

**EINE AUSARBEITUNG ZUM THEMA:
Vibroakustische Erkrankungen**

1. WHO: Leitlinien für Umgebungslärm

Das Regionalbüro der Weltgesundheitsorganisation (WHO) für Europa hat Leitlinien (10.10.2018) auf der Grundlage des wachsenden Verständnisses der gesundheitlichen Auswirkungen der Belastung durch Umweltlärm entwickelt. Hauptziel dieser Leitlinien ist es, Empfehlungen für den Schutz der menschlichen Gesundheit vor der Belastung durch Umgebungslärm aus verschiedenen Quellen abzugeben: Verkehrslärm (Straßenverkehrs-, Schienenverkehrs- und Fluglärm), Lärm von Windenergieanlagen und Freizeitlärm. Sie bieten eine fundierte evidenzgestützte Beratung für den Bereich der öffentlichen Gesundheit, die für die politischen Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor schädlichen Auswirkungen von Lärm unerlässlich sind.

Die Leitlinien der WHO vom 10.10.2018 für Umgebungslärm enthalten deutliche Belege dafür, dass Lärmbelastungen zu den wichtigsten umweltbedingten Gefahren für die körperliche und psychische Gesundheit und das Wohlbefinden der Bevölkerung in der Europäischen Bevölkerung zählt (1).

Im Vergleich zu früheren Leitlinien der WHO über Lärmbelastung enthalten die neuen Leitlinien der WHO vom 10.10.2018 wesentliche Neuerungen (1):

1. Einbeziehung neuer Lärmquellen, also nicht nur Verkehrslärm (Flug-, Schienen- und Straßenverkehrslärm) sondern auch den Lärm von Windturbinen und den Lärm aus Freizeitaktivitäten. Freizeitlärm bezieht sich in diesem Zusammenhang auf alle Lärmquellen, denen Menschen bei Freizeitaktivitäten und in und außerhalb ihrer Wohnung ausgesetzt sind.

2. Stärkere Belege für krankhafte Auswirkung von Umgebungslärm auf Herz, Kreislauf und Stoffwechsel.

3. Aufforderung an Fachleute und Entscheidungsträger auf der kommunalen, nationalen und internationalen Ebene zu verstärkten Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor den gesundheitlichen Folgen von Lärmbelastung.

Die "Leitlinien der WHO für Umgebungslärm in der Europäischen Region" bewerten für ihre Leitlinien den international meist verwendeten mit A-Filter gemessenen hörbaren Schall (dBA), der den realen Schall der außerhalb der A-Gewichtung liegt (z.B. Infraschall, Ultraschall) nicht bzw. nicht korrekt erfasst (1).

Die Leitlinien betonen aber sehr, dass auch der nichthörbare Anteil des Schalls, der Infraschall, zu Erkrankungen und Tod führen kann (1, 2, 3).

Lit 1) Weltgesundheitsorganisation, Regionalbüro für Europa,
Leitlinien für Umgebungslärm für die Europäische Region

<https://www.bib-hockenheim.info/wp-content/uploads/2018/10/WHO-noise-guidelines-exec-sum-ger.pdf>

2) WHO-Leitlinien Umgebungslärm

https://laerminfo.at/ueberlaerm/laermwirkung/who_richterte.html

3) International Classification of Disease, ICD-10 Version,
WHO, 2016

WHO 1999 (1):

"3.1 Gesundheitliche Nebenwirkungen von Schall:

Eine Nebenwirkung von Schall ist definiert als eine Veränderung der Physiologie und Morphologie eines Organismus die zu einer Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit seiner Funktionen, zu einer Beeinträchtigung der Fähigkeit zusätzlichen Stress zu kompensieren oder zu einer Steigerung seiner Sensitivität gegen andere schädliche Umwelteinflüsse führt. Diese Definition schließt die zeitweise oder langdauernde Beeinträchtigung der körperlichen, psychologischen und sozialen Funktion von Menschen und der menschlichen Organen ein."

"Es sind bei der Bewertung empfindliche Risikogruppen und die Kombination verschiedener Schallquellen zu berücksichtigen."

Lit.: 1) Guidelines for community, WHO, 1999, Edited by Berglund B, Lindvall Th, Schwela D,
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/66217>

WHO 2016 (1):

"Internationale Klassifikation der Erkrankungen:

Kapitel XX: Äußere Ursachen von Erkrankungen und Tod:

Exposition von unbelebten mechanischen Kräften:

W42: Exposition von Schall

Inklusiv: Hörbare Schallwellen, Nichthörbare Ultraschallwellen

W43: Exposition von Vibration

Inklusiv: Nichthörbare Infraschallwellen"

Lit.: 1) International Classification of Disease ICD-10 Version
<https://apps.who.int/classifications/apps/icd/icd10online2003/fr-icd.htm?gw20htm+>

WHO 2018 (1):

"Die zunehmende Verstädterung in der Europäischen Region führt zu einer ständigen Erhöhung der Lärmbelastung aus verschiedenen Quellen. Dadurch wird der Lärm zu einer Belastung, die das Leben der Mehrzahl der Europäer durchdringt und ernsthafte gesundheitliche Auswirkungen hat."

3.4 Der Schall von Windturbinen

3.4.2.3 Betrachtung von zusätzlichen Kontextfaktoren

Der Schall von Windturbinen ist charakterisiert durch den Einfluss einer Vielzahl von möglichen Faktoren welche schwierig einzuschätzen sind und in Studien über den Einfluss des Schalls von Windturbinen auf die Gesundheit nicht im Detail angegeben werden können. Als Ergebnis bestehen ernste Probleme mit der Schalleinschätzung von Windturbinen...

In vielen Fällen wurde die Entfernung von einem Windpark als Maß benutzt, um die Exposition mit hörbarem Schall zu bestimmen (dBA). Zusätzlich zur Entfernung können aber andere Variablen - wie Typ, Höhe, Zahl der Windturbinen, Windrichtung, Windgeschwindigkeit, die Windrichtung zu oder von dem Windpark weg und so weiter zum realen Schalldruckpegel am Wohngebiet beitragen. Deshalb ist die Entfernung zu einer Windfarm in Studien als Maßstab für den Einfluss des Schalls von Windturbinen auf die Gesundheit mit einer hohen Unsicherheit verbunden...

Es gibt keinen klaren Beweis über eine akzeptable und einheitliche Distanz zwischen Windturbinen und Wohngebieten, da die Schallausbreitung der Windturbinen von vielen Aspekten

der Konstruktion und der Installation der Windturbinen abhängt...

Der Schall der von Windturbinen emittiert wird hat spezifische Charakteristika einschließlich der impulsiven Natur des Schalls durch die rotierenden Rotorenblätter und der veränderlichen atmosphärischen Bedingungen was zu einer Variation der Schallpegelmodulation führt. Das kann die Ursache von gesundheitlichen Beeinträchtigungen sein. Das unterscheidet den Schall von Windturbinen vom Schall anderer Schallquellen...

Windturbinen können Infraschall und Schall von niedrigerer Schallfrequenz erzeugen als Schallquellen des Verkehrs. Es gibt aber wenige wissenschaftliche Studien die sich mit Infraschall und Niederfrequentem Schall von Windturbinen auf die Gesundheit befassen.

Standardmethoden der Schallmessung, die die A-gewichtete Messmethode (dBA) verwenden, können den Niederfrequenten Schall, den Infraschall und die charakteristischen Amplitudenmodulation des Schalls von Windturbinen nicht erfassen, die charakteristisch für den Schall von Windturbinen sind. (Council of Canadian Academies, 2015)

Wichtige Hypothesen bleiben bestehen wenn der Windturbinenschall Tag-Abend-Nacht von Werten eines anderen Originalschalldrucks einfach übernommen wird. Die Übernahme erfordert, da variabel, die statistische Verteilung der jährlichen Windgeschwindigkeiten einer bestimmten Höhe, welche vom Typ der Windturbine und den besonderen meteorologischen Bedingungen an einem exakten geographischen Ort abhängt. Solche Energievariablen können nicht einfach direkt auf andere Orte übertragen werden. Dieses Verfahren wird manchmal ohne genaue Überprüfung für eine spezielle Gegend benutzt, wegen praktischer Beschränkungen oder dem Fehlen von Daten und Hilfsmittel.

Aus allen diesen Gründen ist die akustische Beschreibung des Windturbinenschalls mittels dBA Tag-Abend-Nacht-Werte und dBA Nacht-Werte eine schlechte Charakterisierung des Schalls von Windturbinen. Das schränkt die Möglichkeiten ein den Zusammenhang zwischen dem Schall der Windturbinen und gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu beurteilen."

Von der WHO wird für den Schall von Windturbinen "bedingt", wegen des Fehlens von entsprechender Studien, ein Limit des Schalldruckpegels von 45 dBA Tag-Abend-Nacht empfohlen.

1.2.1 Definition der Indikatoren (1)

Der dBA Tag-Abend-Nacht-Lärmindeks ist der durchschnittliche Schalldruck über alle Tage-Abende-Nächte eines ganzen Jahres zur Bewertung der allgemeinen Lärmbelästigung. Dieser Indikator wurde von der EU angenommen.

Der dBNacht-Lärmindeks dient zur Bewertung von Schlafstörungen.

Der dBmax wird oft bei kurzzeitigen Schallimpulsen benutzt. Er ist ein Maß für den maximalen Schalldruckpegel der in einer bestimmten Messdauer erreicht wird. Er wird benutzt um ein Limit für Schalldruckspitzen festzulegen und wird in Studien berücksichtigt, um bestimmte Effekte auf die Gesundheit festzulegen (z.B. nächtliche Aufwachreaktionen).

Lit.:1) Environmental Noise Guidelines for the European Region, WHO, 2018
www.euro.who.int/de/env-noise-guidelines

**EINE AUSARBEITUNG ZUM THEMA:
Vibroakustische Erkrankungen**

2. Fallbericht: Vibroakustische Erkrankung: Windturbinen

Ob das Wind-Turbinen Syndrom nach Piermont N (1) ein eigenes Krankheitsbild ist, das durch Überstimulation des Vestibularorgans im Ohr durch Niederfrequentem Schall <500 Hz + Infraschall <20 Hz von Windenergieanlagen bei in der Nähe wohnenden Personen verursacht wird oder ob die gesundheitlichen Schäden durch Windturbinen der systemischen Vibroakustischen Erkrankung nach Castelo Branco NAA zugerechnet werden können, die durch langjährige Exposition mit Niederfrequentem Schall <500 Hz + Infraschall <20 Hz mit hohem Schalldruckpegel bei Industriearbeitern verursacht wird ist Gegenstand interessanter wissenschaftlicher Diskussion (2,3).

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) definiert den Infraschall als eine mechanische Kraft die durch Anregung von Vibrationen des Körpers und seiner Organe zu Erkrankung und Tod führen kann. Das schließt beide Erklärungshypothesen ein (4,5).

Castelo Branco NAA und Alves-Pereira M (Portugal) hatten 30 Jahre lang die Wirkung von Infraschall <500 Hz + Infraschall <20 Hz auf die Gesundheit ausschließlich von Industriearbeitern erforscht und erstmals das Krankheitsbild der "Vibroakustischen Erkrankung" beschrieben (6, 7, 8, 9).

2007 wurden Alves-Pereira M und Castelo Branco NAA von einer portugiesischen Bauernfamilie mit der Bitte um Hilfe kontaktiert. Alle Mitglieder der Familie und ihre Herden- und Haustiere hatten nach Inbetriebnahme von 4 Windturbinen 2006 gesundheitliche Probleme entwickelt (10, 11, 12).

Vorgeschichte:

Die portugiesische Bauernfamilie, die einen 12 jährigen Sohn und eine 8 jährige Tochter hatten, züchteten auf ihrem Hof Lusitano-Pferde und Rinder und lebten vom Verkauf der Tiere. 2006 wurden 4 Windturbinen um ihren Hof herum gebaut. Die 4 Windenergieanlagen 2 MW waren in einer Entfernung von 322 m, 540 m, 580 m, 642 m von ihrer Wohnung gebaut worden.

Unmittelbar nach Inbetriebnahme der Windturbinen 2006 war es allen Familienmitgliedern nicht mehr möglich einen erholsamen Schlaf zu finden. Alle wachten morgens müde auf. Alle entwickelten erhöhte Reizbarkeit und Konzentrationsstörungen. Der Vater klagte über Geräuschüberempfindlichkeit, nachlassende Gedächtnisleistung und erhöhte Erregbarkeit. Der Vater und die Mutter entwickelten unspezifische Schmerzen im ganzen Körper (vergleichbar der Polymyalgia rheumatica). Vom Arzt des lokalen "State Health Center" wurden ihnen Schmerz- und Beruhigungsmedikamente verschrieben. 2007 erhielten die Eltern einen Brief der Schule mit der Frage, warum ihr Sohn immer so müde sei. Er habe alles Interesse an der Schule verloren und habe keine Energie für den Schulsport mehr. Mit dem früher sehr guten Schüler gehe es immer weiter abwärts. 2007 zogen die Frau, die Tochter und der Sohn wegen der für sie unerträglichen Beschwerden aus dem Bauernhof weg und kehrten nie mehr auf ihren Hof zurück. Der Vater blieb allein auf dem Hof zurück, um für die Viehzucht zu sorgen und dadurch seine Familie ernähren zu können. Er wurde in den folgenden Jahren zusehends

immer weiter gesundheitlich ruiniert.

Seit Inbetriebnahme der WEAs lagen die Hunde die sonst der Familie morgens entgegen-sprangen jetzt schlafend da. Man musste über sie steigen. Die Pferde lagen morgens apathisch auf dem Boden im Stall. Hunde und Pferde wirkten auch tagsüber apathisch. Die Pferde schliefen teilweise tagsüber. Die Familie bemerkte auch, dass die Ameisen verschwunden waren (Bodenvibrationen? 1. durch den Infraschall der WEAs und 2. durch das Schwanken der Türme bei stärkerem Wind).

Von 2000 bis 2006 wurden auf dem Hof 13 gesunde Lusitano-Fohlen geboren. Nach Inbetriebnahme der WEAs 2006 entwickelten die neugeborenen Fohlen im ersten halben Jahr asymmetrische Gelenkfehlstellungen ("Equine Flexural Limb Deformities", "Tip-toeing", "Boxy-foot", "Clup foot"). Sie konnten den Huf des betroffenen Beines nicht mehr problemlos flach auf dem Boden aufsetzen. Diese Erkrankung kann durch verschiedene Faktoren verursacht werden und entwickelt sich gewöhnlich zwischen dem 1. und 8. Monat meist als Folge einer Unfähigkeit der tiefen Beugesehne dem Knochenwachstum in der ersten Hälfte der schnellen Wachstumsperiode zu folgen (13, 14).

Untersuchungsmethoden

1. Die psychischen und körperlichen gesundheitlichen Beschwerden der Familie wurden durch Dokumentation der Beschwerdeentwicklung, und Untersuchung der Hirn-, Herz- und Atmungsfunktion der Familienmitglieder gesichert. Bei Vater, Mutter und Sohn war ein stark pathologischer CO₂-Atmungstest auffällig, der sich beim Sohn nach 2 Monaten Abwesenheit vom Bauernhof in den Schulferien fast normalisierte. Der CO₂-Atmungstest gibt Hinweise wie gut die Chemorezeptoren der Gehirnzentren die Atmung regulieren. Die Echokardiographie von Vater und Mutter zeigten eine leichte Verdickung des Pericards. Die neurophysiologische Untersuchung des Sohnes bestätigte das noch reversible frühe Stadium einer kognitiven Beeinträchtigung.

Es wurden im Schlafzimmer der Wohnung und außerhalb des Hauses lineare Schalldruckmessungen ohne Filter (dBL) tagsüber und nachts (entsprechend den Empfehlungen der WHO) durchgeführt. Weiter wurden Messung der Windgeschwindigkeit und Vibrationsmessungen der Hausstrukturen (seismographische Messungen der Vibrationen des Körperschalls der Hauswände verursacht durch die WEAs) durchgeführt.

Im Rahmen einer Masterarbeit an der Fakultät der Veterinärmedizin, Universität Lisboa wurden 11 der Fohlen die asymmetrische Gelenkfehlstellungen entwickelt hatten vollständig körperlich und orthopädisch untersucht. Es wurden Röntgen- und CT-Untersuchungen durchgeführt. Es wurden Messungen der Knochendichte und histopathologische Untersuchungen verschiedener Gewebe durch Biopsie oder nach Autopsie durchgeführt (13, 14).

Ergebnis

Die laufenden Windturbinen verursachten in den Schlafzimmern einen deutlichen Anstieg der ungewichteten Schalldruckamplituden dBL von Niederfrequentem Schall <500 Hz über das Hintergrundrauschen besonders im Bereich des Infraschalls <20 Hz der durch die Gewichtung mit A Filter dBA nicht gemessen wird. Die höchsten gemessenen Werte lagen im Infraschallbereich um 10 Hz.

Bei den Fohlen die asymmetrische Hufstellungen entwickelt hatten wurde an der Fakultät für Tiermedizin der Universität Lissabon als signifikanteste Veränderung eine Dissoziation der Myofibrillen der glatten Muskulatur gefunden. Myofibrillen sind Zellorganellen die der Muskelzelle eine aktive Verkürzung ermöglichen. Die Dissoziation der Myofibrillen der glatten Muskulatur wurde auch nachgewiesen im Dünndarm, den Wänden der kleinen Gefäße und den Gefäßen der Sehnen. Die Gewebeuntersuchung der erkrankten Sehnen zeigten die typischen Befunde der Vibroakustischen Erkrankung: Verdickung der Blutgefäßwände durch abnorme Proliferation von Kollagen in der Abwesenheit eines Entzündungsprozesses. Die Hufstellungen wurden multifaktoriellen Ursachen zugeschrieben: Ungleichmäßiges Wachstum von Knochen und Weichteilen, Verkürzung der Muskulatur, Schmerzen durch die

Gelenkfehlstellung.

Um genetische Defekte auszuschließen wurden neugeborene Fohlen aus fremden Zuchtfarmen auf den Bauernhof gebracht. Sie entwickelten nach 6 Monaten ebenfalls die asymmetrischen Gelenkfehlstellungen.

Fohlen die Gelenkfehlstellungen entwickelten wurden vom Bauernhof weg zur Fakultät der Veterinärmedizin der Universität Lisboa gebracht. Der Gesundheitszustand der Fohlen verbesserte sich und es zeigte sich eine teilweise Rückbildung der Huftehlstellung (13,14).

Bewertung

Die krankhaften Befunde von Mensch und Tier wurden von Alves-Pereira M und Castelo Branco NAA dem Niederfrequenten Schall <200 Hz + Infraschall <20 Hz der Windenergieanlagen zugeschrieben. Es lagen bei Menschen und Pferden Befunde einer Vibroakustischen Erkrankung vor.

Der Gesundheitszustand des Bauern, der auf dem Hof blieb, verschlechterte sich immer mehr, dokumentiert durch neurophysiologische Untersuchungen. Die finanzielle Situation der Familie verschlechterte sich durch die beeinträchtigte Viehzucht immer mehr.

Die vergleichende Schalldruckmessung bewerteten Alves-Pereira M und Castelo Branco NAA mit folgendem vernichtenden Urteil: "Die vergleichenden Frequenzanalysen zwischen akustischen Umgebungen mit den gleichen dBA Wert haben gezeigt, dass es wissenschaftlich nicht korrekt ist, die Existenz von vergleichbaren akustischen Umgebungen anzunehmen nur basierend auf dem dBA-Wert, d.h., gleiche dBA Werte bedeuten nicht gleiche akustische Umgebungen. Weder der dBA-Wert noch dBLin-Wert (bei zeitlich gemittelter größerer Messdauer A.S.) reflektieren die Anwesenheit von Komponenten des Niederfrequenten Schalls (Schalldruckspitzen, Modulationen A.S.). Die Gesetzgebung für Niederfrequenten Schall <500 Hz + Infraschall <20 Hz, ist, wenn überhaupt eine existiert, unzureichend."

Alle A, B, C, D und G gewerteten Schalldruckkurven zeigen im niedrigen Infraschallbereich im Vergleich mit dem realen, ungewerteten Schalldruckwert dBL keine bzw. zu niedrige reale Schalldruckwerte an (12). Problematisch ist mit hoher Wahrscheinlichkeit, dass in diesem niedrigen Infraschallbereich die Resonanzfrequenzen der wichtigsten menschlichen Organe liegen, die gestört werden können (15, 16, 17).

Die Familie verklagte die Besitzer der Windräder vor Gericht. Der Oberste Portugiesische Gerichtshof hat am 30.5. 2013 den Abriss der 4 Windenergieanlagen angeordnet und einen finanziellen Schadensersatz für die gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Familienmitglieder durch die 4 Windenergieanlagen festgesetzt, zu zahlen von den Besitzern der Windenergieanlagen (12).

Am 8.3.2007 hat das National Center for Occupational Disease des Portugiesischen Arbeitsministeriums einem 40 Jahre alten Flugbegleiter bei dem seit 2001 eine berufsbedingte Vibroakustische Erkrankung diagnostiziert worden war eine 100% Berufsunfähigkeit zuerkannt (12).

Lit.:1) Piermont N, Wind Turbine Syndrom: A report on a Natural Experiment, Santa Fe, NM: K-Selected Books, 2009

2) Alves-Pereira M, Castelo Branco NAA, On the Impact of Infra- sound and Low Frequency Noise on Public Health - Two Cases of Residual Exposure, Revista Lusofona de Ciencias e Tecnologias da Saude 4, 2007

3) Matoba T, Human response to vibration stress in Japanese workers: lessons from our 35-year studies A narrative review, Industrial Health, 53, 2015

4) International Classification of Disease, ICD-10 Version, WHO, 2016

5) Guidelines for community noise, WHO, 1999

6) Castelo Branco NAA, Alves-Pereira M, Vibroacoustic disease - A Review, Revista Lusofona de Ciencias e Tecnologias da Saude, 2010

7) Castelo Branco NAA, Alves-Pereira M, Vibroacoustic disease, Noise & Health, 6, 2004

8) Effects of infrasound and low frequency noise on mammalian physiology, Published work (1999-2012); indexed by Pub Med by Nuno Castelo Branco and Marina Alves-Pereira, www.aweo.org/infrasound.html

9) Castelo Branco NAA u. and, Vibroacoustic disease: some forensic aspects, Aviat Sp Environ Med, 70, 1999

10) Alves-Pereira M, Motylewski J, Kotlicka E, Castelo Branco NAA, Low frequency noise legislation, Internoise, Istanbul, Turkey, Aug., 2007

11) Alves-Pereira M, Castelo Branco NAA, In-Home Wind Turbine Noise is Conducive to Vibroacoustic Disease, 2th Int Meeting on Wind Turbine Noise, 2007, Lyon, France

- 12) Alves-Pereira M, Bakker HHC, Occupational and Residential Exposures to Infrasound and Low Frequency Noise in Aerospace Professionals: Flawed Assumptions, Inappropriate Quantification of Acoustic Environments and the Inability to Determine Dose- Response Values, Scientific J Aerosp Eng Mech 1, 2017
- 13) Pereira Costa e Curto TM, Acquired flexural deformity of the distal interphalangeal joint in foals, Master's Thesis - School of Veterinary Medicine, Technical University of Lisboa, 2012
- 14) Castelo Branco NAA, Costa e Curto T, da Costa Pereira JP, Mendes Jorge L, Cavaco Faisca J, Amaral Dias L, Oliveira P, Martins dos Santos J, Alves Pereira M, Low Frequency Noise and Vibration and its Control 14th Int Meeting, Aalborg, Denmark, 2010
- 15) Rohrer H, Permanente rhythmische Mikrobewegungen des Warmblüterorganismus (Mikrovibration), Naturwissenschaften, 49,1962
- 16) Olga Molchanova, Alexandra Smirnova, MEPhI scientists research effects, connected with appearing of infrasonic vibrations in human body, National Research Nuclear University, Moscow, 2016
- 17) Takahashi Y, A study on the contribution of body vibrations to the vibratory sensation induced by high-level, complex low frequency noise, Noise&Health, Jan 2011

**EINE AUSARBEITUNG ZUM THEMA:
Vibroakustische Erkrankungen**

3. Verlauf von Nr. 2 bis 2015: Vibroakustische Erkrankung: Windturbinen

Im Rahmen eines Gerichtsprozesses 2013 hatte der oberste Gerichtshof von Portugal entschieden, dass alle 4 Windturbinen, die 2006 in der Nähe der Ländereien der Bauernfamilie gebaut worden waren entfernt werden müssen (1, 2). Der Eigentümer der abgerissenen Windturbinen soll am Europäischen Gerichtshof gegen das Urteil appelliert haben. Inzwischen sind weitere Windturbinen in der Nachbarschaft des Besitzes der Bauernfamilie gebaut worden. Die Entscheidung des obersten Gerichtshofs von Portugal hatte sich ja nur auf die 4 beklagten Windturbinen bezogen.

Das Anwesen der Bauernfamilie wird deshalb noch potentiell durch Niederfrequenten Schall+Infraschall der neu gebauten Windturbinen beeinflusst. Zum Nachweis der schädlichen Effekte der neu gebauten Windturbinen wären neue Untersuchungen der Schallemissionen und ein neuer Prozess gegen den Eigentümer der neuen Windturbinen notwendig.

Krankheitsverlauf bis 2015:

Der Bauer lebt weiter allein auf seinem Hof. Frau und Kinder wollen nicht zurückkehren. Er führt den Hof weiter so gut er kann.

Seine Gesundheit hat sich weiter verschlechtert: Der Kohlendioxid-Test der 2007 40% betrug (normal ist über 60%) ist jetzt bei 28%.

Eine Entwicklung von Gleichgewichtsstörungen verbunden mit Verlust des Bewusstseins hat schwere Stürze verursacht, die wegen Gesichts- und Rippenfrakturen medizinische Behandlung erforderlich machten. Dieser Zustand ist 2015 noch unter klinischer Abklärung, da eine spät einsetzende Epilepsie eine der schwersten Folgen zu starker Exposition von Niederfrequentem Schall+Infraschall Ursache der Stürze sein kann. Die Diagnose dieser neurologischen Erkrankung erfordert Zeit, um in dem klinischen Kontext gesichert zu werden. Castelo Branco NAA hat allerdings schon Fälle von Gleichgewichtsstörungen und spät einsetzender Epilepsie bei Personen, die über 10 Jahre der Exposition hoher Schalldruckpegel von Niederfrequentem Schall+Infraschall ausgesetzt waren dokumentierte und veröffentlicht (3, 4, 5)*. Bemerkenswert ist die Schnelligkeit des Abbaus der Gesundheit des Bauern im Vergleich zu Arbeitern, die beruflich hohen Schalldruckpegel von Niederfrequentem Schall+Infraschall+Vibrationen ausgesetzt sind. Castelo Branco NAA: "Im Grunde jedoch ist diese Beobachtung nicht überraschend, wenn man die Zeitdauer der täglichen Exposition des Bauern (ununterbrochen Tag und Nacht, kein Urlaub) mit der beruflichen Exposition der Arbeiter vergleicht (8 Stunden täglich, 5 Tage lang, Samstag und Sonntag frei, Urlaub)"

Lit.: 1) Supreme Court of Justice of Portugal. Decision No.2209/08.oTBTVD.L1.S1,30 May 2013 (In Portugiesisch)

2) Castelo Branco NAA, Alves-Pereira M, Martinho Pimenta A, Reis Ferreira J, Low Frequency Noise-Induced Pathology: Contributions Provided by the Portuguese Wind Turbine Case, EuroNoise 2015, Maastrich

3) Martinho Pimenta A, Castelo Branco MSN, Castelo Branco NAA, Balance disturbances in individuals with vibroacoustic disease, Aviat Space & Environ Med 70,1999

4) Martinho Pimenta A, Castelo Branco NAA, Epilepsy in vibroacoustic disease, Aviat Space & Environ Med 70,1999

5) GIMOGMA, Epilepsy of vascular etiology, a clinical picture of vibration disease?, Revist Port Medic Militar, 32,1984

*Anmerkungen (A.S.):

"Eine zweifelsfreie medizinische Klärung der Stürze des Bauern ist notwendig mit der Frage, ob es sich tatsächlich um eine spät einsetzende Epilepsie handelt, wie Castelo Branco NAA hier in diesem Fall, wie auch bei seinen früher publizierten Fällen annimmt oder ob es sich um Symptome einer schweren Schädigung des Innenohrs durch Infraschall handeln könnte wie sie Prof. Werner Roos (Zellphysiologie/Biotechnologie) in seinem sehr lesenswerten Artikel beschreibt (1)."

Lit.: 1) Roos W, Infraschall aus Windenergieanlagen - ein verkanntes Gesundheitsrisiko, Naturwissenschaftliche Rundschau, 7, 2019 und in <https://dsgs.info/INFO/Artikel/>

Dr. med. Albert Scheuer

Frankfurter Weg 2 – 35117 Münchhausen OT Niederasphe

**EINE AUSARBEITUNG ZUM THEMA:
Vibroakustische Erkrankungen**

4. Lärm und Schwerhörigkeit

Nach einem US Public Health Document 1990 ist die erhöhte Exposition von Lärm verantwortlich für den Gehörverlust von etwa der Hälfte der über 21 Millionen Amerikaner die darunter leiden (1). Mehr als 20 Millionen amerikanische Arbeiter sind routinemäßig Lärm-schallpegel ausgesetzt, die permanenten Gehörverlust verursachen können (1).

Lit.: 1) National Institutes of Health Consensus Report: Noise and Hearing Loss. Bethesda, MD: U.S. Department of Health and Human Services, National Institutes of Health; 1990

**EINE AUSARBEITUNG ZUM THEMA:
Vibroakustische Erkrankungen**

5. BBC News: Windfarm "tötet taiwanesishe Ziegen"

Ein Farmer einer abseits liegenden Insel des Penghu-Archipels erzählte 2009 der BBC, dass er mehr als 400 Ziegen verloren habe nachdem 8 riesige Windturbinen nahe seiner Ziegenweide installiert worden waren, die nächste Windturbine 40 m von seiner Weide entfernt. Seine Insel ist bekannt für ihren starken Wind.

Der Farmer erzählte er habe, bevor die Windturbinen installiert worden waren, ungefähr 700 Ziegen besessen. Kurz nachdem die Windturbinen installiert worden waren begannen die Ziegen zu sterben. "Die Ziegen fraßen nicht und wurden mager. Als ich eines Nachts aus dem Bauernhof ging standen die Ziegen alle aufrecht da. Sie schliefen nicht. Ich wusste nicht warum. Ich hätte sonst irgendetwas unternommen um das Sterben zu stoppen."

Ein Viehinspektor des Landwirtschaftsrates sagte: "Abnorme Geräusche können die Nahrungsaufnahme und das normale Gedeihen beeinträchtigen und Schlafstörungen der Ziegen verursachen." Ein Zusammenhang mit den Geräuschen der Windturbinen scheine ihm plausibel, da die Farm des Bauern von allen Farmen des Penghu-Archipels am nächsten zu Windturbinen liege - nur 40 m entfernt.

Der Landwirtschaftsrat erklärte er vermute, dass die Geräusche der Windturbinen das Sterben der Schafe durch Schlafmangel verursacht hätten.

Ein Sprecher der Gesellschaft der Windturbinen erklärte, der Tod der Ziegen müsse weiter untersucht werden, es sei aber zweifelhaft, dass die Ziegen durch den Schall der Windturbinen gestorben seien.

Der Farmer erzählte, die Windturbinengesellschaft habe ihm aber angeboten, einen Teil der Kosten des Baues eines neuen Farmhauses zu übernehmen, wenn er wegziehe und irgendwo anders ein Farmhaus baue. Er könne aber keine Entschädigung für die toten Ziegen von der Gesellschaft erhalten.

"Es ist schmerzhaft wegzuziehen, aber was soll ich machen. Ich kann nicht mit den Windturbinen weiterleben."

Lit.: BBC News, Windfarm "kills Taiwanese goats" 21.5.2009

Anmerkungen (A.S.): "Es häufen sich Fallberichte über Gesundheitsschäden von Haus- und Nutztieren in der Nähe von Windturbinen. Medizinische Fallberichte weisen auf den Verdacht eines Zusammenhangs hin, haben aber allein in der Regel keine wissenschaftliche oder juristische Beweiskraft. Aber schon allein mit den im 2. Artikel geschilderten Methoden der Tierärztlichen Fakultät der Universität Lissabon wäre ein Zusammenhang mit den Windrädern mit großer Wahrscheinlichkeit zu sichern gewesen:

1. Überführung einer ausreichenden Anzahl der abgemagerten Ziegen in eine entfernte Farm und Beobachtung ihres Verhaltens und ihrer weiteren Entwicklung (Expositionsmethode).

2. Überführung einer ausreichenden Anzahl gesunder Tiere aus einer entfernten Farm auf die Weiden des betroffenen Bauern und Beobachtung ihres Verhaltens und ihrer weiteren Entwicklung (Expositionsmethode).
3. Autopsie gestorbener Ziegen in einer Tierärztlichen Fakultät und wissenschaftliche Abklärung von Erkrankung und Todesursache.
4. In der Zwischenzeit sind zusätzlich neue Nachweismethoden entwickelt worden mit denen der Grad der Wahrscheinlichkeit des Zusammenhangs Ziegen-Windturbinen erheblich erhöht werden könnte.

**EINE AUSARBEITUNG ZUM THEMA:
Vibroakustische Erkrankungen**

6. Nachweis von gentoxischen Schäden durch niederfrequenten Schall und Infraschall im Blutplasma

Niederfrequenter Schall von 300 Hz bis 20 Hz und Infraschall von 20 Hz bis 0,1 Hz werden durch eine Vielzahl von Schallquellen verursacht, durch Transportfahrzeuge, Industriemaschinen, Kompressoren, Windenergieanlagen und Heiz-, Kühl- und Ventilationssysteme im Haushalt. Nach den Richtlinien der Weltgesundheitsorganisation (WHO) sind niederfrequenter Schall und Infraschall zu einem ernststen Umweltproblem geworden, das zu Krankheit und Tod führen kann (1).

Abweichend vom hörbaren Schall breitet sich niederfrequenter Schall und Infraschall über lange Distanzen aus und wird durch Mauern und Fenster von Gebäuden weniger gedämpft (2). Vasilyeva Irina N (2) schreibt, dass 15-20 minütige Exposition von niederfrequentem Schall mit einem Schalldruckpegel von 90-135 dB* mit Frequenzen bis zu 100 Hz zu ungewöhnlicher Müdigkeit, Irritierbarkeit, Kopfschmerzen, verstärktem Schwitzen, Schmerzen in der Herzgegend und Atembeschwerden führen. Vasilyeva IN (2) schreibt, dass längerdauernde Exposition mit niederfrequentem Schall mit einem Schalldruckpegel von 58-61 dB* zu übermäßigem Stress, Schlafstörungen, Vibroakustischer Erkrankung (3, 4) und Erkrankungen des Innenohrs, des Vestibular-Systems führt, was sich als Schwindel, Übelkeit und Nystagmus der Augen bemerkbar macht.

* dB=dBZ=nicht gewichteter, nicht mit Filter bewerteter Schall

Vasilyeva IN und Mitarbeiter haben bei Ratten nachgewiesen, dass niederfrequenter Schall und Infraschall einen massiven Zelluntergang durch Apoptose im tierischen Körper mit Schädigung des Erbguts (Genome, Chromosomen) verursachen kann. Der Nachweis von spezifischen Bruchstücken der geschädigten Genome als Marker einer Apoptose, sind durch eine Bestimmung von DNA-Bruchstücke mit niedrigem Molekulargewicht im Blutplasma möglich (2, 4). Die Blutuntersuchung weist auf eine Apoptose und ihr Ausmaß hin.

Apoptose ist die häufigste Form des Zelltods im Organismus. Die Apoptose ist eine Form des programmierten Zelltods einzelner Zellen (11). Die Apoptose kann von zellinternen Prozessen und von außen angeregt werden, etwa nach starker Schädigung der Genome z.B. durch Radioaktive Strahlen, Röntgenstrahlen (6, 7, 8, 9). Im Gegensatz zu dem anderen Mechanismus des Zelltods, der Nekrose, wird die Apoptose von der betreffenden Zelle selbst aktiv durchgeführt und ist Teil des normalen Stoffwechsels des Körpers. Die Apoptose gewährleistet, dass die betreffenden Zellen ohne Schädigung des Nachbargewebes zugrunde gehen (11).

Eine Apoptose der Zellen lässt sich mikroskopisch in Geweben nachweisen und bei Lebenden auch makroskopisch durch Magnetresonanztomographie (11).

Genombruchstücke, DNA-Bruchstücke, DNA-Fragmente treten ins Blutplasma über und lassen sich in einer bewährten, empfindlichen, relativ einfachen Methode der Gelelektrophorese im Blutplasma nachweisen. Der Nachweis der DNA-Fragmente im Blutplasma kann als ein

integrales Maß der Apoptose benutzt werden (2, 5, 6, 7, 8, 9). Der Plasmaspiegel der DNA-Bruchstücke korreliert mit der Schwere des apoptotischen Zelltods im Körper (5, 6, 9).

Der Nachweis von DNA-Bruchstücke im Blutplasma und anderen biologischen Flüssigkeiten wird als Marker für den Zelltod durch Apoptose in der klinischen Praxis und in wissenschaftlichen Untersuchungen verwendet.

DNA-Fragmente von besonders großer Bedeutung sind die dizentrischen Chromosomen. Dizentrische Chromosomen sind abnorme Chromosomen, die durch Fusion von 2 chromosomalen Fragmenten entstehen (11). Die Existenz von dizentrischen Chromosomen hat auch klinische Bedeutung bei Individuen mit einigen neurologischen und bösartigen Erkrankungen. Dizentrische Chromosomen im Blutplasma können als Biomarker zur Suche nach bestimmten Erkrankungen dienen. Genomschädigung durch DNA Fragmentation und dizentrische Chromosomen im Blutplasma werden z.B. durch radioaktive Strahlung in den Zellkernen erzeugt. Der Nachweis von dizentrischen Chromosomen im Blutplasma gilt als zuverlässiger biologischer Indikator für eine akute, nicht lange zurückliegende Exposition mit ionisierenden Strahlen (2, 5, 6).

DNA-Fragmente können mit einer Immunantwort und mit einer malignen Transformation von Körperzellen verbunden sein (11).

Methode:

Vasilyeva IN hat den Effekt von niederfrequentem Schall und Infraschall auf die Häufigkeit chromosomaler Schädigungen in Knochenmarkzellen und den Gehalt von DNA-Fragmenten mit niedrigem Molekulargewicht im Blutplasma von Ratten untersucht (2).

Ratten wurden während einer Expositionszeit von 17 Minuten einem Schalldruckpegel von 120 dB oder 150 dB in einem Frequenzbereich <250 Hz (Maximum im Bereich 2 Hz - 40 Hz) ausgesetzt.

Die Exposition einer Versuchsgruppe erfolgte einmalig und in einer zweiten Versuchsgruppe mehrfach (17 Minuten Exposition, 5mal pro Woche und 2 Tage Pause, 13 Wochen lang). Die Kontrollgruppen blieben unbehandelt.

Die chromosomalen Veränderungen in den Zellen des Knochenmarks der Ratten wurden lichtmikroskopisch bestimmt. Der Prozentsatz der chromosomalen Veränderungen in den Knochenmarkszellen und die Gesamthäufigkeit der chromosomalen Veränderungen wurden berechnet.

Die Spiegel von DNA-Fragmenten mit niedrigem Molekulargewicht im Blutplasma wurden nach einer erprobten Methode mit Gelelektrophorese bestimmt (5, 6, 7).

Ergebnis:

Knochenmarkszellen

Die Gesamthäufigkeit der chromosomalen Veränderungen in den Knochenmarkszellen stieg nach einmaliger Exposition mit niederfrequentem Schall und Infraschall mit einem Schalldruckpegel von 120 dB bzw. 150 dB um das 12 und 11 fache in den exponierten Gruppen im Vergleich mit den Kontrollgruppen. Das Spektrum der chromosomalen Fragmente der mit niederfrequentem Schall und Infraschall exponierten Gruppen unterschied sich erheblich und signifikant vom Spektrum der spontanen chromosomalen Fragmente der Kontrollgruppen.

Auffällig war, dass sich die Gesamthäufigkeiten der chromosomalen Veränderungen und ihr Spektrum in den Gruppen mit 120 dB- und 150 dB-Exposition nicht signifikant unterschieden.

Blutplasma

Nach einmaliger Exposition mit 120 dB und mit 150 dB war der Blutplasmaspiegel um das 7,7 und 7,6 fache in beiden Gruppen erhöht. 7 Tagen nach einer Einzelexposition mit niederfrequentem Schall und Infraschall von 120 dB oder 150 dB war der Spiegel von DNA-Fragmenten

mit niedrigem Molekulargewicht im Blutplasma noch um das 4,8 und 2,1 fache in beiden Gruppen signifikant erhöht.

Wiederholte Exposition der Ratten mit niederfrequentem Schall und Infraschall mit 120 dB und 150 dB, 5 mal pro Woche, 13 Wochen lang erhöhten den Spiegel von DNA-Fragmenten mit niedrigem Molekulargewicht im Blutplasma um das 36,4 fache und 22,4 fache gegenüber den Kontrollgruppen. Das beweist, ein Anhalten und eine Verstärkung der zellulären Apoptose als Ergebnis der wiederholten Wirkung von niederfrequentem Schall und Infraschall.

Diskussion:

Die Untersuchung belegt einen Effekt von niederfrequentem Schall auf das Genom der Zellen. Vasilyeva IN zeigt den Effekt von niederfrequentem Schall und Infraschall mit hohen Schalldruckpegeln auf das Genom von Zellen im Körper durch einen mehr als 10 fachen Anstieg der Veränderungen von Chromosomen im Knochenmark von Ratten gegenüber den spontanen Veränderungen der Kontrolltiere. Das beweist, dass niederfrequenter Schall und Infraschall die Doppelhelix der DNA im Zellkern aufbrechen können (1). Und dieser Effekt ist nach einmaliger Exposition durch stark erhöhte DNA-Fragmente des Genoms länger als 7 Tage im Blutplasma nachweisbar.

Die Untersuchung zeigt, dass der Blutplasmaspiegel nach 7 Tagen noch erhöht ist, obwohl DNA-Fragmente schnell aus dem Körper entfernt werden. Daraus kann geschlossen werden, dass der apoptotische Zelltod nach der Exposition mit niederfrequentem Schall noch einige Zeit anhält.

Einflüsse auf das Erbgut können neben dem Zelluntergang durch Apoptose auch bleibende chromosomale Veränderungen bewirken, welche zu behinderter Fertilität, Krebs und Erbkrankheiten führen können. Vasilyeva IN hat 2001 nachgewiesen, dass ionisierende Strahlen die Häufigkeit von chromosomalen Veränderungen im Knochenmark stark erhöhen (6) und 2011, dass niederfrequenter Schall und Infraschall die Häufigkeit von chromosomalen Veränderungen im Knochenmark stark erhöhen (5). Beides ist auch nachweisbar durch den stark erhöhten Gehalt von DNA-Bruchstücken mit niedrigem Molekulargewicht im Blutplasma.

Vasilyeva IN und Bepalov G haben gezeigt, dass eine Ganzkörperbestrahlung von Ratten mit einer Dosis ionisierender Strahlen von 2 GY die Häufigkeit von chromosomalen Veränderungen im Knochenmark um mehr als das 10 fache gegenüber Kontrollgruppen steigert (8). Es ist zulässig zu vermuten, dass ein schädlicher Effekt in der gleichen Größenordnung durch niederfrequenten Schall und Infraschall auf die Genome der Knochenmarkzellen von Ratten mit dem der ionisierenden Strahlen vergleichbar ist.

Es ist bekannt, dass der Langzeiteffekt ionisierender Strahlen ein erhöhtes Risiko von Leukämien und anderen malignen Erkrankungen beinhaltet. Es ist zulässig zu vermuten, dass auch die Exposition mit niederfrequentem Schall und Infraschall eine krebserzeugende Wirkung haben kann. Das potentielle Risiko des Langzeiteffekts kann durch Tierversuche (und durch epidemiologische Studien bei Menschen - „ethisch vertretbar?“) durch Messung der DNA-Fragmente im Blutplasma geklärt werden.

Die Schalldruckpegel von 120 dB und 150 dB im Versuch von Vasilyeva IN bei einer Expositionsdauer von 17 Minuten sind weit höher als die normale Exposition des Menschen in der Umwelt.

Aber der Effekt auf das Genom weist auf das Risiko gentoxischer Schädigungen für Mensch und Tier hin, wenn niedrigere Schalldruckpegel von niederfrequentem Schall und Infraschall über lange Zeit (Jahre und Jahrzehnte) wirken. Vasilyeva IN vermutet, dass der Zelltod durch Apoptose in Lunge und Blut die Hauptursache der erhöhten Blutpiegel von DNA-Fragmenten ist. Es ist mangels Spezifität zur Zeit noch nicht möglich, das betroffene Organ durch

Bestimmung von organspezifischen Markern zu identifizieren.

Es ist zulässig zu vermuten, dass die lange Exposition mit niederfrequentem Schall und Infraschall ab einer noch nicht bekannten minimalen Intensität eine krebserzeugende Wirkung hat. Insbesondere, nachdem schon Castelo Branco NAA den Verdacht vermehrter Tumorfrequenz bei Patienten mit vibroakustischer Erkrankung bei mit Lärm und Vibration exponierten Arbeitern der Luftfahrtindustrie und von Dysplasien und Metaplasien in Schleimhäuten der Luftröhre von Tieren nach Exposition mit niederfrequentem Schall und Infraschall + Vibrationen veröffentlicht hat (3, 4, 10).

Anmerkung A.S:

1. Die Untersuchungen von Vasilyeva IN zeigen, wie schon die Untersuchungen von Castelo Branco NAA (3, 4, 10), dass niederfrequenter Schall mit hohem Schalldruckpegel einen genschädigenden Effekt hat, was sich im erhöhten apoptotischen Zelltod und erhöhtem Blutspiegel von DNA-Fragmenten zeigt. Der Effekt wird von Vasilyeva IN mit dem Effekt ionisierender Strahlen verglichen.

Es ist deshalb beim gegenwärtigen wissenschaftlichen Erkenntnisstand nicht korrekt, niederfrequenten Schall und Infraschall als gesundheitlich harmlos zu bezeichnen (2, 3, 4, 10).

2. Die relativ einfache Nachweismethode der DNA-Fragmente als Marker für Genomschädigung im Blutplasma durch Gelelektrophorese hat sich in der medizinischen Diagnostik und Forschung bewährt. Er wird zum Nachweis einer Exposition mit ionisierenden Strahlen routinemäßig angewandt.

3. Was bedeutet das für die Einwohner und Tiere in Niederasphe?

a) Es wird nach Installation der Windturbinen am Wasserbehälter Niederasphe mit hoher Wahrscheinlichkeit möglich sein, bei Nutztieren mit längerer Exposition in der Nähe und jeder Entfernung von den Windturbinen innerhalb der 1.000 m Grenze eine eventuelle Genschädigung durch Blutabnahme und Bestimmung der DNA-Fragmente durch spezialisierte Laborinstitute zu veranlassen.

b) Es wird nach dem Bau der Windturbinen am Wasserbehälter Niederasphe mit hoher Wahrscheinlichkeit möglich sein, bei jedem Einwohner von Niederasphe, ob er gesundheitliche Beschwerden hat oder keine, eine potentielle Genschädigung durch Blutabnahme und eine Bestimmung der DNA-Fragmente durch spezialisierte Laborinstitute zu veranlassen, wie das heute auch zur Untersuchung einer Exposition mit ionisierenden Strahlen möglich ist.

Lit.: 1) International Classification of Disease, ICD-10 Version, WHO, 2016

<https://apps.who.int/classifications/apps/icd/icd10online2003/fr-icd.htm?gw20htm+>

2) Vasilyeva IN, Bepalov VG, Semenov AL, Baranenko DA, Zinkin VN, The Effects of Low-Frequency Noise on Rats: Evidence of Chromosomal Aberrations in the Bone Marrow Cells and the Release of Low-Molecular-Weight DNA in the Blood Plasma, Noise&Health 19, 2017

<http://www.noiseandhealth.org/text.asp?2017/19/87/79/204625>

3) Castelo Branco NAA, Alves Pereira M, Vibroacoustic disease, Noise&Health 6, 2004

4) Scheuer A, Infraschall Vibroakustische Erkrankung Veröffentlichung, 27.10.2019 <https://www.dsgrs.info/INFO/Artikel/>

5) Vasilyeva IN, Zinkin VN, The impact of low-frequency noise on the content of low-molecular-weight DNA of blood plasma, J Nucl Acid Investig 2 (Suppl 1), 2011

6) Vasilyeva IN, Low-molecular-weight DNA in blood plasma as an index of the influence of the influence of ionizing radiation, Ann N Y Acad Sci, 995, 2001

7) Vasilyeva IN, Bepalov V, Baranov A, Radioprotective combination of Alpha-Tocopherol and Ascorbic acid promotes apoptosis that is evident by release of low molecular weight fragments into circulation, Int J Radiat Biol 91, 2015

8) Vasilyeva IN, Bepalov V, Baranenko DA, Radioprotective and Apoptotic Properties of a Combination of Alpha-Tocopherol Acetate and Ascorbic Acid, Bull Exp Biol Med, 161, 2016

9) Bepalov VG, Semenov AL, Aleksandrov VA, Kovan'ko EG, Ivanov SD, Anticarcinogenic activity of alphasulfamonomethylornithine, ginseng, eleutherococcus and leuza on radiation-induced carcinogenesis in female rats, Int J Radiat Biol, 90, 2014

10) Reis Ferreira JM, Mendes CP, Alves-Pereira M, Castelo Branco NAA, Respiratory squamous cell carcinomas in vibroacoustic disease, Rev Portug Pulmonol 5, 2006

11) Wikipedia: Apoptose, Apoptotic DNA fragmentation, Dicentric chromosome

Anmerkung A.S.:

1. Eine fundierte, durch wissenschaftliche Untersuchungen belegte Kritik an den Untersuchungen von Vasilyeva IN und Castelo Branco NAA bin ich u.U. bereit zu veröffentlichen.

2. Für die Benachrichtigung von meinen eigenen Fehlern in diesem Referat bin ich dankbar. Ich werde sie korrigieren.

**EINE AUSARBEITUNG ZUM THEMA:
Vibroakustische Erkrankungen**

7. Infraschall mit hohem Schalldruckpegel verursacht einen apoptotischen Zelltod der Muskelzellen des Herzens

Die Apoptose hat eine Schlüsselrolle bei einigen Herzkrankheiten. Der zellulär regulierte Abbau von Herzmuskelzellen durch apoptotischen Zelluntergang wurde u.a. bei terminalem Herzversagen, diabetischer Herzerkrankung und beim alternden Herzen beobachtet (1, 2). Ein apoptotischer Zelltod kann durch verschiedene interne und externe Stressoren aktiviert werden.

Pei ZH und Mitarbeitende untersuchten die Wirkung eines hohen Schalldruckpegels von Infraschall auf die Funktion, die zelluläre Struktur und intrazelluläre Calciumkonzentration von Herzmuskelzellen von Ratten (3).

Versuch: Gruppen von Ratten wurden 1, 7, 14 Tage 2 Stunden täglich einem Infraschall von 5 Hz mit einem hohen Schalldruckpegel von 130 dB ausgesetzt und mit einer Kontrollgruppe verglichen (3).

Ergebnis: Zeitabhängig beeinflusste der hohe Schalldruckpegel von Infraschall die Funktion des Herzens und verursachte Schäden von zellulären Strukturen der Herzmuskelzellen.

Pei ZH und Mitarbeitende untersuchten die Wirkung eines hohen Schalldruckpegels von Infraschall auf die Apoptose und ihre Regulation in Zellkulturen von Herzmuskelzellen von Ratten (4).

Versuch: Zellkulturen von Herzmuskelzellen neugeborener Ratten wurden einem Infraschall von 5 Hz mit einem hohen Schalldruckpegel von 130 dB ausgesetzt. Es wurde das Ausmaß der Apoptose bestimmt und die Aktivität einer Reihe von Proteinen, die mit der Regulation der Apoptose verbunden sind (4).

Ergebnis:

1. Zeitabhängig verursacht ein hoher Schalldruckpegel von Infraschall einen apoptotischen Zelltod der Herzmuskelzellen der Zellkultur.
2. Die Aktivität einiger proapoptotischer Proteine war erhöht.
3. Die Aktivität einiger antiapoptotischer Proteine war erniedrigt.

Folgerung: Infraschall von 5 Hz mit einem hohen Schalldruckpegel von 130 dB kann einen apoptotischen Zelltod von Herzmuskelzellen verursachen, mit Beeinflussung der zellulären proapoptotischen und antiapoptotischen Proteinen.

Anmerkung A.S.

Pei ZH und Mitarbeitende bestätigen medizinischen Befund, dass der apoptotische Zelltod bei schweren Herzerkrankungen von pathophysiologischer Bedeutung ist (1, 2). Sie bestätigen und

ergänzen die Ausführungen von Alves-Pereira M über die Wirkung hoher Infrasschallpegel auf das Herz (5).

Lit.: 1) Bernecker OY, Huq F, Heist EK, Podesser BK, Hajjar RJ, Apoptosis in heart failure and the senescent heart, Cardiovascular Toxicology, 2003

2) Lee Y, Gustafsson AB, Role of apoptosis in cardiovascular disease, Apoptosis, 2009

3) Pei ZH, Sang H, Li R, Xiao P, He J, Zhuang Z, Zhu M, Chen J, Ma H, Infrasound-induced hemodynamics, ultrastructure, and molecular changes in rat myocardium, Environmental Toxicology, 2007

4) Pei ZH, Chen BY, Tie Ru, Zhang HF, Infrasound Exposure Induces Apoptosis of Rat Cardiac Myocytes by Regulating the Expression of Apoptosis-Related Proteins, Cardiovascular Toxicology, 2011

5) Alves-Pereira M, Raplay B, Bakker H, Summers Rachel, Acoustic and Biological Structures, intechOpen, 2019

Anmerkung A.S.:

1. Eine durch wissenschaftliche Untersuchungen belegte Kritik an den Untersuchungen der zitierten Autoren bin ich u.U. bereit zu veröffentlichen.

2. Für die Benachrichtigung von meinen eigenen Fehlern in diesem Referat bin ich dankbar. Ich werde sie korrigieren.

**EINE AUSARBEITUNG ZUM THEMA:
Vibroakustische Erkrankungen**

8. Infraschall mit niedrigem Schalldruckpegel hemmt das stimulierte Wachstum der Bindegewebszellen des Herzens

Es ist bekannt, dass hohe Schalldruckpegel von Infraschall schädlich für die Herzmuskelzellen von Mensch und Tier sind (1).

Es ist gesichert, dass der apoptotische Zelltod von Herzmuskelzellen bei schweren Herzerkrankungen von pathophysiologischer Bedeutung ist (2, 3).

Im Endstadium des Herzversagens durch Hypertonie, koronarer Herzerkrankung und Alterung des Herzens ist eine Bindegewebsvermehrung (Fibrose) durch die Bindegewebszellen (Fibroblasten) des Herzens ein zentraler Prozess (4). Das Herz reagiert auf verschiedene Schädigungen mit einer Bindegewebsvermehrung (4).

Pei ZH und Mitarbeitende hatten nachgewiesen, dass Infraschall von 5 Hz und einem hohen Schalldruckpegel von 130 dB einen regulierten Zelltod (Apoptose) mit Regulation der pro- und antiapoptischen Proteinen in Herzmuskelzellen der Ratte bewirkt (5, 6).

Wei J, Pei ZH und Mitarbeitende haben dann untersucht, wie niedrige Schalldruckpegel von Infraschall sich auf das Wachstum von Bindegewebszellen (Fibroblasten) des Rattenherzens und ihre Produktion von Bindegewebe (Fibrose) in Zellkulturen auswirken (7).

Methode: Das Wachstum von Bindegewebszellen des Herzens neugeborener Ratten wurde in Zellkulturen am 1., 2., 3.Tag je 2 Stunden lang mit Infraschall zwischen 4 und 20 Hz mit einem Schallintensitätspegel von 79-86 dB beschallt. Das Wachstum der Bindegewebszellen wurde mit dem Wachstumsfaktor Angiotensin II stimuliert, die Kontrollgruppen wurden nicht stimuliert. Das Wachstum der Bindegewebszellen und die Produktion von Bindegewebe der Gruppen mit und ohne Wachstumsfaktor wurden gemessen.

Ergebnis: Das durch Angiotensin II stimulierte Wachstum der Bindegewebszellen (Fibroblasten) des Rattenherzens in Zellkulturen und die Produktion von Bindegewebe wurden signifikant gehemmt.

Diskussion: Pei ZH und Mitarbeitende zeigten, dass niedrige kurzzeitige Schalldruckpegel von Infraschall das Wachstum und die Bindegewebsproduktion der Bindegewebszellen im Herzen hemmen können.

Pei ZH und Mitarbeitende spekulieren, ob Infraschall zwischen 4 und 20 Hz mit niedrigem Schalldruckpegel und kurzer Einwirkdauer eine positive, physikalische, mechanische Wirkung auf die Bindegewebszellen des Herzens ohne Störung der Zellstruktur haben könne.

Anmerkung A.S.:

Die Untersuchungen von Pei ZH und Mitarbeitenden zeigen, wie problematisch der Vergleich von Studien über die Wirkung von Infraschall mit Unterschieden der Frequenz, des Schallintensitätspegels, des Zeitprofils, der Expositionsdauer, den Messmethoden und anderen Variablen bei Mensch und Tier ist (4, 5). Viele Variablen von niederfrequentem Schall + Infraschall beeinflussen die potentielle Schädlichkeit und Unschädlichkeit.

Es ist wahrscheinlich, dass zunehmend ausreichend Marker im Blut und Untersuchungsmethoden entwickelt werden, mit denen ein kausaler Zusammenhang von niederfrequentem Schall + Infraschall, dem Frequenzmuster (Signatur) der Schallquelle und gesundheitlichen Schäden ausreichend sicher aufgezeigt werden können.

Lit.:

- 1) Alves-Pereira M, Raplay B, Bakker H, Summers Rachel, Acoustic and Biological Structures, intechOpen, 2019
- 2) Bernecker OY, Huq F, Heist EK, Podesser BK, Hajjar RJ, Apoptosis in heart failure and the senescent heart, Cardiovascular Toxicology, 2003
- 3) Lee Y, Gustafsson AB, Role of apoptosis in cardiovascular disease, Apoptosis, 2009
- 4) Heymans S. and Diez J, Searching for new mechanism of myocardial fibrosis with diagnostic and /or therapeutic potential, Europ J Heart Failure, 2015
- 5) Pei ZH, Chen BY, Tie Ru, Zhang HF, Infrasound Exposure Induces Apoptosis of Rat Cardiac Myocytes by Regulating the Expression of Apoptosis-Related Proteins, Cardiovascular Toxicology, 2011
- 6) Pei ZH, Sang H, Li R, Xiao P, He J, Zhuang Z, Zhu M, ChenJ, Ma H, Infrasound-induced hemodynamics, ultrastructure, and molecular changes in rat myocardium, Environmental Toxicology, 2007
- 7) Wei J, Deng QQ, Chen BY, Lu ZX, Li Q, Zhao HZ, Chang P, Yu J, Pei ZH, Inhibitory Effects of Low Decibel Infrasound on the Cardiac Fibroblasts and the Involved Mechanism, Noise&Health, 2017

Anmerkung A.S.:

1. Eine durch wissenschaftliche Untersuchungen belegte Kritik an den Untersuchungen der zitierten Autoren bin ich u.U. bereit zu veröffentlichen.

2. Für die Benachrichtigung von meinen eigenen Fehlern in diesem Referat bin ich dankbar. Ich werde sie korrigieren.

**EINE AUSARBEITUNG ZUM THEMA:
Vibroakustische Erkrankungen**

9. Erhöhter Austausch von Schwesterchromatiden in Lymphozyten des Blutes durch niederfrequenten Schall + Infraschall + Vibrationen

Erstmalig haben Silva MJ, Castelo Branco NAA und Mitarbeitende 1999 auf die Möglichkeiten gentoxischer Schäden durch hohe Schalldruckpegel von niederfrequentem Schall + Infraschall + Vibrationen bei Menschen und Tieren hinweisen (1, 2, 3). Ausgangspunkt der Untersuchung des Betriebsarztes Castelo Branco NAA und Mitarbeitende war ihre Beobachtung, dass sich bei Arbeitenden in der Luftfahrtindustrie, die langjährig hohen Schalldruckpegeln >90 dB mit hohem Anteil von niederfrequentem Schall <500 Hz + Infraschall <20 Hz + Ganzkörpervibration ausgesetzt waren gehäufte Hinweise auf bösartige Tumoren, Infektionen des Mund-Rachenraums, der Bronchien und der Haut, Autoimmunerkrankungen (Lupus Erythematoses, Vitiligo), Missbildungen bei neugeborenen Tieren sowie Entwicklungsstörungen bei Jungtieren zeigten (4, 5).

Auffällig war auch, wie Castelo Branco NAA durch seine mikroskopischen Untersuchungen geschädigten organischen Gewebes immer wieder feststellte, dass die geweblichen Veränderungen als Folge der Schädigungen durch niederfrequenten Schall + Infraschall + Vibrationen (Zellschädigungen, Bindegewebsvermehrung) ohne begleitende Entzündungszeichen waren (4, 5, 6).

Die Arbeitshypothese von Castelo Branco NAA war, dass die Kombination von hohen Schalldruckpegeln von niederfrequentem Schall + Infraschall + Vibrationen einen schädlichen Effekt auf das Immunsystem bzw. sogar einen gentoxischen Effekt haben könnte. Gentoxizität ist die reversible oder irreversible Schädigung des Erbgutes (DNA) durch chemische oder physikalische Einflüsse. Irreversible Veränderungen an der DNA können kanzerogen (krebsauslösend), teratogen (fruchtschädigend) und mutagen (vererbbar) sein.

Der Austausch von Schwesterchromatiden in einer kernhaltigen Zelle ist das Ergebnis von Reparaturmechanismen durch homologe Rekombination von 2 DNA-Teilstücken nach DNA-Brüchen. Ein Austausch von Schwesterchromatiden, z.B. in den Lymphozyten des Knochenmarks und Blutes, entsteht durch Reparaturmechanismen mit 2 identischen Schwesterchromatiden geschädigter Chromosomen. Ein Austausch von Schwesterchromatiden tritt auch bei gesunden Zellen im normalen Stoffwechsel auf. Ein Anstieg der normalen Häufigkeit des Austauschs von Schwesterchromatiden kann auf eine verstärkte DNA-Schädigung mit Anstieg der Reparaturmechanismen hinweisen z.B. nach Einwirkung chemischer Substanzen oder physikalischer Energie. Ein erhöhter Austausch von Schwesterchromatiden wird als ein sensibler Indikator einer Instabilität von Genomen betrachtet (7, 8).

Eine seltene Erbkrankheit, das Bloom's Syndrom, mit hoher Rate von Chromosomenbrüchen und teilweise bis 10-fach erhöhtem Austausch von Schwesterchromatiden, auch in den Lymphozyten des Blutes, ist durch erhöhte Krebshäufigkeit, Schwäche des Immunsystems mit gehäuften Infekten besonders der Bronchien und Lunge, vorgeburtlichen und nachgeburtlichen Wachstumsstörungen, Missbildungen, Infertilität und Pigmentstörungen gekennzeichnet (7, 8).

Auffallend ist, dass Castelo Branco NAA bei seinen untersuchten Arbeitenden in der Flugzeugindustrie, die Jahre und Jahrzehnte hohem Schalldruckpegel mit niederfrequentem Schall + Infraschall + Vibrationen ausgesetzt waren, eine etwas ähnliche Erkrankungskombination beschrieben hat. Das kann zufällig sein aber auch nicht.

Methode: Silva MJ, Castelo Branco NAA und Mitarbeitende untersuchten den Effekt von berufsbedingtem niederfrequentem Schall + Infraschall mit hohem Schalldruckpegel + Vibrationen auf den Austausch von Schwesterchromatiden der Lymphozyten, kernhaltige Zellen des lymphatischen Systems mit zentraler Funktion in der Immunabwehr im Blut (8). Lymphozyten können Antikörper gegen Krankheitserreger produzieren, Viren bekämpfen und auch Krebszellen vernichten.

Untersuchung 1: Silva MJ, Castelo Branco NAA und Mitarbeitende verglichen den prozentualen Anteil des Austauschs von Schwesterchromatiden in den Lymphozyten des Blutes von Beschäftigten in Fabriken der Luftfahrtindustrie mit Exposition von hohen Schalldruckpegeln von niederfrequentem Schall <500 Hz + Infraschall <20 Hz + Ganzkörpervibrationen mit dem von nicht exponierten Kontrollpersonen in Büros.

Die Lymphozyten des Blutes von 50 Arbeitern, die verschiedene Tätigkeiten mit beruflicher Exposition mit starkem Schall und Vibration ausgesetzt waren (Techniker und Hubschrauberpiloten), wurden mit den Lymphozyten von 34 Büroarbeitern als Kontrollen verglichen. Das Testprinzip beruhte auf einer unterschiedlichen Anfärbung von homologen Schwesterchromatiden eines Chromosoms in Blutausstrichen. Die Auswertung des Tests geschah lichtmikroskopisch nach Anfärbung von Lymphozyten des Blutes durch Zählung des Anteils des Austauschs von Schwesterchromatiden in den Lymphozyten.

Ergebnis: Es wurde ein hochsignifikanter Anstieg des Austauschs von Schwesterchromatiden bei denen gefunden, die beruflich hohem Schalldruckpegel von niederfrequentem Schall <500 Hz + Infraschall <20 Hz + Vibrationen ausgesetzt sind gegenüber den Kontrollpersonen aus Büros.

Diskussion: Die langfristig erhöhte Austauschrate von Schwesterchromatiden könnte die erhöhte Häufigkeit von Tumoren, Infektanfälligkeit und Autoimmunerkrankungen erklären.

Methodenkritik: Bei den untersuchten Arbeitern wirkten neben niederfrequentem Schall +

Infraschall + Ganzkörpervibrationen auch Schadstoffe der Luft am Arbeitsplatz und Stress bei der Arbeit als Co-Faktoren mit.

Untersuchung 2: Die Lymphozyten von 9 Alpha Jet Aircraft-Piloten, die berufliche der Exposition mit niederfrequentem Schall und Vibration ausgesetzt sind, wurden mit 10 Kontrollpersonen des Luftwaffenstützpunkts am Boden verglichen.

Ergebnis: Es zeigte sich eine signifikante Erhöhung des Austauschs von Schwesterchromatiden der Piloten gegenüber den Kontrollpersonen der Basis des Luftwaffenstützpunkts.

Methodenkritik: Auch bei den Luftwaffenpiloten können noch andere schädigende Co-Faktoren mitbeteiligt sein.

Untersuchung 3: In Tierversuchen wurde nachgewiesen, dass die gleichzeitige Einwirkung niederfrequentem Schall + Vibrationen 300 und 600 Stunden lang eine höhere Frequenz des Austauschs von Schwesterchromatiden von Milzzellen der Maus bewirkt als Kontrolltiere, niederfrequenter Schall allein nicht.

Lit.:

- 1) Silva MJ, Carothers A, Castelo Blanco NAA, Dias A, Boavida MG, Sister chromatid exchange analysis in workers exposed to noise and vibration, Aviat Space Environ Med, 1999
- 2) Silva MJ, Carothers A, Castelo Blanco NAA, Dias A, Boavida MG, Increased levels of sister chromatid exchanges in military aircraft pilots, Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 1999
- 3) Silva MJ, Dias A, Barreta A, Nogueira PJ, Castelo Branco NAA Boavida MG, Low frequency noise and whole body vibration cause increased levels of sister chromatid exchange in splenocytes of exposed mice, Teratogenesis, Carcinogenesis and Mutagenesis, 2002
- 4) Castelo Branco NAA, Alves-Pereira M, Vibroacoustic disease, Noise & Health, 6, 2004
- 5) Castelo Branco NAA, Alves-Pereira M, Vibroacoustic disease - A Review, Revista Lusofona de Ciencias e Tecnologias da Saude, 2010
- 6) Ferreira J R, Mendes CP, Alves-Pereira M, Castelo Branco NAA, Respiratory squamous cell carcinomas in vibroacoustic disease, Rev Port De Pulmol, 2006
- 7) Amor-Gueret M, Bloom's syndrome, Orphanet Encyclopedia, 2004
- 8) van Wietmarschen N, Landsdorp PM, Bromodeoxyuridine does not contribute to sister chromatid exchange events in normal or Bloom syndrome cells, Nucleic Acids Research, 2016 Wikipedia, Schwesterchromatidaustausch

Anmerkung A.S.:

- 1. Eine fundierte, durch wissenschaftliche Untersuchungen belegte Kritik an den Untersuchungen der zitierten Autoren bin ich u.U. bereit zu veröffentlichen.**
- 2. Für die Benachrichtigung von meinen eigenen Fehlern in diesem Referat bin ich dankbar. Ich werde sie korrigieren.**

**EINE AUSARBEITUNG ZUM THEMA:
Vibroakustische Erkrankungen**

10. Nachweis einer Apoptose im Blutserum und Knochenmark

Die Apoptose hat entscheidende Bedeutung in der embryonalen Organentwicklung, in der Wachstumsphase von Mensch und Tier, dem Organumbau im Erwachsenenalter und weiterhin in der Regulation der Immunantwort. Eine Störung der Apoptose kann sowohl bei Immunschwäche, Tumorentstehung und bei Autoimmunkrankheiten bedeutsam sein. Eine wichtige Rolle spielt die Apoptose bei der Ausschaltung von mutierten Zellen und Tumorzellen (1, 2, 3, 4).

Der programmierte Zelltod oder Apoptose ist charakterisiert durch bestimmte Zellveränderungen und biochemische Regulationsmechanismen bei vielen normalen und krankhaften Vorgängen im Körper von Mensch und Tier. Eine verstärkte Apoptose kann auch durch äußere Faktoren wie Hitze, UV-Strahlen, Röntgenstrahlen und niederfrequente Schall + Infraschall verursacht werden (7, 8).

Ob eine Zelle in einem biologischen Gewebe nach externer Einwirkung (Stresssignal) überlebt, nekrotisch wird oder in Apoptose übergeht, hängt vom Ausmaß des Stresses ab. Milder Stress aktiviert Stressantworten (z.B. Reparaturmechanismen) die die Zelle überleben lassen; mittlerer Stress aktiviert die Mechanismen der Apoptose; extrem hoher Stress kann das Apoptoseprogramm überfordern und zur Nekrose der Zelle führen (1).

Die Einwirkung geringer Dosen gentoxischer Umwelteinflüsse kann zur Destabilisierung des Genoms führen, die aber in der Regel durch zelluläre Reparaturmechanismen beseitigt werden. Nach schweren, irreparablen DNA-Schäden ist der gesteuerte Zelltod durch Apoptose die wichtigste Möglichkeit, um die Fixierung von Gendefekten zu verhindern. Werden irreparabel geschädigte Zellen durch Apoptose nicht beseitigt oder erfolgt die Reparatur nur unvollständig oder fehlerhaft dann entstehen chromosomale Veränderungen im Genom, Mutationen, die zu Krebs führen können.

Langjährig wirkende exogene Stressoren mit chronischem Zelltod durch Apoptose begünstigen die Tumorentstehung. Je mehr Zellen durch Apoptose absterben, desto stärker müssen sich die Zellen teilen, desto mehr potentielle Krebszellen häufen sich an, desto größer ist das Risiko der Krebsentstehung.

Wie Müller W an einem Beispiel darstellt, kann eine exogene Einwirkung auf den Organismus mit steigender Dosis bzw. zunehmender Wirkdauer auch von einer positiven in eine schädliche Wirkung umschlagen: Die UV-B-Strahlung (315-280nm) der Sonne hat eine positive Wirkung: Ohne UV-Strahlen kann kein Vitamin D in der Haut produziert werden. Darüber hinaus kann eine kurzzeitige hohe Intensität von UV-Strahlen negativ zu Sonnenbrand und eine langjährige Expositionsdauer negativ zu Hautkrebs führen (2). Einer der Schlüsselmechanismen ist wahrscheinlich die Apoptose. Die Bauersfrauen früherer Generationen, die auch bei praller Sonne auf dem Feld arbeiten mussten, bekamen früh eine Altershaut und spät im Leben gehäuft bösartige Hauttumore.

In der internationalen und deutschen Forschung wird intensiv und erfolgreich an der Aufklärung der komplexen Regelung der Apoptose gearbeitet (7, 8, 9).

Es gibt viele verschiedene Standardmethoden zum Nachweis einer Apoptose und zahlreiche

wissenschaftliche Methoden zur Untersuchung der Mechanismen, die bei der Apoptose beteiligt sind.

Einfache Methoden:

Silva MJ, Castelo Branco NAA und Mitarbeitende haben nachgewiesen, dass niederfrequenter Schall + Infraschall + Vibrationen zu einem erhöhten Austausch von Schwesterchromatiden bei Menschen und Tieren führt, einem Indikator von Genomschäden. In den Blutaussstrichen wurden weiterhin histologisch nachweisbar zu R Zellschrumpfung, reduziertem DNA-Gehalt (Zellkern) von kernhaltigen Lymphozyten, Kondensation der Chromosomen des Zellkerns von Lymphozyten und Zerfall des Zellkerns von Lymphozyten gefunden (2).

Antunes E und Mitarbeitende haben am Rattenherzen nachgewiesen, dass niederfrequenter Schall + Infraschall nach 3 Monaten Exposition zu einer starken, signifikanten Abnahme des Verhältnisses Connexin 43/Herzmuskulatur und zu einer Bindegewebsvermehrung im Herzen führt. Connexine, Proteine die im Dienst des Signalaustauschs zwischen benachbarten Zellen stehen, spielen eine wichtige Rolle in der Leitung elektrischer Impulse zwischen den Herzmuskelzellen und beim Entstehen von Unregelmäßigkeiten des Herzschlags (10). Veränderungen von Connexin 43 und die Anhäufung von Bindegewebe ist bei der Entwicklung von Unregelmäßigkeiten des Herzschlags bei verschiedenen schweren Herzkrankheiten mitbeteiligt (10). Antunes E: "Low-frequency noise induces modifications on cardiac Cx43 in rats. The Cx43 reduction observed in our study suggests that Low-frequency noise (LFN) may induce an arrhythmic substrate and opens a new investigational area concerning the effect of LNF on the heart" (10).

Vasilyeva Irina hat nachgewiesen, dass Infraschall mit hohem Schalldruckpegel einen deutlichen Anstieg des regulierten Zelltodes der Apoptose in Knochenmarkzellen von Tieren bewirkt und entstehende DNA-Fragmente unterschiedlicher Art quantitativ im Blutplasma nachgewiesen werden können (7, 8).

Vasilyeva IN schreibt ionisierenden Strahlen und niederfrequentem Schall einen direkten, schädlichen Effekt auf Chromosomen (DNA) zu. Sie konnte 2017 bereits am DNA-Fragmentmuster in der Gelelektrophorese unterscheiden, ob eine Apoptose durch ionisierende Strahlen oder Infraschall verursacht wurde (8). Nachweis und quantitative Bestimmung von Bruchstücken der Chromosomen im Blut erfolgte mit Gelelektrophorese ("DNA-Leiter") (5, 6).

Der Nachweis und die quantitative Bestimmung von Biomarkern in Blutproben bei unterschiedlichen krankhaften Zustände bei Mensch und Tier sind immer von großem Interesse, weil es ein früher, leicht zugängiger, wichtiger Hinweis für Nachweis und Prognose einer gesundheitlichen Schädigung ist. Immunologische Bestimmungsmethoden für einzelne Proteine oder eine Vielzahl von Proteinen zusammen, die bei der Regulation des apoptotischen Zelltods von Bedeutung sind, wurden entwickelt. Mit käuflichen Test-Kits ist es möglich, eine Apoptose sicher nachzuweisen und Untersuchungen einer Dosisabhängigkeit, einer Zeitabhängigkeit oder Frequenzabhängigkeit durchzuführen. Test-Kits können zur gleichzeitigen Bestimmung einer großen Zahl von Untersuchungsproben verwendet werden. Mit den entsprechenden gebrauchsfertigen Test-Kits ist es möglich, die Proben von tausenden Personen parallel und kostengünstig zu untersuchen (11).

Es gibt noch viele weitere wissenschaftliche Nachweismethoden der Apoptose und ihrer komplexen Mechanismen.

Lit.:

1) Klaus-Günter Collatz, Lexikon der Biologie, Apoptose <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/apoptose/4488>

2) Effects of infrasound and low frequency noise on mammalian physiology, Published work (1999-2012); indexed by Pub Med by Nuno Castelo Branco and Marina Alves-Pereira

www.aweo.org/infrasound.html

3) Orrenius S, Zhivotovsky B, Nicotera P, Regulation of cell death: the calcium-apoptosis link, Nat Rev Mol Cell Bio, 2003

- 4) Elmore S, Apoptosis: a review of programmed cell death, Toxicologic Pathology, 2007
- 5) Müller W, Infraschall: Weiterführendes zu biologischen Zusammenhängen <https://www.windwahn.com>, 11.Jan.2020
- 6) Tomas D, Apoptosis, UV-radiation, precancerosis and skin tumors, Acta Medica Croatia, 2009
- 7) Vasilyeva IN, Zinkin VN, The impact of low-frequency noise on the content of low-molecular-weight DNA of blood plasma, J Nucl Acid Investig 2 (Suppl 1), 2011
- 8) Vasilyeva IN, Bespalov VG, Semenov AL, Baranenko DA, Zinkin VN, The Effects of Low-Frequency Noise on Rats: Evidence of Chromosomal Aberrations in the Bone Marrow Cells and the Release of Low-Molecular-Weight DNA in the Blood Plasma, Noise&Health 19, 2017
- 9) Dornreiter I, Der Zusammenhang von strahleninduziertem Zelltod (Apoptose) und dem protektiven G2/M Arrest in menschlichen Zellen, Heinrich-Pette-Institut für experimentelle Virologie und Immunologie, Univ. Hamburg, 2006
- 10) Antunes A, Borrecho G, Olivera P, Brito J, Aguas A, dos Santos JM, Immunohistochemical evaluation of cardiac43 in rats exposed to low-frequency noise, Int J Clin Exp Pathol, 2013
- 11) Test-Kits: z.B. <https://www.raybiotech.com> z.B. <https://promega.com>
- 12) Kuang Z, Huang R, Yang Z, Lv Z, Chen X, Xu F, Yi YH, Wu J, Huang RP, Quantitative Screening of serum protein biomarkers by reverse phase protein arrays, Oncotarget, 2018

Anmerkung A.S.:

Es stehen einfachere Nachweismethoden und wissenschaftliche Nachweismethoden zur Verfügung um eine potentielle gentoxische Schädigung von niederfrequentem Schall + Infraschall im Blut und Knochenmark zu überprüfen.

Was bedeutet das für Einwohner und Nutztiere in Niederasphe?

a) Es wird nach Installation der Windturbinen am Wasserbehälter Niederasphe mit hoher Wahrscheinlichkeit möglich sein, bei landwirtschaftlich Arbeitenden und bei Nutztieren mit längerer Exposition in der Nähe und jeder Entfernung von den Windturbinen innerhalb der 1.000 m Grenze eine Untersuchung von Blut und Knochenmark auf eine potentielle Genschädigung bei spezialisierten Laborinstituten zu veranlassen.

b) Es wird nach dem Bau der Windturbinen am Wasserbehälter Niederasphe mit hoher Wahrscheinlichkeit möglich sein, bei jedem Einwohner von Niederasphe, ob er gesundheitliche Beschwerden hat oder keine, eine Untersuchung von Knochenmark und Blut auf eine potentielle Genschädigung bei spezialisierten Laborinstituten zu veranlassen.

Anmerkung A.S.:

1. Eine fundierte, durch wissenschaftliche Untersuchungen belegte Kritik an den Untersuchungen der zitierten Autoren bin ich u.U. bereit zu veröffentlichen.

2. Für die Benachrichtigung von meinen eigenen Fehlern in diesem Referat bin ich dankbar. Ich werde sie korrigieren.

Niederasphe

**EINE AUSARBEITUNG ZUM THEMA:
Vibroakustische Erkrankungen**

11. Einfluss von niederfrequentem Schall und Infraschall auf die Bildung von Bindegewebe (Fibrose) und die elektrische Leitfähigkeit im Herzen

Niederfrequenter Schall <500 Hz + Infraschall <20 Hz mit hohem Schalldruckpegel >90 dB + Vibrationen führen in verschiedenen tierischen Organen z.B. Herz, Herzkranzgefäße, Lunge, Lungengefäße, Luftröhre, Zahnfleisch, Speicheldrüse zu einer verstärkten Bildung von Bindegewebe (Fibrose) (1,2,3,4,5).

Antunes E und Mitarbeitende haben nachgewiesen, dass niederfrequenter Schall + Infraschall zu einer signifikanten Abnahme des Verhältnisses Connexin 43/Herzmuskulatur der Ratte führt. Connexine sind Proteine die benachbarte Herzmuskelzellen miteinander verbinden und eine wichtige Rolle im Signalaustausch benachbarter Herzmuskelzellen und in der Leitung elektrischer Impulse im Herzen spielen (5). Antunes E schreibt: "Auf der Basis der Ergebnisse unserer Untersuchungen meinen wir, dass die weltweite Existenz von niederfrequentem Schall in den modernen Gesellschaften dazu beitragen kann, bestehende Herzkrankheiten zu verschlimmern oder sogar einige Herzmuskelerkrankungen und schnelle Herzrhythmusstörungen (ventricular tachyarrythmias) zu erklären. Eine Veränderung des elektrophysiologischen Milieus durch niederfrequenten Schall + Infraschall könnte beim Entstehen von Herzrhythmusstörungen ursächlich beteiligt sein"(5).

Antunes E und Mitarbeitende haben den Effekt von niederfrequentem Schall + Infraschall auf die Neubildung von Bindegewebe und die Veränderungen der Struktur der Muskelzellen des Rattenherzens untersucht (5). Im Herzen bilden die Bindegewebstypen Kollagen I und Kollagen III ungefähr 85% und 11% des die Muskelzellen umgebenden Bindegewebes (5).

Methode: 8 Ratten wurden 3 Monate lang kontinuierlich niederfrequentem Schall ausgesetzt, 8 Ratten dienten als unbehandelte Kontrollgruppe. Teile der Herzmuskulatur wurden mikroskopisch und elektronenmikroskopisch untersucht.

Ergebnis: 1. Es zeigte sich bei den mit niederfrequentem Schall behandelten Tieren eine signifikant vermehrte Ablagerungen der Bindegewebstypen Kollagen I und Kollagen III zwischen den Herzmuskelzellen im Vergleich zu den unbehandelten Kontrolltieren. Das Verhältnis Bindegewebe/Muskulatur war in allen Herzteilen signifikant erhöht.

2. Die elektronenmikroskopische Untersuchung zeigte, dass durch das vermehrte Bindegewebe zwischen den Herzmuskelzellen die wichtigen Signalverbindungen (Connexine) zwischen den Herzmuskelzellen vermindert waren.

3. In den Herzmuskelzellen zeigten sich zahlreiche erheblich vergrößerte Mitochondrien, DNA-haltige Zellstrukturen mit wichtigen Funktionen in der Herzmuskelzelle.

Diskussion: Antunes E schreibt: "Typ I Kollagen ist verantwortlich für die Zugfestigkeit und Typ III Kollagen für die Elastizität der Herzmuskulatur. Ein korrektes Gleichgewicht zwischen Aufbau und Abbau dieser Bindegewebstypen ist notwendig, um die Struktur und Funktion der Herzmuskulatur zu gewährleisten. Eine abnorme Ablagerung kollagenen Bindegewebes (Fibrose) kann zur Versteifung der Herzmuskulatur und zur diastolischen Fehlfunktion des Herzens führen.

Zusätzlich verändern die mikroskopisch nachweisbaren verminderten Signalverbindungen zwischen den einzelnen Herzmuskelzellen die elektrophysiologischen Eigenschaften der Herzmuskulatur und könnten das Entstehen von Herzrhythmusstörungen erleichtern"(5). Diese Aussage ist durch die von Antunes gefundene Verminderung der die Herzmuskelzellen verbindenden Signalproteine Connexin durch niederfrequenten Schall untermauert (4).

Die vergrößerten Mitochondrien in den Herzmuskelzellen zeigen, dass der Effekt von niederfrequentem Schall sich nicht nur auf die Bindegewebszellen zwischen den Herzmuskelzellen beschränkt sondern auch auf die Herzmuskelzellen direkt wirkt. Die Mitochondrien spielen eine zentrale Rolle beim Überleben und Absterben der Herzmuskelzellen (22). Die vergrößerten Mitochondrien könnten nach Antunes E ein Hinweis auf die Anregung energiereicher Prozesse durch niederfrequenten Schalls in den Herzmuskelzellen sein.

Nach Antunes E könne die in Tierversuchen nachgewiesene vermehrte Neubildung von Bindegewebe im Herzen durch niederfrequenten Schall bei Menschen zu klinischen Konsequenzen führen, wie verminderten Blutfluss in den Herzkranzgefäßen (7, 8), behinderte Funktion der Herzmuskulatur (9, 10) und Herzrhythmusstörungen (11, 12). Eine Vermehrung von Bindegewebe im Herzen wird nahezu bei allen Typen von Herzerkrankungen gefunden. Beim heutigen Erkenntnisstand ist es zulässig zu vermuten, dass niederfrequenter Schall + Infraschall mit hohem Schalldruckpegel bzw. niedrigem Schalldruckpegel und langer Einwirkungsdauer durch eine vermehrte Neubildung von Bindegewebe und Veränderung der elektrophysiologischen Eigenschaften im Herzen ein potentieller externer Stressor von gesundheitlicher Bedeutung ist. Diese Befunde sollten nach Antunes E die klinische Forschung bei den Menschen anregen die niederfrequentem Schall und Infraschall der Umwelt ausgesetzt sind oder sein müssen.

Im Blut von Menschen wurden hohe Spiegel des Bindegewebes Procollagen III bei Erkrankungen mit Bluthochdruck, bei hypertropher Kardiomyopathie und bei angeborenen Herzerkrankungen nachgewiesen. Hohe Spiegel des Bindegewebes Procollagen I wurden bei Patienten mit Bluthochdruck gefunden (5, 21, 22).

Die Bestimmung spezifischer Biomarker von Chromosomenbrüchen, der DNA-Reparatur, der Apoptose und spezifischer Biomarker der Fibrose im Blut könnte

sinnvoll sein bei der Untersuchung von Menschen und Tieren die langfristig niederfrequentem Schall + Infraschall ausgesetzt sind insbesondere, da Herzerkrankungen global die häufigste Todesursache geworden ist (19, 20, 21, 22, 23).

Lit.:

- 1) Castelo Branco NAA, Alves-Pereira M, Vibroacoustic disease - A Review, Revista Lusofona de Ciencias e Tecnologias da Saude, 2010
- 2) Antunes E, Oliveira P, Borrecho G, Oliveira MJR, Brito J, Aguas A, Martins dos Santos J, Myocardial fibrosis in rats exposed to low-frequency noise, Acta Cardiol, 2013
- 3) Antunes E, Oliveira P, Oliveira MJR, Brito J, Aguas A, Martins dos Santos J, Histomorphometric evaluation of the coronary artery vessels in rats submitted to industrial noise, Acta Cardiol. 2013
- 4) Antunes A, Borrecho G, Oliveira P, Brito J, Aguas A, dos Santos JM, Immunohistochemical evaluation of cardiac43 in rats exposed to low-frequency noise, Int J Clin Exp Pathol, 2013
- 5) Antunes E, Borrecho G, Oliveira P, Alves de Matos A, Brito B, Aguas A, Martins dos Santos J, Effects of low-frequency noise on cardiac collagen and cardiomyocyte ultrastructure: an immunohistochemical and electron microscopy study, Int J Clin Exp Patholog. 2013
- 6) Peters NS, Coromilas J, Severs NJ, Wit AL, Disturbed connexin 43 gap junction distribution correlates with the location of reentrant circuits in the epicardial border zone of healing canine infarcts that cause ventricular tachycardia, Circulation, 1997
- 7) Dai Z, Aoki T, Fukumoto Y, Shimokawa H, Coronary perivascular fibrosis is associated with impairment of coronary blood flow in patients with non-ischemic heart failure, J Card, 2012
- 8) Ioyama S, Ito N, Satoh K, Takishima T, Collagen deposition and the reversal of coronary reserve in cardiac hypertrophy, Hypertension, 1992
- 9) Martos R, Baugh J, Ledwidge M, O'Loughlin C, Colon C, Patle A, Donnelly SC, McDonald K, Diastolic heart failure: evidence of increased myocardial turnover linked to diastolic dysfunction, Circulation, 2007
- 10) Jimenez-Navarro MF, Gomez-Doblas JJ, Cabrera-Bueno F, Cruz-Ocana E, Rodriguez-Bailon I, Ruiz-Galdon M, Morell M, Molero E, de Teres-Galvan E, Collagen Synthesis and Heart Failure, Rev Espan Cardiol, 2005
- 11) Spach MS, Boineau JP, Microfibrosis produces electrical load variations due to loss of side-to-side cell connections: a major mechanism of structural heart disease arrhythmias, Pacing Clin Electrophysiol, 1997
- 12) La Vecchia L, Ometto R, Bedogni F, Finocchi G, Mosele GM, Bozzola L, Bevilacqua P, Vincenzi M, Ventricular late potentials, interstitial fibrosis, and right ventricular function in patients with ventricular tachycardia and normal left ventricular function, Am J Cardiol, 1998
- 13) Flaveri P, Theodorakis G, Leftheriotis D, Kroupis C, Kolokathis F, Dima K, Anastasiou-Nana M, Kremastinos D, Serum markers of deranged myocardial collagen turnover: their relation to malignant ventricular arrhythmias in cardioverter-defibrillator recipients with heart failure, Am Heart J, 2012
- 17) Sugimoto M, Masutani S, Seki M, Kajino H, Fujieda K, Senzaki H, High serum levels of procollagen type III N-terminal amino peptide in patients with congenital heart disease, Heart, 2009
- 18) Klappacher G, Franzen P, Haab D, Mehrabi M, Binder M, Plesch K, Pacher R, Grimm M, Pribill I, Eichler HG, Measuring extracellular matrix turnover in the serum of patients with idiopathic or ischemic dilated cardiomyopathy and impact on diagnosis and prognosis, Am J Cardiol, 1995
- 19) Lombardi R, Betocchi S, Losi MA, Tocchetti CG, Aversa M, Miranda M, D'Alessandro G, Cacace A, Ciampi Q, Chiariello M, Myocardial collagen turnover in hypertrophic cardiomyopathy, Circulation, 2003
- 20) Querejeta R, Lopez B, Gonzalez A, Sanchez E, Larman M, Martinez Ubago JL, Diez J, Increased collagen type I synthesis in patients with heart failure of hypertensive origin: Relation to myocardial fibrosis, Circulation, 2004
- 21) Duprez DA, Gross MD, Kizer JR, Ix, JH, Hundley WG, Jacobs DR, Predictive Value of Collagen Biomarkers for Heart Failure With and Without Preserved Ejection Fraction: MESA (Multi-Ethnic study of Atherosclerosis), J Am Heart Assoc, 2018
- 22) Tong L, Song D, Dong J, Zhu P, Liu J, Liu W, Ma X, Zhao L, Ling S, Current Understanding of the Pathophysiology of Myocardial Fibrosis and its Quantitative Assessment in Heart Failure, Front Physiol, 2017
- 23) Ranjan P, Kumari R, Verma SK, Cardiac Fibroblasts and Cardiac Fibrosis: Precise Role of Exosomes, Front Cell Dev Biol, 2019

Anmerkungen A.S.

Nach Castelo Branco NAA, Antunes E, Alves-Pereira M und Vasilyeva IN und Mitarbeitenden ist es wahrscheinlich, dass niederfrequenter Schall + Infraschall ein exogenes Chromosomenbruchsyndrom verbunden mit verstärktem DNA-Reparaturmechanismus, reguliertem Zelltod (Apoptose) und vermehrter Einlagerung von Bindegewebe (Fibrose) im Herz u.a. verursacht. Zu

einem exogenen Chromosomenbruchsyndrom zählt Vasilyeva IN auch ionisierende Strahlen. Auch niedrige Dosen von ionisierenden Strahlen sind bei sensiblen Menschen gentoxisch (1, 2). Niedrige Dosen niederfrequenter Schall + Infraschall?

Prof. Rusty Gage (Salk Institute, USA): "Zellteilung ist eine der gefährlichsten Dinge, die eine Zelle durchführen kann. Meist wird ein DNA-Schaden durch einen bemerkenswert erfolgreichen Mechanismus repariert. Aber Irrtümer können auftreten, wenn die Zellteilungsrate entweder genetisch oder durch Umwelteinflüsse verändert wird. Das kann zu Langzeitdefekten führen"(3).

Was bedeutet das für Einwohner und Nutztiere in Niederasphe und den weiteren Ortsteilen? Es wird nach dem Bau der Windturbinen am Wasserbehälter Niederasphe innerhalb und außerhalb der 1.000 m Grenze vom Fuß der nächsten Windturbine bis zum letzten Haus für Menschen und Nutztiere mit hoher Wahrscheinlichkeit möglich sein:

1. Relativ billig langfristige Messungen der relevanten Schalldruckwerte durchzuführen.
2. Im Blut von Menschen und Nutztieren das Vorliegen und das Ausmaß einer potentiellen Chromosomenschädigung und einer Bindegewebsneubildung (Fibrose) in Speziallabors durch Bestimmung von Biomarkern überprüfen zu lassen.

Das könnte von Bedeutung werden für die Unterscheidung von gleichen Krankheitsbildern die aber verschiedene Ursachen haben können.

Lit.:

- 1) Shimura N, Kojima S, The Lowest Radiation Dose Having Molecular Changes in the Living Body, Dose-Response, 2016
- 2) Elbakrawy EM, Hill MA, Kadhim MA, Radiation-induced Chromosome Instability: The Role of Dose and Dose Rate, Genom Integr, 2019
- 3) Study links rapid brain growth in autism to DNA damage, 2020
<https://neurosciencenews.com/asd-brain-growth-dna-damage-1559>

Anmerkung A.S.:

1. Eine fundierte, durch wissenschaftliche Untersuchungen belegte Kritik an den Untersuchungen der zitierten Autoren bin ich u.U. bereit zu veröffentlichen.
2. Für die Benachrichtigung von meinen eigenen Fehlern in diesem Referat bin ich dankbar. Ich werde sie korrigieren.

**EINE AUSARBEITUNG ZUM THEMA:
Vibroakustische Erkrankungen**

12. Wohnen in der Nähe zum Straßenverkehr erhöht das Risiko von Erkrankungen des Gehirns und anderer Organe

Neurologische Erkrankungen - ein Begriff der eine Reihe von Erkrankungen umfasst, einschließlich Demenz, Alzheimer, Parkinson, Multiple Sklerose und Erkrankungen der motorischen Neuronen des Gehirns sind eine der häufigsten Ursachen von gesundheitlichen Behinderungen und Tod weltweit. Sie sind weitgehend unheilbar und verschlechtern sich im Laufe des Lebens.

Yuchi W, Bauer M und Mitarbeitende analysierten die Daten von 678.000 erwachsenen Einwohnern von Metro Vancouver, Canada, im Alter von 45 bis 84 Jahren (1). Mit Hilfe einer Gesundheitsdatenbank wurden die neurologischen Neuerkrankungen von 1994 bis 1998 gezählt. Die Nähe zur Straße, zu Luftschadstoffen, zur Schallexposition und die Nähe von Grünflächen zur Wohnung jeder Person wurden mit Hilfe der post code data bestimmt (1).

Ergebnisse der Analyse (1):

Die Nähe zur Straße ist verbunden mit einer Zunahme der Häufigkeit von Demenz, Parkinsonscher Erkrankung, Alzheimer Erkrankung und Multipler Sklerose. Signifikant war die Zunahme der Erkrankungen in Wohnungen bis 50 Meter von einer Hauptstraße und bis 150 Meter von einer Autobahn entfernt. Die Zunahme der Häufigkeit von Demenz und Parkinson war je 14% und die beider Erkrankungen zusammen 7%. (Statistische Sicherheit über 95%).

Die Erkrankungen zeigten positive Zusammenhänge mit Luftschadstoffen:

Feinstaubpartikel und Gase:

Stickstoffdioxid, Schwefeldioxid, Ozon.

Die als dB(A) berechnete Schallbelastung hatte einen geringen Effekt. Es lagen keine Messwerte von niederfrequentem Schall + Infraschall + Vibrationen zugrunde.

Eine nachweisbar geringere Häufigkeit von Demenz und Parkinson war in der Nähe zu Grünanlagen.

Diskussion:

Bei der Zunahme dieser neurologischen Erkrankungen in Kanada im gleichen Ausmaß wie in den letzten 20 Jahren ergibt eine rechnerische Prognose, dass 2035 etwa 25% der kanadischen Bevölkerung über 65 Jahre an diesen Erkrankungen leiden werden (1).

Schikowski T und Mitarbeitende berichteten in 3 deutschen Langzeitstudien, dass kurze Abstände der Wohnung zu Straßen mit einer gehäuften Abnahme der geistigen Leistungsfähigkeiten verbunden ist (2, 3, 4). Die Befunde werden durch weitere internationale Studien untermauert.

Im Januar 2020 wurde in einer Langzeituntersuchung veröffentlicht, dass das Gehirnwachstum von Kindern durch die Schadstoffe des Verkehrs in der Luft signifikant vermindert wird, verbunden mit negativen Effekten auf die Denkfähigkeit, das Verhalten und die psychomotorische Entwicklung (5). Mit Magnetresonanztomographie wurde das Gehirn von 12 jährigen Kindern, die in der frühen Kindheit hohem oder niedrigem Straßenverkehr ausgesetzt waren verglichen. Der negative Einfluss auf das Wachstum verschiedener Gehirnteile konnte gemessen und statistisch gesichert werden. Von den Autoren wird umfangreiche Literatur sowohl über die vorgeburtliche als auch nachgeburtliche Schädigung des Zentralnervensystems u.a. durch Feinstaub des Straßenverkehrs angegeben (5, 6).

Von dem kanadischen Forscher Bauer M und Mitarbeitenden wurde bereits 2017 über den negativen Einfluss der Luftverschmutzung des Straßenverkehrs auf die Häufigkeit von Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Erkrankungen der Bronchien und Lunge und Diabetes mellitus berichtet (1, 7).

Miller MR und Newby führen in einer umfassenden Übersichtsarbeit 2020 einen wesentlichen Teil der Erkrankungen und der Sterblichkeit der Herz-Kreislauf-Erkrankungen auf die Mitbeteiligung von Feinstaub der Luftverschmutzung zurück und seine Mitbeteiligung an vielen vor- und nachgeburtlichen Schäden (8).

Guo Q und Schikowski T und Mitarbeitende fanden 2019 bei 157.959 ambulanten Krankenhauspatienten in Peking einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Luftschadstoffgehalt und den Hauterkrankungen Ekzem und Dermatitis, besonders bei älteren Menschen und Frauen. An Tagen mit besonders hohem Luftschadstoffgehalt wurde eine akute Verschlechterung beobachtet (8).

Schikowski T und Krutmann J fanden 2019 eine Zunahme der Hautalterung durch Luftschadstoffe Feinstaub und Stickstoffdioxid (9).

Den Luftschadstoffen des Verkehrs Feinstaub, Stickdioxide und Schwefeldioxide wird die Hauptrolle in der Verursachung der angeführten Erkrankungen zugeschrieben (1-9).

Die als Feinstaub (PM 2,5) bezeichneten Staubteilchen sind maximal so groß wie Bakterien und können daher mit freiem Auge **nicht** gesehen werden. Diese Feinstaubteilchen (PM 2,5) können bis in die Lungenbläschen gelangen. Ultrafeinen Partikel können in die Alveolenwände der Lunge und wahrscheinlich sogar ins Blut eindringen (8). Wegen der geringen Größe können Feinstaubpartikel Tage bis Wochen in der Atmosphäre verweilen und sich bis 1.000 km ausbreiten (10).

Der Feinstaub der Umgebung (PM 2,5) stand 2015 an 5. Stelle der Risikofaktoren des Todes (7). Todesfälle, die allein dem Feinstaub der Umgebung (PM 2,5) zugeordnet werden, stiegen nach Cohen AJ und Bauer M von 3,5 Millionen 1990 auf 4,2 Millionen pro Jahr 2015 (7).

Umweltbundesamt:

„Eine aktuelle Bewertung der Gesundheitswirkung von Feinstaub durch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat klar gezeigt, dass eine erhöhte PM 2,5-Belastung im Zusammenhang mit schweren Gesundheitsauswirkungen (z.B. Herz-Kreislauf-Erkrankungen) steht. Für diese Auswirkungen konnte kein Schwellenwert angegeben werden, das heißt, sie können auch bei Belastungen unter einem Grenzwert auftreten. Dadurch kann es zu einer signifikanten Verminderung der Lebenserwartung kommen“(10).

Etwas extrem Ungewöhnliches in der Wissenschaft ist im Dezember 2019 passiert: Die Akademien der Wissenschaften von Südafrika, Brasilien, Deutschland (Leibniz Institut Düsseldorf, Leipzig, Technische Universität und Helmholtz Zentrum München, Augsburg), USA als höchste wissenschaftliche Institutionen und ausgewählte Experten haben einen mit umfangreicher Literaturangabe begründeten Aufruf an die politischen Entscheidungsträger veröffentlicht(11).

Einen solch dramatischen Appel an die internationalen politischen Entscheidungsträger habe ich in der wissenschaftlichen Literatur noch nie gelesen (A.S.).

“Air pollution is a major, preventable and manageable threat to people’s health, well-being and the fulfillment of sustainable development. Air pollution is estimated to contribute to at least 5 million premature deaths each year across the world. No one remains unaffected by dirty air, but the adverse impacts of air pollution fall most heavily upon vulnerable populations - such as children, women, people with preexisting chronic disease and people living in poverty - groups to whom States have special obligations - under international human rights law. Almost all organs, systems and processes in the human body may be impacted: the lung, the heart, the brain, the vascular system, the metabolism, and reproduction.

The National Academies of Sciences and Medicine of South Africa, Brazil, Germany and the United States of America are calling upon government leaders, business and citizens to take urgent action on reducing air pollution throughout the world - to the benefit of human health and wellbeing, to the benefit of the environment and as a condition towards sustainable development. Air pollution is a cross-cutting aspect of many UN Sustainable Development Goals.

Economic growth that accepts air pollution and ignores the public health and environmental impacts is unsustainable and unethical”(10).

Übersetzung:

„Die Luftverschmutzung ist eine große, vermeidbare und steuerbare Bedrohung der Volksgesundheit, des Wohlbefindens und einer anhaltenden Entwicklung. Es wird geschätzt, dass die Luftverschmutzung jedes Jahr zum vorzeitigen Tod von mindestens 5 Millionen Menschen in der Welt führt. Niemand bleibt von der verschmutzten Luft unbeeinflusst, aber die gesundheitsschädlichen Wirkungen der Luftverschmutzung sind am folgenreichsten für die gesundheitlichen Risikogruppen der Bevölkerung wie Kinder, Frauen, Menschen mit vorbestehenden chronischen Krankheiten und Menschen, die in Armut leben - Risikogruppen für die die Staaten besondere Verpflichtungen haben - nach dem internationalen Gesetz der Menschenrechte. Nahezu alle Organe, Systeme und biologischen Prozesse sind betroffen: Lunge, Herz, Gehirn, Kreislaufsystem, Stoffwechsel und Fortpflanzung.

Die Nationalen Akademien der Wissenschaften und Medizin von Südafrika, Brasilien, Deutschland und der USA rufen die Entscheidungsträger der Regierungen, Geschäftswelt und

Bürger auf dringende Maßnahmen durchzuführen um die Luftverschmutzung in der Welt zu reduzieren zum Nutzen von menschlicher Gesundheit und Wohlbefinden, zum Nutzen der Umwelt und als eine Bedingung anhaltenden Wachstums. Die Luftverschmutzung ist eine Kernaktivität vieler UN-Entwicklungsziele.

Ökonomisches Wachstum das die Luftverschmutzung hinnimmt, die Gesundheit der Bevölkerung und die Schädigung der Umwelt ignoriert ist nicht akzeptabel und unethisch."

Lit.:

- 1) Yuchi W, Sbihi H, Davis H, Tamburic L, Brauer M, Road proximity, air pollution, noise, green space and neurologic disease incidence: a population-based cohort study, Environmental Health, 2020
- 2) Schikowski T, Vossoughi M, Vierkötter A, Schulte T, Teichert T, Sugiri D, Fehsel K, Tzivian I, Bae I-S, Ranft U, Association of air pollution with cognitive functions and its modification by APOE gene variants in elderly women, Environ Res, 2015
- 3) Tzivian I, Dlugaj M, Winkler A, Weinmayr G, Hennig F, Fuks KB, Vossoughi M, Schikowski T, Weimar C, Erbel R, Long-term air pollution and traffic noise exposures and mild cognitive impairment in older adults: a cross-sectional analysis of the Heinz Nixdorf recall study, Environ Health Perspect, 2016
- 4) Ranft U, Schikowski T, Sugiri D, Krutmann J, Krämer U, Long-term exposure to traffic-related particulate matter impairs cognitive function in the elderly, Environ Res, 2009
- 5) Beckwith T, Cecil K, Altaye M, Severs R, Wolfe C, Percy Z, Maloney T, Yolton K, LeMasters G, Brunst K, Ryan P, Reduced gray matter volume and cortical thickness associated with traffic-related air pollution in a longitudinally studied pediatric cohort, Plos One, Jan 2020 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228092>
- 6) Anwar A, Ayub M, Khan N, Flahault A, Nexus between Air Pollution and Neonatal Deaths: A Case of Asian Countries, Int J Environ Res Public Health, 2019
- 7) Cohen AJ, Bauer M und zahlreiche internationale Mitautoren, Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Disease Study 2015, Lancet, 2017 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28408086>
- 8) Miller MR, Newby DE, Air pollution and cardiovascular disease: car sick, Cardiovascular Res, 2020
- 8) Guo Q, Liang F, Tian L, Schikowski T, Wei L, Pan X, Ambient air pollution and the hospital outpatient visits for eczema and dermatitis in Beijing: a time-stratified case-cross analysis, Environ Sci: Progress Impacts 2019
- 9) Schikowski T, Krutmann J, Luftverschmutzung (Feinstaub, Stickstoffdioxid) und Hautalterung, Hautarzt, 2019 www.iuf-duesseldorf.de/publikationen-der-ag-schikowski.html
- 10) Umweltbundesamt: Feinstaub (PM_{2,5}), <https://www.umweltbundesamt.at/pm25>
- 11) Academy of Science of South Africa, Brazilian Academy of Sciences, German National Academy of Sciences Leopoldina, U.S. National Academy of Medicine, U.S. National Academy of Sciences, Air Pollution and Health - A Science-Policy Initiative, Ann Glob Health, Dez 2019 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6923774/>

Anmerkung A.S.

Was bedeutet das für die Einwohner von Niederasphe?

1. Zur Zeit wirken der nicht hörbare niederfrequente Schall + Infraschall + die seismischen Mikrovibrationen der 7 Windturbinen bei Ernsthausen auf die Einwohner und Nutztiere von Niederasphe ein.
2. Durch den wahrscheinlich nicht geringen Verkehr auf der in Bau befindlichen Bundesstraße B 252 (A2) wirken in absehbarer Zeit insbesondere der nicht sichtbare Feinstaub, in geringem Ausmaß die Gase Stickstoffdioxid, Schwefeldioxide und Ozon auf die Einwohner und Nutztiere von Niederasphe ein.
3. Als nächstes werden wahrscheinlich der nicht hörbare niederfrequente Schall + Infraschall + die seismischen Mikrovibrationen der geplanten 8 Windturbinen am Wasserbehälter Niederasphe innerhalb und außerhalb der 1.000 m Grenze auf die Einwohner und Nutztiere von Niederasphe einwirken.

Von Interesse ist, dass die Organe von Menschen und Tieren die nach Aussage der Akademien der Wissenschaften primär durch den nicht sichtbaren Feinstaub geschädigt werden auch diejenigen sind, die durch den nicht hörbaren niederfrequenten Schall + Infraschall+ Vibrationen des Straßenverkehrs und der Windturbinen geschädigt werden. Das bedeutet, dass zwei schädigende Faktoren mit unterschiedlichem Wirkungsmechanismus gleichzeitig

die gleichen Organe beeinflussen. Eine verstärkte gesundheitsschädigende Wirkung ist durch das Zusammenwirken von Feinstaub + niederfrequenten Schall + Infraschall + Vibrationen sowohl des Verkehrs als auch der Windturbinen wahrscheinlich.

Das bedeutet, dass Menschen und Tiere in Niederasphe, Oberasphe, Wollmar, Münchhausen, Simtshausen je nach Windrichtung und Windstärke sowohl verstärktem Feinstaub als auch verstärktem niederfrequentem Schall + Infraschall + Mikrovibrationen gleichzeitig ausgesetzt sein werden.

Anmerkung A.S.:

- 1. Eine fundierte, durch wissenschaftliche Untersuchungen belegte Kritik an den Untersuchungen der zitierten Autoren bin ich u. U. bereit zu veröffentlichen.**
- 2. Für die Benachrichtigung von meinen eigenen Fehlern in diesem Referat bin ich dankbar. Ich werde sie korrigieren.**

**EINE AUSARBEITUNG ZUM THEMA:
Vibroakustische Erkrankungen**

13. Schädigung der Blut-Hirn-Schranke und von Blutgefäßen durch Infraschall

Das Gehirn (ZNS) ist von der Blut-Hirn-Schranke umhüllt, die im Wesentlichen von eng miteinander verbundenen Zellen eines Netzes von kleinen Blutgefäßen gebildet wird. Die Funktion der Blut-Hirn-Schranke wird durch die spezifische Struktur und die Transportmechanismen ihrer Zellen gewährleistet. Die Blut-Hirn-Schranke verhindert, dass gehirnschädigende Stoffe und Bakterien vom Blut ins Gehirn übertreten können. Gleichzeitig reguliert die Blut-Hirn-Schranke den Transport von Molekülen in und aus dem Gehirn um eine exakt kontrollierte chemische Zusammensetzung der Umgebung des Gehirns zu gewährleisten. Eine gestörte Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke kann zu Gehirnerkrankung führen.

Es gibt seltene menschliche Erbkrankheiten mit einem primären Defekt der Blut-Hirn-Schranke. Es gibt Erkrankungen des Gehirns und des Nervensystems bei denen eine Störung der Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke mitbeteiligt ist/oder sein kann, wie Alzheimer, Parkinson, Multiple Sklerose, Depression. Es wird vermutet, dass eine Zunahme der Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke in einem frühen Stadium einiger neurologischer Erkrankungen vorliegen könnte.

Zhou F und Mitarbeitende haben schon im Jahr 2000 den Einfluss von Infraschall auf die Blut-Hirn-Schranke untersucht und publiziert (3).

Zhou F und Mitarbeitende haben gleichzeitig der Einfluss von Infraschall auf das sogenannte Hitzeschockprotein 70 der Gehirnzellen untersucht (3).

Das Hitzeschockprotein 70 gehört zu einer Gruppe von Eiweißen mit wichtigen Funktionen im normalen und gestressten Stoffwechsel der Zellen und in der embryonalen Entwicklung. Die Hitzeschockproteine sind Zellschutzproteine, die bei innerem und äußeren Stress auf die Zellen die Zellstrukturen stabilisieren, beschädigte Eiweiße und DNA reparieren und helfen, möglichst einen durch Stressoren bewirkten regulierten Zelltod (Apoptose) zu verhindern.

Zellen reagieren auf internen und externen Stress mit einer Stressantwort, zu der auch eine Aktivitätssteigerung der Hitzeschockproteine gehört. Wenn die Zellen einem Stressor ausgesetzt werden erfolgt in den Zellen der Organe eine Neubildung des Hitzeschockproteins 70 um die zelluläre Funktion aufrecht zu erhalten und das zelluläre Überleben zu sichern. Eine

Erhöhung der Aktivität der Hitzeschockproteine bewirkt die Abnahme von Zellschäden verschiedener Art. Die Zellschutzproteine werden auch bei den Einwirkungen von externen Stressoren wie UV-Strahlen und ionisierende Strahlen vermehrt aktiviert/gebildet.

Methode:

40 Ratten wurden in eine unbehandelte Kontrollgruppe und Gruppen, die 1 mal oder 7 mal oder 14 mal durch Infraschall von 8 Hz mit einem Schalldruckpegel 120 dB, 2 Stunden lang pro Tag, beschallt wurden, eingeteilt. Den Versuchsgruppen wurden am Versuchsende Lanthanumnitratpartikel, Größe etwa 10 nm, verabreicht und die Anreicherung der Partikel an der filternden Innenwand der Mikroblutgefäße der Blut-Hirn-Schranke und außerhalb der Blut-Hirn-Schranke im Gehirn bestimmt.

Ergebnis:

Anreicherung von Lanthanumnitratpartikeln im Gehirn

Kontrollgruppe:

Keine Anreicherung von Partikeln im Gehirn

1 Beschallung: Geringe Anreicherung von Partikeln im Gehirn

7 Beschallungen: Mittlere Anreicherung von Partikeln im Gehirn

14 Beschallungen: Starke Anreicherung von Partikeln im Gehirn

Der Grad der Anreicherung der Partikel spiegelt das Ausmaß der gestörten Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke wieder.

Elektronenmikroskopische Beurteilung der Blut-Hirn-Schranke

Kontrollgruppe:

Dichte geschlossene Gefäßwand der Blut-Hirn-Schranke

Anlagerung vieler Partikel an der Innenwand der Gefäße der Blut-Hirnschranke.

Keine Partikel im Gehirn

1 Beschallung: Geringe Öffnungen in der Gefäßwand der Blut-Hirn-Schranke, Nachweis von Partikeln im Gehirn

7 Beschallungen: Vermehrt kleine Öffnungen in der Gefäßwand der Blut-Hirn-Schranke, Stärkerer Nachweis von Partikeln im Gehirn

14 Beschallungen: Vermehrt größere Öffnungen in der Gefäßwand der Blut-Hirn-Schranke, Nachweis von zahlreichen Partikeln im Gehirn

Eine zunehmende Schädigung der Blut-Hirn-Schranke mit zunehmender Anreicherung von Lanthanumnitratpartikeln von 10 nm im Gehirn ist elektronenmikroskopisch gut nachweisbar. Die größeren Öffnungen in der Blut-Hirn-Schranke durch länger dauernde Beschallung mit Infraschall ermöglichen es theoretisch auch größeren Feinstaubpartikeln als 10 nm (z.B. des Straßenverkehrs) die Blut-Hirn-Schranke zu passieren.

Aktivität des Hitzeschockproteins 70:

Deutliche Zunahme der Aktivität des Hitzeschockproteins 70 bei 1 maliger bis 7 maliger Be-

schallung. Bei 14 maliger Beschallung ist keine weitere Zunahme der Aktivität des Hitzeschockproteins mehr erfolgt.

Diskussion:

Die anorganischen Lanthanumnitratpartikel mit einem Durchmesser von 10 nm können eine intakte, gesunde Blut-Hirn-Schranke nicht passieren und nicht im Gehirn abgelagert werden. Die Ergebnisse zeigen, dass Infraschall mit hohem Schalldruckpegel die Struktur und Funktion der Blut-Hirn-Schranke schädigt. Mit zunehmender Einwirkdauer der Beschallung mit Infraschall wird die Struktur und die Funktion der Blut-Hirn-Schranke zunehmend mehr geschädigt und immer mehr Partikel werden im Gehirn abgelagert. Die Ausmaße der Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke und die Anreicherung gehirnschädigender Partikel im Gehirn sind mit der Dauer der Beschallung durch Infraschall verbunden.

Durch Infraschall wird die Aktivität des Zellschutzproteins Hitzeschockprotein 70 bis zu einem Maximum gesteigert. Seine Aktivität wird ab einer bestimmten Einwirkdauer nicht mehr gesteigert. Das könnte u.a. den Übergang zum geregelten Zelltod, zur Apoptose mitverursachen. Die Erhöhung der Aktivität des Hitzeschockproteins 70 ist ein Indikator des Schadens in der Zelle durch Infraschall.

Von Interesse für den Wirkungsmechanismus des Infraschalls ist die in der Untersuchung verwendete Infraschallfrequenz bei 8 Hz. Das heißt 8 Hz liegt im Bereich der Resonanzfrequenzen des Gehirns von etwa 8 Hz - 10 Hz. Die Beschallung mit Infraschall 8 Hz kann zu verstärkten Resonanzvibrationen der Strukturen der Blut-Hirn-Schranke und des Gehirns führen. Damit scheinen negative Veränderungen der zellulären Struktur und Funktion der Blutgefäße der Blut-Hirn-Schranke und ihrer Durchlässigkeit verbunden zu sein. Schädliche Stoffe können dann die beschädigte Blut-Hirn-Schranke passieren und sich im Gehirn ablagern (8).

Von Backes WH und Mitarbeitende wurde in den letzten Jahren die dynamische kontrastverstärkende Magnetresonanztomographie entwickelt mit der es möglich ist, Defekte der Blut-Hirn-Schranke und den Übertritt von Substanzen ins Gehirn bei geschädigter Blut-Hirn-Schranke nachzuweisen (11). Backes WH und Mitarbeitende konnten bereits nachweisen, dass die Leckrate der Blut-Hirn-Schranke bei Patienten in einem frühen Stadium der Alzheimerkrankheit signifikant größer ist als bei Kontrollpersonen (12). Eine vermehrte Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke ist durch Menard C und Mitarbeitende auch bei einem Teil der an einer Depression Erkrankten gefunden worden (13, 14).

Beim bisherigen Erkenntnisstand ist es zulässig zu vermuten, dass Schäden der Blut-Hirn-Schranke durch Infraschall eine Rolle beim Entstehen einiger neurologischen Erkrankungen spielen können.

Was ist über die Wirkung von niederfrequentem Schall + Infraschall auf andere Blutgefäße publiziert?

Von Ponomakov und Mitarbeitende wurde 1969 nach einer Beschallung mit einem Schalldruckpegel von 105-155 dB in der Lunge von Hunden ein Zerreißen von Blutkapillaren und

größeren Blutgefäßen und ein Zerreißen von Bindegewebsschichten in den Wänden der Lungenbläschen gefunden (4).

Svigovyi VI und Mitarbeitende fanden in der Lunge von Mäusen nach einer Beschallung 3 Stunden pro Tag, 24 bis 40 Tage lang, mit einem Schalldruckpegel von 90-140 dB bei einer Frequenz von 2 Hz - 16 Hz dramatische Schädigungen der Zellen der Blutgefäße in der Lunge und in den Wänden der Lungenbläschen (5).

Dos Santos JM und Mitarbeitende untersuchten im Jahr 2002 den Effekt der Exposition mit niederfrequentem Schall und Vibration auf die mittelgroßen und großen Blutgefäße von Ratten. 60-70 % der Tiere zeigten stellenweise Verdickung der inneren Gefäßwände, Vermehrung der glatten Muskulatur der inneren Gefäßwände und Risse in den inneren und mittleren Gefäßwänden der großen arteriellen und venösen Blutgefäße der Tierkörper (6).

Die dynamische Magnetresonanztomographie nach Backes WH könnte eine Möglichkeit werden, die Wirkung von Infraschall auf die Blut-Hirn-Schranke beim Menschen und bei Tieren und einen eventuellen Übertritt schädlicher Substanzen (z.B. Feinstäube) ins Gehirn mit entsprechenden schädlichen Folgen für Menschen und Tiere in einem frühen Stadium nachzuweisen.

Es wird eingewendet:

In der meisten experimentellen Untersuchungen werden Tieren und so hohe Schalldruckpegel verwendet wie sie in der Umwelt von Verkehr, Windenergieanlagen usw. kaum vorkommen.

Die Kritik ist berechtigt!

Was würde aber ein "niedriger Schalldruckpegel", ein "zulässiger Schalldruckpegel" oder ein "gesetzlicher Grenzwert" beim Einwirken von niederfrequentem Schall + Infraschall auf ungeborene Kinder, auf Säuglinge, auf Kleinkinder, auf wachsende Jugendliche, auf 40 jährige Erwachsene, auf 70 jährige Menschen mit Vorerkrankungen, auf Frauen und auf Männer wissenschaftlich experimentell bedeuten?

Was würde eine sicher unschädliche Einwirkdauer mit niedrigem Schalldruckpegel auf alle diese Menschengruppen wissenschaftlich experimentell bedeuten?

Es wäre nur ein experimenteller Weg denkbar. Der Nachweis von Schäden bei den angeführten Menschengruppen und der Beweis ihres Zusammenhangs mit der Ursache, der Einwirkung des niederfrequenten Schalls + Infraschalls der Windenergieanlagen und des Verkehrs. Die geforderten epidemiologischen (griech.: durch die Bevölkerung) Studien benötigen auch eine statistische Absicherung der entstandenen embryonalen, metagenen und karzinogenen Schäden bei den angeführten Menschengruppen gegenüber Kontrollgruppen.

Vasilyeva Irina hat den gentoxischen Effekt von niederfrequentem Schall auf das Genom im

Tierversuch schon im Jahr 2011 nachgewiesen (7). Ihre Methode des Nachweises von DNA-Fragmenten (cell-free DNA) im Blut und Urin ist internationaler und deutscher Standard (8, 9, 10). Ihre Ergebnisse werden wissenschaftlich nicht angezweifelt und große Teile des Genoms von Menschen und den Versuchstieren stimmen überein.

Lit.:

- 1) Sweeney M,D, Zhao Z, Montagne A, Nelson AR, Zlokovic V, Blood-Brain Barrier: From Physiology to Disease and Back (Review) Physiological Review, 2018
- 2) Nanopartikel an der Blut-Hirn Schranke, <https://www.nanopartikel.info/nanoinfo/koerperbarrieren/1666-nanopartikel-an-der-blut-hirn-schranke>
- 3) Zhou F, Zhang X, Wang X-F, Li, Z-G, Lu P-I, Liu X-Z, Chen J-Z, Jia K-Y, The changes of rat blood-brain permeability and expression of heat protein 70 after infrasonic damage, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, 2000
- 4) Ponomarev VA, Tysik A, Kudryavtseva VI, Barer AS, Biological action of intense wide-band noise on animals, Problems of Space Biology, NASA TT F, 7, 1969
- 5) Svigovyi VI, Glinchikov VV, The effect of infrasound on lung structure, Gig Truda Prof Zabol, 1987
- 6) Dos Santos JM, Grande NR, Castelo Branco NA, Zagalo C, Olivera P, Vascular lesions and vibroacoustic disease, Eur J Anat, 2002
- 7) Vasilyeva IN, Zinkin VN, The impact of low-frequency noise on the content of low-molecular-weight DNA of blood plasma, J Nucl Acid Investig 2 (Suppl 1), 2011
- 8) Vasilyeva IN, Ivtchik TV, Voznyuk IA, Low-Molecular-Weight DNA of Blood Plasma as an Indicator of Pathological Processes, Circulating Nucleic Acids in Plasma and Serum, 2010
- 9) Vasilyeva IN, Zinkin VN, Bepalov VG, Comparative Analysis of Harmful Physical Factors Effect on the Cell Genome, Circulating Nucleic Acids in Serum and Plasma, 2016
- 10) Sun K, Jiang P, u.a. Orientation-aware plasma cell-free DNA fragmentation analysis in open chromatin regions informs tissue of origin, Genome Res, 2019
- 11) Backes WH, Auf der Suche nach dem Leck in der Blut-Hirn-Schranke, 2020 <https://healthcare-in-europe.com/de/news/auf-der-suche-nach-dem-leck-in-der-blut-hirn-schranke.html>
- 12) Van de Haar HJ, Burgmans S, Jansen JFA, van Osch MJP, van Buchem MA, Muller M, Hofman PAM, Verhey FRJ, Backes WH, Blood-Brain Barrier Leakage in Patients with Early Alzheimer Disease Radiology 2016
- 13) Menard C u.a., Treatment for depression must also restore proper functioning of blood-brain barrier, Neuroscience News, 2020, <https://neurosciencenews.com/bbb-depression-15539/>
- 14) Dudek KA, Dion-Albert L, Lebel M, LeClair K, Labrecque S, Tuck E, Ferrer Perez C, Golden SA, Tamminga C, Turecki G, Mechawar, N, Russo SJ, Menard C, Molecular adaptations of the blood-brain barrier promote stress resilience vs depression, PNAS, 2020

Anmerkung A.S.:

Auffallend ist, dass die Krankheitsbilder, die dem Feinstaub in der Nähe von Verkehrsstraßen und/oder die dem niederfrequenten Schall + Infraschall in der Nähe von Verkehrsstraßen, in Industriewerken und in der Nähe von Windturbinen zugeschrieben werden, eine auffallende Übereinstimmungen zeigen. Eine auffallende Übereinstimmung zeigen auch die betroffenen Organe.

Die Frage ist, ob eine durch Infraschall geschädigte Blut-Hirn-Schranke mit vermehrter Durchlässigkeit zusammen mit den geschädigten Wänden der Lungenbläschen und Blutgefäßen der Lunge die Ablagerung von Feinstaubpartikel PM 2,5 und größeren Feinstaubpartikel mit toxischer Wirkung im Gehirn in der Nähe des Straßenverkehrs, in Industrieanlagen und in der Nähe von Windenergieanlagen erst ermöglichen bzw. erleichtern könnten.

Die Frage ist, ob eine aus anderen Gründen geschädigte Blut-Hirn-Schranke mit vermehrter Durchlässigkeit (Erbkrankheiten, Alzheimer, Depression) bei chronischer Feinstaubbelastung z.B. durch Straßenverkehr eine zusätzliche Schädigung des Gehirns bzw. eine Verschlechterung der vorliegenden Erkrankung zur Folge haben würde (1-5).

Lit.:

- 1) Yuchi W, Sbihi H, Davis H, Tamburic L, Brauer M, Road proximity, air pollution, noise, green space and neurologic disease incidence: a population-based cohort study, Environmental Health, 2020
- 2) Schikowski T, Vossoughi M, Vierkötter A, Schulte T, Teichert T, Sugiri D, Fehsel K, Tzivian I, Bae I-S, Ranft U, Association of air pollution with cognitive functions and its modification by APOE gene variants in elderly women, Environ Res, 2015
- 3) Tzivian L, Dlugaj M, Winkler A, Weinmayr G, Hennig F, Fuks KB, Vossoughi M, Schikowski T, Weimar C, Erbel R, Long-term air pollution and traffic noise exposures and mild cognitive impairment in older adults: a cross-sectional analysis of the Heinz Nixdorf recall study, Environ Health Perspect, 2016
- 4) Ranft U, Schikowski T, Sugiri D, Krutmann J, Krämer U, Long-term exposure to traffic-related particulate matter impairs cognitive function in the elderly, Environ Res, 2009
- 5) Beckwith T, Cecil K, Altaye M, Severs R, Wolfe C, Percy Z, Maloney T, Yoltan K, LeMasters G, Brunst K, Ryan P, Reduced gray matter volume and cortical thickness associated with traffic-related air pollution in a longitudinally studied pediatric cohort, Plos One, Jan 2020 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228092>

Anmerkung A.S.:

- 1. Eine fundierte, durch wissenschaftliche Untersuchungen belegte Kritik an den Untersuchungen der zitierten Autoren bin ich u.U. bereit zu veröffentlichen.**
- 2. Für die Benachrichtigung von meinen eigenen Fehlern in diesem Referat bin ich dankbar. Ich werde sie korrigieren.**

NIEDERASPHE

**EINE AUSARBEITUNG ZUM THEMA:
Vibroakustische Erkrankungen**

14. Druckgefühl, Vibrationsgefühl und psychisch-körperliches Unwohlsein durch niederfrequenten Schall + Infraschall

Von Personen, die in der Nähe von Windturbinen wohnen werden häufig Druckgefühl in Kopf, Brust und Bauch, ein Vibrationsgefühl in Brust und Bauch und ein psychisch-körperliches Unwohlsein geschildert, das von ihnen auf den Schall der Windturbinen zurückgeführt wird.

Druckgefühl, Vibrationsgefühl und psychisch-körperliches Unwohlsein sind keine eindeutig definierten Begriffe und es kann nicht vorausgesetzt werden, dass jeder das Gleiche mit den Worten verbindet. In der ärztlichen Praxis ist die Angabe von Vibrationsgefühlen im Kopf, in der Brust oder im Bauch sonst kaum zu hören.

Nach Alves-Pereira M sind Laboratorien, die Schalldruckwellen im Bereich des niederfrequenten Schalls und Infraschalls bis 0,1 Hz in kontrollierter Weise anwenden können weltweit nur in relativ geringer Zahl vorhanden und diejenigen, die existieren sind meist mit militärischen Einrichtungen und der Raumfahrtindustrie verbunden. Laboratorien die Schalldruckwellen im Bereich des niederfrequenten Schalls und Infraschalls aussenden können, können nicht ohne weiteres in bewohnten Gegenden betrieben werden. Probleme mit potentiellen gesundheitlichen Störungen der Nachbarn in bewohnten Gegenden würden ihre Verwendung einschränken. Außerdem sei die Ausrüstung, die in kontrollierter Weise niederfrequenten Schall und Infraschall bis 0,1 Hz aussenden könnte groß und teuer und wenige Teile der Gesellschaft (außer der Forschung bei Militär und Raumfahrtindustrie) benötigen einen extensiven Gebrauch dieses Typs von Installationen.

Das Kobayashi Institut für Physikalische Forschung (Japan) besitzt ein Schalllabor, das speziell für Experimente mit niederfrequentem Schall und Infraschall aufgebaut ist (1). Morinaga M und Mitarbeitende habe unter den Bedingungen des Schalllabors Versuchspersonen mit schmalen Frequenzbereichen von 10 Hz bis 630 Hz mit unterschiedlichen Schalldrücken beschallt, um festzustellen, ob und bei welchem Schalldruckpegel und bei welchen einzelnen Frequenzen bei den einzelnen Personen Druckgefühle, Vibrationsgefühle und Unwohlsein durch Beschallung unter Laborbedingungen auftreten (1).

Methodik:

Die Versuchspersonen wurden nach dem Zufallsprinzip ausgewählt, um eine repräsentable Gruppe der Allgemeinbevölkerung zu haben (mit unterschiedlichen lebensgeschichtlichen kumulativen Schallexpositionen) und waren zwischen 20 und 69 Jahre alt. Die normale Hörfähigkeit wurde vorher überprüft.

Im Schalllabor wurden 2 Gruppen von Versuchspersonen in einem Bereich von 10 Hz bis 630 Hz 20 Sekunden lang kontinuierlichen Schalldruckpegeln unterschiedlicher Größe ausgesetzt.

Die Versuchspersonen der einen Gruppe waren über die Begriffe „Druckgefühl“ und „Vibrationsgefühl“ und „psychisch-körperliche Belästigung“ vorher informiert, die andere Gruppe war vorher darüber nicht informiert. Die Wahrnehmungen der einzelnen Versuchspersonen wurden nach dem Versuch durch Fragebogen mit definierten Kriterien erfragt.

Ergebnis:

Positiv: Über 50 % der Versuchspersonen ohne vorherige Aufklärung gaben Beschwerden an:

Schalldruckpegel	10 Hz	20 Hz	40Hz	80 Hz	160 Hz	315 Hz	630 Hz
110 dB	DV	-	-	-	-	-	-
100 dB	A	DV	DV	DV	HA	-	-
90 dB	KW	DV	DV	DV	HA	-	-
80 dB	KW	KW	DV	DV	HA	HA	HA
70 dB	-	KW	DV	A	A	HA	HA
60 dB	-	-	A	A	A	A	A
50 dB	-	-	KW	G	A	A	A
40 dB	-	-	-	G	-	A	-

-: Nicht durchgeführt

DV: Druckgefühl, Vibrationsgefühl

A: Psychisch-körperliches Unwohlsein

HA: Starkes psychisch-körperliches Unwohlsein

G: Geringe Wahrnehmung

KW: Keine Wahrnehmung

In der nicht aufgeklärten Gruppe lag die Wahrnehmung von Druck- und Vibrationsgefühl auf Kopf, Brust und Bauch zwischen 10 Hz bis 80 Hz bei Schalldruckpegeln zwischen 70 dB und 100 dB.

In der aufgeklärten Gruppe wurden Druck- und Vibrationsgefühl auch bei 160 Hz und 100 dB - 80 dB Schalldruckpegel angegeben.

Im Bereich des niederfrequenten hörbaren Schalls wurden Unwohlsein und starkes Unwohlsein ab 40 dB bis zu einer Frequenz von 630 Hz angegeben.

Diskussion:

Druck- und Vibrationsgefühle und psychisch-körperliches Unwohlsein, wie Anwohnern in der Nähe von Windturbinen es schildern, können schon durch kurzfristige konstante Exposition von 20 Sekunden im Schalllabor ausgelöst werden.

Druck- und Vibrationsgefühl wurden im Bereich 40 Hz bis 80 Hz bei relativ niedrigen Schalldrücken angegeben.

Psychisch-körperliche Beeinträchtigungen werden bis 630 Hz bei relativ niedrigen Schalldrücken angegeben.

Aufgrund der 50 % Quote ist erkennbar, dass ein Teil der Versuchsteilnehmer positiv reagierten, ein Teil nicht. Da die Schallgeschichte der zufällig ausgewerteten Versuchspersonen nicht in die Bewertung einbezogen wurde ist es offen, ob die positiv Reagierenden primär sensitiv waren oder durch ihre Schallgeschichte seit der Fetalzeit sensibilisiert worden waren. Beides kann auch zusammen wirken.

Die negativen Reaktionen im Körper werde durch niederfrequenten Schall + Infraschall über

einen großen Frequenzbereich erzeugt und zeigen eine vom Frequenzbereich abhängige etwas unterschiedliche Beschwerdesymptomatik. Die Untersuchung zeigt, dass die niedrigsten Schalldruckwerte, die Beschwerden auslösen, im Bereich des niederfrequenten Schalls liegen.

Die Beschwerden von Druckgefühl, Vibrationsgefühl und Schallbelästigung wurden schwerpunktmäßig im Bereich des niederfrequenten Schalls über 20 Hz ausgelöst, wie er sowohl für Windturbinen, Straßenverkehr, Luftverkehr, Industrieanlagen, Haushaltsgeräte, Unterhaltungsindustrie charakteristisch ist.

In die Umweltverschmutzung durch Schall muss neben dem Infraschall auch der allgegenwärtige niederfrequente Schall einbezogen werden.

Lit.:

1) Morinaga M, Yamamoto I, Kobayashi T, Makino K, Ochiai H, Tachibana H, Japan, Proc 23th Int Cong Acoustics, Aachen, 2019

Anmerkungen A.S.:

Die Untersuchung zeigt, dass die von Anwohnern in der Nähe von Windturbinen geschilderte ungewöhnliche Kombination von Beschwerden wie von Druckgefühl, Vibrationsgefühl und psychisch-körperliche Beeinträchtigung auch bei vorher nicht informierten Versuchspersonen durch kurzzeitige kontinuierliche Beschallung im Schalllabor ausgelöst werden können.

Es ist zulässig anzunehmen, dass die Beschwerden von Druckgefühl im Kopf, in Brust und Bauch, Vibrationsgefühl in Brust und Bauch und psychisch-körperliches Unwohlsein wenn sie, je nach meteorologischer Situation, durch die Beschallung der Windturbinen anfallsartig am Tag und in der Nacht, Jahre und jahrzehntelang auftreten einen chronischen krankhaften Stress mit entsprechenden gesundheitlichen Langzeitfolgen bewirken.

Den gentoxischen Effekt von chronischem krankhaften Stress auf Betroffene, weitervererbt auf ihre Nachkommen und die Folgekrankheiten hat die Nobelpreisträgerin (2009) Blackburn Elisabeth und ihrer Mitarbeiterin Ebel Elissa erforscht und beschrieben (1).

Lit.:

1) Blackburn E, Epel E, Die Entschlüsselung des Alterns Der Telomer-Effekt, Mosaik-Verlag, 2017

Anmerkung A.S.:

1. Eine fundierte, durch wissenschaftliche Untersuchungen belegte Kritik an den Untersuchungen der zitierten Autoren bin ich u.U. bereit zu veröffentlichen.

2. Für die Benachrichtigung von meinen eigenen Fehlern in diesem Referat bin ich dankbar. Ich werde sie korrigieren.

NIEDERASPHE

**EINE AUSARBEITUNG ZUM THEMA:
Vibroakustische Erkrankungen**

15. Infraschall und Lymphatisches System (Immunsystem)

Der gesunde menschliche Körper, seine Organe, seine Zellen und Funktionen beruhen u.a. auf der Ungestörtheit ihrer eigenen Vibrationen im Infraschallbereich, ihren eigenen Oszillationen.

Ein von außen einwirkender störender Effekt von Infraschallvibrationen mit hohem Schalldruckpegel oder mit langer Einwirkdauer zeigt sich in Erkrankungen des Gehirns, des Nervensystems, des Herzkreislaufsystems, des Atmungssystems und in Störungen von Strukturen und Stoffwechsel von Zellen (1).

Besonders empfindlich reagiert das lymphatische System (Immunsystem) auf externe Störungen seiner eigenen Mechanismen im Infraschallbereich (1). Das lymphatische System hat eine wichtige Funktion in der Regulation der Körperflüssigkeiten, in der Aufrechterhaltung des Gleichgewichts von Makromolekülen in den Geweben des Körpers, im Fettstoffwechsel und in der Abwehrfunktion des Körpers (immunologischen Funktion). Bakterien, Viren, Pilze, Giftstoffe, Fremdpartikel, körperfremde Eiweiße (Antigene), Cholesterin, Tumorzellen und Immunzellen werden von sehr kleinen Lymphgefäßen in allen Körpergeweben aktiv gesammelt. Durch oszillierendes Zusammenziehen des Lymphgefäßsystems werden sie zu den Lymphknoten gepumpt, wo die Schadpartikel aus der Lymphflüssigkeit herausgefiltert werden.

Die Lymphknoten gehören zum Abwehrsystem (Immunsystem) des Organismus. In den Lymphknoten reifen auch die B- und T-Lymphozyten durch Kontakt mit den Fremdeiweißen der Mikroorganismen (Antigene) in der Lymphflüssigkeit zu wirksamen Abwehrzellen heran, die dann ins Blut und Gewebe weiterwandern, um ihre immunologischen Abwehrfunktionen zu erfüllen. Von den Lymphknoten wird die Lymphflüssigkeit über größere Lymphgefäße in die großen Körperven transportiert.

Der Lymphfluss in den Lymphgefäßen ist ein oszillierender Fluss:

1. Rhythmisches Zusammenziehen der Muskelfasern in den Wänden der Lymphgefäße pumpt die Lymphflüssigkeit vorwärts. In den lymphatischen Gefäßen haben die Mikrokompressionen die Rolle von Herzschlägen.
2. Langsame Infraschallwellen der Atembewegungen, der Herzschläge und Bewegungen von Muskeln unterstützen den Lymphfluss.
3. Das Nervensystem und Hormone steuern die Pumpfunktion.

Infraschall und niederfrequenter Schall der Umwelt beeinflussen auch das Lymphgefäßsystem. Bei der externen Wirkung des Infraschalls auf den Körper sind seine Frequenz, der Schalldruckpegel und seine Einwirkdauer wichtig.

Petrenko VM hat bei Versuchstieren die verschiedenen aufeinanderfolgenden Stadien der Veränderungen des Lymphgefäßsystems bei langdauernder Exposition mit Infraschall untersucht und beschrieben (1, 2, 3):

Eine Kurzzeitexposition (einige Tage) mit Infraschall einer Intensität von 100 dB und einer Frequenz von 16 Hz verursacht eine Änderung des Aufbaus und der Funktion des lymphatischen Systems. Eine Schädigung der oszillierenden Lymphgefäße und der Lymphknoten durch den externen oszillierenden Infraschall bewirkt eine Verschlechterung des Lymphflusses in den Lymphgefäßen, eine Behinderung des Transports der Lymphozyten aus dem Knochenmark in die Lymphknoten, eine Behinderung der Reifung der Lymphozyten in den Lymphknoten und eine Schwächung der immunologischen Abwehrfunktion der Lymphknoten.

Die Schädigungen des Lymphgefäßsystems nehmen mit der Einwirkdauer zu. Ab der 3. Woche findet man tote Zellen in den Wänden der Lymphgefäße.

Die Lymphknoten sind ein Teil des kontinuierlichen Lymphflusses im Lymphgefäßsystem. Sie sind komplex aufgebaute Organe mit Filterfunktion (Biofilter). Erst in den Lymphknoten reifen die Lymphozyten des Knochenmarks durch Kontakt mit Fremdeiweißen (Antigene) in der Lymphflüssigkeit zu wirksamen Abwehrzellen heran.

In der ersten Zeit der Einwirkung von Infraschall schwellen die Lymphknoten an. Die Kapsel dehnt sich und wird glatt. Begleitet sind die Veränderungen der Lymphknoten mit einem Anstieg der Lymphozyten im Blut (6). In den nächsten Wochen der Exposition mit Infraschall wird die Oberfläche der Lymphknoten höckrig. Es kommt zum stärkeren Lymphstau, das Lymphödem nimmt zu.

Nach 4 bis 5 Wochen beginnt der Endprozess mit der bindegewebigen Umwandlung (Fibrose) der Lymphknoten. Das normale Lymphknotengewebe schrumpft die bindegewebige Umwandlung mit Kollagenfasern nimmt zu. Die Größe der Lymphknoten nimmt ab mit weiterer Beeinträchtigung der Filterfunktion für schädliche Stoffe und Schwächung der Immun- und Reinigungsfunktionen in den Lymphknoten.

Die Reifung der Lymphozyten, ihre Differenzierung und ihre wichtige Funktion in der Immunabwehr wird immer mehr beeinträchtigt. Die Abwehr von Infektionserregern von Bakterien, Viren, Pilzen, die Beseitigung bösartig umgewandelter Körperzellen verschlechtern sich. Es kann zu Lymphödem, zu verschlechtertem Fettstoffwechsel, zu erhöhtem Cholesterin im Blut und zu Autoimmunkrankheiten (15) kommen. Im Endstadium sind die Lymphknoten schwierig vom umgebenden Gewebe abzutrennen.

Der phasenhafte Verlauf der Einwirkung von Infraschall auf das Lymphgefäßsystem und seine Funktionen mit unterschiedlichen Befunden in der akuten Phase und der Langzeitphase entspricht dem von Castelo Branco beschriebenen Stadienverlauf bei Arbeitern, die berufsmäßig mit Infraschall <500 Hz + Infraschall <20 Hz + Vibrationen belastet waren (bis 4 Jahre, bis 10

Jahre, über 10 Jahre).

Tuleuhanov ST und Mitarbeitende haben den Einfluss von Infraschall mit niedrigem Schalldruckpegel auf die Gesamtzahlen der weißen Blutkörperchen im Blut von Ratten untersucht (6). Die weißen Blutkörperchen haben eine schnelle und leistungsfähige Funktion in der Abwehr von Infektionserregern.

Ratten wurden 3, 6, 12, 30, 60 Tage, 10 Minuten pro Tag, einem niedrigen Schalldruckpegel von 10 bis 14 dB, Frequenz 13 Hz bis 30 Hz ausgesetzt.

Die Gesamtzahl der weißen Blutkörperchen steigt schnell auf den etwa 3-fachen Wert der Kontrolltiere an und bleibt dort bis zum 60. Tag erhöht. Das ist mit einem Anstieg unreifer Vorstufen aus dem Knochenmark begleitet. Gleichzeitig finden sich Fehlbildungen der Zellkerne: Hinweis auf Störung der Blutbildung im Knochenmark.

Vasilyeva und Mitarbeitende haben den Einfluss von Infraschall mit hohem Schalldruckpegel auf Chromosomenanomalien, Chromosomenfehlbildungen in den Knochenmarkszellen von Ratten untersucht (7). Die Chromosomenanomalien stiegen bereits nach einmaliger 17 minütiger Beschallung mit einem Schalldruckpegel von 120 dB auf das 12,6-fache an im Vergleich mit den Spontanveränderungen der Kontrollgruppe: Hinweis auf gentoxische Störung im Knochenmark.

Silva MJ und Mitarbeitende haben die Häufigkeit des Austauschs von Schwesterchromatiden in den Lymphozyten des Blutes von 50 Arbeitern, die beruflich langjährig einem hohen Schalldruckpegel >90 dB von niederfrequentem Schall <500 Hz + Infraschall + Ganzkörpervibrationen ausgesetzt waren mit dem von 34 Beschäftigten in Büros verglichen (8). Sie fanden einen signifikanten Anstieg des Austauschs von Schwesterchromatiden als Hinweis einer erhöhten Reparatur von DNA-Schäden der Chromosomen in den Lymphozyten des Blutes. Bei den untersuchten Fabrikarbeitern wirkten als Co-Faktoren Ganzkörpervibrationen und erhöhter beruflicher Stress mit: Hinweis auf gentoxische Störung im Knochenmark.

Silva MJ und Mitarbeitende haben bei 9 militärischen Düsenjägerpiloten, die beruflich hohem Schall + Ganzkörpervibration ausgesetzt sind den Austausch von Schwesterchromatiden in den Lymphozyten des Blutes mit denen von 10 Kontrollpersonen des Flughafenpersonals verglichen (9). Sie fanden eine signifikante Erhöhung des Austauschs von Schwesterchromatiden in den Lymphozyten des Blutes bei den Piloten. Bei den untersuchten Piloten wirkten als Co-Faktoren Ganzkörpervibrationen und erhöhter beruflicher Stress mit: Hinweis auf gentoxische Störung im Knochenmark.

Silva MJ und Mitarbeitende haben bei Mäusen die 300 Stunden niederfrequentem Schall + Ganzkörpervibrationen ausgesetzt wurden einen signifikant erhöhten Austausch von Schwesterchromatiden in den Lymphozyten der Milz gegenüber Kontrolltieren gefunden (10). Niederfrequenter Schall allein hatte keinen Effekt: Hinweis auf gentoxische Störung.

Castro AP fand bei Mäusen, die über etwa 8 Monate 8 Stunden pro Tag + 2 Tage Pause (analog

der beruflichen Exposition) niederfrequentem Schall mit hoher Schalldruckamplitude ausgesetzt waren eine Erniedrigung der CD4 + CD8 + T-Lymphozyten und der IgM B Lymphozyten in der Milz (11): Hinweis auf Störungen im Immunsystem.

Castelo Branco NAA und Mitarbeitende haben bei 34 Beschäftigten der Flugzeugindustrie, die über 10 Jahre niederfrequentem Schall <500 Hz + Infraschall <20 Hz + Vibrationen ausgesetzt waren und bei denen eine Vibroakustische Erkrankung diagnostiziert worden war eine erhöhte Zahl von CD4 + und CD8 + T-Lymphozyten im Blut, im Vergleich mit 41 Kontrollpersonen aus Büros nachgewiesen (12). Hinweis auf Störung im Immunsystem.

Eine Schwächung der Abwehrmechanismen des Körpers ist auch die zunehmende Beschädigung der Zilien der Zellen der Luftröhre. Die Zilien sind bewegliche Ausstülpungen des Flimmerepithels, spezialisierte Zellen, die den größten Teil der Atemwege auskleiden. Diese Zellen haben eine sehr wichtige Funktion. Sie bewegen sich bildlich wie Ähren im Wind und befördern durch diese Bewegung Schleim und Stäube (Feinstaub) aus dem Luftstrom in der Luftröhre. Sie lösen in der Regel auch einen Hustenreflex zum besseren Abtransport aus.

Bei Patienten mit Vibroakustischer Erkrankung war die Schwächung des Immunsystems verbunden mit gehäuften Infektionskrankheiten (Bronchien, Lunge, Haut), gehäuften Autoimmunkrankheiten (Lupus Erythematodes (15), Vitiligo) und gehäuft bösartigen Erkrankungen.

Epidemiologische Studien haben gezeigt, dass Störungen durch Umwelteinwirkung des sich erst entwickelnden Immunsystems von Feten, Säuglingen und Kleinkindern schädliche Langzeitfolgen des Immunsystems haben können (13).

Ein mit zunehmendem Alter in seiner Funktion nachlassendes Lymphgefäßsystem spielt auch eine wesentliche Rolle in der Entstehung verschiedener altersabhängiger Erkrankungen wie Abwehrschwäche, Herzkreislaufkrankheiten, Diabetes mellitus, Atherosklerose, Herzinfarkt, Hypertonie, Alzheimer Erkrankung, Neuropathien, chronische Gewebedegeneration: Osteoarthritis, Knorpelschwund (4, 5, 14).

Eine zusätzliche Langzeitbeschallung mit niederfrequenten Schall + Infraschall durch Windturbinen und durch starken Straßenverkehr mit zusätzlichem Feinstaub ist mit hoher Wahrscheinlichkeit ein schädigender Faktor auf das sich erst entwickelnde und auf das alternde Immunsystem. Als besondere Risikogruppen müssen beim heutigen Stand des Wissens mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit Schwangere, Feten, Kleinkinder, Jugendliche mit noch nicht abgeschlossenem Wachstum und ältere Menschen mit Herz- und Lungenerkrankung angesehen werden.

Lit.:

- 1) Petrenko VM, About Mechanism of Influence of Infrasound on Living Organism, J Biomed Syst Emerg Technol 2018
- 2) Petrenko VM, Structural and Functional Foundations of Immunity: The Circulation in Living Organism, SCIOl Biomed 2019
- 3) Petrenko VM, Constitution of the Lymphatic System, Int J Biomed, 2012
- 4) Petrenko E, The structure of the lymph node at influence of physical loads and infrasound, Bull Scien Pract 2020

- 5) Baranwal G, Rutkowski JM, Reduced lymphatic function contributes to age-related disease, Aging, 2019
- 6) Tuleuhanov ST, Desouky OS, Mohaseb MA, The influence of the infrasound on the immunological properties of rats blood, Romanian J Biophys, 2010
- 7) Vasilyeva IN, Besspalov VG, Semenov AL, Baranenko DA, Zinkin VN, The Effect of Low-Frequency Noise on Rats: Evidence of Chromosomal Aberrations in the Bone Marrow Cells and the Release of Low-Molecular-Weight DNA in the Blood Plasma, Noise&Health 2017
- 8) Silva MJ, Carothers A, Castelo Branco NAA, Dias A, Boavida MG, Sister chromatid exchange analysis in workers exposed to noise and vibration, Aviat Space Environ Med, 1999
- 9) Silva MJ, Carothers A, Castelo Branco NAA, Dias A, Boavida MG, Increased level of sister chromatid exchange in military aircraft pilots, Mut Res Gen Tox Environ Mutag, 1999
- 10) Silva MJ, Dias A, Barreta A, Nogueira PJ, Castelo Branco NA, Boavida MG, Low frequency noise and whole-body vibration cause increased levels of sister chromatid exchange in splenocytes of exposed mice, Teratog Carcinog Mutagen, 2002
- 11) Castro AP, Aguas AP, Grande NR, Monteiro E, Castelo Branco NAA, Effect of low frequency noise exposure on BALB/s mice splenic lymphocytes, Aviat Space Environ Med, 1999
- 12) Castro AP, Aguas AP, Grande NR, Monteiro E, Castelo Branco NAA, Increased CD8+ and CD4+T lymphocytes in patients with vibroacoustic disease, Aviat Space Environ Med, 1999
- 13) Olin A, Henckel E, Chen Y, Zhang C, Bohlin K, Brodin P, Stereotypic Immune System Development in Newborn Children. Cell 2018
- 14) Shang T, Liang J, Kapron CM, Liu J, pathophysiology of aged lymphatic vessels, Aging, 2019
- 15) Schoenbach A, T Cells, the Immune System and Lupus, <https://lupuscorner.com/t-cells-immune-system-and-lupus>

Anmerkung A.S.:

- 1. Eine fundierte, durch wissenschaftliche Untersuchungen belegte Kritik an den Untersuchungen der zitierten Autoren bin ich u.U. bereit zu veröffentlichen.**
- 2. Für die Benachrichtigung von meinen eigenen Fehlern in diesem Referat bin ich dankbar. Ich werde sie korrigieren.**

NIEDERASPHE

**EINE AUSARBEITUNG ZUM THEMA:
Vibroakustische Erkrankungen**

16. Oxidativer Stress, ein molekularer Wirkungsmechanismus von Lärm und Feinstaub

Der Lärm, der Feinstaub und die Gase der Verkehrsmittel zusammen übertreffen alle anderen Risikofaktoren der Umwelt an Bedeutung. Sie tragen mit einem Anteil von 75% zu den menschlichen Erkrankungen durch die bekannten Risikofaktoren der Umwelt bei. Zunehmend steigt die Anzahl der Menschen, die in den Industriestaaten, die meisten wehrlos, den Risiken dieser Umweltfaktoren ausgesetzt sind. Umweltlärm sowie Feinstaub wirken schädlich auf den menschlichen und tierischen Körper ein und verstärken sich in ihrer negativen Wirkung (1, 2, 3).

Münzel T und Mitarbeitende haben in grundlegenden funktionellen, morphologischen, molekularen und genetischen Untersuchungen den Lärm des Straßenverkehrs und des Flugverkehrs untersucht und gefunden, dass akute wie langzeitige Lärmexposition <85 dB(A) innerhalb kurzer Zeit Wirkketten im Herzkreislaufsystem auslösen, die einen sogenannten „oxidativen Stress“ mit vermehrter Bildung von aggressiv reagierenden freien sauerstoffhaltigen Radikalen (ROS) verursachen. Realer Verkehrslärm und Flugzeuglärm verursachen schon nach relativ kurzer Einwirkzeit (Lärmspitzen) durch oxidativen Stress Veränderungen des biologischen Stoffwechsels und Veränderungen der Gene (DNA) mit schädlichen Folgen für die Gesundheit.

Der oxidative Stress mit exzessiver Bildung von freien sauerstoffhaltigen Radikalen (ROS) mit gesundheitsschädigender Wirkung ist ein zentraler molekularer Mechanismus beim Entstehen von Erkrankungen durch jede Art von Lärm.

Der oxidative Stress ist wesentlich beteiligt beim Entstehen von Funktionsstörungen des Herzkreislaufsystems, dem Entstehen von Hypertonie, Blutgefäßerkrankungen, Koronargefäßerkrankung, Herzinfarkt, Herzrhythmusstörungen, Herzversagen und von weiteren Zivilisationserkrankungen. Durch einen zusätzlichen oxidativen Stress werden vorbestehende Herzkreislauferkrankungen und vorbestehende anderen Erkrankungen bei Risikogruppen verschlechtert, mit erhöhter Sterblichkeit (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14).

Die Untersuchungen von Münzel T und Mitarbeitende zeigen auch, dass die schädigenden Wirkungen des Verkehrslärms nicht primär vom subjektiven Erleben z.B. des Ärgers über den Lärm abhängen.

2015 war die Luftverschmutzung mit Feinstaub PM 2,5 der Verbrennungsmotoren weltweit der fünftgrößte Risikofaktor für Herzkreislauferkrankungen, Herztod und Lungenerkran-

kungen. Besonders der Ultrafeinstaub des Straßenverkehrs ist extrem gefährlich, da die ultrafeinen Partikel über die Lunge direkt in die Blutbahn gelangen, sich im Körper und insbesondere auch im Gehirn ablagern und ihre schädliche Wirkung entfalten können. Feinstaub und Ultrafeinstaub können durch Wind hunderte Kilometer weit verschleppt werden. Da Ultrafeinstaub nur die Größe eines Virus hat, kann man sich nicht davor schützen.

Münzel T und Mitarbeitende haben gefunden, dass auch Feinstaub und Ultrafeinstaub (und Gase: z.B. NO₂, SO₂, Ozon) des Straßen- und Flugverkehrs zu einem oxidativen Stress mit gesundheitsschädlicher Wirkung auf Blutgefäße und Lunge führen und damit den gesundheitsschädlichen oxidativen Stress des Lärms von Straßenverkehr und Flugzeug weiter verstärken (8, 9).

Hosseinabadi MB, Münzel T und Mitarbeitende haben bei Arbeitern einer Nahrungsmittelfabrik mit erhöhter Lärmexposition einen oxidativen Stress mit erhöhten Gen-Schäden (DNA-Schäden) in den kernhaltigen Blutzellen und einen erhöhten Blutdruck als Folge nachgewiesen (13). Ein erhöhter oxidativer Stress wurde auch von Yildirim I und Mitarbeitenden bei lärmexponierten Textilarbeitern nachgewiesen (14).

Die herausragende Bedeutung der Untersuchungen der Arbeitsgruppe von Münzel T liegt u.a. darin, dass in den Untersuchungen die Wirkungen realer Schallfrequenzmuster von Lärm des Straßenverkehrs und von Flugzeugen mit Schalldruckpegel <85 dB(A) abgeklärt wurden. Schon für diese „normalen“ Schallbedingungen der Umwelt und für den „normalen“ Feinstaub von Verbrennungsmotoren der Straße und der Luft konnte ein oxidativer Stress als eine Ursache von Herz-Kreislauf-erkrankungen bewiesen werden:

Münzel Thomas (Mainz):

„The important aspects of all these studies is that environmental stressors as noise and air pollution are damaging the cardio-vascular system probably by similar mechanisms. Noise and air pollution constituents induce endothelial dysfunction due to increased oxidative stress. Both stressors have also been shown to cause and/or to be associated with or even potentiate the cardiovascular side effects of traditional risk factors such as hypertension, smoking, hyperlipidaemia and diabetes, thereby further stimulating and/or accelerating the arteriosclerotic process“.

Lit.:

- 1) Fluglärm schädigt Gefäße und Gene - Münzel nennt neue Studie „Durchbruch bei der Lärmforschung“, (Gisela Kirschstein), 2017, <https://www.mainzund.de/fluglaerm-schaedigt-gefaesse-und-gene-muenzel-nennt-neue-studie-durchbruch-bei-laermforschung>
- 2) Münzel T, Sorensen M, Gori T, Schmidt FP, Rao X, Brook J, Chen LC, Brook RD, Rajagopalan S, Environmental stressors and cardio-metabolic disease: part I-epidemiologic evidence supporting a role for noise and air pollution and effects of mitigation strategies, European Heart Journal, 2017
- 3) Münzel T, Sorensen M, Gori T, Schmidt FP, Rao X, Brook FR, Chen LC, Brook RD, Rajagopalan S, Environmental stressors and cardio-metabolic disease: part II-mechanistic insights, European Heart Journal, 2017
- 4) Münzel T, Daiber A, Steven S, Tran LP, Ullmann E, Kossmann S, Schmidt FP, Oelze M, Xia N, Li H, Pinto A, Wild P, Pies K, Schmidt ER, Rapp S, Kröller-Schön S, Effect of noise on vascular function, oxidative stress, and inflammation: mechanistic studies in mice European Heart Journal, 2017
- 5) Münzel T, Daiber A, Environmental Stressors and Their Impact on Health and Disease with Focus on Oxidative Stress, Antioxidants & Redox Signaling, 2018
- 6) Hahad O, Prochaska JH, Daiber A, Münzel T, Noise Induced Effects on Stress Hormones, Oxidative Stress and Vascular Dysfunction: Key Factors in the Relationship between Cerebro-vascular and Psychological Disorders, Oxid Med Cell Longev, 2019
- 7) Münzel T, Schmidt FP, Steven S, Herzog J, Daiber A, Sorensen M, Environmental noise and the cardiovascular system, J Am Coll Cardiol, 2018
- 8) Münzel T, Gori T, Al-Kindi S, Deanfield J, Lelieveld J, Daiber A, Rajagopalan S, Effects of gaseous and solid

constituents of air pollution on endothelial function, European Heart Journal, 2018

9) Lelieveld J, Klingmüller K, Pozzer A, Pöschl U, Fuais M, Daiber A, Münzel T, Cardiovascular disease burden from ambient air pollution in Europe reassessed using novel hazard ratio functions, European Heart Journal, 2019

10) Herzog J, Schmidt FP, Hahad O, Mahmoud SH, Mangold AK, Andreo PG, Prochaska J, Koeck T, Wild PS, Sorensen M, Daiber A, Münzel T, Acute exposure to nocturnal train noise induces endothelial dysfunction and pro-thromboinflammatory changes of the plasma proteome in healthy subjects, Bas Res Cardiol, 2019

11) Münzel Th, Up to the air: Links between environment and cardio-vascular disease, Cardiovasc Res, 2019

12) Münzel T, Kroeller-Schön S, Oelze M, Gori T, Schmidt FP, Stevens S, Hahad O, Rösli M, Wunderli JM, Daiber A, Sorensen M, Adverse Cardiovascular Effects of Traffic Noise and the New WHO Guidelines, Annual Review of Public Health, 2020

13) Hosseiniabadi MB, Khanjani N, Münzel T, Daiber A, Yaghmorloo M, Chronic occupational noise exposure: Effects on DNA damage, blood pressure, and serum biochemistry, Mut Res/Gen Tox Environ Mutag, 2019

14) Yildirim I, Kilinc M, Okur E, Tolun I, Kilic MA, Kurutas EB, Ekerbicer HC, The effect of noise on hearing and oxidative stress in textil workers, Ind Health, 2007

Anmerkung A.S.:

1. Eine fundierte, durch wissenschaftliche Untersuchungen belegte Kritik an den Untersuchungen der zitierten Autoren bin ich u.U. bereit zu veröffentlichen.

2. Für die Benachrichtigung von meinen eigenen Fehlern in diesem Referat bin ich dankbar. Ich werde sie korrigieren.

NIEDERASPHE

**EINE AUSARBEITUNG ZUM THEMA:
Vibroakustische Erkrankungen**

17. Oxidativer Stress, ein gesundheitsschädlicher molekularer Wirkungsmechanismus im Körper

Oxidativer Stress ist ein Stoffwechselzustand in den Zellen und den Organen des menschlichen und tierischen Körpers, in dem eine exzessive Produktion von freien Sauerstoffradikalen (ROS) die Kapazität der biologischen Systeme die ROS schnell abzubauen übersteigt. Die erhöhte Konzentration von stark reagierenden freien Sauerstoffradikalen (ROS) des oxidativen Stresses muss sehr schnell eliminiert werden und die durch diese verursachten Schäden in den Zellen und Organen sehr schnell repariert werden, da sie schwerwiegende gesundheitliche Schäden bewirken können (1, 2, 3, 4).

Chemische, physikalische und mikrobiologische Faktoren der Umwelt können zu einem oxidativen Stress in den Zellen und Organen von Menschen und Tieren führen.

ROS sind hochreaktive Moleküle und Atome mit, in normaler Konzentration, wichtigen Funktionen im Organismus. ROS sind meist normale Nebenprodukte des Zellstoffwechsels (5). In normaler Konzentration sind ROS überwiegend gesundheitsfördernd. ROS regulieren bei normaler Konzentration viele Lebensprozesse in allen Lebewesen auf zellulärer und molekularer Ebene (1). ROS sind auch dem Immunsystem hilfreich bei der Abwehr von Bakterien und Viren.

Viele Organe von erwachsenen Menschen und Tiere benutzen mindestens 10-15 % des aufgenommenen Sauerstoffs zur Produktion von ROS. Im embryonalen Wachstum ist der Prozentsatz des erforderlichen Sauerstoffs noch deutlich höher (2).

ROS führen aber in erhöhter Konzentration zum sogenannten „oxidativen Stress“, der in vielfacher Weise schädlich ist. Schäden können durch die freien Sauerstoffradikale beim oxidativen Stress an den Zellmembranen, Eiweißen, Lipiden und Genen (DNA) der Zelle entstehen. Wenn die Produktion der aggressiven ROS die Kapazität der schnell abbauenden Schutzmechanismen in einem biologischen System die ROS schnell zu "entgiften" überschreitet, führt das konzentrations- und zeitabhängig unweigerlich zu Erkrankungen (1, 2, 3, 4, 5). Auch die Funktion der Immunzellen hängt entscheidend von der kontrollierten Produktion und Entgiftung der ROS ab (6, 7).

Die erhöhten ROS-Konzentrationen verursachen biologische Fehlfunktionen, Schädigung der Gene (DNA), Bildung von krankhaften Antikörpern gegen die eigenen geschädigten Gene (DNA), Ansteigen des Zelltodes (Apoptose), neurodegenerative Erkrankungen und viele weitere Erkrankungen (2). Durch erhöhte ROS-Konzentration in der Zelle verursachte genotoxische Schäden (Einzel- und Doppelstrangbrüche der DNA u.a.) induzieren zelltoxische, mutagene und karzinogene Schäden. Wenn gen(DNA)-geschädigte Zellen sich weiter teilen können, führt das zu Krebs. Die ROS sind im gesamten Körper wirksam (5).

Immer dann, wenn die körpereigenen antioxidanten Systeme über einige Zeit nicht mehr alle ROS sofort abbauen können, können sich viele verschiedene Krankheiten entwickeln:

Immunschwäche, Krebs, Diabetes mellitus, Hypertonie, Herz-Kreislauf-erkrankungen, Arteriosklerose, Koronargefäßerkrankungen, Lungenerkrankung, Autoimmunerkrankheiten (Antikörperbildung gegen geschädigte DNA, Antinukleare Antikörper), Neurodegenerative Erkrankungen: Alzheimer, Parkinson, Multiple Sklerose, Demenz, Psychische Erkrankungen: Angst, Depression, Aggressivität, Chronisches Müdigkeits-Syndrom, Psoriasis, vorzeitiger Alterungsprozess der Zelle u.a. Das Nervensystem reagiert mit am empfindlichsten auf oxidativen Stress mit Funktionsstörungen, Erkrankungen und Tumoren.

Durch ausreichende Antioxidantien und Enzyme müssen ROS deshalb im Körper sehr schnell abgebaut werden. Unter normalen Bedingungen ist eine ausreichende Konzentration von körpereigenen Antioxidantien und von körpereigenen Schutzmechanismen vorhanden.

Durch Untersuchungen beim Militär ist nachgewiesen worden, dass schon durch einen kurzfristigen impulsiven Schall verursachter oxidativer Stress auch mit einer Verminderung der Antioxidation der Zellen, also einer Verminderung der normalen Schutzsysteme gegen ROS verbunden ist. Der oxidative Stress mit exzessiver Bildung von Sauerstoffradikalen war also gleichzeitig verbunden mit einer Abnahme der entgiftenden Antioxidantien z.B. in Gehirn und Lunge, womit die Widerstandsfähigkeit der Organe des Körpers zusätzlich verschlechtert wird (8, 9, 10).

Liegt im Körper aus verschiedenen Gründen eine verminderte Konzentration von Antioxidantien in den Körperzellen vor (z.B. Fehlernährung, Vitaminmangel, Zusatzstoffe in Lebensmitteln, Rückstände von Pflanzenschutzmitteln in Lebensmitteln, Rauchen, Abgase, Solarien, Erkrankungen, Alter u.a.) erhöht sich das Risiko für Erkrankungen die auf oxidativen Stress zurückgeführt werden.

Die Bildung von ROS durch Umweltfaktoren im biologischen Gewebe durch Infraschall, elektromagnetische Felder, statische Magnetfelder und Mikrowellen wird auch bei niedrigen bis sehr niedrigen Intensitäten beschrieben. Es scheint auch eine sich gegenseitig verstärkende gesundheitsschädliche Wirkung der Nichtionisierenden Faktoren (NIR) vorhanden zu sein (11, 12, 18).

Die Wirkungen von Infraschall auf Organe und Zellen von Menschen und Tieren sind abhängig von der Intensität, Frequenz, Impulsivität, Modulation, Schalldruckspitzen, Gesamtdauer der Beschallungen. Die Wirkungen von Infraschall sind weiter abhängig von der physikalisch-chemischen Beschaffenheit der Umgebung der Zellen und Organe und dem Funktionszustand der Zellen und Organe. Die Bildung von ROS durch Infraschall ist nicht auf das Ohr beschränkt, sondern findet im gesamten Körper statt (5).

Die Schwierigkeit bei der Beurteilung der Wirkungsmechanismen von Infraschall, liegt u.a. darin, dass ihre spezifischen biologischen Wirkungen von „Frequenz- und Intensitäts-Fenstern“ des Infraschalls niedriger Intensität, vom physikalisch-chemischen Zustand des umgebenden Mediums (Wasser) und vom akuten Stoffwechselzustand (z.B. Alter) der Zellen des betroffenen organischen Gewebes abhängen (11, 12, 13). Das erklärt auch die teilweise scheinbar widersprüchlichen Befunde in der wissenschaftlichen Literatur über die biologische Wirkung insbesondere niedriger und mittlerer Intensität von Infraschall und Nichtionisierenden Strahlen (NIR).

Anmerkungen A.S.:

Auf der Basis der angeführten Untersuchungen ist es mit hoher Wahrscheinlichkeit zulässig zu sagen:

Niedrige und sehr niedrige Infraschalldruckpegel können frequenz- und zeitabhängig positive Wirkungen auf Zellen und Organen von Menschen und Tieren ausüben (14).

Niedrige und sehr niedrige Infraschalldruckpegel können frequenz- und zeitabhängig aber auch negative Wirkungen auf Zellen und Organe von Menschen und Tieren ausüben, unter denen insbesondere die gentoxische Wirkung besonders schwerwiegende Folgen haben kann (14).

Ein zentraler molekularer Wirkfaktor sind die sauerstoffhaltigen Radikale die durch einen oxidativen Stress erzeugt werden.

Unterschiedliche biologische Zellarten reagieren unterschiedlich sensibel auf niedrige Schall-druckpegel von Infraschall (15, 16, 17, 18).

Verschiedene Bevölkerungsgruppen haben eine unterschiedliche Fähigkeit Infraschall und Nichtionisierende Strahlen zu tolerieren. Niedrigere Toleranz haben mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit z.B. Hypersensitive Menschen, Embryos, Feten, Schwangere, Säuglinge, Kinder, alte Menschen und Menschen mit Vorerkrankungen.

Mittlere bis hohe Infraschallpegel haben neben dem oxidativen Stress auch eine destruktive Wirkung auf organisches Gewebe. Hohe Infraschallpegel bewirken einen Gewebeumbau und Ablagerung von Bindegewebe in Herz, Lunge, Leber, Nieren, Nebennieren u.a.

Lit.:

- 1) Gagne F, Chapter 6 - Oxidative Stress, Biochemical Ecotoxicology, 2014
- 2) Sies H, Chapter 13- Oxidative Stress: Eustress and Distress in Redox Homeostasis, Stress: Physiologie, Biochemistriy, and Pathology, Vol 2019
- 3) Dasgupta A, Klein K, Chapter 10, 11- Oxidative Stress Related to Other Diseases, Antioxidants in Food, Vitamins and Supplements, 2014
- 4) Ma J, Yang L, Ren J, Yang Y, Chapter 20- Autophagy, Oxidative Stress, and Redox Regulation, Autophagy and Cardiometabolic Diseases, 2018
- 5) Demirel R, Mollaoglu H, Yesilyurt H, Ücol K, Aycicek A, Akkaya M, Genc A, Uygur R, Dogan M, Noise Induces Stress in Rat, Eur J Gen Med, 2009
- 6) Ahsan H, Ali A, Ali R, Oxygen free radicals and systemic autoimmunity, Cli Exp Immunolol, 2003
- 7) Ahmad R, Ahsan H, Singlet oxygen species and systematic lupus erythematosus: a brief review, J Immunoassay Immunochem, 2019
- 8) Elsayed NM, Gorbunov NV, Interplay between high energy impulse noise (blast) und antioxidants in the lung, Toxicology, 2003
- 9) Elsayed NM, Gorbunov NV, Pulmonary Biochemical and Histological Alterations after Repeated Low-Level Blast Overpressure Exposures, Toxico Sciences, 2006
- 10) Du X, Ewert DL, Cheng W, West MB, Lu J, Li W, Floyd RA, Kopke RD, Effects of Antioxidant Treatment on Blast-Induced Brain Injury, PLoS ONE, 2013
- 11) Ayrapetyan S, De J, Cell Hydration as a Biomarker for Estimation of Biological Effects of Nonionizing Radiation on Cells and Organism, ScientificWorldJournal, 2014
- 12) Ayrapetyan S, Baghdasaryan, Mikayelyan Y, Barseghyan S, Martirosyan V, Heqimyan A, Narinyan L, Nikoghosyan A, Cell Hydration as a Marker for Nonionizing Radiation in Markov MS, Electromagnetic fields in biology and medicine, CRC Press, 2015
- 13) Nikoghosyan A, Heqimyan A, Ayrapetyan S, Primary mechanism responsible for age-dependent neural dehydration, Int J Basic Appl Sciences, 2016
- 14) Satoh K, Godo S, Saito H, Enkhjargal B, Shimokawa H, Dual role of vascular-derived reactive oxygen species - With a special reference to hydrogen peroxide and cyclophilin A, J Mol Cell Card, 2014
- 15) Tez M, Tez S, Is cancer an adaption mechanism to stress? Cell Biol Int, 2008
- 16) Lee JS, Bae, GY, Lee MO, Cha HJ, Oncogenic challenges in stem cells and the link to cancer initiation, Arch Parm Res 2012
- 17) Lopez-Lazaro M, The stem cell divisions theory of cancer, Vrit Rev Onc/Hem, 2018

18) Belpomme D, Hardell L, Belyaev I, Burgio E, Carpenter DO, Thermal and non-thermal health effects of low intensity non-ionizing radiation: an international perspective, Environmental Pollution, 2018

Anmerkung A.S.:

1. Eine fundierte, durch wissenschaftliche Untersuchungen belegte Kritik an den Untersuchungen der zitierten Autoren bin ich u.U. bereit zu veröffentlichen.

2. Für die Benachrichtigung von meinen eigenen Fehlern in diesem Referat bin ich dankbar. Ich werde sie korrigieren.

NIEDERASPHE

**EINE AUSARBEITUNG ZUM THEMA:
Vibroakustische Erkrankungen**

18. Infraschall niedriger Intensität und die Bildung von freien Sauerstoffradikalen (ROS) im Wasser des Körpers

In lebenden Systemen nimmt Wasser grundlegend an der Dynamik des Lebens teil, nicht als inaktives Medium, im Gegenteil, Wasser nimmt aktiv an den Stoffwechselprozessen und dem Energieaustausch in Zellen und Organen teil (1).

Vom chemischen Standpunkt aus beurteilt, hat Wasser einen Anteil von über 90 % von allen Stoffen, aus welchen die Zellen des Körpers und der Raum zwischen den Zellen bestehen. Wasser ist die Hauptkomponente (60-90 %) der Zellen im Körper.

Das Wasser ist das Medium in dem die zahllosen Stoffwechselprozesse und die oszillatorischen Vibrationen der Moleküle, Zellen und Organe stattfinden können. Das Wasser im Körper ist aufgrund seiner Eigenschaften auch notwendig für die Produktion der stark reaktiven Sauerstoffradikalen (ROS). Durch Wasser können extrem schwache Energien in den Zellen und Stoffwechselprozessen wirksam werden. Viele biologische Prozesse erfordern die Übertragung auch von schwachen Energien.

Das extrazelluläre und intrazelluläre Wasser der biologischen Gewebe ist ein Hauptziel von Infraschall, elektromagnetischen Wellen und nonthermalen Mikrowellen. Diese sogenannten Nichtionisierenden Strahlungen (NIR) sind auch mit niedriger und sehr niedriger Intensität wirksam. Elektrische Energie und Vibrationsenergie kann in das Wasser übertragen werden. (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10).

Die Wasserstruktur ist sehr labil und Wasser reagiert hochsensitiv gegenüber vielen Faktoren der Umwelt. Viele physikalische und chemische Faktoren der Umwelt beeinflussen die Eigenschaften von Wasser und wässrigen Lösungen.

Die Wirkungen von Infraschall und den anderen Nichtionisierenden Strahlen sind im Bereich niedriger Intensität nicht linear abhängig. Die biologischen Effekte von Infraschall, elektromagnetischen Wellen und nonthermalen Mikrowellen haben spezifische Wirkeffekte in „spezifischen Fenstern“ der Frequenz, der Intensität, der Zeitdauer, der Modulation u.a. und zeigen Unterschiede in der kontinuierlichen und impulsiven Exposition.

Der Effekt durch Infraschall schwacher Intensität auf die Zellen und die Organe des Körpers kann, abhängig von der Frequenz, Intensität, Einwirkdauer der Modulation u.a. entweder eine fördernde und/oder eine schädliche gesundheitliche Wirkung haben. Auch bei unterschiedlichen Bedingungen der Exposition können niedrige Dosen von Infraschall und Nichtionisierenden Strahlen (NIR) positive oder negative gesundheitliche Effekte bewirken.

Flüssiges Wasser spielt durch seinen engen Kontakt und spezifischen Eigenschaften eine wichtige Rolle bei der Übertragung von Vibrationsenergie zwischen den Biomolekülen oder

entlang ausgedehnter biologischer Strukturen. Zellmembranen haben eine hohe Durchlässigkeit für Wassermoleküle (spezielle Wasserkanäle). Extrazelluläre Veränderungen des Wassers können deshalb direkt vom extrazellulären Raum in die Zelle gelangen und den Stoffwechsel von Zellen und Organe beeinflussen.

Wasser ist unverzichtbar für die Produktion der freien Sauerstoffradikalen (ROS) in Zellen, Organen und Körpern. Die Aufspaltung des Wassermoleküls in freie sauerstoffhaltige Radikale (ROS) ist schon für schwache Energiezufuhr von z.B. Infraschall, elektromagnetischen Wellen und nonthermale Mikrowellen nachgewiesen. Von Ayrapetyan SN und Mitarbeitende wird angenommen, dass ein Einfluss auch von schwacher Energiezufuhr von z.B. Infraschall, elektromagnetischen Wellen und nonthermalen Mikrowellen auf den hohen Wassergehalt im menschlichen und tierischen Körper wesentlich die zelluläre Molekülstruktur und die Ionenkonzentration in den Zellen und damit die Funktionen der Zelle beeinflusst.

Die biologischen Wirkungen von Infraschall im Bereich niedriger Intensität ähneln den biologischen Effekten der elektromagnetischen Wellen und nichtthermalen Mikrowellen niedriger Intensität, für die erheblich mehr wissenschaftliche Befunde vorliegen als beim Infraschall (8). Auch die zugeordneten Krankheitsbilder sind ähnlich.

Die starke Variabilität der physiko-chemischen Eigenschaften des Wassers und die „Wirkfenster“ des Infraschalls machen den Vergleich von wissenschaftlichen Untersuchungen von Infraschall mit niedriger Intensität schwierig und verallgemeinernde Aussagen aufgrund einer einzelnen Versuchsanordnung sind problematisch.

Stepanian RS und Mitarbeitende (11, 12) haben gefunden, dass niederfrequente mechanische Vibrationen die elektrische Leitfähigkeit von Wasser verändert und die Struktur in Wasser gelöster DNA verändert.

Methodik: Von Stepanian RS und Mitarbeitende wurde destilliertes Wasser mit verschiedenen Frequenzen von 3 Hz bis 500 Hz, 30 Min. lang, mit einer Intensität von 90 dB behandelt und seine elektrische Leitfähigkeit gemessen.

Ergebnis: Der größte Abfall der elektrischen Leitfähigkeit von 15,7 % wurde bei einer Frequenz von 4 Hz gefunden („Frequenzfenster“). Frequenzen über 100 Hz hatten keinen Effekt. Eine DNA-Lösung zeigte unter niederfrequenten mechanischen Vibrationen bei 4 Hz und 10 Hz („Frequenzfenster“) strukturelle Veränderungen (Faltung des DNA-Strangs). Beschallungen mit 20 und 50 Hz hatten keinen Effekt auf die DNA Struktur.

Akopyan SN und Airapetian SN und Mitarbeitende haben gefunden (8, 13, 14, 15, 16, 17, 26):

1. Niederfrequente mechanische Vibrationen (1-100 Hz) mit der niedrigen Intensität von 30 dB vermindert die elektrische Leitfähigkeit von destilliertem Wasser, am stärksten bei 4 Hz.
2. Niederfrequente mechanische Vibrationen (1-100 Hz) mit der niedrigen Intensität von 30 dB vermindert die CO₂-Löslichkeit von Wasser zwischen 10 % bis 20 % und auch die Löslichkeit anderer Gase.
3. Behandlung mit niederfrequenten mechanischen Vibrationen ist verbunden mit einem Anstieg des pH-Wertes (das Wasser wird alkalischer).
Es gibt ein „Frequenzfenster“ für Infraschall, bei 4 Hz mit der stärksten Wirkung auf die elektrische Leitfähigkeit und CO₂-Löslichkeit von Wasser.
4. Niederfrequente mechanische Vibration mit niedriger Intensität von physiologischer Wasserlösung mit 30 dB und vermindert die H₂O₂ Konzentration am stärksten bei 4 Hz und

8 Hz (8). Niederfrequente mechanische Vibration mit hoher Intensität führt zu vermehrter Bildung von H₂O₂ (8).

Das Wasser in der Zelle und Zellumgebung ist ein Ziel durch das schwache physikalische Kräfte externer niederfrequenter mechanischer Vibrationen niedriger Intensität zu den Stoffwechselprozessen der Zelle vermittelt werden.

Die Wassereigenschaften verändern sich schon durch schwache physikalische Kräfte von Infraschall und elektromagnetischen Wellen.

Ayrapetyan SN und Mitarbeitende fanden, dass die Durchströmung eines isolierten Herzens von Schnecken mit physiologischen Lösungen unterschiedlich starke Wirkungen auf die Kontraktionskraft der Herzmuskeln zeigten, wenn die physiologischen Lösungen vorher bei unterschiedlichen Frequenzen mit niederfrequenten mechanischen Vibrationen behandelt worden waren. (14, 15, 16, 17).

Die Perfusion des Schneckenherzens mit physiologischer Lösung, die mit niederfrequenten mechanischen Vibrationen niedriger Intensität von 30 dB bei 4 Hz vorbehandelt worden war, verstärkte die Kontraktion der Herzmuskelfasern und verstärkte den zellulären Wassergehalt, vergleichbar der direkten Behandlung der Herzmuskulatur mit niederfrequenten mechanischen Vibrationen.

Als Ursache wird angenommen, dass die Behandlung von Wasser mit niedermolekularen Vibrationen von 4 Hz und niedriger Intensität von 30 dB zu einer zur Veränderung der Konzentration von reaktiven sauerstoffhaltigen Radikalen mit Erniedrigung von H₂O₂ führt, was die Stoffwechselwege, die zur verstärkten Kontraktion des Herzmuskels führen, aktiviert. Die Behandlung mit niederfrequenter mechanischer Vibration bei 4 Hz mit 30 dB verminderte den H₂O₂ Gehalt in der physiologischen Lösung um 5 %.

H₂O₂ ist ein sauerstoffhaltiges Radikal (ROS) das normal in der Zelle gebildet wird. H₂O₂ wird vermehrt bei verschiedenen Formen des oxidativen Stresses gebildet. Das Sauerstoffradikal H₂O₂ hat eine bi-phasische Wirkung auf die Muskelkontraktion des Herzmuskels:

Niedrige zelluläre Konzentrationen von H₂O₂ verstärken die Kontraktionskraft des Herzmuskels.

Höhere zelluläre Konzentrationen H₂O₂ hemmen die Kontraktionskraft des Herzmuskels.

Höhere zelluläre Konzentrationen von H₂O₂ führen neben zahlreichen weiteren biologischen Schäden insbesondere auch zur Schädigung der Gene (DNA). H₂O₂ ist eines der verschiedenen Stoffwechselprodukte des oxidativen Stresses die genschädigend sind.

Ayrapetyan SN und Mitarbeitende (18, 19) haben nachgewiesen, dass eine Vorbehandlung eines Nährmediums von Bakterien von 30 Minuten mit niederfrequenter mechanischer Vibration von 30 dB das Wachstum von Bakterien, frequenzabhängig („Frequenzfenster“) entweder stimulieren oder hemmen kann. Infraschallfrequenzen von 4 Hz und 8 Hz hatten einen hemmenden Effekt, 2 Hz und 6 Hz einen gering stimulierenden Effekt auf das Zellwachstum der Bakterien Echerichia coli K-12 (8).

Die biologische Wirkung von niederfrequenten mechanischen Vibrationen niedriger Intensität auf das Wachstum von Bakterien kann frequenz- und zeitabhängig sowohl positiv als auch negativ sein (8, 18, 19, 20).

Ayrapetyan SN und Mitarbeitende nehmen an, dass für die biologische Wirkung von niederfrequentem Infrachall auf Moleküle und Strukturen von Zellen und Organe nicht nur die

Eigenschaften des Infraschalls von Bedeutung sind, sondern auch die physikalisch-chemischen Bedingungen des die Moleküle und Strukturen umgebenden Mediums Wasser in und außerhalb der Zellen und Organe. Ayrapetyan SN und Mitarbeitende nehmen an, dass niederfrequente mechanische Vibrationen entweder direkt auf die Bakterien wirken können und/oder indirekt auch über Veränderungen der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Nährmediums („Wasserhypothese“) (8, 18). Die Wirkung von Infraschall niedriger Intensität erfolge sowohl direkt auf Moleküle und Strukturen der Zelle als auch indirekt durch das Wasser.

Ayrapetyan G und Mitarbeitende kommen aufgrund ihrer Untersuchungen an Pflanzen, Mikroben, isolierten Neuronen und Herzmuskeln von Schnecken und Ratten zur Annahme, dass das Wasser in der Zelle und die wässrige Umgebung der Zelle ein primäres Ziel des Infraschalls ist und, dass der Wassergehalt der Zelle ein sensibler Biomarker der unterschiedlichen Effekte von Infraschall, von elektromagnetischen Wellen und von nonthermalen Mikrowellen mit geringer Intensität ist („Wasserhypothese“) (21, 22):

Die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Wassers werden schon durch niedrige Schalldruckpegel von niederfrequentem Infraschall verändert. Die Veränderungen sind frequenzabhängig, intensitätsabhängig und zeitabhängig („Frequenzfenster“, „Intensitätsfenster“, „Zeitfenster“) (8).

Die direkten Wirkungen niedriger Intensitäten von Infraschall auf Zellmoleküle und Zellstrukturen und die indirekten Wirkungen über das Wasser können positiv oder negativ sein.

Die Problematik zeigten auch die Untersuchungen von Vedel N und Mitarbeitende, die die Veränderungen der physiko-chemischen Eigenschaften von Wasser, insbesondere der elektrischen Leitfähigkeit und Viskosität durch „Altern“, mechanisches Schütteln (1.000 Hz-10.000 Hz), Ionenzugabe, Licht, Dunkelheit, Temperatur, Zeitdauer untersuchten und sehr sensible Veränderungen durch die verschiedensten Umweltfaktoren nachwiesen (27, 8).

Das macht den Vergleich von Untersuchungen über biologische Effekte von Infraschall niedriger Intensität schwierig.

Ayrapetyan SN:

„Die Schwierigkeit liegt in dem Sachverhalt, dass die biologischen Effekte von Infraschall und der Nichtionisierenden Strahlen (NIR) nicht nur von ihren thermodynamischen Eigenschaften abhängen, sondern auch von ihren „Frequenz- und Intensitätsfenstern“, den chemischen und physikalischen Eigenschaften des umgebenden Mediums und dem Zustand des Stoffwechsels des Organismus.“

„Da Wasser das Hauptmedium ist in dem der größte Teil der biochemischen Reaktionen stattfinden, kann gesagt werden, dass leichte Veränderung der physikalisch-chemischen Eigenschaften des Wassers sowohl in der Zelle als auch außerhalb der Zelle die Stoffwechselaktivität von Zellen und Organismus dramatisch ändern können.“

Ayrapetyan SN (24):

At present, when the technological progress brings progressive increase in environmental pollutions by different chemical and physical (ionizing and non-ionizing radiations) factors the detection of the safety of environmental medium from the point of public health is one of the fundamental problems of modern Life Sciences. This problem has especially disquieting character after Chernobyl and Japan Nuclear catastrophes, when the level of background ionizing radiation and chemical pollutions of environmental medium of the number of world's regions are increased beyond safety doses. As the biological effect of weak environmental factors have nonlinear dose-dependent character, besides the thermodynamic characteristics

it depends also on environmental composition and initial state of organism. Therefore the current policy of World Health Organization and other international organizations whose mission is to establish safety standards for environmental pollutions by chemical and physical factors, based only on their concentration or energy absorption rate by organism cannot be considered as adequate.

Lit.:

- 1) Voeikov VL, Biological significance of active oxygen-dependent processes in aqueous systems, in G. Pollack et al: Water and the cell, 2006
- 2) Del Guidice E, Pulselli RM, Formation of dissipative structures in liquid water, Int J Des & Nat Ecodyn, 2010
- 3) Ayrapetyan SN, Aryan AM, Ayrapetyan GS, The Effects of Static Magnetic Fields, Low Frequency Electromagnetic Fields and Mechanical Vibration on some Physicochemical Properties of Water. In Pollack GH, Cameron IL, Wheatley DN, Water and the Cell, Springer, 2006
- 4) Woutersen S, Bakker HJ, Resonant intermolecular transfer of vibrational energy in liquid water, Nature, 1999
- 5) Fridovich I, Fundamental aspects of reactive oxygen species, or wath's matter with oxygen?, Ann NY Acad Sci, 1999
- 6) Gayane A, Grigoryan A, Dadasyan E, Ayrapetyan S, The compertive study of the effects of extremely low frequency electromagnetic fields and infrasound on water molecule dissociation and generation of reactiv oxygen species, Environmentalist, 2007
- 7) Markov MS, Electromagnetic fields in biology and medicine, CRC Press, 2015
- 8) Ayrapetyan S, Baghdasaryan, Mikayelyan Y, Barseghyan S, Martirosyan V, Heqimyan A, Narinyan L, Nikoghosyan A, Cell Hydration as a Marker for Nonionizing Radiation in Markov MS, Electromagnetic fields in biology and medicine, CRC Press, 2015
- 9) Demirel R, Mollaoglu H, Yesilyurt H, Ücol K, Aycicek A, Akkaya M, Genc A, Uygur R, Dogan M, Noise Induces Stress in Rat, Eur J Gen Med, 2009
- 10) Belyaev I, Non-thermal Biological Effects of Microwaves, Microwave Review, 2005
- 11) Stepanyan RS, Ayrapetyan GS, ArakelyanAG, Arapetyan SN, Biofizika, 1999
- 12) Stepanian RS, Airapetian GS, Markarian GF, Airapetian SN , Arakelian GA, The action of infrasound oscillations on the properties of water and of DNA solution. Radiat Biol Radioecol, 2000
- 13) Akopian SN, Airapetian SN, A study of specific electrical conductivity of water by the action of constant magnetic field, electromagnetic field, and low-frequency mechanical vibrations, Biofizika, 2005
- 14) Ayrapetyan SN, Stepanyan RS, Ayrapetyan GS, Mikaelyan NA, Effect of Mechanical Vibration of the Perfusing Solution on the Contractile Activity of the Perfused Snail Heart, Biophysics, 1999
- 15) Akopian,SN, Airapetian SN, A study of specific electrical conductivity of water by the action of constant magnetic field, electro-magnetic field, and low-frequency mechanical vibrations, Biofizika, 2005
- 16) Ayrapetyan G, Grigoryan A, Dadasyan E, Ayrapetyan S, The comperative study of the effect of 4 Hz Electromagnetic Fields-, Infrasound-treated and hydrogen peroxide containing physiological solutions on Na pump-induced inhibition of heart muscle contractility, The Environmentalist, 2007
- 17) Dadasyan E, Ayrapetyan G, Baghdasaryan N, Mikayelyan Y, Ayrapetyan S, The metabolic pathway of 4 Hz mechanical vibration-induced effect on snail heart mucsle contractiity, The Environmentalist, 2012
- 18) Matirosyan V, Baghdasaryan N, Ayrapetyan S, The study of the effects of mechanical vibration at infrasound frequency on 3H-thymidine incorporation into DNA of E. coli K-12,1999
- 19) Airapetyan SN, Stepanyan RS, Oganesyany GG, Barsegyan ZR, Alaverdyan AG, Arakelyan AG, Markosyan LS, Effect of mechanical vibrations on the Ion Mutant of Echerichia coli K-12, Microbiology, 2001
- 20) Martirosyan V, The Effects of Physical Factors on Bacterial Cell Proliferation, Journ Low Freq Noise, Vibrat Contr, 2012
- 20) Aryan A, Ayrapetyan S, On the modulation effect of pulsing and static magnetic fields and mechanical vibrations on barley seed hydration, Physiol Chem Phys Med NMR, 2004
- 21) Deghoyan A, Heqimyan A, Nikoghyan A, Dadasyan E, Ayrapetyan S, Cell bathing medium as a target for Non-thermal effect of millimeter waves, Elec Biol Med, 2012
- 22) Ayrapetyan S, De J, Cell hydradation as a Biomarker for Estimation of Biological Effects of Nonionizing Radiation on Cells and Organisms, ScienticWorldJournal, 2014
- 23) Ayrapetyan S, Reviews: The role of cell hydration in realization of biological effects of non-ionizing radiation (NIR) Journ Electromag Biol Med, 2015
- 24) Ayrapetyan S, Cell hydradation as a universal marker for detection of enviromental pollution, The Environmentalist, 2012
- 25) Nikoghosyan A, Heqimyan A, Ayrapetyan, S, Primary mechanism responsible for age-dependent neural dehydration, Int J Bas Appl Scien, 2016
- 26) Narinyan L, Ayrapetyan S, Age-Dependent Comparative Study of 4 Hz and 8 Hz EMF Exposure on Heart Muscle Tissue Hydration of Rats, Open J Biophysics, 2019

Anmerkung A.S.:

- 1. Eine fundierte, durch wissenschaftliche Untersuchungen belegte Kritik an den Untersuchungen der zitierten Autoren bin ich u.U. bereit zu veröffentlichen.***
- 2. Für die Benachrichtigung von meinen eigenen Fehlern in diesem Referat bin ich dankbar. Ich werde sie korrigieren.***

Europäische Umweltagentur



Die Zahl der Europäer, die einer schädlichen Lärmbelastung ausgesetzt sind, wird voraussichtlich zunehmen

Veröffentlicht 10.03.2020 Zuletzt geändert 24.06.2020

Photo: © EEA/Gaia Russo

Laut dem heute veröffentlichten Bericht der Europäischen Umweltagentur (EUA) über die Belastung durch Umgebungslärm ist mindestens jeder fünfte Europäer derzeit als gesundheitsschädlich eingestuften Lärmpegeln ausgesetzt. Diese Zahl wird in den kommenden Jahren voraussichtlich noch zunehmen.

Laut dem neuen EUA-Bericht „[Lärm in Europa - 2020](#)“ ist der Straßenverkehr die Hauptquelle für die Lärmbelastung in Europa. In den nächsten zehn Jahren rechnet man aufgrund des städtischen Wachstums und des gestiegenen Mobilitätsbedarfs mit einem Anstieg des Lärmpegels in städtischen und ländlichen Gebieten. Weitere Hauptquellen für die Lärmbelastung sind der Bahn- und Flugverkehr sowie die Industrie.

Rund **113 Millionen** Menschen sind tagsüber, abends und nachts langfristig von einem Verkehrslärmpegel von mindestens **55 Dezibel** (db(A)) betroffen. In den meisten europäischen Ländern sind mehr als **50%** der Einwohner städtischer Gebiete tagsüber, abends und nachts einem Straßenlärmpegel von **55 dB** oder darüber ausgesetzt. Laut Weltgesundheitsorganisation sind bei diesem Wert gesundheitliche Beeinträchtigungen wahrscheinlich. Die EU hält eine langfristige Lärmbelastung durch Pegel über 55 Dezibel für hoch.

Der Bericht enthält aktuelle Lärmbelastungstrends im Zeitraum 2012–2017. Des Weiteren wird ein Ausblick auf zukünftige Lärmprognosen und die damit verbundenen gesundheitlichen Auswirkungen in Europa gegeben, der auf neuen Leitlinien der Weltgesundheitsorganisation (WHO) über die gesundheitlichen Auswirkungen der Lärmbelastung basiert. Auf der Grundlage der vorherigen, 2014 von der EUA in Europa durchgeführten Lärmbewertung werden in dem Bericht auch Maßnahmen zur Bewältigung und Verringerung der Lärmbelastung untersucht. Ebenso wird überprüft, welche Fortschritte zur Erreichung der in den EU-Rechtsvorschriften, einschließlich der Umgebungslärmrichtlinie und des 7. Umweltaktionsprogrammes der EU, festgelegten EU-Ziele im Bereich Lärmbelastung erzielt worden sind.

Erhebliche gesundheitliche Auswirkungen

Darüber hinaus sind **22 Millionen** Menschen einem hohen Lärm durch Bahnverkehr, **4 Millionen** einem hohen Fluglärm und weniger als **1 Million** einem hohen Industrielärm ausgesetzt.

Langfristige Lärmbelastung hat beträchtliche gesundheitliche Auswirkungen. Auf der Grundlage der aktuellen Angaben der WHO schätzt die EUA, dass eine solche Exposition die Ursache für 12000 vorzeitige Todesfälle ist und zu 48000 neuen Fällen ischämischer Herzerkrankungen (verursacht durch eine Verengung der Herzerterien) pro Jahr in ganz Europa beiträgt. Man schätzt, dass 22 Millionen Menschen chronisch an starker Lärmbelästigung und 6,5 Millionen Menschen an schweren Schlafstörungen leiden. Nach Angaben der Weltgesundheitsorganisation treten diese gesundheitlichen Auswirkungen zunächst unterhalb der in der EU-Umgebungslärmrichtlinie festgelegten Meldeschwellen auf und werden daher wahrscheinlich unterschätzt. Darüber hinaus decken die Angaben der Länder, die dieser EU-Richtlinie unterliegen, nicht alle städtischen Gebiete, Straßen, Eisenbahnen und Flughäfen ab.

Neben der Beeinträchtigung des Menschen ist die Lärmbelastung auch eine zunehmende Bedrohung für die Tierwelt zu Lande und zu Wasser. Lärm kann den Fortpflanzungserfolg mindern, die Sterblichkeit erhöhen und für Tiere ein Grund zur Flucht in ruhigere Gebiete sein.

Das Ziel der EU für 2020 in Bezug auf Lärm wird nicht erreicht

Während die EU-Mitgliedstaaten einige Fortschritte bei der Kartierung und Meldung weiterer Gebiete hoher Lärmpegel in Europa erzielt haben, wurden die allgemeinen politischen Ziele in Bezug auf Umweltlärm noch nicht erreicht. Insbesondere wird das vom 7. Umweltaktionsprogramm für 2020 festgelegte Ziel, die Lärmbelastung zu verringern und auf die von der WHO empfohlenen Werte für die Lärmbelastung zuzusteuern, nicht erreicht werden. Aufgrund des künftigen Städtewachstums und gestiegenen Mobilitätsbedarfs rechnet man mit einem Anstieg der Lärmbelastung.

Mehr als 30% der nach der EU-Richtlinie erforderlichen Daten für das Jahr 2017 sind nach Ablauf der gesetzlich festgelegten Meldefrist immer noch nicht verfügbar. Erhebliche Verzögerungen deuten darauf hin, dass die Länder die erforderlichen Schritte zur Bekämpfung der Lärmbelastung möglicherweise nicht ergriffen haben. Der Bericht fügt hinzu, dass auch eine bessere Umsetzung erforderlich ist – [ein Punkt, der die Schlussfolgerungen der Europäischen Kommission in einer separaten kürzlichen Bewertung zur Umsetzung der Richtlinie bekräftigt.](#)

Maßnahmen zur Reduzierung der Lärmpegel

Die Länder haben schon verschiedenste Maßnahmen zur Senkung und Regulierung der Lärmpegel ergriffen. Es ist jedoch nach wie vor schwierig, ihren Nutzen im Hinblick auf positive Gesundheitsergebnisse zu bewerten, heißt es im EUA-Bericht. Beispiele für die gängigsten Maßnahmen zur Senkung der Lärmpegel in Städten sind das Ersetzen älterer gepflasterter Straßen durch glatteren Asphalt, eine bessere Lenkung der Verkehrsströme und die Senkung der Geschwindigkeitsbegrenzungen auf 30 Stundenkilometer. Ebenso gibt es Maßnahmen zur Sensibilisierung und Verhaltensänderung der Menschen in Bezug auf die Nutzung geräuschärmerer Verkehrsmittel, wie zum Beispiel das Radfahren, das Zufußgehen oder die Benutzung von Elektrofahrzeugen.

Eine erhebliche Anzahl von Ländern, Städten und Regionen hat auch sogenannte Ruhezeiten eingerichtet, von denen die meisten Parks und andere Grünflächen sind, in denen Menschen dem Stadtlärm entfliehen können. Dem Bericht zufolge muss mehr getan werden, um ruhige Gebiete außerhalb der Stadt zu schaffen und zu schützen und die Zugänglichkeit dieser Gebiete in Städten zu verbessern.

Hintergrundinformationen zur EU-Umgebungslärmrichtlinie

Die Lärmbelastung der Menschen wird gemäß der Umgebungslärmrichtlinie anhand von zwei Meldeschwellen überwacht: einem Indikator für den Tages-, Abend- und Nachtzeitraum (L_{den}), der die Exposition gegenüber mit „Belästigung“ verbundenen Lärmpegeln misst, und einem Indikator für Nachtzeiträume (L_{night}), der der Bewertung von Schlafstörungen dient. Diese Meldeschwellen sind höher als die von der WHO empfohlenen Richtwerte, und derzeit gibt es keinen Mechanismus, mit dem man den Fortschritt gegenüber den letztgenannten niedrigeren Werten nachvollziehen könnte.

Mehr Informationen über die Umgebungslärmrichtlinie:

<https://ec.europa.eu/environment/archives/noise/directive.htm>

Zugriff auf Daten über den NOISE Observation & Information Service for Europe:

<http://noise.eea.europa.eu/>

Datenblätter zum Lärm nach Ländern:

<https://www.eea.europa.eu/themes/human/noise/noise-fact-sheets>