Infraschall von Windkraftanlagen und deren Wirkung auf die psychologische und physiologische Gesundheit

---

Exposé der geplanten Feldstudie (2016)

Durchgeführt von Studenten der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg

Fachbereich Wirtschaftspsychologie, Wahlpflichtbereich „Umweltpsychologie“

1. Semester: Recherche, methodische Versuchsplanung, Messung 1 (Vor dem Bau der WKA)
2. Semester: Auswertung der Messung 1, Messung 2, Auswertung und Veröffentlichung

Leitung:

Dr. Dirk Volker Seeling

Interdisziplinärer Arbeitskreis (Stand 16.04.2016):

Dr. med. Folker Meissner (Allgemeinarzt, 1. Vorsitzender der Dachverbände für **Energiemedizin DA-EMBE** und **DGEIM,** Vorsitzender des Global Energy Parlament Deutschland e.V.)

Sven Johannsen (**Sachverständiger für Schall und Infraschall**, Geschäftsführer der GUSZ GmbH)

Dr. Tom Stiller (**Landarzt, Vorsitzender der Vereinigung von Ärzten für Immissionsschutz**, AEFIS)

Stand: 17. April 2016

Inhaltsverzeichnis

1. Herausforderung der Energiewende und des Klimawandels : 3
2. Aktueller Forschungsstand zu Windkraftanlagen und psycho-physiologischer Gesundheit : 4
3. Schallspezifische Hintergründe der Studie : 6
4. Gesundheitliche Symptome des Wind-Turbinen Syndroms: 7
5. Abstand zu Wohnstätten 9
6. Das Studiendesign: 12
7. Zu diskutierende Messinstrumente: 14
8. Ausblick: 15
9. Quellen 16
10. Anlage: 18

1. Herausforderung der Energiewende und des Klimawandels :

Der globale Klimawandel und die Erschließung regenerativer Energieträger sind wahrscheinlich die anspruchsvollsten Herausforderungen für die Menschheit. Sie machen an verschiedensten Punkten spür- und erlebbar, wie klein der Planet geworden ist und wie stark die einzelnen Schicksale verschiedener Länder miteinander in Zusammenhang stehen. Bereits seit den 80ern wird der Ausstieg aus der Atomkraft und den fossilen/begrenzten Energien sowie ernstzunehmende Konsequenzen zum Stopp des Klimawandels gefordert. Durch Fukushima am 11. März 2011 bekam die Diskussion eine Dringlichkeit, die viele bis dahin „heilige Kühe“ in Frage gestellt hat. Schon durch Tschernobyl wurde auch in unserer Region die menschliche und tierische Ernährung bis zum heutigen Tag z.B. für Pilze nachhaltig geschädigt. Der Atomausstieg wurde beschlossen und im Zuge dessen das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) erlassen. Eine Neufassung wurde nun vorgelegt und man erhofft sich neben dem Ausstieg aus der Atomkraft auch den Ausstieg aus der Kohle. Der Großteil der dann ersatzweise zur Verfügung gestellten Energie soll von der Windkraft geliefert werden.

Die Windkraft hat weiterhin ein positives Image, auch wenn zunehmend Kritik an den weitreichenden Folgen laut wird. Die Anzahl der Bürger und Bürgerinitiativen, die eine Vielzahl von Nachteilen der großen Windkraftanlagen (150-200 Meter; > 3,0 Megawatt) formulieren, wächst. Ein für Psyche und Physiologie verdächtigtes Problem stellt der von Windkraftanlagen emittierte, nicht hörbare Infraschall dar. Infraschall ist definiert als Schallwelle mit einer Frequenz von unter 20 Hz. Unabhängige wissenschaftliche Studien und Metaanalysen zum Thema Infraschall von Windkraftanlagen und deren Wirkung auf die Gesundheit liegen aus unterschiedlichen Ländern vor und bestätigen den Verdacht, dass große Windkraftanlagen die Lebens- und Schlafqualität sowie die psychosomatische Gesundheit negativ beeinträchtigen. Ein eindeutiger Beweis liegt aber nicht vor. Umgekehrt liegt auch kein eindeutiger Beweis dafür vor, dass Windkraftanlagen keine schädigende Wirkung auf die Gesundheit der Anwohner hat. Eine Verfassungsbeschwerde vor dem Bundesverfassungsgericht wurde am 26.02.2016 gestellt, in dem zwei Professoren für Verfassungs- und Staatsrecht dem Staat bereits vorwerfen, den aktuellen internationalen Forschungsstand zu ignorieren. Ein sofortiger Ausbaustopp für Windkraftanlagen wird darin aufgrund der schädigenden Wirkung von Infraschall gefordert und mit Stellungnahmen vieler Ärzte und Forscher weltweit begründet.

Um die Akzeptanz der Energiewende und den Glauben der Bürger an die Schutzfunktion der Bundesinstitutionen zu erhalten, sind sofortige Studien zum Thema Infraschall und gesundheitliche Folgen dringend notwendig. Eine Laborstudie kann die Dauerbelastung und die Kombinationswirkung von Infraschall, Körperschall und Tieffrequenzschall nicht realitätsnah simulieren, da dies ethisch nicht zulässig und kostenmäßig kaum tragbar wäre. Die Beteiligten des interdisziplinarischen Arbeitskreises sehen die Möglichkeit mit überschaubaren Kosten eine Studie durchzuführen, die sowohl der aktuellen Akustikforschung als auch den Forschungserwartungen von Windkraftgegnern gerecht werden würde. Die Studie wäre weltweit die aussagekräftigste Infraschallstudie zur Windkraft. Sie könnte somit entweder der Bevölkerung wissenschaftlich fundiert nachweisen, dass es keine Häufung von gesundheitlichen Beschwerden im Umkreis von 2 Kilometern von Windkraftanlagen gibt oder eindeutig nachweisen, dass an den Windkraftanlagen nachgerüstet werden muss bzw. andere Windkraftanlagen mit weniger gesundheitlichen Folgen für die Menschen gefunden werden müssen. Dass die derzeitigen Mess- und Auswertungsverfahren der Landesämter auf Basis der veralteten DIN-Norm nicht dem aktuellen Forschungsstand zu Infraschall entsprechen, wurde bereits in der Machbarkeitsstudie von

den beauftragten Experten des Bundesumweltamtes dargestellt. Die Studie wird mit führenden Instituten zur Umweltmessung geplant, um Vorschläge zum Regelwerk für Immissionsschutz zu generieren.

2. Aktueller Forschungsstand zu Windkraftanlagen und psychophysiologischer Gesundheit :

Den derzeit noch aktuellsten Überblick zur Studienlage im deutschsprachigen Raum, samt Empfehlungen für ein Studiendesign bietet die vom Bundesumweltamt beauftragte „Machbarkeitsstudie“ unter Leitung von Prof. Dr. D. Krahé (Ruhr-Universität Wuppertal, 2014). Der Bericht kommt zum Schluss, dass die gesundheitlichen Beschwerden im Umkreis von Windkraftanlagen in zahlreichen Studien belegt wurden, aber in vielen auch nicht bestätigt wurden. Die Autoren der „Machbarkeitsstudie“ weisen deutlich auf die eklatanten Defizite der technischen Akustik hinsichtlich der pathophysiologischen Mechanismen ~~auch~~ vor allem geringpegeliger Infraschall-Belastungen hin und nennen dazu die Arbeiten von Salt an der Washington University, St. Louis als positive Ausnahme mit Vorbildcharakter.

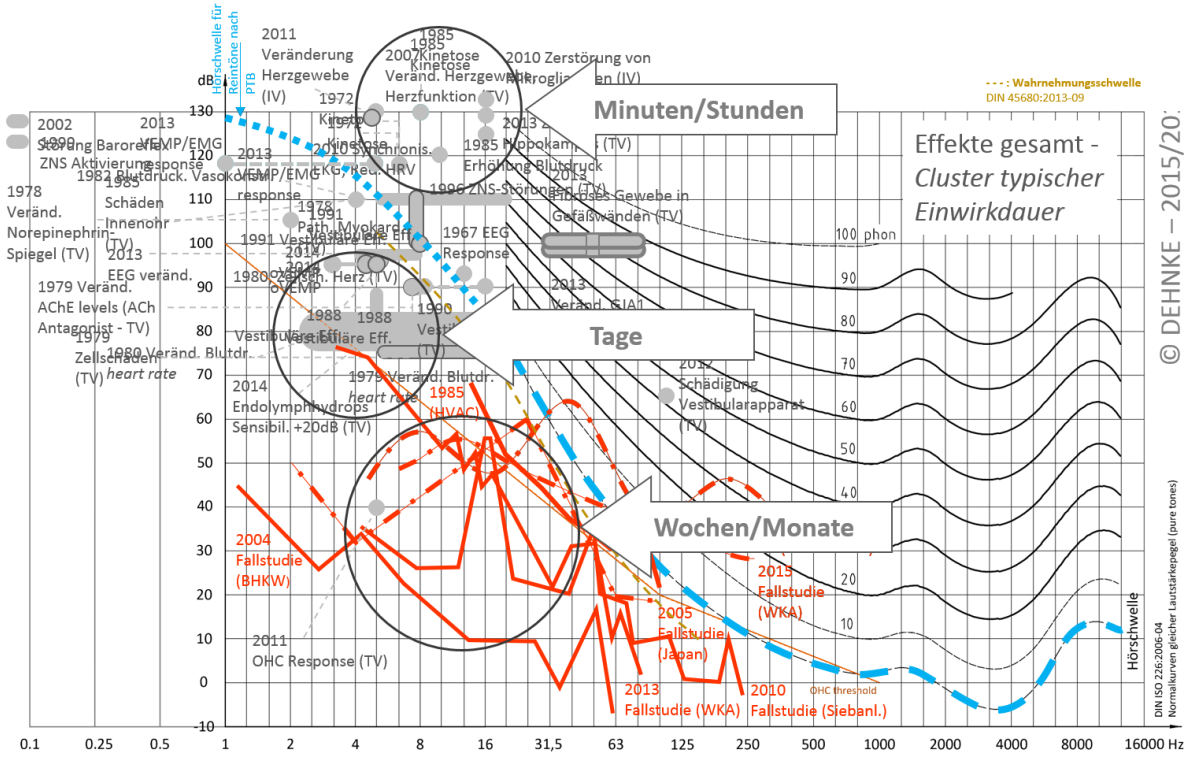
Das deckt sich mit unserem Anspruch an Studiendesigns und möglichen gesundheitlichen Schädigungen. Salt und Lichtenhan untersuchten Strukturen des Innenohrs (OHCs), welches das primäre Einfallstor der Noxe IS/LFN darstellt, und permanente OHC-Schäden in Folge auch jene Sensibilisierungseffekte erklären können, die von Betroffenengruppen im Umfeld aller anthropogenen Infraschall-Quellen erkannt wurden. Aktuelle Studien finden Zusammenhänge (dose-response-relationship)
von Schwindel und auralen Effekten (abweichend von Shepherd) und regen an, diese Parameter auch in zukünftigen Studien abzufragen (Paller 2013).

Definitiv gibt es aber bislang keinen nachgewiesenen Kausalzusammenhang zwischen Windkraftanlagen und gesundheitlichen Beschwerden, auch wenn das viele Autoren so nahe legen. Er fordert daher eine umfassendere Feldstudie, um die bestehenden Hypothesen zu Wirkungsmechanismen überprüfbar zu machen, auch um die Gefahr eines Nocebo-Effekts, einer Erkrankung der Bevölkerung aufgrund ungeklärter Überzeugungen vorzubeugen. Auf den Seiten 100-107 beschreiben die Autoren der Machbarkeitsstudie die zu planende Studie. Sie kommen auf Seite 107 zu einer Aufwandsschätzung von 1000 Tagen, die sämtliche Infraschallquellen (z.B. auch Wärmepumpen, Heizkraftwerke, alles was große Mengen Luft in Bewegung setzt) hinsichtlich ihrer Wirkung analysieren würden.

Die Forschung zum Thema Infraschall und Windkraft wird von kritischen, fachkundigen Bürgern zunehmend als verlängerter Arm der Politik gesehen, was der Glaubwürdigkeit von Forschung und Lehre nachhaltigen Schaden zuführen kann. Da die Auswirkungen weitreichend sind, sollte die Politik auf Entscheiderebene ein methodisch nachvollziehbares Studienergebnis erhalten. Bei gesundheitlichen Fragestellungen darf es nicht sein, dass erst Kausalzusammenhänge vom Gesetzgeber nachgewiesen werden müssen, bevor Regelungen zur Umsetzung kommen. Jedes Medikament, jede Creme muss nachweisen, dass durch Verabreichung des Produkts kein gesundheitlicher Schaden entsteht. Bezogen auf Energieanlagen wird die Beweislast umgekehrt? Sollte es nicht schon reichen, wenn eindeutige, methodisch einwandfreie Korrelationen zwischen Schallquellen und der gesundheitlichen Veränderung dokumentiert werden, um eine weitere Schädigung der Bevölkerung zu unterbinden? Dieser Ansicht sind viele Forscher weltweit und in Deutschland haben daher einige Forscher und Verfassungsrechtler Anfang 2016 die Bundesverfassungsklage wegen der mangelnden gesetzlichen Regelung bezüglich Infraschall eingereicht.

Dehnke (2015) zeigt in seiner Studienübersicht basierend auf über 200 Studien zu Infraschall auf, bei wieviel Dezibel welche neurologischen Störungen tendenziell innerhalb von Minuten, Stunden und Tagen/Wochen nachgewiesen wurden. **Viele Störungen entstehen erst durch Dauerbelastung.**

Eine realistische Dauerbelastung ist aber in einer Laborstudie nach heutigem Kenntnisstand ethisch nicht erlaubt. Man kann die Dauerbelastung und deren Wirkung auf den Menschen nur Vorort (Feldstudie) untersuchen. Das vestibuläre System scheint hierbei eine wichtige Rolle insbesondere in den Bereichen von 0,1-10 Hz zu sein, die bislang mess- und auswertungstechnisch von Gutachtern der Windkraftanlagenzulassung gar nicht erfasst werden müssen was physikalisch so zudem mit konventioneller Messgeräteausstattungen ~~ebenso~~ auch nicht möglich ist, da u. A. die DIN 45680 diesen Frequenzbereich nicht betrachtet. Dies eröffnet für Lärmingenieure hörbaren Schall durch konstruktive Maßnahmen gezielt in diesen Bereich zu verschieben, damit die auf dB-A fokussierte Zulassung erteilt werden kann. Die neueren und moderneren und sehr hohen Anlagen sind daher mit großer Wahrscheinlichkeit als gesundheitlich schädlicher als die kleineren, leistungsschwächeren älteren Anlagen mit ihren höherfrequenten Emissionen anzusehen.



Verortung bekannter physiologischer Wirkungen durch IS/LFN-Exposition (zwischen 1967 und 2015 veröffentlicht)

Die Grafik zeigt in der vertikalen Achse die Lautstärke (Dezibel = Intensität) und in der horizontalen Achse die Frequenz (Hz=Wellenlänge). Zwischen 0 und 20 Hz spricht man von Infraschall. Im unteren linken Bereich sind die Studien wiedergegeben, die den Zusammenhang von Dauerbeschallung mit Infraschall unterhalb der Hörschwelle und gesundheitlichen Beschwerden beschreiben. *(Quelle: Dehnke, 2015 Präsentation für den DIN-45680 Normungsausschuss)*

Unklar und wichtig zu erforschen bleibt, warum der Infraschall von Windkraftanalgen schädlich sein kann, wenn die Dezibelzahl jenseits von 700 Metern unter dem offiziellen als schädlich festgelegten Bereich liegt. Die an einer Behausung in 700 Metern Entfernung ankommende Welle besitzt zu wenig Dezibel, um die Schädigung alleine verursachen zu können, so einige Gutachter. Hypothesen dazu sind:

1. Je nach Frequenz der emittierten Schallwelle und Entfernung zur Schallquelle, kann das Haus in der Amplitude der Welle liegen und damit mehr Druck abbekommen als Häuser, die näher gelegen sind.
2. Die Kombination von Körperschall, Infraschall und Tieffrequentem Schall verursachen Wechselwirkungen innerhalb der Räume, die eine deutlich höhere Dezibel Zahl bewirken als es die Messung außerhalb vermuten lässt. Dieser Zusammenhang ist auch in der Akustik bekannt. Daher gibt es im Baurecht auch eine strenge Regelung zum Körperschall der in den Räumen durch Vibration der Wände Infraschall verursachen kann (z.B. Vibration am Boden und in den Wänden eines Hauses). Zudem setzen ggfs. vorhandene Wechselbelastung aus Körper- und Infraschall, die auslösende Wahrnehmungsschwelle (für gesundheitliche Beschwerden) hier betroffener Personen bekanntermaßen deutlich auf ein sehr niedriges Immissionsniveau herunter.

3. Je nach meteorologischen und auch geologischen Bedingungen werden die Infraschallwellen so teils verstärkt. So ist z.B. der Zusammenhang von Selbstmordrate und dem Wetterphänomen Föhn in der Alpenregion, der ebenfalls Infraschall darstellt statistisch signifikant. Der Föhn ist die einzige bekannte natürliche Quelle, die eine gleichbleibende Infraschall-Frequenz emittiert. Alle anderen natürlichen Quellen (Wind, Meer) wirken beruhigend und variieren hinsichtlich Ihrer Frequenz.
4. Es existiert ein Mechanismus einer physiologischen Sensibilisierung für tieffrequente Stimuli, wie bereits in den 90ern im Zusammenhang mit tieffrequentem Schall aus Lüftungsanlagen beschrieben.

3. Schallspezifische Hintergründe der Studie:

Zur Bewertung des tieffrequenten Lärms (< 100 Hz) wird die DIN 45680 „Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft“ verwendet. Speziell zur Erfassung von Infraschallimmissionen (< 20 Hz) gibt es die internationale Norm ISO 7196 „Acoustics -- Frequency-weighting characteristic for infrasound measurements“. Die Normen weisen aus Sicht der Autoren der Machbarkeitsstudie gravierende Mängel auf, die auch unser Fachkreis bestätigt. Die Fachgutachter der GUSZ haben zugesagt im Rahmen der Studie mit Hochleistungsmessgeräten erfasste Datensätze zur Verfügung zu stellen, die diesen Ansprüchen genügen bzw. übertreffen. Die von der forschungstechnisch veralteten Norm gemachte Annahme, dass Wahrnehmung von Schall eine Voraussetzung für Wirkung ist, ist wissenschaftlich unhaltbar. Wir werden durch entsprechende gesetzliche Regelungen vor ionisierender Strahlung, Mikrowellen und Kohlenmonoxid geschützt – gerade weil Schädigung weit vor einer Belastungsstärke eintritt, die zu einer sensorischen Wahrnehmung erforderlich ist.

Das vorgeschlagene Design wird in der Machbarkeitsstudie vorgestellt und kann aufgrund des Aufwands nur durch einen Fördermittelantrag realisiert werden der erst nach der hier beschriebenen Vorstudie erfolgen kann. Auch die aktuellen Messverfahren und DIN-Normen, die die Genehmigung von Windkraftanlagen regeln, beschreiben mehrere ausgewiesene Fachleute, Gutachter, Forscher als dem aktuellen Wissensstand nicht angemessen. Die für Schallemissionen zuständige DIN ist derzeitig in Überarbeitung, wozu eventuell auch die unten beschriebene Studie einen Beitrag leisten kann. Genaueres begründen die Infraschall-Experten Dipl. Physiker Prof. Dr. Henning Müller, Dipl. Ing. Gerhard Artinger und Sven Johannsen, Geschäftsführer des GuSZ Gutachter und Sachverständigen Zentrum für Umwelt-Messungen in ihrer Stellungnahme, die deutlich macht, dass die derzeitig von Gutachtern eingesetzten Messgeräte den zu erfassenden physiologisch relevanten Infraschall nicht messen und fachgerecht auswerten können (H. Müller zum Hagen; G. Artinger; S. Johannsen, 2015).

Offizielle Genehmigungsstellen und Gutachter beziehen sich auf eine einheitliche Sprachregelung, die besagt, dass der Windrad-Infraschall in einer Entfernung von über 500 Metern nicht mehr gemessen und von Menschen wahrgenommen werden kann und deshalb nicht gesundheitsschädigend sein kann. Da Infraschall so definiert ist, dass er eine Wellenlänge von unter 16 Hz besitzt und somit vom Menschen nicht gehört sondern nur bei entsprechendem Luftdruck (Dezibel) durch Vibration des Körpers oder unbewusst im Innenohr wahrgenommen werden kann, wirkt die Begründung unlogisch. Es bestehen Studien, die Anlass zur Sorge um die Gesundheit geben und es fehlen Studien, die eindeutig nachweisen, dass Windkraftanlagen und deren Infraschall mit der zusätzlichen Vibrationsübertragung (Körperschall) über Erdschichten keine Folgen für die Gesundheit der Anwohner haben kann.

Nicht nur Windkraftanlagen sondern auch Wärmepumpen, Blockheizkraftwerke, Klima- und Lüftungsanlagen stehen in dem Verdacht die Anlieger um ruhigen Schlaf und Ruhe zu bringen. **„Auf Grund der großen Wellenlängen des Infraschalls und der dadurch bedingten sehr geringen Dämpfungseffekte im Ausbreitungsmedium Luft und anderer Strukturen können die „Wirkungsradien" bzw. Ausbreitungsdistanzen um eine Infraschallquelle mehrere Kilometer betragen." (Quelle Machbarkeitsstudie, 2014).** Von den negativen Wirkungen des Infraschall sind - aufgrund des hohen Technologiegrades und der räumlich engen Bebauung - zahlreiche Bundesbürger betroffen. Die Thematik birgt daher eine enorme Verantwortung für die Politik. Infraschall kann durch bauliche Veränderungen an den meisten Quellen signifikant eingeschränkt werden durch zum Beispiel Verringerung der Schwingung des Körpers in dämpfenden Fundamenten.

4. Gesundheitliche Symptome des Wind-Turbinen Syndroms:

Das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft in Baden-Württemberg zieht auf Ihrer Internetsite (Stand 8.2.2016) das Fazit: „Das sog. „Windturbinen-Syndrom" ist als medizinisch anerkanntes Krankheitsbild nicht existent". Eine ICD-Kennziffer der Krankenkassen für die Anerkennung der Gesundheitsschäden durch Infraschall ist hingegen die ICD-10-GM2010-CODE T75.2. (Schwindel durch Infraschall) (Quelle: http://www.icd-code.de/icd/code/T75.4.html; Online im Internet am 08.02.2016).

Die Fachliteratur ist hinsichtlich der Ergebnisse eindeutig, welche Symptome und Schädigungen DAUERHAFTER und KURZFRISTIG INTENSIVER Infraschall (Lautstärkenspitzen) verursachen kann. Die Interpretation der Ergebnisse ist unterschiedlich. Viele Laborstudien zu Infraschall sind jedoch für die Überprüfung der Hypothese über Dauerbelastung durch Infraschall nicht nutzbar, da sie nur 10 Minuten oder 30 Minuten Infraschall auf die Versuchspersonen richten, was der Situation der Windkraft-Betroffenen nicht entspricht. Die Anwohner sind über viele Stunden insbesondere während der Nachtruhe bis zu 365 Tagen einer solchen Belastung ausgesetzt und nicht nur 30 Minuten an einem Tag. Folgende Symptome im Zusammenhang mit Infraschall wurden laut Studie des Bundesumweltamts (S. 55) gut dokumentiert und vielfach verifiziert: „Betrachtet man die exemplarisch aufgeführten Untersuchungsergebnisse, wird deutlich, dass Infraschall ab gewissen Pegelhöhen vielfältige negative Auswirkungen auf den menschlichen Körper haben kann. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass viele der negativen Auswirkungen von **Infraschalleinwirkungen die Bereiche Herz-Kreislaufsystem, Konzentration und Reaktionszeit, Gleichgewichtsorgane, das Nervensystem und die auditiven Sinnesorgane betreffen. Probanden klagten häufig über Schwindel- und Unbehaglichkeitsempfindungen bei Infraschallexposition**". Diese Symptome entsprechen den gesundheitlichen Beschwerden von Anwohnern an Windkraftanlagen.

Erste Interviews mit Betroffenen und Fachleuten haben gezeigt, dass die Kombination aus Vibration des Bodens (Körperschall) und Infraschall auch weit über 1 Kilometer hinaus zu erfassen ist und mehrfach nachgewiesen wurde. Wahrscheinlich hat aus diesem Grund das BMWi Im April 2016 eine fast 2 Mio € umfassende Studie in Auftrag gegeben, um die Wirkung dieser Ursachen vorhersehbarer zu machen. Aus Sicht einiger Experten scheint das ein hoffnungsloses Unterfangen und eine weitere Subvention von Windkraft zu sein, da man die Infraschallemissionen im Zusammenhang mit einer so hohen Anzahl an Wirkfaktoren nie vorher bestimmen kann. Die Wirkung von Körperschall (Schwingung des Bodens) und Infraschall kann sich addieren. So scheint die Erschütterung des Bodens die Wände des Hauses zu einer Art Resonanzkörper zu machen, der dann Hauswände als Resonanzkörper für zusätzlichen, sekundären Infraschall nutzt. Wie unterschiedliche Infraschallfrequenzen auf entsprechende Organe von Menschen wirken, beschreibt sehr eindrucksvoll eine Grafik des Robert-Bosch-Instituts und der Bundeskommission für Gesundheit (siehe Anhang 1). Der Infraschall kann nachgewiesenermaßen in Häusern mehr Dezibel (Schalldruck) besitzen als außerhalb der Häuser, je nach Baustoff und spezifischer Maße der Räume. Die Schallmessungen von offizieller Stelle finden aber nur außerhalb der Häuser statt, was ein grober Fehler zu sein scheint. Die Aussagen des Landesumweltamtes Baden Württemberg und vieler Gutachter im Zusammenhang mit Windkraftanlagen „Der Schall ist für Menschen nicht mehr wahrnehmbar und daher kann er nicht schädlich sein“, erscheint daher sehr unglaubwürdig und erklärungsbedürftig. Interessanterweise hat das Landesumweltamt in Baden Württemberg die Messungen an Windrädern vorgenommen, als Sturm vorhanden war, und nicht unter Normalwindverhältnissen, in denen der Infraschall WKA noch messbar im Vergleich zu windinduziertem natürlichem Infraschall wäre.

Die Unterscheidung von Natürlichen Quellen und technischen Quellen von Infraschall erscheint uns nach Gesprächen mit Akustikern und Ärzten sehr wichtig. Wind und Meer emittieren ebenfalls Infraschall, der von fast allen Menschen als erholsam und entspannend erlebt wird. Infraschall von unnatürlichen Quellen wie z.B. Windkraftanlagen bewirken hingegen die genannten Symptome. Eine Hypothese der erfahrenen Gutachter ist, dass die pulsierenden Frequenzen (Rotor vor dem Turm erzeugt IS) dafür zuständig seien. In der Natur gibt es hingegen unterschiedliche Frequenzen des Windes/Meeres, die langsam zu- und abnehmen. Technische Quellen haben hingegen einen Peak, der immer auf derselben Hz-Frequenz zu messen ist. Experten vergleichen das mit einem fließenden Wasserbrunnen (Natur) und einem tropfenden Wasserhahn (technische Quelle), die als Reiz unterschiedlich vom Menschen verarbeitet werden. Die einzige natürliche Quelle von Infraschall, die ebenfalls konstant eine Frequenz bedient, ist das Wetterphänomen des Alpenföhns. Hierbei finden sich ebenfalls die Symptome wieder, die wir von WKA kennen. Eine Selbstmordrate in Zeiten des Alpen-Föhns wird mehrfach in Populärwissenschaftlichen Quellen berichtet, ohne dass wir wissenschaftliche Quellen dazu gefunden haben. Kopfschmerz und Ohrdruck, Ohrsausen sind hingegen belegt und sind angeblich nur bei Ortsansässigen zu erfassen, während Touristen die Symptome erst nach einigen Jahren berichten. Also auch hier benötigt man eine Dauerbelastung, um die Effekte auf den Menschen zu replizieren.

Die moderne Erklärung für die Übereinstimmung von Frequenz und Symptom bei Schall und Vibration ist aus Sicht einiger Autoren in der Eigenschaft von Teilen des Innenohrs, der Otolithen Organe zu suchen (v.a. des sacculus vestibularis), welches gleichermaßen für Vibration wie für tieffrequente Schallreize empfindlich zu sein scheint. Das läge in der evolutionsbiologischen Rolle dieses Sensors begründet, der z.B. bei Amphibien sowohl als Gleichgewichtsorgan als auch zum Hören benutzt wird. Bei Säugetieren ist lediglich die *bewusste* Hörwahrnehmung unterdrückt – die Otolithenorgane werden aber nach wie vor zur Verarbeitung von Schallreizen verwendet, spielen da aber eine passivere

Rolle als bei unseren Vorfahren. Basta (2008, S. 4) beschreibt die subtile Funktion des Hörorgans bezüglich Empfindungen in seiner Habilitationsschrift so: „Eine kombinierte Funktionsstörung der Otolithenorgane (Sacculus und Utriculus) steigerte zudem die Empfindlichkeit der Patienten auf sensomotorische Reize deutlich." Salt & Kollegen fanden heraus, dass die Beschwerden durch Infraschall abgemildert werden könnten durch höherfrequenten Schall (150-1500 Hz). Dieser scheint sich also nicht aufzuaddieren sondern maskiert den Infraschall. Schallschutzmauern filtern diesen eigentlich schützenden Schall.

Da die Otolithenorgane nicht zwischen Schall, Vibration oder experimenteller galvanischer Stimulation unterscheiden können (Masseträgheit als Prinzip des Sensors), erklärt sich plausibel, wie sich über den Mechanismus des *„sensory loading"* Schall- und Vibrationsbelastungen addieren und die Wahrnehmungsschwelle des jeweils anderen Reizes absenken können: **Die Belastungen summieren sich somit auf**. Das ist für die Wahrnehmung belegt und es gibt keinen Grund zur Annahme, dass dies für weitere vestibulär moderierte physiologische Effekte nicht gilt. Diese vermutete Ursache für die Symptome gilt es weiter in Zusammenarbeit mit HNO-Experten zu untersuchen. Weiter führende aktuelle Forschungsergebnisse, die sich u.a. auf Salt et al. Sowie Schober beziehen: http://hearinghealthmatters.org/hearingviews/2014/wind-turbine-health-problems-noise/ Dr. Paul Schomer, in Amerika und international geschätzt für seine Arbeit in der Akustik und Akustik-Normen, vermutet, aufgrund der mit akustischer Schwingungsenergie an Navy-Testpersonen herbeigeführten ähnlichen Symptomatik mit Beschwerden der Anwohner von industriellen Windkraftanalgen, dass die Einwirkung von Infraschall der Windkraftanlagen ursächlich dafür sein können. Von Wind Turbine Lärm betroffene Personen scheinen zu reagieren wie direkt auf akustische Stimulation der Nerven und Organe, in experimenteller Umgebung beeinflusste Personen aus seiner Navy-Testreihe.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Erfassung von Phänomenen der Innenohrstimulanz durch Infraschall und Vibration (Körperschall des Hauses) unbedingt in einer Studie mitbedacht werden müssen. Eine Addition der Effekte ist höchstwahrscheinlich anzunehmen. Die Messung solcher Effekte ist durch Fachpersonal, mindestens HNO-Experten zu supervidieren.

5. Abstand zu Wohnstätten

Die o.g. Wirkung auf Menschen wurde aufgrund der extrem langen Wellen des Infraschalls von unter 8 Hz und durch den geringen Dezibelverlust aufgrund von Entfernung (Verdoppelung der Entfernung = Verringerung um ca. 3 dB), Gebäuden oder andere Schallschutzmaßnahmen noch auf 3 Kilometer und abhängig von meteorologischen und sonstigen Bedingungen noch in Entfernungen von 10-125 (!) Kilometern nachgewiesen.

Die **Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe** bestätigt: „An Hand der theoretischen Abschätzung zeigt sich, dass die Schallemission moderner und großer Windkraftanlagen mit Leistungen von mehr als 600 kW (0,6 Mw) **bei etwa 1 Hz Reichweiten von über 10 km hat**. **Diese Entfernung steigt im Falle von Windparks (mit mehreren modernen Windkraftanlagen höherer Leistung) auf ein Vielfaches**." Mit der Einrichtung und Wartung der seismologischen und infraakustischen (auch Infraschallmessungen) Anlagen in Deutschland ist die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover beauftragt.

Die Autoren Lars Ceranna, Gernot Hartmann & Manfred Henger (2004) fassen die Nachweisbarkeit von Infraschall und daraus ableitbaren Mindestabstände von Windkraftanlagen zu Messstationen so zusammen:

„In der Regel sollte ein Abstand von etwa 20 km zwischen Station und Windpark eingehalten werden, um eine ungestörte Registrierung und Detektion transienter akustischer Signale zu gewährleisten. Sofern ein Windpark über die betrachtete Größe von zwölf Elementen mit 600 kW-Windrädern und das elektrische Produktionspotenzial von knapp 7 MW hinausgeht, müsste der Abstand größer gewählt werden. Wegen der geometrischen Dämpfung erscheint jedoch ein Abstand von 25 km für jede Art von Windpark ausreichend.“ (S.16)

Auch hier ist es also nur durch nicht ausreichende und fachgerechte Messtechnik sowie Auswertung von Messergebnissen zu erklären, dass das Landesamt Baden-Württemberg in Ihrer Analyse zu dem Schluss kommt, dass der Infraschall der WKA nicht unterscheidbar vom Wind und daher nicht schädigend für Menschen sein kann. Es wurde zudem dort keinerlei Körperschall im Haus erfasst, es wurde ausschließlich außen gemessen und nicht in den Räumen von Häusern, die durch Resonanzeffekte häufig höhere Pegel im Innenbereich aufweisen können, als im Außenbereich.

Tabelle 1: *Zusammenstellung der baulichen Parameter von dreiflügeligen Windkraftanlagen mit horizontaler Achse der letzten 25 Jahre.*

Baujahr	Nabenhöhe [m]	Flügeldurchmesser [m]	Leistung [kW]	Rotationsgeschwindigkeit [rpm]
1980	30	15	30	32
1985	40	20	80	28
1990	50	30	250	24
1995	78	46	600	20
2000	100	70	1500	16
2005	120	115	5000	12

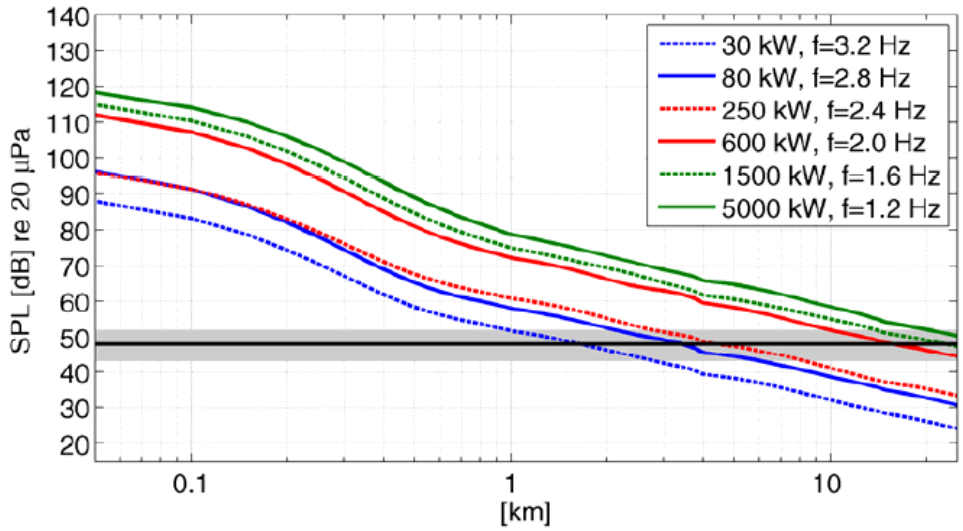


Abbildung 7: *Verlauf des emittierten Schalldruckpegels (SPL) mit der Entfernung zur Quelle für die 2. Flügelharmonische. Die baulichen Parameter der Windräder sind Tabelle 1 zu entnehmen. Der grau unterlegte Bereich markiert das Hintergrundrauschen zwischen 1 und 3 Hz an der Infraschallstation I26DE im Bayerischen Wald.*

Die Messungen der Bundesanstalt für Geologie und Rohstoffe machen deutlich, dass die 2004 erbauten Windkraftanlagen mit einer damaligen Narbenhöhe von 120 Metern (in der Tabelle noch nicht

aufgeführt) weit über 10 Kilometer hinaus Infraschall emittieren, der sich vom Standardrauschen des Windes bzw. auch des Waldes abhebt. Die aktuelle Narbenhöhe von Windkrafträdern liegt bei 150 Metern und auch die Rotoren-Durchmesser dieser Anlagen sind heutzutage wesentlich größer, was noch größere Distanzen für messbaren Infraschall erwarten lässt. Das Landesamt in Baden Württemberg hat ab 700 Metern keinen Unterschied zum windinduzierten Infraschall messen können. Wodurch kommt der Unterschied? Fachleute führen an, dass durch die typische Mittelung der Frequenzen bei den Standardmessverfahren (wie vom Landesamt BaWü) keine differenzierte Messung erfolgen kann. Die Messinstrumente der Bundesanstalt für Geologie als auch die Technik und die Gutachter vom GUSZ sind europaweit anerkannt und können eine wesentlich differenziertere Auflösung der Frequenzbänder darstellen. Die Messung von Frequenzen unterhalb von 8 Hz erscheint uns für die Einschätzung tatsächlicher Belastungen, als auch zum Nachweis von Kausalitäten eine unabdingbare Voraussetzung zu sein, da die Frequenzen in diesen Frequenzen nachgewiesener Maßen auf spezifische Organe wirken (vergl. Stiller, 2015).

6. Das Studiendesign:

Empfehlungen für eine valide Studie in diesem komplexen und umstrittenen Themenbereich liefert die Machbarkeitsstudie des Bundesumweltamtes (2014, S. 100 ff.). Das Design soll mit den Studenten und als Beirat beteiligten interessierten Ärzten, Schallgutachtern, Psychologen im ersten Semester entwickelt werden. Aufgrund begrenzter finanzieller Mittel muss die Studie ggfs. Infraschallmessungen und auf medizinische Parameter wie Oxytocin, Cortisol, Blutbild, Herzratenvariabilität und EEG verzichten, wenn nicht zusätzliche Forschungs-, Spendengelder erteilt werden. Im folgenden Text sprechen wir, wenn wir WKA abkürzen immer über Windkraftanlagen mit über 140 Meter Radnarbenhöhe (über 200 Meter Gesamthöhe).

Eine Korrelationsstudie, die den **Zusammenhang** ohne Kausalaussage tätigt, würde es reichen, wenn das Studiendesign lediglich Vorher- und Nachher-Messung der psychischen und körperlichen Befindlichkeit sowie die veränderte Überweisungshäufigkeit mit Symptomen der Allgemeinärzte miteinander vergleicht. Ist nach dem Bau des Windkraftanlagen ein signifikanter Anstieg an Symptomen erkennbar, dann wäre der Zusammenhang bewiesen.

Eine Kausalstudie, die den **Wirkmechanismus** von durch WKA emittierten Infraschall und Körperschall auf die menschliche Gesundheit nachweist, benötigt finanziell und personell wesentlich mehr Ressourcen, wie immer in Forschungsfragen. Hierzu benötigt man ein klares theoretisches Ursache-Wirkungsmodell, was die Einzelfaktoren systematisch erfasst und die Effektgrößen der Wirkfaktoren in Zusammenhang mit der abhängigen Variable (menschliche Gesundheit) stellt. Die Windkraftanlage müsste also drehen und dann wieder nicht drehen, die Infraschallemissionen, Körperschallemissionen und die Auswirkung auf HRV, Cortisol, EEG müsste zu dem Zeitpunkt erfasst werden, um die Unterschiede zwischen dem Zeitpunkt von Windkraftdrehung und Windkraftstillstand nachzuweisen. Mobile EEG und HRV-Geräte sind mittlerweile kein Problem mehr. Die Windkraftbetreiber werden aber wohl kaum zustimmen, dass eine Studie dieser Art dort stattfindet. Man muss also ideale Wetterbedingungen vorfinden, damit alles zusammen zu einem fundierten Messergebnis führt. Eine solche Studie wäre einmalig weltweit. Die Kosten dafür betragen mindestens 40.000 €.

Meilensteinplan zur Feldstudie „Infraschall von WKA und deren Wirkung auf menschliche Gesundheit“:

Erstes Semester: Planung, Vorbereitung der Studie und Erstmessung

1) **Identifizierung der Ortschaft**:
    a. Ortschaft in deren Nähe (1 Km) Windkraftanalgen bewilligt wurden und in den nächsten 3 Monaten gebaut werden.
    b. Ortschaft, die über genügend Bewohner verfügt, die nicht zu stark ideologisch gegen oder für Windkraft sind. Keine große Anzahl von Mitgliedern in der Bürgerinitiative gegen die WKA (Nocebo-Effekt)
    c. Orte, an denen nicht zu viele Menschen ökonomische Vorteile durch z.B. Windkraft-Verpachtung haben. (Verbot gegen den Pächter negative Aussagen zu tätigen)
    d. Ortschaft, die möglichst keine anderen Infraschall-Emissionen aufweist (andere WKA (mind. 10 Km entfernt; Blockheizkraftwerke und Biogasanlagen (mind. 3 Km),.-> Vorabmessung nötig.
    e. Der Ort geologisch eine hohe Wahrscheinlichkeit besitzt (harte Gesteinsschichten oder Wasservorkommen), dass Körperschall von der geplanten WKA übertragen wird.

f. Mittelgebirge, da hier verstärkt zusätzliche Risikofaktoren vermutet werden.
g. Ortsansässige Allgemeinärzte, die sich beteiligen möchten an der Studie

2) **Unabhängige Interviewer und Studienkoordinatoren:**
   a. Wenn durchführende Instanzen von den Auftraggebern einer Studie finanziell in hohem Maße abhängig sind, besteht das Risiko der Einflussnahme auf Studiendesign und –ergebnis. Bewusst und unbewusst können Versuchsplanereinflüsse erfolgen.
   b. Die Versuchsplaner sind unabhängig von jedweder Beeinflussung und ideologischer Ausrichtung. Einziger Antrieb ist die wissenschaftliche Neugier und Sicherung eines lebenswerten Lebensumfelds
3) **Erstellen** eines **Onlinefragebogens** zur Erfassung der vermuteten Beschwerden
   a. HNO-spezifische Symptome
   b. Schlafqualitätsindex
   c. Psychologische Beschwerden (Gießener Beschwerdebogen?)
   d. Spezifische Fragen abgeleitet aus Vorabinterviews mit Betroffenen und bestehenden Fragebogen
   e. Kontrollitems (Lügenscore).
   f. Fragen zur Selektion von Teilgruppen: Aspekte: Sensibilität, ideologische Effekte
   g. Deskriptive Fragen und Fragen zum Material des Hauses, Lage auf einer Karte markieren
4) **Schallmessung und physiologischer Parameter (Messzeitpunkt 1)**: Wenn finanzierbar:, zur Auswahl des richtigen Ortes. Eventuell muss danach noch ein anderer Ort gefunden werden, da zuviele andere Quellen vorort sind.

   Messung von Körperschall (Boden-Vibration), Infraschall (0-20Hz), Tieffrequenter Schall, sowie hörbarem Schall innerhalb und außerhalb der Wohnräume eines Haushaltes: Von Schallgutachtern der GUSZ durchgeführt.

   Ggfs. Messung physiologischer Parameter (HRV, EEG, Hormone) parallel zur Schallmessung

5) **Telefonische Anfrage** zur Teilnahme an der Befragung bei Allgemeinärzten, Fachärzten und Bewohnern im Ort.

6) **Befindlichkeitsfragebogen (Messung 1): Email-Versand des Links zum Onlinefragebogen:** Einige wenige Fragen am Telefon. Sendung eines Online-Kennwortes und Links. Sensibilisierung für das Thema, um Motivation für die Beantwortung zu erhöhen.

7) **Ärztefragebogen (Messung 1):** Aktuelle Anzahl von Fällen mit Symptomen, die im Verdacht stehen mit Infraschall zu korrelieren.

Zweites Semester: Zweitmessung, Auswertung und Interpretation der Studie

8) **Auswertung der Daten**: Erste Analyse der Daten. Prüfung der statistischen Voraussetzungen für die Hypothesentestung. Ggfs. Nachrekrutierung von Teilnehmern. (Korrelation und Regressionsanalyse, Effektstärken, Multivariate Verfahren, t-Tests zu Untergruppen (Bsp.: IS-Sensible, Entfernung zu Standort der WKA oder Altersklassen))

9) **Messung 2 aller Methoden 2-3 Monate nach Inbetriebnahme der Windkraftanlagen**
10) **Auswertung der Daten:** Korrelation und Regressionsanalyse, Effektstärken, Multivariate Verfahren, t-Tests zu Untergruppen (Bsp.: IS-Sensible, Entfernung zu WKA oder Altersklassen))

In der geplanten Studie möchten wir möglichst viele Probanden mit der Studie erfassen. Bisherige Studien haben meist nur Stichproben von 30 oder weniger Versuchspersonen. Hierzu werden die Ortschaften gekennzeichnet, die am Windkraftpark im Abstand von 1-2 Km liegen, um die aktuelle Diskussion über Mindestabstandsregelungen konkret zu unterstützen. Es muss ausgeschlossen werden, dass andere technisch ausgelöste Körperschall- und/oder Infraschallbelastungen im Vorfeld des WEA Baus und der Inbetriebnahme dieser vorliegt.

Des Weiteren hoffen wir mit Hilfe der Einschätzung von der GUSZ aufgrund der Winddaten und sonstiger Faktoren (Bodenbeschaffenheit) eine Einschätzung, in welchen Himmelsrichtungen wahrscheinlich mehr Körper- und Infraschall durch die WKA's emittiert werden. Die Probanden werden dahingehend kodiert, um festzustellen, ob die Gruppe, die laut Wind- und Bodenbeschaffung mehr von den WKAn mitbekommen müssten signifikant niedrigere Lebensqualitäts- und Schlafqualitätsindizes, HNO-spezifische Auffälligkeiten berichten.

Die derzeitigen Metaanalysen zeigen einen Zusammenhang zwischen Distanz zu Windkraftanlagen und Schlafqualität sowie Lebensqualität. „Ärger über die Windkraftanlagen" halten manche Autoren für den vermittelnden Faktor. Ob jedoch zunächst der Schlafentzug und dann der Ärger da waren oder umgekehrt hat bislang niemand untersucht.

7. Zu diskutierende Messinstrumente:

1. Erfassung der **Lebensqualität**: WHO-QOLBREF (Kurzversion, 24 Fragen)

Von ANGERMEYER et al. (2000) wurde außerdem als Kurzform der WHO-QOLBREF entwickelt und standardisiert, da sich der Umfang der Originalversion insbesondere bei der Untersuchung von Patientengruppen als schwierig erweisen kann. Die Kurzform umfasst lediglich noch 24 Items.

2. **Schlafqualitätsindex:** PSQI
3. Gießener **Beschwerdebogen** (Falls nicht die Fragebogenzeit zu lang ist)

4. Gemessener **Infraschall** im Haus (GUSZ)
5. Gemessener **tieffrequenter Schall** im Haus (GUSZ)
6. Gemessener **Körperschall (Bodenvibration)** im Haus (GUSZ)
7. Erfassung der von Prof. Krahé angeregten **Unterscheidungskriterien** von Schall(GUSZ)

8. **Fragebogen zur Erfassung windkraftspezifischer Faktoren**
    a. Selbsteingeschätzte Entwicklung der Symptome
    b. Einstellung zur Windenergie vor dem Bau der Windräder
    c. Weitere Fragen siehe www.Windwahn.de
    d. Wohnzeit in der Nähe der Windkraftanlagen seit Inbetriebnahme der WKA
    e. Freigabe der Schweigepflicht des Allgemeinarztes/Hausarztes und Telefonnummer

Aus Kosten- und Aufwandgründen ggfs. nicht eingesetzt aber empfohlen aufgrund der Literaturrecherche:

1. Herzratenvariabilität |
2. EEG |
3. Blut- oder Speichelproben zu Cortisol und Oxytocin
4. HNO-spezifische Tests zum Innenohr

Die Werte wären zu erheben zum Zeitpunkt von Infraschall-Emissionen der Windräder und zum Zeitpunkt des Stillstandes (eventuell künstlich herbeigeführt durch die Betreiber im Doppelblindversuch) oder vor Bau der Windräder und nach dem Bau der Windräder.

8. Ausblick:

Es gibt zahlreiche technische Infraschallquellen. Windräder insbesondere der großen Generation von 150-200 Metern Höhe gehören zu den intensivsten und aufgrund der Dauerbeschallung wahrscheinlich stärksten Beeinträchtigung der Menschen. Ein Zug, LKW und Schiff fahren vorbei. Ein Windrad dreht sich solange Wind da ist. Ähnlich ist es bei Maschinen, die Infraschall emittieren. Hierbei gibt es schon lange arbeitsschutzrechtliche Maßnahmen für Maschinenbediener.

Sollte nachweislich der anthropogene Infraschall die Ursache für die gesundheitlichen Beschwerden ~~an~~ im Umfeld von Windrädern sein und auch bei anderen technischen Infraschallquellen dieser Zusammenhang bestätigt werden, dann wären die Konsequenzen sehr weitreichend. Die Berichte Betroffener im Umfeld von Blockheizkraftwerken, Wärmepumpenanlagen, Rückkühlern und WKA sind nahezu deckungsgleich (vgl. auch Alves-Pereira).

Könnte die hohe Anzahl an psychosomatischen Patienten mit Burnout, Schlafstörungen, Herz-Kreislauferkrankungen, Depression, Tinnitus eine zumindest stark hervorgerufene Folge der bisher unterschätzten langwelligen Muster von Infraschall und deren Kombinatorik mit Vibrationsbelastungen sein? Wurde Infraschall aufgrund mangelhafter Messgeräte und Auswertungsgenauigkeit jahrzehntelang hinsichtlich seiner Wirkung auf den Menschen unterschätzt?

Alternativen zu den bestehenden horizontalen Windkraftanlagen bestehen. So gibt es z.B. kleinere Anlagen oder auch Anlagen ohne Rotoren, die im Wind vibrieren (Vortex-Effekt) und die diese Vibration in Strom umsetzen ohne dabei Vibrationen als Immission freizusetzten. Es gibt zudem auch noch alternative vertikale Windräder. In Kalifornien wurden Windkraftanlagen erfolgreich erprobt, die aus der Strömungslehre abgeleitete Anordnungen der Generatoren(Schwarmeffekt) nutzen, die den Wirkungsgrad stark erhöhen, die wesentlich mehr Windräder je Fläche installieren lassen und dadurch je Quadratmeter mehr Energie produzieren, weniger bis gar keinen Infraschall emittieren und keine Vögel/Fledermäuse töten. Ungefährliche, leise Kleinwindkraftanalgen wurden am Flughafen Bonn-Köln z.B. installiert.

Die Studie kann aber nur ein weiteres Puzzlestück sein, um entweder die unberechtigte Sorge oder mangelhafte Gesetzgebung bezüglich Infraschall zu beseitigen. Es handelt sich aber sicherlich um eines der weitreichendsten und bedeutendsten Themen der Umweltpsychologie, da es sowohl die Schnittstelle Umweltindustrie, Umweltschutz, Umweltlobby, Umweltgesetze sowie Psychophysiologie beinhaltet und am Praxisbeispiel erfahrbar macht.

9. Quellen

Nachweis Teil 1:

1. Khadjavi, Dissertation an der TU Chemnitz, 2007
2. DIN 45680, Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft, März 1997
3. Nina Pierpont MD PhD, Windturbinen-Syndrom, Bericht eines natürlichen Experiments, 2008, ISBN.10:0-9841827-0-5
4. Alvers-Pereira Ph und Castelo MD, Low Frequency Noise and Health Effects, 2011
5. Monteiro, Miguel u.a., Bronchoskopie bei vibroakustischen Krankheiten, Inter-Noise 2007
6. Dr. Reinhard Bartsch. Die biologische Wirkung von luftgeleitetem Infraschall, Friedrich-Schiller-Uni Jena
7. Dr. Babisch, W. ,Quantifizierung des Einflusses von Lärm auf Lebensqualität und Gesundheit, Umwelt u. Mensch Info 01/2011, S.28-36
8. Prof. Dr.Mausfeld, Schattenschlag von WKA und deren Auswirkung auf betroffene Nachbaren, Universität Kiel 1999
9. Robert-Koch-Institut, Bundesgesundheitsblatt 12/2007 ,S.1582-1589
10, Schulte-Hubbert, P., Lärm kann krank machen, Umweltjournal Rheinland-Pfalz, S.12-13
11. Dr.-Ing. Maschke,C und Hecht, K. Tieffrequente Schallbelastung –aktueller Stand, Deutsche Gesellsch .f. Akustik. .
12. Lärm und seine Wirkungen, Arbeitsring Lärm-Deutsche Gesellschaft für Akustik
13. Prof. DR. Quambusch/Laufer, Infraschall von Windkraftanlagen als Gesundheitsgefahr,
14. Dr. Schust, Biologische Wirkung von vorwiegend luftgeleitetem Infraschall, Institut für Hirnforschung, St. Wedel, 2005

Weitere Quellen:

1. Woolf CJ. Central sensitization: Implications for the diagnosis and treatment of pain. Pain. 2011;152(3 Suppl): S2–15.
2. Aguggia M, Saracco MG, Cavallini M, et al. Sensitization and pain. Neurol Sci. 2013;34 Suppl 1:S37-40.
3. Farboud A, Crunkhorn R, Trinidade A. 'Wind turbine syndrome': fact or fiction? J Laryngol Otol. 2013;127(3):222-6.
4. Shepherd D, McBride D, Welch D, et al. Evaluating the impact of wind turbine noise on health-related quality of life. Noise Health. 2011;13(54):333-9.
6. Salt AN, Hullar TE. Responses of the ear to low frequency sounds, infrasound and wind turbines. Hear Res. 2010;268(1-2):12-21.
7. Todd NP, Rosengren SM, Colebatch JG. Tuning and sensitivity of the human vestibular system to low-frequency vibration. Neurosci Lett. 2008;444(1):36-41.
8. Enbom, H. Vestibular and somatosensory contribution to postural control [dissertation] Lund: Lunds universitet; 1990.
9. Lovati C, Mariotti C, Giani L, et al. Central sensitization in photophobic and non-photophobic migraineurs: possible role of retino nuclear way in the central sensitization process. Neurol Sci. 2013;34(Suppl):133-5.
10. Ashina S, Bendtsen L, Ashina M. Pathophysiology of migraine and tension-type headache. Tech Reg Anesth Pain Manag. 2012(16):14-8.
11. Aurora SK, Wilkinson F. The brain is hyperexcitable in migraine. Cephalalgia. 2007;27:1442-53.
12. Desmeules JA, Cedraschi C, Rapiti E, et al. Neurophysiologic evidence for a central sensitization in patients with fibromyalgia. Arthritis Rheum. 2003;48:1420-9.

Weitere Quellen:

Castelo, B.N., 1999. The clinical stages of vibroacoustic disease. Aviation, space, and environmental medicine, 70(3 Pt 2), pp.A32-9.
Kugler K, Wiegrebe L, Grothe B, Kössl M, Gürkov R, Krause E, Drexl M. Low-frequency sound affects active micromechanics in the human inner ear. Royal Society open science. 2014 Oct 1;1(2):140166.
Nissenbaum, M.A., Aramini, J.J. and Hanning, C.D., 2012. Effects of industrial wind turbine noise on sleep and health. Noise and Health, 14(60), p.237.
Paller, C., Sh, M., Law, J. and Christidis, T., 2013. Wind turbine noise, sleep quality, and symptoms of inner ear problems. In Toronto (ON): Symposia of the Ontario Research Chairs in Public Policy (p. 17).
Phillips, C.V., 2011. Properly interpreting the epidemiologic evidence about the health effects of industrial wind turbines on nearby residents. Bulletin of Science, Technology & Society, 31(4), pp.303-
315.

10. Anlage:

Grafik aus dem Artikel des Statusberichts des Robert-Koch-Instituts zu Infraschall:

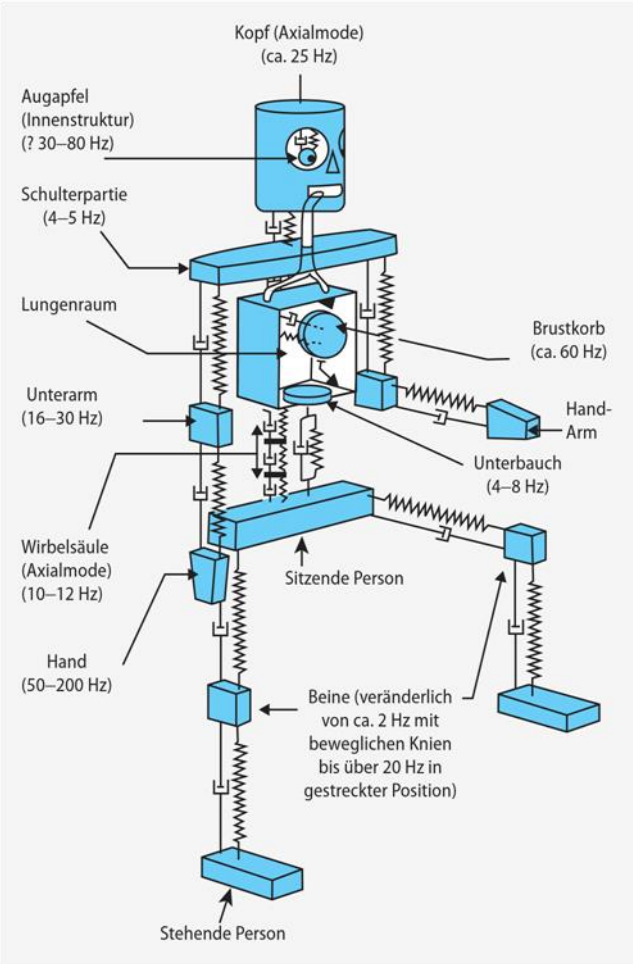


Abb. 4 ▶ **Einfaches mechanisches Modell des menschlichen Körpers mit seinen Resonanzfrequenzen (nach [32])**

Aus medizinischer Sicht treten bei dauerhafter Infraschalleinwirkung **im menschlichen Körper folgende Veränderungen** auf (Quelle u.a. Dr. Schust, Biologische Wirkung von vorwiegend luftgeleitetem Infraschall, Institut für Hirnforschung, St. Wedel, 2005)

- Veränderungen der Hirnströme im EEG
- Herabsetzung der Atemfrequenz
- Verminderung des Sauerstoffpartialdrucks im Blut
- Erhöhung des Blutdrucks
- Vergrößerungen der Erythrozyten (rote Blutkörperchen)
- Durchblutungsstörungen
- Veränderungen der nächtlichen Hormonausschüttung der Nebennierenrinde (Cortisolausschüttung)

Ferner wurden psychomentale Störungen bei den Betroffenen und bei den Probanden festgestellt: Angst, Appetitlosigkeit, Benommenheit, Ermüdung, Konzentrationsminderung, Kopfschmerz, Verminderung der Leistungsfähigkeit, Lethargie, Magenbeschwerden, Ohrendruck, Reizbarkeit, Schlafstörungen und Störung des Wohlbefindens.

Weitere Quellen zu Krankheitsmeldungen bei Infraschall:

1. Tierexperimente
2. Veränderungen des Hormonspiegels,
3. von immunologischen Parametern
4. (autoallergische Prozesse) sowie der
5. Magenschleimhaut-Durchblutung
6. morphologischen und histochemischen
7. Veränderungen des Myokards/
8. der Leberzellen
9. Zerstörung des Lungengewebes Abnahme der körperlichen Leistungsfähigkeit Schust M: Biologische Wirkungen von vorwiegend luft geleitetem Infraschall. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Wirtschaftsverlag NW, ISSN 1433-2116, ISBN 3-89429-8
   - Studien des Robert-Koch-Instituts: http://www.apug.de/archiv/pdf/infraschall.pdf
   - Schlafstörung/Cortisolrhythmus (u.a. Maschke)

Ultraschall wahrgenommen obwohl unter der Hörschwelle (Feldmann und Pitten)

Schwangere, junge Mütter: Maschke C, Hecht K, Niemann H (2001) Auswirkungen von Lärm auf Schwangere und Mütter in der postpartalen Phase. Umweltmedizinischer Informationsdienst 2:11–17

Quelle zu Berichten über Deformation, Fehlgeburten und Menstruationsprobleme in der Nähe von Windkraftanlagen: http://wcfn.org/2015/04/02/wind-farms-deformities/

1. <u>Weiterführende Bewertung der Situation und des Ausmaß im täglichen Leben:</u>

Es ist wissenschaftlich unbestritten, dass Windkraftanlagen Infraschall erzeugen. Es ist auch wissenschaftlich unbestritten, dass Infraschall auf Dauer krank macht. In der Fachwelt wird international konträr diskutiert, ab welcher Entfernung und bei welcher Dezibelzahl der von Windkraftanlagen emittierte Infraschall gesundheitsschädigend sein kann. So schreiben die verantwortlichen Landesämter von Bayern und Baden-Württemberg zum Beispiel:

"Neben dem Hörschall erzeugen Windenergieanlagen durch die Umströmung der rotierenden Flügel auch tieffrequente Geräusche bzw. Infraschall, also extrem tiefe Töne. Für diese Geräuschanteile ist das Gehör sehr unempfindlich. Dennoch werden im Rahmen des Windenergieausbaus immer wieder Befürchtungen geäußert, dass dieser Infraschall Menschen beeinträchtigen oder ihre Gesundheit gefährden könne." (Quelle: http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/223895/ Online am 07.02.2016)

"Die von Windenergieanlagen erzeugten Infraschallpegel liegen in üblichen Abständen zur Wohnbebauung jedoch deutlich unterhalb der Hör- und Wahrnehmungsgrenzen." (Quelle: http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_117_windkraftanlagen_infraschall_gesundheit.pdf/ Online am 07.02.2016)

Hierin fordern die ausgewiesenen Experten: Zitat: "Die von vielen Betroffenen gemachte Beobachtung, dass nachts die Geräusche von Windenergieanlagen lauter wären, wurde früher mit einer erhöhten Empfindlichkeit / Aufmerksamkeit der Betroffenen hinsichtlich der Geräusche erklärt. Durch Van den Berg(2006)[156] konnte aber nachgewiesen werden, dass nachts systematisch andere Ausbreitungsbedingungen vorliegen, die auch dafür verantwortlich sind. Nicht selten ist festzustellen, dass Pegel mit zunehmendem Abstand nicht kontinuierlich abnehmen, sondern auch zunehmen können. Dieser Effekt ist durch das Windprofil bedingt. Eine detaillierte Analyse der verfügbaren Literatur zeigt, dass weitgehend auf den tieffrequenten Bereich konzentrierter Schall schon bei niedrigen Pegeln das mentale Wohlbefinden deutlich beeinträchtigen kann. Mit zunehmender Verschiebung zu tiefen Frequenzen bis in den Infraschallbereich verstärkt sich dieser Effekt. Das ist das Ergebnis verschiedener Untersuchungen im Feld und im Labor (vgl.[162][26][69][113][9][159][8] Literaturverzeichnis der Machbarkeitsstudie). Schwierig ist dabei eine Grenzziehung, ob eine Belästigung wirklich einer messbaren Belastung zuzuordnen ist, wie z.B. Van den Berg(2000/2012)[155][157] feststellt.

2007 wurde eine Kommission für einem Statusbericht zur Einschätzung der Infraschallgefahren für Menschen beauftragt. Der für das Bundesgesundheitsamt von der Robert-Koch-Institut geleitete Kommission kam zu folgender kritischen Einschätzung ebzüglich aktueller Praxis von Lärmgutachten: "Hierbei sollte jedoch berücksichtigt werden, dass die meisten Schallpegelmessungen mit dem A-Bewertungsfilter (dB(A)) durchgeführt werden, der die Belastung bei tieffrequenten Geräuschimmissionen unterschätzt, und dass noch ein unumstrittenes Verfahren zur Beurteilung von Infraschall – wie auch tieffrequentem Schall – vorliegt (siehe oben). Hierzu führt das Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg aus [36], dass in Empfehlung des Robert Koch-Instituts (1586 |Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 12 · 2007 1582_1589_RKI_BuGel_407.indd 1586 1582_1589_RKI_BuGel_407.indd 1586) in der Praxis immer wieder Lärmbeschwerden auftreten, „bei denen trotz glaubhaft vorgetragener starker Belästigungen nur relativ niedrige A-bewertete Schalldruckpegel gemessen werden können. Solche Lärmeinwirkungen sind geprägt durch ihre tieffrequenten Geräuschanteile, in der Regel verbunden mit deutlich hervortretenden Einzeltönen.“ Insofern ist derzeit anhand der nur begrenzt verfügbaren Erkenntnisse nicht ausreichend abzuschätzen, welche und wie viele Personengruppen durch tieffrequenten Schall besonders betroffen sind. Die bisherigen

Studien zu tieffrequentem Schall wurden vor allem im Bereich der Arbeitsplatzsicherheit durchgeführt. Becker und Schust [5] beschreiben in einer Literaturübersicht vor allem Personen, an deren Arbeitsplatz Infraschall emittierende Maschinen mit hohem Schallpegel laufen (80–130 dB), als besondere Risikogruppe. In Abhängigkeit vom Arbeitsplatz können z.B. Fahrer großer Nutzfahrzeuge, Piloten, Schiffspersonal und Industriearbeiter diesen z. T. erheblichen Belastungen ausgesetzt sein .... Probleme mit tieffrequenten Schallimmissionen sind bekannt geworden im Zusammenhang mit dezentralen Heizkraftwerken [35], Umwälzpumpen (Maschke, 2007 persönliche Mitteilung) sowie im städtischen Bereich mit Kühlaggregaten und Schwerlastverkehr. Ein weiteres Beispiel sind die Emissionen von Windkraftanlagen, die teilweise sehr nah an Wohnbereichen aufgestellt sind. Dazu wurden Messungen und Beurteilungen seitens der Bundesländer [39, 40], der Windenergieverbände [41, 42] und Umweltschutzverbände [43] vorgenommen. Sie ergaben einheitlich, dass die festgestellten Infraschallpegel von Windkraftanlagen unterhalb der normalen Wahrnehmungsschwelle liegen. Da die individuelle Wahrnehmungsschwelle stark um die nominale Wahrnehmungsschwelle streut, muss auch an die besonders sensitiven Personen gedacht werden. Darüber hinaus muss hinsichtlich der gesundheitlichen Bewertung auch der tieffrequente Hörschall beachtet werden. Hierzu liegen bisher keine ausreichenden Daten vor." (Quelle: Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 2007 · 50:1582–1589 DOI 10.1007/s00103-007-0407-3 Online publiziert: 30. November 2007 © Springer Medizin Verlag 2007) Im Internet: http://www.rki.de/DE/Content/Kommissionen/UmweltKommission/Archiv/Schall.pdf?__blob=publicationFile

Anhand des technischen Charakters können die potentiellen Emittenten unter folgenden Quellengruppen zusammengefasst werden:

Gr.I.	Raumlufttechnische Anlagen, Bsp. Klima- und Lüftungsanlagen
Gr.II.	Baumaschinen, Bsp. Dieselrammen, Rüttelwalzen
Gr.III.	Anlagen von Energieerzeugung und -transport, Bsp. Windenergieanlagen, Biogasanlagen, Umspannwerke, Koronageräusche von Überlandleitungen
Gr.IV.	Verkehrstechnische Einrichtungen, Bsp. Schiffe, Lkw, Bahn
Gr.V.	Sieb- und Sortieranlagen, Bsp. Plansichter, Doppeldeckersieb
Gr.VI.	Kompressoren und Pumpen, Bsp. Hochdruckreiniger, Dampfstrahler
Gr.VII.	Transport, Bsp. Förderbänder, Vibrationsrinnen, Rohrleitungen
Gr.VIII.	Sonstige technische Anlagen, Bsp. Sägegatter, Auspacktrommeln, Druckmaschinen
Gr.IX.	Natürliche Quellen, Bsp. Erdbeben, Vulkanausbrüche, Meeresbrandung, Tiere
Gr.X.	Veranstaltungen , Bsp. Diskotheken, Openair-Veranstaltungen
Gr.XI.	Produktionsstätten, Bsp. Herstellungs- und Fertigungsbetriebe
Gr.XII.	Sonstiges, Bsp. Geschütze, Explosionen, Raketenstarts

Von relevanter Bedeutung für Infraschall technischer Quellen sind laut Heinen [124] und Borgmann [127] Anlagen, bei deren Betrieb große Luftmassen oder Oberflächen in Bewegung sind bzw. in Bewegung versetzt werden; Anlagen, die durch ihre Eigenart (Größe und

Betriebsmodalitäten usw.) geeignet sind, Erschütterungen zu verursachen sowie Einrichtungen, von denen energiehaltige Schallimpulse erzeugt werden (z. B. Knalle).

Diese Auflistung zeigt, dass sich die möglichen Infraschallemittenten über nahezu sämtliche technischen Bereiche erstrecken und diese Quellen räumlich betrachtet häufig in unserer Umgebung vorhanden sind. Die Ortung dieser Schallquellen erweist sich in der Praxis häufig mehr als ein mühseliges Suchen als ein gezieltes Ausmessen der Umgebung, um bei einer festgestellten Exposition den Verursacher zu finden. Fast unlösbar wird die Aufgabe, wenn vermutlich mehrere Verursacher in Betracht kommen. Das mag eine Erklärung dafür sein, dass trotz der praktischen Relevanz sich nur wenige Veröffentlichungen mit diesem Problem befassen (vgl. Ostendorf (2009) [107]). Mögliche weitere Untersuchungen zum Thema Infraschall werden hierfür sachgerechte Lösungsansätze finden müssen. Dabei kann auf die Erfahrungen bisheriger Studien aufgebaut werden (vgl. [162][24][108][67][114] Machbarkeitsstudie 2014).

11. Details zu den DIN-Normen und deren Notwendigkeit zur Überarbeitung an neue Studienkenntnisse:

Die Forschungsarbeiten zeigen, dass diese Normen im Hinblick auf die Beurteilung von Infraschall Defizite aufweisen und deshalb weiterentwickelt werden sollten. Die derzeitige Überarbeitung der DIN 45680 weist einen Weg, wie Inkonsistenzen im tieffrequenten Bereich behoben werden können. Prof. Krahe bestätigt die Kritik an derzeitigen Messgutachten von Windkraftbetreibern: „Die den Standards zugrunde gelegte Hörschwelle beruht auf Messungen mit einzelnen Sinustönen. Es kann aber gezeigt werden, dass komplexe Geräusche auch schon dann wahrnehmbar sind, wenn die einzelnen Komponenten unterhalb der Hörschwelle liegen (J. Ryu et al.: Hearing thresholds for low-frequency complex tones of less than 150 Hz, JLFNVAC, 2011). Eine weitere Diskrepanz besteht darin, dass die tieffrequenten Geräusche häufig in der Amplitude stark schwanken und damit Adaptionsvorgänge im Gehör auslösen, die ebenfalls zu einer erhöhten Wahrnehmung führen. Über dies hinaus scheinen die tieffrequenten Schalle und der Infraschall bei längerer Exposition bei den Betroffenen zu einer erhöhten Wahrnehmung zu führen.“ Das bedeutet, es ist nicht von einer Adaption der Betroffenen auszugehen sondern von einer zunehmenden Erkrankung im Laufe der Zeit. Dies müsste sich auch in der Quote von Erkrankungen im Umkreis von Windkrafträdern bemerkbar machen, wenn man den Faktor Wohnzeit in der Nähe der Windkraftanlagen seit Inbetriebnahme des Windrads