

Öffentlicher Brief

Dr. Frank Fleischmann / Sternwarte Feuerstein e.V. / 9.4.2025

Seit 25 Jahren existiert die Sternwarte Feuerstein mit dem dort tätigen Verein Sternwarte Feuerstein e.V. am Berg zwischen Flugplatz und Niedermirsberg gelegen.

Der Standort wurde damals in Absprache mit der Stadt Ebermannstadt, vertreten durch Herrn Bgm. Kraus, so gewählt, dass es keine Sichtbehinderung durch Bauwerke oder Wald in der unmittelbaren Umgebung und damit verbundenen Luftverwirbelungen gibt und geben wird. Es wurde auch berücksichtigt, dass keine direkt sichtbaren künstlichen Lichtquellen den dunklen Nachthimmel trüben, bzw. das an die Nacht adaptierte Auge der Besucher blenden.

Im den letzten 25 Jahren wurden an der Sternwarte vielen an Natur interessierten Mitmenschen die Zusammenhänge zwischen Entstehung des Weltalls, des aktuellen Himmels, unseres Klimas und der belebten Natur auf der Erde näher gebracht. Dabei kamen und kommen die Besucher aus nah und fern. Selbst aus anderen Erdteilen kamen Interessenten um sich hier am Feuerstein den Himmel und die Beobachtungstechnik erklären zu lassen. Auch in den Weltraum sind Objekte im Rahmen von Forschungsprojekten von der Sternwarte aus vorgestoßen. Die Finanzierung erfolgte dabei nahezu ausnahmslos privat. Gefördert durch Idealismus und Ehrenamt.

Doch jetzt scheint alles anders zu werden. Unser Wertesystem scheint sich zu ändern. Anstatt die Sternwarte zu unterstützen – die Politiker fordern bekanntlich wissenschaftliche Bildung in MINT-Fächern, Unterstützung von Forschung, Ausbau neuer Technologien wie auch der Weltraumtechnik – werden immer neue Hemmschuhe dem Betrieb des Sternwarte in den Weg gelegt. Hier nur eine kurze Liste

- * Grundsteuererhöhung auf 11915 % (kein Tippfehler!) des bisherigen Wertes
- * Immer neue Auflagen bei Trinkwasser und Abwasser
- * Behinderung bei Nutzung vorhandener Infrastruktur für Glasfasernutzung (Internet)
- * und **Planung von Windkraftanlagen** genau in der Hauptblickrichtung am Himmel ohne vorab Kontaktaufnahme mit der Sternwarte dem nächst gelegenen Wohn- und Betriebsgebäude
- * Umspannwerk(e) mit Licht
- * eventuell noch Elektrolysestationen mit Licht
- * eventuell noch Gaseinspeisung in Pipeline mit Licht

Besonders das letzte Thema hängt wie das bekannte Damoklesschwert über der Zukunft der Sternwarte. Windkraftanlagen der vorgesehenen Baugröße die in weniger als 1km Entfernung mehrere 100m hoch in den Himmel ragen sollen stören in vielerlei Hinsicht.

- * Sichthindernis in der wichtigsten Hauptsichtrichtung
- * Befehung wegen Flugzeug-Kollisionsgefahr
(bei Bürgerversammlung noch Zusage: Befehung mit Abschaltung;
jetzt ohne)
- * Verwirbelung der Luft und damit verbundener Verschlechterung der Bildschärfe
(bei Bürgerversammlung noch mit Hinweis: Existiert nicht
jetzt: wir starten demnächst vorsorglich einen Infraschall-Detektor an der Sternwarte)
- * Vibrationen des Bodens und damit resonanter Anregung der Messgeräte
(bei Bürgerversammlung noch mit Hinweis: Existiert nicht;
jetzt: wir starten demnächst vorsorglich ein Seismometer an der Sternwarte)
- * Wertverlust der Einrichtung

Dabei werden bei Veranstaltungen vorgetragene Argumente teils niedergeschmettert mit sachlich haltlosen Aussagen wie „diese Wirkung existiert nicht“ oder „dafür gibt es keine gesetzliche Grundlage“.

Meine Bitte an alle Entscheidungsträger: Nehmen Sie die Bedenken ernst, nicht nur die der Sternwarte, sondern auch die der Bürger der umliegenden Ortschaften, und der Piloten des Flugplatzes, finden Sie eine Lösung, die im Interesse aller – auch der Sternwarte - liegt.

Hoffentlich gibt es bald positive Reaktionen, die die schlaflosen Nächte beenden und wieder Ruhe in die erhitzten Gemüter einziehen lassen.

Mit besten Grüßen vom Feuerstein

Dr. Frank Fleischmann / Leiter der Sternwarte

PS.: Weiteres unter:

<http://sfeu.de/wind>

Einfluss von Luftturbulenzen auf die astronomische Beobachtung

Die astronomische Beobachtung, insbesondere die bodengestützte Astronomie, wird erheblich durch atmosphärische Turbulenzen beeinflusst. Diese Turbulenzen, auch als "Seeing" bezeichnet, verursachen Verzerrungen in den Lichtwellen, die von astronomischen Objekten zur Erde gelangen. Dieser Effekt ist bei beobachtenden Astronomen seit langem bekannt und beeinträchtigt die Qualität und Auflösung der beobachteten Bilder erheblich.⁸

Ursachen der Luftturbulenzen

Luftturbulenzen entstehen durch Temperaturunterschiede und Luftbewegungen in der Atmosphäre – vor allem an statischen und bewegten Hindernissen. Die Unterschiede in Temperatur und Druck führen zu Variationen im Brechungsindex der Luft, was wiederum die Lichtwellen ablenkt. Die Stärke der Turbulenzen hängt von verschiedenen Faktoren ab, darunter die geografische Lage des Beobachtungsstandorts, die Tageszeit und die Wetterbedingungen. Beobachtungsstandorte in großer Höhe, wie etwa auf Berggipfeln, sind oft weniger von Turbulenzen betroffen, da die Luft dort stabiler ist. Der Standort der Sternwarte Feuerstein wurde deswegen vor 25 Jahren so gewählt, dass neben Dunkelheit – kein künstliches Licht direkt sichtbar - möglichst wenig Turbulenzen die Beobachtungen und Messungen beeinflussen.

Auswirkungen auf die Beobachtung

Die primäre Auswirkung von Luftturbulenzen auf die astronomische Beobachtung ist die Verschlechterung der Bildqualität. Die Verzerrungen führen zu einem unscharfen und flimmernden Bild, was die Auflösung und den Kontrast der beobachteten Objekte verringert. Dies kann besonders problematisch sein, wenn es darum geht, feine Details wie die Struktur von Galaxien oder die Oberflächenmerkmale von Planeten zu erkennen.

Techniken zur Reduzierung der Auswirkungen

Um die negativen Auswirkungen von Luftturbulenzen zu minimieren, ist es notwendig verschiedene Techniken einzusetzen. Eine der effektivsten Methoden ist die adaptive Optik (AO). Diese Technologie verwendet deformierbare Spiegel und Wellenfrontsensoren, um die Verzerrungen in Echtzeit zu korrigieren. Durch die Anpassung der Spiegeloberfläche kann die adaptive Optik die Lichtwellen so formen, dass sie die Turbulenzen kompensieren und ein schärferes Bild erzeugen. Die Europäische Südsternwarte (ESO) – größte Sternwarte der Welt - setzt AO ein, um die Auswirkungen atmosphärischer Turbulenzen auf astronomische Beobachtungen zu minimieren. Diese Technologie ist entscheidend, um scharfe und klare Bilder von Himmelsobjekten zu erhalten, die ansonsten durch die Unruhe in der Erdatmosphäre verzerrt würden.^{4 5 6}

Eine weitere Methode ist die Verwendung von Langzeitbelichtungen und Bildstapelung. Durch die Kombination mehrerer kurzer Belichtungen kann der Einfluss der natürlichen schwachen Turbulenzen gemittelt werden, was zu einem klareren Endbild führt. Diese Technik wird häufig in der Amateurastronomie angewendet, da sie relativ einfach umzusetzen ist. Diese Methoden werden an der Sternwarte Feuerstein bereits verwendet um die Bildqualität zu steigern.

Eine weitere aber kostenintensive Methode um Turbulenzen der Atmosphäre teilweise auszugleichen zu können stellen Speckle-Methoden dar. In diesem Fachbereich hat der Leiter der Sternwarte Feuerstein lange Jahre am Institut für angewandte Optik (Universität Erlangen) und am Max Planck Institut für Radio Astronomie (MPIfR) gearbeitet.⁷

Turbulenzeffekte - lange bekannt – Kolmogorov untersuchte diese vor mehr als 80 Jahren

Die Theorie der Turbulenz wurde maßgeblich von Andrei Nikolajewitsch Kolmogorov vorangetrieben. In seinen Arbeiten von 1941 und 1962 entwickelte er das Kolmogorov-5/3-Gesetz, das die Energieverteilung in turbulenten Strömungen beschreibt. Kolmogorov postulierte, dass die kleinsten Skalen der Turbulenz universell sind und nur von der Energiedissipationsrate und der Viskosität des Fluids abhängen. Diese kleinsten Skalen werden als Kolmogorov-Mikroskalen bezeichnet und spielen eine entscheidende Rolle im Energiekaskadenmodell, bei dem große Wirbel in kleinere zerfallen und schließlich Energie dissipieren. ^{1 2 3}

Zukünftige Entwicklungen

Die Forschung im Bereich der adaptiven Optik und anderer Korrekturtechniken schreitet ständig voran. Neue Algorithmen und Technologien versprechen, die Auswirkungen von Luftturbulenzen noch weiter zu reduzieren. Zudem werden zunehmend weltraumgestützte Teleskope eingesetzt, die oberhalb der störenden Atmosphäre operieren und somit von Turbulenzen unbeeinflusst sind. Diese Teleskope bieten eine unübertroffene Bildqualität und ermöglichen tiefere Einblicke in das Universum.

Fazit

Luftturbulenzen stellen eine bedeutende Herausforderung für die bodengestützte astronomische Beobachtung dar. Durch den Einsatz fortschrittlicher Techniken wie der adaptiven Optik und der Bildstapelung können die negativen Auswirkungen jedoch erheblich reduziert werden. Die kontinuierliche Weiterentwicklung dieser Technologien wird es Astronomen ermöglichen, noch präzisere und detailliertere Beobachtungen durchzuführen und unser Verständnis des Universums zu vertiefen. Bei extremen Turbulenzen wie sie von Windrädern (Wirbelschlepe) generiert werden ist eine Korrektur immens material- und kostenaufwendig und kann von der Sternwarte Feuerstein deswegen kaum realisiert werden.

Infraschall bei Windkraftanlagen: Ausbreitung in Boden und Luft

Infraschall, Schallwellen mit Frequenzen unterhalb der menschlichen Hörschwelle (unter 20 Hz), ist ein Thema, das im Zusammenhang mit Windkraftanlagen häufig diskutiert wird. Diese tiefen Frequenzen können sich sowohl durch die Luft als auch durch den Boden ausbreiten und haben spezifische Eigenschaften, die ihre Ausbreitung und Wahrnehmung beeinflussen.

Ausbreitung in der Luft

Infraschall breitet sich in der Luft nahezu verlustfrei aus, da die langen Wellenlängen kaum von der Luft gedämpft werden. Dies bedeutet, dass Infraschallwellen große Distanzen zurücklegen können, ohne signifikant an Intensität zu verlieren. Hindernisse wie Gebäude, Bäume oder Felsen haben nur einen geringen Einfluss auf die Ausbreitung von Infraschall, da die Wellen diese Objekte weitgehend ungehindert passieren ¹¹

Die Rotorblätter von Windkraftanlagen erzeugen Druckschwankungen in der Luft, die als Infraschallwellen wahrgenommen werden können. Diese Wellen entstehen durch die Bewegung der Rotorblätter und können sich über mehrere Kilometer ausbreiten. Studien haben gezeigt, dass der Infraschall von Windkraftanlagen in einigen hundert Metern Entfernung noch messbar ist, jedoch in der Regel unterhalb der Wahrnehmungsschwelle liegt ^{12 13}

Ausbreitung im Boden

Infraschall kann sich auch durch den Boden als sogenannter Körperschall ausbreiten. Diese Form der Schallausbreitung ist besonders relevant, da sie leichter in Gebäude eindringen und somit die Bewohner stärker beeinflussen kann. Messungen haben gezeigt, dass der Körperschall deutlich stärkere Druckimpulse aufweist und weniger Hintergrundrauschen enthält als Infraschall, der sich durch die Luft ausbreitet. Dies deutet darauf hin, dass Messungen allein in der Luft nicht die gesamte Wirkung des Infraschalls von Windrädern auf Menschen in Gebäuden erfassen können ¹⁴

Die Ausbreitung von Infraschall im Boden wird durch die Bodenbeschaffenheit und die geologischen Bedingungen beeinflusst. Faktoren wie die Dichte des Bodens, die Feuchtigkeit und die vorhandenen Gesteinsformationen können die Ausbreitung und Dämpfung des Infraschalls beeinflussen. In einigen Fällen kann der Infraschall durch den Boden sogar verstärkt werden, insbesondere wenn er auf resonante Strukturen trifft ¹⁵

Auswirkungen auf Messungen

Die Auswirkungen auf astronomische Messungen sind einerseits den Druckschwankungen in der Atmosphäre geschuldet (unscharfe und stark flimmernde Bilder) und andererseits führen periodische Vibrationen im Boden bei resonanten Strukturen wie sie bei technischem Gerät häufig vorkommen zu unvermeidlichen Schwingungen und damit zur Unbrauchbarkeit von astronomischen Messungen.

Fazit

Infraschall von Windkraftanlagen breitet sich sowohl durch die Luft als auch durch den Boden aus und kann dabei große Distanzen überwinden. Während die gesundheitlichen Auswirkungen noch nicht abschließend geklärt sind, stört jegliche Erschütterung der Luft und des Bodens vor allem bei periodischer Anregung wie sie bei Windkraftanlagen vorkommt die sehr empfindliche Messung mit Teleskopen.

Referenzen

- ¹ Turbulente Strömung – https://de.wikipedia.org/wiki/Turbulente_Str%C3%B6mung
- ² Mikroskala von Kolmogorow – https://de.wikipedia.org/wiki/Mikroskala_von_Kolmogorow
- ³ Turbulence - <https://en.wikipedia.org/wiki/Turbulence>
- ⁴ Superscharfe Bilder von der neuen Adaptiven Optik des VLT | ESO Deutschland
<https://www.eso.org/public/germany/news/eso1824/>
- ⁵ Adaptive Optik | ESO Deutschland
https://www.eso.org/public/germany/teles-instr/technology/adaptive_optics/
- ⁶ Adaptive Optik - Mathematiker Andreas Obereder @ AEC & Wissensturm
<https://ars.electronica.art/esero/en/adaptive-optik-mathematiker-andreas-obereder-aec-wissensturm/>
- ⁷ High Resolution Speckle Methods For Overcoming Image Degradation Caused By The Atmosphere And Telescope Aberrations
<https://www.spiedigitallibrary.org/journals/optical-engineering/volume-25/issue-6/256706/High-Resolution-Speckle-Methods-For-Overcoming-Image-Degradation-Caused-By/10.1117/12.7973893.short>
- ⁸ Seeing - <https://de.wikipedia.org/wiki/Seeing#####> Referenzen
- ¹¹ Windenergieanlagen und Infraschall: Der Schall, den man nicht hört ...
<https://www.aerzteblatt.de/archiv/windenergieanlagen-und-infraschall-der-schall-den-man-nicht-hoert-d2cf3eec-deb8-41f6-a237-39d8528e20bd>
- ¹² Infraschall: Die unsichtbare Gefahr der Windkraftanlagen
<https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/energie/windkraft-und-gesundheit-neue-studie-gibt-entwarnung-bei-infraschall/>
- ¹³ Infraschall – IG Waldviertel - <https://www.igwaldviertel.at/argumente/infraschall/>
- ¹⁴ Infraschall aus Sicht eines Physikers: Die unhörbare Gefahr? - EIKE - Europäisches Institut für Klima & Energie
<https://eike-klima-energie.eu/2025/01/27/infraschall-aus-sicht-eines-physikers-die-unhoerbare-gefahr/>