

# Kommentierung verschiedener Studien und Berichte über Infraschall

Univ. Prof. I. R. Dr. Henning Müller zum Hagen, Dipl.-Physiker  
Dipl.-Ing. Gerhard Artinger, VDI

technisch und faktisch überprüft vom:

GuSZ -Gutachter u. Sachverständigen Zentrum für Umwelt-Messung GmbH

[WWW.UMWELTMESSUNG.COM](http://WWW.UMWELTMESSUNG.COM)

E-Mail: [info@umweltmessung.com](mailto:info@umweltmessung.com)

## Informelle Aufarbeitung eines komplexen Themas "für den Akustik-Laien"

Bei der Diskussion über den Infraschall von Windrädern und deren Auswirkungen werden vielfach Studien und Berichte aus dem Ausland zitiert. Wesentliche Inhalte der letzten Studien aus Canada, USA und Australien werden in diesem Beitrag zusammengefasst.

Ziel dieser Ausarbeitung ist ebenfalls, die Zusammenhänge möglichst anschaulich darzustellen, damit die Nicht-Schall-Experten sich ebenfalls eine Meinung bilden können.

## Zusammenfassung

- Von Windkraftanlagen wird zweifelsfrei Infraschall und tieffrequenter Schall emittiert, der sich von dem sonstigen Infraschall und tieffrequentem Schall (z.B. Wind) erheblich unterscheidet (siehe Kap 4 u. 5). Dies gilt insbesondere für die neuen Anlagen der 2 bis 3 Megawatt Klasse (150 bis 200 Meter hoch).
- Tieffrequenter Lärm führt bei einem nicht geringen Prozentsatz der Bevölkerung zu einer Belastung (geschätzt 10 bis 30%, bei einem Abstand von bis zu 2.000 Metern). Es gibt zahlreiche Fälle, in denen Windkraftanlagen durch ihre Schallemissionen zu gesundheitlichen Störungen geführt haben. Die Wirkung kann schon eintreten, wenn die Anhaltswerte nach der DIN 45680 noch unterschritten sind.
- Die tieffrequenten Anteile werden durch die bisher angewendeten Mess- und Auswertemethoden unterdrückt oder gar nicht erfasst. Die benutzte Terz- bzw. Oktav-Analyse mittelt einzelne Frequenzspitzen weg. Der zur Bewertung herangezogene Außen-Schallpegel ignoriert die Hauptbelastung bei Betroffenen. Der tieffrequente Schall dringt in

die Innenräume. Er kann durch Schallreflexionen und Überlagerungen sogar örtlich zu überhöhten Schalldruckwerten führen. Die andauernde Einwirkung auf den Menschen stört insbesondere den Schlaf.

- Spitzen der Einzelfrequenzen heben sich deutlich um mehr als 10 dB vom Grundgeräusch ab. Tonale Anteile (Frequenzspitzen) im Schallspektrum wirken dabei störender und schädlicher als breitbandiges Rauschen.
- Es ist davon auszugehen, dass ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Schallemissionen der Windkraftanlagen und gesundheitlichen Beeinträchtigungen von Anwohnern besteht. Die Beschwerden nehmen in der Regel mit der Entfernung ab.
- Das für die Schallausbreitung benutzte Berechnungsmodell nach DIN 9613-2, das nur für Anlagen bis zu einer Höhe von 30 Meter zu zuverlässigen Aussagen führt, ist für die Windkraftanlagen nicht geeignet. Die Schallausbreitung wird dadurch fehlerhaft berechnet, die tatsächlichen Schallimmissionswerte sind höher als die berechneten [16].

Berücksichtigt man die tatsächlichen Randbedingungen (Höhe, atmosphärische Stabilität, Luftschalldämpfungswerte), müssten für heutige Anlagen folgende Abstände festgelegt werden [16]:

Reines Wohngebiet	35dBA	4,5km
Allgemeines Wohngebiet	40dBA	2,3km
Mischgebiet	45dBA	1,1km

- Die z.B. in den Erlassen "in Schleswig-Holstein" festgelegten Abstände zu Einzelhäusern von 400 Metern und zur Wohnbebauung von 800 Metern sind bei weitem zu gering. Ferner stellt sich die Frage, ob es rechtlich und moralisch haltbar ist, dass ein Unterschied zwischen Wohnbebauung und Einzelhäusern gemacht wird.
- Windkraftanlagen dürfen nur in angemessener Entfernung zu Wohnhäusern aufgestellt werden. Die 10 H Regel ist ein Anhalt.

Mindestabstände für Windkraftanlagen zu Wohngebäuden  
ist gleich Gesamthöhe der Windkraftanlage mal 10

# 1 Einleitung

Die Aussagen, ob Infraschall gesundheitliche Auswirkungen auf den Menschen hat, sind unterschiedlich. Die Ergebnisse der jeweiligen Studien werden von manchen Leuten (vielen) "die NICHT auf dem neuesten internationalen Stand der Medizin, Wissenschaft und Technik" sind, in der Regel gar bestritten, bzw angezweifelt.

So schreibt der Bundesverband für Windenergie (BWE) im März 2015 [27]:

„Das Landesumweltamt Baden Württemberg führte zudem 2013 Messprojekte an Windenergieanlagen in verschiedenen Leistungsbereichen durch. Die ersten Ergebnisse zeigen die gute Messbarkeit von Infraschall in der Nähe der Anlagen, die Abnahmen des Infraschallpegels und die Wahrnehmungsschwelle im Abstand von 150 bis 200 m und keine nennenswerte Zunahme des Infraschallpegels ab einem Abstand von 700 m.“

Grundsätzlich wird also der Infraschall von Windkraftanlagen von BWE nicht mehr bestritten. Die Formulierung „... keine nennenswerte Zunahme ab einem Abstand von 700 m“ muss man sich ebenfalls auf der Zunge zergehen lassen. Ist in der Formulierung versteckt, dass die Bedenken der Windkraft-Kritiker doch gerechtfertigt sind?

Frau Dr. Dorothee Twardella, Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Sachgebiet Arbeits- und Umweltmedizin/-epidemiologie schreibt in einer Stellungnahme, Stand 2013: „Unterhalb der Hörschwelle konnten bisher keine Wirkungen des Infraschalls auf den Menschen belegt werden.“ Diese Aussage zitieren dann namhafte Politiker in der Diskussion. Dass Frau Twardella als Beleg für ihre Aussage Literatur aus den Jahren 1982 und 1984 anführt, wird nicht weiter erwähnt, neuere Erkenntnisse werden nicht berücksichtigt.

Prof. Krahe et al formulieren die unterschiedlichen Meinungen in der Machbarkeitsstudie zur Wirkung von Infraschall, UBA 2014 [14; 15], wie folgt: „Ein Vergleich der Untersuchungsergebnisse hat gezeigt, dass negative Auswirkungen von Infraschall im Frequenzbereich unter 10 Hz auch bei Schalldruckpegeln unterhalb der Hörschwelle nicht ausgeschlossen sind. ... Für eine negative Auswirkung von Infraschall unterhalb der Wahrnehmungsschwelle konnten bislang keine wissenschaftlich gesicherten Erkenntnisse gefunden werden, auch wenn zahlreiche Forschungsbeiträge entsprechende Hypothesen postulieren.“ Weitere Forschung ist dringend notwendig.

Andere Forscher bzw. Mediziner gehen davon aus, dass genug Ergebnisse vorliegen, um größere Abstände zwischen Windrädern und Wohnungen festzulegen, siehe hierzu [5 bis 8; 11 bis 13; 16].

Seit Ende 2014 und Anfang 2015 liegen weitere Studien und Berichte vor [17 bis 21]. Diese bestärken die Annahme, dass es konkrete statistische Zusammenhänge zwischen gesundheitlichen Beschwerden und dem Schall von Windkraftanlagen gibt.

## 2 Was ist Infraschall?

Bild 1 zeigt, wie Infraschall einzuordnen ist. Infraschall ist der Schall mit Frequenzanteilen kleiner 20 Hertz (Hz). Der Bereich des tieffrequenten Lärms überschneidet sich mit dem Infraschall. Der hörbare Schall liegt im Frequenzbereich zwischen 20 und 20.000 Hz. Darüber spricht man von Ultraschall. Die abgebildete Tastatur eines Klaviers deckt den Bereich von 33 bis 4.186 Hz ab. Ein Säugling schreit mit einem großen Frequenzanteil von 3.000 bis 4.000 Hz.



Bild 1: Frequenzbereich von Infraschall, hörbarer Schall bis Ultraschall

Für den Leser, der sonst nicht mit **physikalischen Größen** wie Frequenz umgeht, ein kleiner Einschub. Schall breitet sich als Luftdruckänderung aus. Im nebenstehen Bild 2 läuft die Zeit von links nach rechts.



Bild 2: beliebiges Schallsignal

Je stärker die Änderung ausfällt, also je höher die Amplitude ist, umso lauter wird das Geräusch empfunden. Je schneller die Änderung ist, umso höher wird **der Ton empfunden**. Schnelle Änderungen bewirken Töne mit hoher Frequenz, langsame Änderungen bewirken Töne mit tiefer Frequenz. Da aus dem Gezappel der Luftdruckänderungen schwer etwas zu erkennen ist, zerlegt man die Schwingung in ihre Einzelbestandteile, man führt eine Frequenzanalyse durch. Wesentliche mathematische Grundlagen dazu hat der französische Mathematiker Jean Baptiste Joseph Fourier geschaffen. Daher spricht man von Fourier-Analyse oder Fourier-Transformation. Auf den heutigen modernen Rechnern ist hierzu ein schneller Algorithmus programmiert, die „Fast Fourier Transform“ (FFT). Das Schallsignal wird also zur besseren Analyse in die einzelnen Frequenzen zerlegt. Von links nach rechts ist dann nicht mehr die Zeit, sondern die Frequenz aufgetragen vgl. Bild 5. Wie genau man nun diesen Frequenzbereich untersuchen kann, wird im nächsten Kapitel behandelt.

### 3 Wieso kann jemand behaupten, da ist nichts, wenn doch etwas da ist?

Wieso können Windkraftbetreiber, Behörden oder Messlabore eine Frequenzanalyse vorlegen, auf der alles sehr harmonisch aussieht? Wieso kann jemand Messergebnisse vorlegen, auf denen sich die Frequenzen vom Umgebungsgeräusch kaum abheben?

Ein entscheidender Grund ist, in welchem Frequenzbereich gemessen wird und mit welcher Auflösung die Messdaten ausgewertet werden. Werden Mikrofone und Messeinrichtungen benutzt, die erst ab 10 Hertz aufwärts die Schallsignale erfassen, können im Messsignal also auch keine Frequenzen kleiner 10 Hertz vorkommen [vgl. DIN 45680 v. 1997].

Für den Laien soll die Einflussgröße „Auflösung“ anhand eines Beispiels erläutert werden. Bild 3 zeigt die Aufnahme eines Teppichs mit geringer Auflösung. Einzelheiten wie Farbmuster sind nicht klar zu erkennen. Eine Gefahr scheint von der Oberfläche nicht auszugehen. Es gibt anscheinend keine Bedenke, hier barfuß zu gehen.



Bild 3: Teppich mit geringer Auflösung fotografiert



Bild 4: Teppich mit hoher Auflösung fotografiert

In Bild 4 sind bei höherer Auflösung die Einzelheiten klar zu erkennen.

Ähnlich verhält es sich bei der Auswertung von Schallsignalen. Bei den Terz- bzw. Oktav-Analysen werden die Frequenzen über bestimmte Frequenzbänder (Frequenzbereiche) gemittelt. Die Frequenzbänder sind durch ihre Mittenfrequenz charakterisiert.

Wird also bei Mittenfrequenzen entsprechend einer Oktav-Analyse bei den Frequenzen 16, 31,5, 62,5, 125, 250, 500, 1000, 2000, untersucht [DIN EN 61260], werden

Einzelheiten weggeglättet. Auch die Auflösung entsprechend der Terzmittenfrequenzen 10, 12,5, 16, 20, 25, 31,5 usw. ist nicht fein genug, um Einzelheiten zu erkennen.

Bild 5 zeigt den Vergleich einer höchauflösenden Auswertung (blau) mit einer gemittelten Auswertung (rot). Die Spitzen in den einzelnen Frequenzen (blau) sind bei der gemittelten Auswertung (rot) nicht mehr zu erkennen. Die Aussage: Es gibt keine Spitzen, ist also falsch, wenn man nur die gemittelte Analysen auswertet. Das Bild ist entnommen aus [19, Seite 99]. Zur besseren Übersichtlichkeit sind die Diagrammbeschriftungen weggelassen worden. Auf Details wird später eingegangen.

Vereinzel wird in der Diskussion vorgebracht, ich habe mir Windkraftanlagen angehört, da ist nichts Störendes. Es gibt Anwohner, die haben oder hatten keine Schallprobleme. Dann kam das Repowering. Die kleineren Anlagen wurden durch große, moderne ersetzt. Plötzlich treten erhebliche Probleme auf. Woran liegt das?

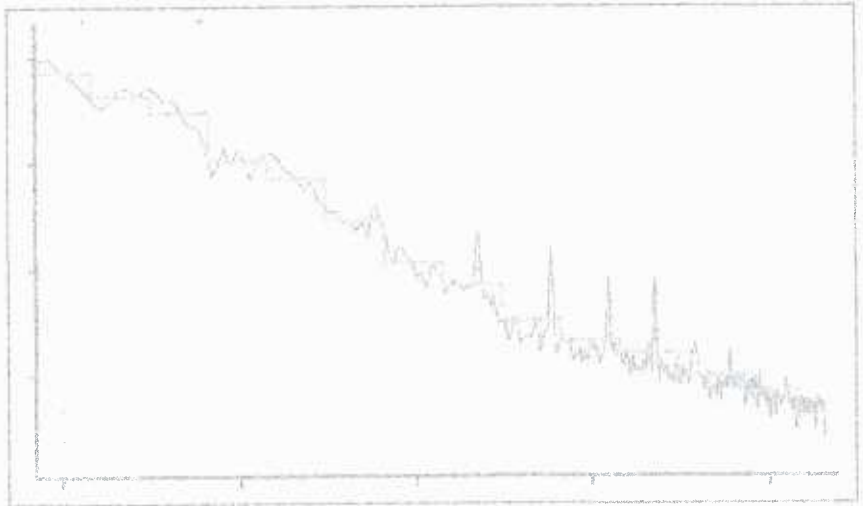


Bild 5: Frequenzanalyse eines Schallsignales mit hoher Auflösung (blau) und gemittelt (rot). Die Spitzen werden weggemittelt.

Die größeren Anlagen drehen zwar mit einer kleineren Winkelgeschwindigkeit (Umdrehungen pro Minute), durch die wesentlich längeren Rotorblätter sind aber die Geschwindigkeiten an den Blattenden wesentlich höher als bei kleineren Anlagen. Die Blattspitze erreicht je nach Drehzahl und Rotorblattlänge eine Geschwindigkeit von 300 bis 400 km/Stunde. Auch das Schwingungsverhalten der längeren Blätter ist anders. Heutige Windräder überstreichen eine Fläche von 9 bis 10 Tausend Quadratmeter. Vergleichen Sie die Zahl mit der Größe Ihres Grundstücks. Ob hier noch von einer Punktquelle ausgegangen werden kann, wie es die DIN 9613-2 voraussetzt, ist fraglich. Ferner führt die DIN 9613-2, nach der die Ausbreitung des Schalls im Freien berechnet wird, nur für Anlagen bis zu einer Höhe von 30 Metern zu zuverlässigen Aussagen. Die Schallausbreitung von größeren Windkraftanlagen wird dadurch fehlerhaft berechnet, die tatsächlichen Schallimmissionswerte sind höher als die nach DIN 9613-2 berechneten [4; 16]. Diese Berechnungsart ist zum Vorteil der Anlagenbauer und Betreiber, weil sie eine Genehmigung erhalten, wo eigentlich keine erteilt werden dürfte. Sind die Anlagen dann gebaut, haben zuerst die Anwohner das Problem und müssen sich um Nachmessungen kümmern. Meist werden dann höhere Immissionswerte gemessen.



Bild 6: Entwicklung zu immer höheren Anlagen

## 4 Entsteht bei Betrieb von Windkraftanlagen tieffrequenter Lärm?

Je nach Drehzahl des Windrades streicht alle ein bis zwei Sekunden ein Blatt am Mast vorbei. Bekannt ist das typische Geräusch „Wusch Wusch“. Dies ist der hörbare Anteil im Schall. Dazu kommt ein nicht hörbarer Anteil. Sehr anschaulich ist das Entstehen des Lärms in der Arbeit von G.P. van den Berg [3] dargestellt, siehe Bild 7.

Durch das Vorbeistreichen des Blattes am Mast alle ein bis zwei Sekunden entsteht eine Luftdruckänderung/Schall-druckänderung mit einer Grund-Frequenz zwischen 1 und 0,5 Hertz, also weit im Infrasschallbereich.



Bild 7: Ort der stärksten Schallemission

Dass durch Windkraftanlagen tieffrequenter Lärm entsteht, kann inzwischen auch die Windkraftindustrie nicht mehr leugnen [22]. Allerdings wird häufig behauptet, dies ist mit natürlichen Infrasschallwellen gleichzusetzen [10]. Natürlichen und anthropogenen Infrasschall gleichzusetzen, ist nicht fachgerecht. Infrasschall aus technischen Quellen weist entstehungsbedingt mehrere Charakteristika auf, die sowohl für sich, als auch in Kombination nachweislich beim Menschen zu schwerwiegenden, gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen können.

**Michael Bahtiarian** [20] hat nach Beschwerden der Anwohner durch Messungen im Dez. 2014 in **Falmouth, Massachusetts, USA**, den Infrasschall näher untersucht. Er hat nachgewiesen, dass sich die Grund-Frequenz (1x BPF, Blade Pass Frequency) und die Vielfachen davon (Flügelharmonische 2x BPF; 3x BPF usw.) deutlich vom Umgebungsgeräusch abheben. Das Frequenzspektrum des Umgebungsgeräuschs ist in der schwarzen Kurve dargestellt (Windturbine steht). Es ist im Wesentlichen ein Rauschen. Die rote Kurve ist das Frequenzspektrum des Schalldrucks im Haus, wenn die Windturbine in Betrieb ist, die grüne Kurve ist die Messung außerhalb des Hauses, ebenfalls bei Betrieb. Tonale Anteile (Frequenzspitzen) im Schallspektrum wirken dabei störender und schädlicher als breitbandiges Rauschen.

Die Wirkung auf den menschlichen Körper ist in Kap. 5.3 beschrieben.

Im abgebildeten Beispiel (Bild 8) ist die Grund-Frequenz bei etwa 0,7 Hertz gut zu erkennen. Die



Bild 8: Frequenzanalyse eines tieffrequenten Schallsignales einer Windkraftanlage

nachfolgenden Spitzen entstehen, weil sich auch Vielfache der ersten Frequenzspitze ausbreiten. Die Spitzen treten deutlich aus dem Umgebungsgeräusch hervor. Wie oben beschrieben führen gerade die hervortretenden Spitzen auf Dauer zu gesundheitlichen Schäden.

In diesem Fall hatte das Gericht entschieden, dass beide Windturbinen in der Zeit von 19:00 bis 07:00 Uhr abgeschaltet werden müssen.

Im betrachteten Fall handelte es sich um mittlere Anlagen, Vestas V82, mit 1,65 MW, Rotorfläche 5.281 Quadratmeter. Sie standen rund 400 und 800 Meter vom Anwesen entfernt. Dies sind auch die typischen Mindestabstände in Schleswig-Holstein. Es kann davon ausgegangen werden, dass die heutigen größeren Anlagen, z.B. Vestas 112, mit 3,3 MW und einer Rotorfläche von 9.852 Quadratmeter mehr als doppelt so laut sind und die Frequenzen sich ebenfalls deutlich vom Umgebungsgeräusch abheben. Die in Schleswig-Holstein und den meisten Bundesländern festgelegten Mindestabstände sind deutlich zu gering. Nur Bayern macht mit der 10 H Regel eine löbliche Ausnahme.

Bereits 2004 hatten Lars Ceranna, Gernot Hartmann und Manfred Henger in ihrer Untersuchung, die sie an einer Windkraftanlage in der Nähe von Hannover



Bild 9: Frequenzanalyse des Schallsignales einer Windkraftanlage bei Hannover

durchführten, vermerkt [2]: „Der durch die Flügelbewegung hervorgerufene Lärm beschränkt sich



dabei nicht nur auf den hörbaren Bereich, denn auf Grund ihrer Größe und geringen Rotationsgeschwindigkeit wird ein erheblicher Energieanteil unterhalb von 20 Hz, als Infraschall abgestrahlt.“ Sie konnten deutlich die Grund-Frequenz, die sich aus der Drehzahl und dem Vorbeistreichen am Mast ergibt, und die Vielfachen davon nachweisen (Bild 9).

Von Windkraftbefürwortern wird eingewendet, dass diese Messung in nur 200 Meter von der Anlage entfernt aufgenommen worden ist und damit nicht aussagekräftig ist. Dem ist zu entgegnen, dass bei einer Frequenz von 1 Hertz die Wellenlänge 343 Meter beträgt und die Infraschallwelle bei 200 Meter noch gar nicht richtig ausgeprägt, trotzdem deutlich zu erkennen ist. Ferner wurde in weiteren Untersuchungen ermittelt, wie weit sich die Infraschallwellen verschiedener großer Anlagen ausbreiten. Bild 10 zeigt deutlich, wie weit sich der Infraschall heutiger Windkraftanlagen mit etwa 3 MW Leistung ausbreitet [2].

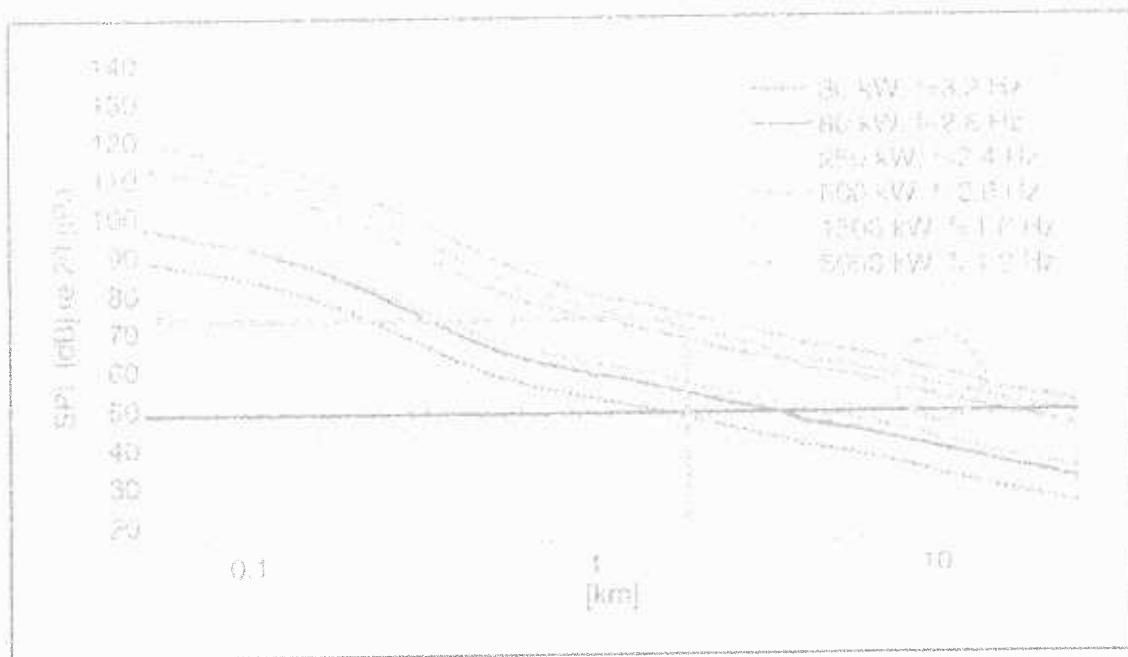


Bild 10: Verlauf des emittierten Schalldruckpegels (SPL) mit der Entfernung zur Quelle für die 2. Flügelharmonische.

Dargestellt ist der Schalldruckpegel (SDP) der zweiten Flügelharmonischen (in den Kurven Bild 9 jeweils als zweite Spitze von links zu sehen). Sie hebt sich nach mehr als 10 km immer noch vom Hintergrundgeräusch (grauer waagerechter Balken) ab. Nach 2 km liegt der Schalldruckpegel noch 20 dB über dem Hintergrundgeräusch. Dies führt unweigerlich bei einem Teil der Bevölkerung zu Störungen und Irritationen im Körper, auch wenn offiziell die sogenannte Wahrnehmungsschwelle nicht überschritten ist. Damit sind wir bei den gesundheitlichen Auswirkungen des Infraschalls.