

Auswirkung von Veränderungen des geomagnetischen Felds auf Migräneanfälle

Noah Lankl¹, Marvin Kirsch² und Felix Wünsche³

Abstract: Innerhalb dieses Papers werden Veränderungen des geomagnetischen Felds in Verbindung mit dem Auftreten von Migräneanfällen von circa 6000 Patienten untersucht. Ziel ist es, eine Aussage darüber zu treffen, ob genannte Änderungen einen Einfluss auf Migräneanfälle haben. Als Basis für diese Untersuchung werden zunächst die Daten vorverarbeitet. Im Anschluss folgt die Analyse. Anschließend wird das Vorgehen kurz diskutiert und schlussendlich ein Fazit gezogen. Unsere Ergebnisse deuten auf einen statistisch signifikanten Einfluss des geomagnetischen Felds auf Migräneanfälle hin.

Keywords: Migräneanfälle, Migräne, geomagnetische Veränderungen, Korrelation

1 Motivation

Die Auslöser von Migräneanfällen sind auch heute noch nicht ausreichend erforscht. Dieser Ursache ist es geschuldet, dass Betroffene sich häufig mit möglichen Auslösern der eigenen Migräneanfälle beschäftigen und infolge der Erkrankung in ihrer Lebensweise und ihrem täglichen Tagesablauf beeinträchtigt werden. So stellen sich beispielsweise Fragen wie: "Habe ich falsche Lebensmittel zu mir genommen?", "Lege ich ein falsches Verhalten an den Tag?", "Ist das Wetter oder Wetterwechsel schuld an meinen Migräneanfällen?" und vor allem "Kann ich irgendetwas tun, um Migräneanfällen vorzubeugen?".

Auch Änderungen des geomagnetischen Felds stehen mitunter im Verdacht, Migräneanfälle auszulösen. Aufgrund dessen wird innerhalb dieses Papers die Veränderung des geomagnetischen Felds als möglicher Auslöser von Migräneanfällen untersucht. Ähnliche Arbeiten wurden bereits in den 1980er- und 1990er-Jahren durchgeführt. Dabei unterstützen manche Studien unsere Ergebnisse [Ma94], [St99]. Wobei sich andere nur mit Absolutwerten auseinandersetzen und deren Anstieg eine erhöhte starke Kopfschmerzanzahl korreliert wurde [Ku87]. Anreiz für diese Arbeit

¹ Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hof, Alfons-Goppel-Platz 1, 95028 Hof, nlankl@hof-university.de

² Institut für Informationssysteme der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hof, Forschungsgruppe Analytische Informationssysteme, Alfons-Goppel-Platz 1, 95028 Hof, mkirsch@hof-university.de

³ Institut für Informationssysteme der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hof, Forschungsgruppe Analytische Informationssysteme, Alfons-Goppel-Platz 1, 95028 Hof, fwuensche@hof-university.de

lieferten uns die geringen Patientenzahlen von circa 30-40, wohingegen für diese Untersuchung ungefähr 6000 Patienten zur Verfügung standen.

Zur Analyse der Daten wird ein statistisches Hilfsmittel benötigt. Hierfür wurde in diesem Fall die statistische Programmiersprache R verwendet. Dies lässt sich folgendermaßen begründen. Zunächst handelt es im wissenschaftlichen Umfeld um eine vielfach verwendete Programmiersprache. Des Weiteren wird diese ebenfalls in der Forschungsgruppe Analytische Informationssysteme verwendet. Außerdem konnten teilweise bereits vorhandene R-Skripte in dieser Arbeit verwendet werden.

2 Datenvorverarbeitung

Zur Analyse der Korrelation zwischen geomagnetischen Veränderungen und Migräneanfällen müssen die vorliegenden Daten vorverarbeitet werden.

2.1 Ausgangsdaten

Migräne-Radar: Als Basis für die durchgeführten Untersuchungen dienen freiwillig gemeldete Migräneanfälle von circa 6.000 Patienten. Diese haben in einem Zeitraum von zwei Jahren circa 75.000 Migräneanfälle im Projekt Mira (Migräne-Radar) der Forschungsgruppe Analytische Informationssysteme am iisys (Institut für Informationssysteme der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hof) seit Juni 2015 gemeldet. Obwohl Anfälle auch rückwirkend gemeldet werden können, werden für die hier getätigten Analysen Anfälle ab Juni 2015 bis Ende Oktober 2017 betrachtet. Dies begründet sich durch den offiziellen Start des Forschungsprojekts und der wenigen und somit nicht repräsentativen Meldungsdichte vor diesem Zeitraum. Des Weiteren muss eine weitere Filterung dieses Datensatzes durchgeführt werden um anschließend korrekte Analyseergebnisse liefern zu können:

- Entfernen von chronischen Migräne-Patienten, da hier fraglich ist, ob deren Migräne mit äußeren Einflüssen zusammenhängt
- Entfernen von Patienten, die weniger als 10 Anfälle gemeldet haben, da diese nur weniger genaue Analyse zulassen

Für die durchzuführenden Analysen stehen nach der Filterung circa 25.000 Anfälle zur Verfügung.

Geomagnetische Messdaten: Weltweit existieren 13 verteilte Messstationen, mit Hilfe derer Messdaten das geomagnetische Feld bestimmt wird. Die Störungen des geomagnetischen Felds durch solare Partikelstrahlung werden von einem Magnetometer in nano Tesla (nT) erfasst. Aus dem höchsten Störungswert innerhalb eines Dreistunden-Intervalls wird ein K-Index als ganze Zahl von 0-9 gebildet. Mit 1 für ruhig und 5 oder

mehr als Indiz für einen geomagnetischen Sturm. Das K steht hierbei für Kennziffer. Aus dem K-Index lassen sich folgende weitere Werte ableiten [Iv97]:

- *Kp (planetarische Kennziffer)*: mittlerer Wert aus dem Störungsgrad K an den 13 Stationen
- *Ap* Ableitung von Kp-Index nach festgelegter Tabelle
- *Ap* bezeichnet den Mittelwert der acht *Ap*-Werte, welche sich auf einen Tag verteilen.

Innerhalb der in dieser Arbeit getätigten Analysen werden primär die *Ap*-Werte beziehungsweise deren Mittelwert (*Ap*) verwendet. Da sich alle *Ap*-Werte aus den *Kp*-Werten direkt ableiten lassen, wäre prinzipiell auch eine Verwendung der *Kp*-Werte möglich.

Datenformat: Zur Korrelation der vorliegenden Migräneanfälle mit Veränderungen des geomagnetischen Felds werden die vom deutschen Geo-Forschungszentrums (GFZ) veröffentlichten Kp-Indizes verwendet.

Die hieraus erhaltenen Daten wurden bereits in der Forschungsgruppe Analytische Informationssysteme am iisys entsprechend vorverarbeitet, sodass eine .csv (comma seperated values) Datei in folgendem Format vorliegt:

2.2 Vorverarbeitung der geomagnetischen Messdaten

Da alle geomagnetischen Messwerte gesammelt in einer .csv-Datei im zuvor beschriebenen Format vorliegen, müssen diese zunächst für den Verwendungszweck angepasst werden.

Programmfunktionalität: Um die weitere Analyse mit R einfacher zu gestalten, wurde ein Java-Programm geschrieben, welches die jeweilige Änderung des *Ap*-Messwertes zum Vortag mit dem zugehörigen Datum in eine .csv Datei schreibt. Die Daten liegen daraufhin in folgendem Format vor:

Listing 1: Exportiertes Format

```
Ap_diff | date
```

Beispiel 2: Exportierte Werte

```
6 | 02.06.2015
```

Ap_diff stellt hierbei die Veränderung im *Ap*-Messwert zum Vortag auf den in der exportierten Datei vermerkten Tag dar.

Im gezeigten Beispiel gab es demnach eine Änderung im *Ap*-Wert vom 01.06.2015 auf den 02.06.2015 um 6 Einheiten im positiven Bereich. Sollten *Ap*-Werte sinken, werden die Daten entsprechend mit negativem Vorzeichen durch das Programm exportiert.

2.3 Vorverarbeitung der Migräne-Daten

Der Beispieldatensatz von Migräneanfällen liegt für die hier getätigten Analysen bereits vorgefiltert vor. Dieser Datensatz stammt ebenfalls aus der Forschungsgruppe Analytische Informationssysteme am iisys. Demnach müssen für die Migräne-Daten keine weiteren Vorverarbeitungen mehr getätigt werden.

Ein Datensatz für Migräneanfälle ist wie folgt aufgebaut:

- Patienten-Referenz
- Id
- Anfangszeit
- Endzeit
- Weitere Daten, die für die hier getätigten Analysen nicht verwendet wurden

3 Analyse

3.1 Vorgehensweise

Zunächst wurde die Fragestellung festgelegt, die in dieser Arbeit untersucht wird. Untersucht werden soll demnach eine mögliche Korrelation zwischen Änderungen des geomagnetischen Felds und der Anzahl von Migräneanfällen.

Um die Häufigkeit von Migräneanfällen mit geomagnetischen Veränderungen zu korrelieren, muss diverse Vorarbeit geleistet werden. So müssen Daten wie Patientenzahlen und Häufigkeit von *Ap*-Wert-Veränderungen normalisiert werden, um eine gemeinsame Vergleichsbasis für die späteren Analysen zu schaffen. Das genaue Vorgehen zur Normalisierung wird in den folgenden Kapiteln beschrieben.

Anschließend werden *Ap*-Wert-Änderungen mit der Häufigkeit von Migräneanfällen korreliert, sodass sich neben der statistischen Beweisführung ebenfalls eine aussagekräftige Visualisierung erzeugen lässt.

3.2 Parameter zur Datenanalyse

Geomagnetische Messdaten: Die geomagnetischen Messdaten bilden neben den Migräneanfällen die Basis der durchzuführenden Analysen. Es werden die Änderungen der geomagnetischen Messwerte an jedem Tag bezüglich zum Vortag bestimmt. Die hierbei errechnete Verteilung wird wie folgt dargestellt:

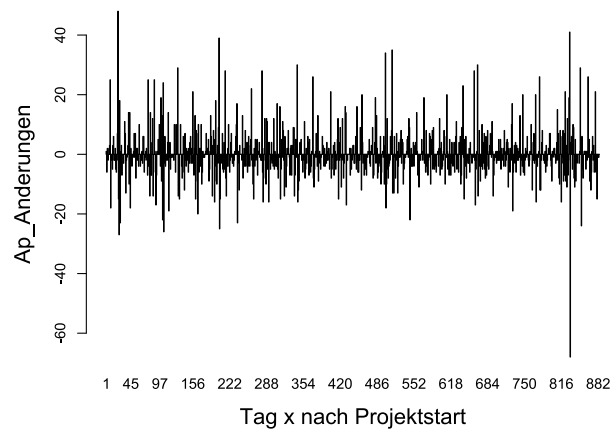


Abb. 1: Verlauf Ap-Messwert-Veränderungen 06.2015 bis 10.2017

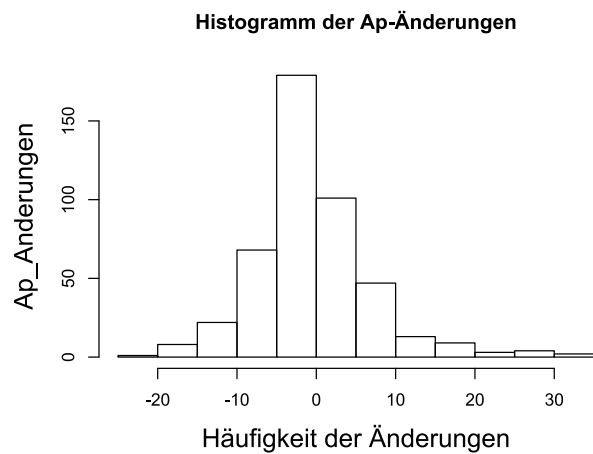


Abb. 2: Histogramm Auftreten Ap-Messwert-Veränderungen

Gemeldete Migräneanfälle: Da durch das Meldeverfahren des Migräne-Radar nicht bekannt ist, ob ein Patient aktuell nicht mehr am Projekt teilnimmt oder lediglich keine Migräneanfälle erleidet, müssen die vorliegenden Anfälle zunächst normalisiert werden beziehungsweise die Anzahl der potentiell teilnehmenden Patienten an einem Tag berechnet werden. Zunächst wird jedoch der Verlauf der nicht normalisierten Anfälle betrachtet.

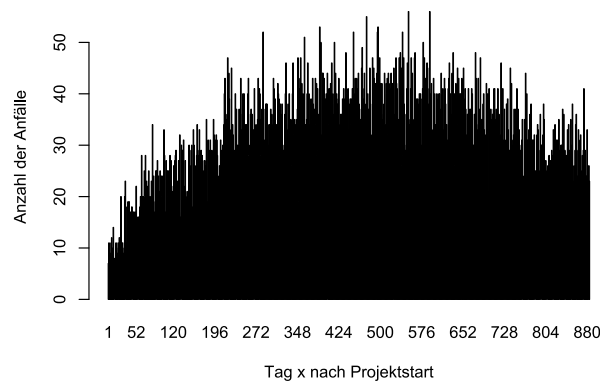


Abb. 3: Anzahl der Anfälle nicht normalisiert auf potentielle Patienten

Zu sehen ist eine steigende Anzahl von meldenden Patienten bis zu einem Höhepunkt zum Ende des Jahres 2016. Aktuell ist eine sinkende Tendenz in der Anzahl der meldenden Patienten zu erkennen.

Bei der Normalisierung wird wie folgt vorgegangen:

Für jeden Patienten wird dessen erster und letzter Anfalltag ermittelt. Innerhalb dieser Zeitspanne wird der Patient als aktiv betrachtet und damit zu den Teilnehmern in diesem Zeitraum addiert.

Für jeden Tag wird die Anzahl der Anfälle durch die kumulierten aktiven Patienten in dieser Zeitspanne dividiert. Das Resultat ist in Abbildung 5 zu sehen.

Hierdurch erhält man für jeden Tag eine normalisierte Anzahl von Anfällen, mit der weitere Analysen getätigt werden können.

Der Verlauf der normalisierten Anzahl von Anfällen stellt sich wie folgt dar:

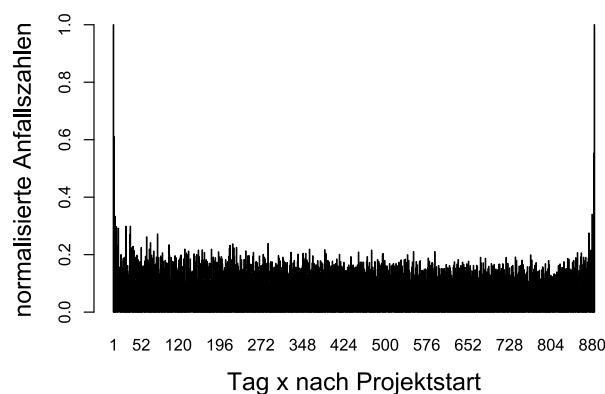


Abb. 4: Anzahl der Anfälle normalisiert auf Patienten

Nach der Normalisierung ergibt sich erwartungsgemäß eine relativ gleichmäßig verteilte Anzahl an potentiell teilnehmenden Patienten. Der Anstieg der normalisierten Anfälle auf den Wert Eins an den Enden der Zeitpanne lässt sich dadurch begründen, dass die Anzahl der Patienten mit den gemeldeten Anfällen pro Tag übereinstimmt. Ansonsten meldet im Schnitt jeder fünfte teilnehmende Patient pro Tag in etwa einen Anfall.

3.3 Durchführung

Datenanalyse: Nach der bisherigen Vorverarbeitung der Daten ist nun die eigentliche Analyse in R möglich. Dabei wird wie folgt vorgegangen:

Zunächst werden die für die Analyse benötigten Daten in R eingelesen. Dabei handelt es sich um die zuvor erwähnten Dateien, welche die Ap-Abweichungen und die Anfälle mit Patientendaten enthalten. Um diese in R vergleichbar zu machen, werden im nächsten Schritt zunächst alle Datumswerte auf dasselbe Format gebracht.

Anschließend werden mithilfe der Anfallsdaten des Migräne-Radars und der Tabelle der Ap-Abweichungen die Anzahl der Anfälle, auf Ap-Änderungen zugeordnet, aufsummiert. Hierbei ist zu beachten, dass von einer bestimmten Anzahl an Tagen nach einer Ap-Änderung als Auslöser für Migräneanfälle ausgegangen wird. Für die Analyse in dieser Arbeit wurde von einem Auslöser einen Tag vor den jeweiligen Anfällen ausgegangen. Dies lässt sich aus Erfahrungswerten des Forscherteams im Institut für Informationssysteme begründen. Für einen jeweiligen Ap-Wert werden die normalisierten Anfälle für diesen Ap-Wert aufsummiert.

Um ein korrektes Analyseergebnis zu erreichen, wird gleichzeitig die Häufigkeit des Vorkommens jeder Ap-Änderung mitgezählt. Mithilfe dieser Daten werden anschließend die zuvor berechneten Summen von Anfällen pro Ap-Änderung normalisiert.

Als Ergebnis dieses Vorgehens ergibt sich ein Vektor mit den für jede Ap-Änderung aufsummierten und normalisierten Anfällen.

Berechnung von Fehlerbalken: Da kleine Änderungen der Ap-Werte in der Analyse häufig auftreten, wohingegen große Änderungen relativ selten vorkommen, entsteht hier die Gefahr einer Fehlanalyse, da somit für die seltenen, großen Änderungen nur wenige Anfallstage zur Verfügung stehen. Um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, ist es deshalb nötig, für die Summen der Anfälle pro Ap-Änderung jeweils den statistischen Fehler zu berechnen und mithilfe von Fehlerbalken darzustellen. Über diese können anschließend sowohl über den positiven als auch über den negativen Bereich der Ap-Änderungen Regressionsgeraden mit minimalem Abstand zu den einzelnen Punkten des Plots angelegt werden, wobei Punkte mit großen Fehlerbalken weniger in die Berechnung einfließen als Punkte mit kleinen Fehlerbalken.

Berechnung der Regressionsgeraden: Um einen möglichen Anstieg der normalisierten Anfallszahlen zu visualisieren, empfiehlt sich die Berechnung von Regressionsgeraden, dies sowohl für negative als auch für positive Ap-Änderungen.

Zunächst müssen zur Berechnung der Geraden folgende Vorfaktoren ermittelt werden [Le94]:

$$\begin{aligned} A &= \sum \frac{x_i}{\sigma_i^2}, B = \sum \frac{1}{\sigma_i^2} \\ C &= \sum \frac{y_i}{\sigma_i^2}, D = \sum \frac{x_i^2}{\sigma_i^2} \\ E &= \sum \frac{x_i y_i}{\sigma_i^2}, F = \sum \frac{y_i^2}{\sigma_i^2} \end{aligned}$$

Im Anschluss daran kann daraus die Steigung der Geraden a und der y-Achsen-Abschnitt b berechnet werden [Le94]:

$$\begin{aligned} a &= \frac{EB - CA}{DB - A^2} \\ b &= \frac{DC - EA}{DB - A^2} \end{aligned}$$

Somit lässt sich die Geradengleichung $y = ax + b$ aufstellen. Der zugehörige Plot ist in Abbildung 7 zu sehen.

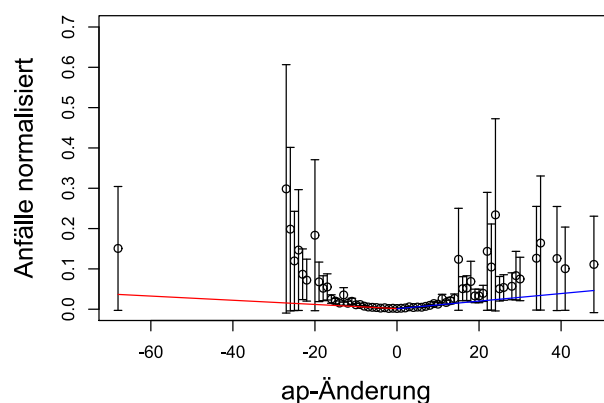


Abb. 5: Anzahl der Anfälle normalisiert auf potentielle Patienten und Ap-Häufigkeit mit Fehlerbalken und Regressionsgeraden

Auswertung des finalen Plots: Wie in diesem Plot zu erkennen ist, sind die berechneten Fehlerbalken für kleine Ap-Änderungen im Bereich von -20 bis 0 beziehungsweise von 0 bis +20 sehr klein. Die Ursache hierfür ist, dass kleine Änderungen verhältnismäßig oft vorkommen und dementsprechend viele Anfallstage existieren. Für seltene, betragsmäßig große Ap-Änderungen existieren demnach deutlich weniger Anfallstage, woraus deren große Fehlerbalken resultieren.

Bei Betrachtung der entstandenen Regressionsgeraden fällt zunächst auf, dass diese eine Steigung zu den hohen Ap-Änderungen aufweisen. Hieraus könnte der falsche Schluss gezogen werden, dass sich hohe Ap-Änderungen tatsächlich auf Migräneanfälle auswirken. Dies lässt sich hieraus allerdings noch nicht schließen. Somit muss zuletzt die Signifikanz der Regressionsgeradensteigungen überprüft werden. Hierfür werden 2 Methoden kurz angeführt. Zunächst wird eine Faustregel betrachtet, die besagt, dass die Geradensteigung a am besten drei oder mehr mittlere Standardfehler grösser als 0 sein sollte. Der mittlere Standardfehler der Regressionsgeraden lässt sich wie folgt berechnen [Le94]:

$$\sqrt{\sigma^2(a)} = \sqrt{\frac{B}{BD - A^2}}$$

Teilt man den jeweiligen Wert durch die jeweilige der Geradensteigung, ergibt sich für beide Geraden ein Wert von circa 8, was bedeutet, dass beide Geraden eine statistisch signifikante Steigung aufweisen.

Genauer arbeitet der t-Test: Hier wird der berechnete Wert des Regressionskoeffizienten in Beziehung zu seinem Standardfehler gesetzt. Dieser bestätigte das obige Ergebnis.

Die hier durchgeführten Analysen wurden exemplarisch auf den zum Zeitpunkt der Arbeit vorhandenen Daten ausgeführt. Prinzipiell lassen sich jedoch auch andere Datensätze mit Migräneanfällen mithilfe der vorgestellten Methodik untersuchen, sofern diese auf dieselbe Weise wie hier beschrieben vorgefiltert werden und im selben Format vorliegen.

3.4 Interpretation

Aus dem finalen Plot kann man eine Korrelation zwischen geomagnetischen Veränderungen und Migräneanfällen schließen. Diese kann jedoch darauf basieren, dass die verwendeten Daten diese zufällig hervorgerufen haben. Dies könnte mit Hilfe zufällig generierter Anfälle nachgewiesen werden. Bei der Auswertung dieser dürfte der Anstieg der normalisierten Anfälle bei hohen Ap-Wert-Änderungen nicht vorhanden sein.

Ein definitiv unbestreitbarer kausaler Zusammenhang ist selbst bei sehr vielen Migräneanfällen über eine lange Zeitspanne mit dieser Vorgehensweise nicht nachweisbar. Dies lässt sich dadurch begründen, dass der Faktor, der die signifikante Geradensteigung auslöst, nicht sicher ermittelt werden kann.

4 Diskussion

Im Folgenden wird die Vorgehensweise zur Durchführung des Projekts kurz diskutiert. Zunächst könnte man den gewählten Ansatz hinterfragen.

Eine andere Herangehensweise wäre die Berechnung signifikanter Ap-Wert-Änderungen über die Standardabweichung von der Median-Ap-Wert-Änderung. So hätte man mithilfe eines t-Tests auf normalisierte Anfälle bei statistisch signifikanten Ap-Wert-Änderungen vergleichen können. Die hier verwendete Herangehensweise wurde gewählt, da so alle normalisierten Anfälle bei allen Ap-Änderungen in einem Graphen sichtbar werden.

Ein weiterer Vorteil der Vorgehensweise ist, dass mit dieser nahezu jede beliebige Ursache mit Migräneanfällen korreliert werden kann.

Da nur ein Anfall pro Tag gemeldet werden kann, wurde auf den Ap-Wert eines Tages zur Analyse zurückgegriffen.

5 Fazit

Die hier erarbeiteten Ergebnisse lassen für sich selbst betrachtet noch keine Schlussfolgerungen auf einen kausalen Zusammenhang von geomagnetischen Veränderungen mit Migräneanfällen zu. Es mag auf den ersten Blick als ungewöhnlich erscheinen, die geomagnetischen Veränderungen mit den Migräneanfällen zu korrelieren,

da dies als Faktor bei bisherig bekannten Analysen meist außer Acht geblieben ist. Jedoch müssen auch unbekannte Faktoren bei der Suche nach Migräneauslösern betrachtet werden, weil selbst der Ausschluss von Faktoren bei der Ursachenforschung von Migräne hilfreich sein kann.

Zukünftig werden innerhalb der Forschungsgruppe Analytische Informationssysteme am iisys der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hof weitere Analysen auf Basis der vorgestellten Methodik weitergeführt. Hierfür kann diese Arbeit hilfreiche Ansätze liefern.

Literaturverzeichnis

- [Iv97] Ivory K., Geomagnetic Ap, Ap, Cp, and C9 Indices, 1997, 13.02.2018
- [Ku87] A. Kuritzky M.D. et al., Headache, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1526-4610.1987.hed2702087.x>, Stand: 24.06.18.
- [Le94] William R. Leo. Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments. Springer, Berlin. 2 nd, rev. ed. 1994
- [Ma94] G. De Matteis, 1994, Headache, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1526-4610.1994.hed3401041.x>, Stand: 24.06.18
- [St99] Stoupe E., Journal of Clinical and Basic Cardiology, 1999, <https://www.kup.at/kup/pdf/26.pdf>, Stand: 24.06.18