deutschen Wetterstationen.

Literatur

- [1] Weidner, H., Puzzling, Very Slow Oscillations of the Air Pressure in Europe, 2022, <https://vixra.org/abs/2211.0148>
- [2] https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany
- [3] Hartmann T., Wenzel H., 1995, The HW95 tidal potential catalogue, <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/160395>
- [4] https://de.wikipedia.org/wiki/Küpfmüllersche_Unbestimmtheitsrelation
- [5] Dermott S., 1968, On the origin of commensurabilities in the solar system - II: The orbital period relation. MNRAS 141 (3): 363-376