



ZENTRUM FÜR PUBLIC HEALTH
MEDIZINISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Abteilung für Umwelthygiene und Umweltmedizin

Gutachten

Die unmittelbare Auswirkung von Windkraftanlagen auf Wohlbefinden bzw. Gesundheit von Erholungssuchenden in der Natur

verfasst von

Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Gerhard Blasche

Auhofstraße 94, 1130 Wien

Affiliation

Abteilung Umwelthygiene und Umweltmedizin
Zentrum für Public Health
Medizinische Universität Wien

Kinderspitalgasse 15, 1090 Wien

E-Mail: gerhard.blasche@meduniwien.ac.at

Im Auftrag von

MMag. Ute Pöllinger
Umweltanwältin des Landes Steiermark
Stempfergasse 7
8010 Graz

Wien, am 5. September 2022

1. Präambel

Es steht außer Streit, dass sich das globale Klima in Richtung Erwärmung verändert und dass diese Veränderung auf Treibhausgase zurückzuführen ist, die primär durch menschliches Handeln in die Umwelt abgegeben worden sind und werden [1]. Eine Maßnahme, um den Klimawandel zu begegnen, ist der Ersatz fossiler Energieträger durch Energieträger aus erneuerbarer Energie. Einer dieser Energieträger ist die Windkraft. Es ist daher davon auszugehen, dass es in den nächsten Jahren zu einer verstärkten Errichtung von Windkraftanlagen kommen wird. Das vorliegende Gutachten zielt darauf ab, eine mögliche Folge des Ausbaus zu untersuchen: die Auswirkung von Windkraftanlagen auf die Erholung von Erholungssuchenden in ländlichen Erholungsgebieten. Insbesondere bei der Bebauung von Bergrücken kann es zu einem Konflikt zwischen dem Wunsch nach unberührter Natur und der Windkraft kommen. Inwieweit und in welchem Umfang das Erholungspotential der „unberührten Natur“ durch Windkraftanlagen beeinträchtigt wird, ist Gegenstand des Gutachtens. In diesem Zusammenhang gebe ich zu bedenken, dass die Erholungsverträglichkeit von anderen in natürlichen Umgebungen errichteten Bauten, wie etwa Schilftanlagen oder Seilbahnen, bisher kaum öffentlich erörtert wurde.

2. Hintergrund und Fragestellung

Das vorliegende Gutachten erfolgt im Auftrag der Umweltschutzbehörde des Landes Steiermark vor dem Hintergrund des geplanten Ausbaus der Windkraft auf der Koralm, einem Erholungsgebiet im Einzugsgebiet des Großraums Graz. Das Gutachten befasst sich jedoch grundsätzlicher mit den Auswirkungen von Windkraftanlagen auf die Erholung von Erholungssuchenden in natürlichen Landschaften (Grünräumen) unabhängig von der genannten Region. Die Fragestellung ist, inwieweit durch Windkraftanlagen die Erholung von Erholungssuchenden (Wanderer, Spaziergänger etc.), die sich in einer Region mit Windkraftanlagen aufhalten, beeinträchtigt wird.

3. Methodisches Vorgehen

Zur Beurteilung der Fragestellung greife ich auf bestehende wissenschaftliche Literatur zurück. Dabei gebe ich jeweils jenen Veröffentlichungen den Vorzug, die die höchstmögliche Evidenz bieten. Das sind in absteigender Reihenfolge Metaanalysen, systematische Reviews, ein Überblick über mehrere empirische Studien, oder einzelne Studien, die ich mitunter methodisch bewerte. Jede Aussage im Gutachten wird von einer dieser Studien abgeleitet, die entsprechenden Studien können über Querverweise im Literaturteil aufgefunden werden.

4. Erholung und Gesundheit

Erholung ist eine wesentliche Maßnahme zur Erhaltung der Gesundheit, der Leistungsfähigkeit und des Wohlbefindens [2]. Erholung ist insbesondere immer dann nötig, wenn eine Person durch Arbeit oder andere Belastungen wie etwa der Pflege von Angehörigen beansprucht wurde. Es können jedoch auch Alltagssituationen belastend sein und deshalb Erholung erfordern.

Erholung kann als jener Prozess verstanden werden, bei dem sich der Abbau von Beanspruchungsfolgen vollzieht. In diesem Sinn ist Erholung die Wiederherstellung der Ausgangslage, das heißt jenes Zustandes, der vor der Beanspruchung bestand [3]. Erholung beinhaltet das Zurückfahren der biologischen Stressreaktion, den Abbau von Ermüdung sowie die Wiederherstellung des Wohlbefindens. Erholung geht überdies mit einer Wiederherstellung der körperlichen und geistigen Leistungsfähigkeit einher.

Fehlende bzw. unzureichende Erholung hat negative gesundheitliche Auswirkungen, wie aus epidemiologischen Studien zur langfristigen Wirkung fehlenden Urlaubs auf die Sterblichkeit hervorgeht [4-6]. Vergleichbare Schlussfolgerungen lassen sich aus Befunden über die gesundheitlichen Auswirkungen gesteigerter Erholungsbedürftigkeit [7] sowie einer verminderten Fähigkeit abzuschalten [8] ziehen. Fehlende Möglichkeiten zur Erholung gehen überdies mit einem größeren Risiko für überdauernde Erschöpfung einher [9].

Erfolgreiche Erholung ist an mehrere Voraussetzungen geknüpft [10]. Die erste Voraussetzung ist die Unterbrechung der Belastung, was immer diese sein mag. Die zweite Voraussetzung ist „Abschalten“. Dabei geht es darum, sich gedanklich von der Belastung zu distanzieren, das heißt, die mit der Belastung einhergehenden Gedanken nicht weiter zu verfolgen. Die dritte Voraussetzung ist psychophysiologische *Entspannung*. Eine Entspannung des Organismus kommt dann zustande, wenn Personen keinen Verpflichtungen, keinen Gefahren und keinen Störungen ausgesetzt sind, sondern sich in einer Umgebung befinden, in der sie sich wohlfühlen. Weitere Voraussetzungen für Erholung sind *Kontrolle*, das heißt, eine Situation nach eigenen Vorstellungen gestalten zu können sowie das Erleben von *Kompetenz*, das heißt Aktivitäten nachzugehen, die die eigenen Fähigkeiten bestätigen.

Erholung geschieht in unterschiedlichsten Situationen: während Arbeitspausen und Mittagspausen, am Tagesrand nach der Arbeit, am Wochenende, an Feiertagen sowie sonstigen freien Tagen und während des Urlaubs. Gemein haben diese Situationen, dass es sich um *Freizeit* handelt, eine Zeit, die sich durch Selbstbestimmung und Verpflichtungslosigkeit auszeichnet. Freizeit ist demnach nicht nur von Arbeitszeit zu unterscheiden, sondern auch von anderen alltäglichen Verpflichtungen wie etwa Hausarbeit, Kinderbetreuung oder Körperpflege. Psychologisch zeichnet sich Freizeit dadurch aus, dass die Aktivitäten, denen wir nachgehen, intrinsisch motiviert sind [11]. Das heißt, der Ansporn

für diese Aktivitäten ist nicht ein externer Vorteil, sondern die Freude an der jeweiligen Handlung. Tatsächlich ist Freude ebenfalls ein wesentlicher Faktor für Erholung. Je intensiver Personen Freude an den Aktivitäten empfinden bzw. diese genießen, desto stärker und schneller erfolgt der Abbau von Stress und Ermüdung [12-14].

Der Vollständigkeit halber sei angemerkt, dass zusätzlich zu den Freizeitaktivitäten auch der Schlaf eine wesentliche Rolle bei der Erholung spielt [15], jedoch nicht Gegenstand des vorliegenden Gutachtens ist.

Der Prozess der Erholung wird durch die jeweilige (*Erholungs-*) *Aktivität*, von den vorherrschenden Umgebungsbedingungen und in weiterer Folge vom Erholungserleben beeinflusst. Freizeitaktivitäten, die zu einem Abbau von Stress bzw. einer Verbesserung des Wohlbefindens beitragen, sind unter anderem anstrengungsarme Aktivitäten wie lesen, Musik hören oder Videos schauen, moderate körperliche Aktivität wie radfahren oder spazieren gehen, sowie soziale Aktivitäten, also das Zusammensein mit vertrauten Personen [16]. Eine Erholungswirkung erzielen diese Aktivitäten insbesondere dann, wenn sie der jeweilig vorherrschenden Bedürfnislage der Person entsprechen, bevorzugte Aktivitäten sind sowie Freude bereiten [17].

Eine der *Umgebungsbedingungen*, die Erholung in einem besonderen Maß fördern, ist die Natur, das heißt eine Umgebung, die von Pflanzen und/oder von Wasser bestimmt ist und möglichst wenig menschengemachte Dinge aufweist [18]. Auf die erholungsförderliche Wirkung von Natur wird im nächstfolgenden Abschnitt 5 eingegangen. Umgebungsbedingungen, die störend oder bedrohlich sind, behindern hingegen den Erholungsprozess. Dazu gehört insbesondere Lärm [19], aber z.B. auch KFZ-Verkehr oder Gedränge [20].

Psychologisch hängt erfolgreiche Erholung vom *Erholungserleben* ab, also inwieweit sich die oben angeführten Voraussetzungen für Erholung (mentale Distanzierung, Entspannung, Kontrolle, Kompetenz) einstellen [21, 22]. Aktivitäten und Gegebenheiten, die ein in diesem Sinne positives Erholungserleben ermöglichen, tragen mehr zur Erholung bei. Gleichzeitig hängt jedoch das Erholungserleben auch von individuellen Faktoren wie etwa Bedürfnissen, Einstellungen, Vorerfahrungen und Gewohnheiten ab. In diesem Sinn werden unterschiedliche Personen sich auch unterschiedlich gut erholen können, selbst wenn sie objektiv idente Gegebenheiten vorfinden oder identen Aktivitäten nachgehen.

5. Natur und Erholung

Es besteht ein breiter Konsens darüber, dass der Aufenthalt in der Natur bzw. die Wahrnehmung natürlicher Motive unmittelbar erholungsförderlich wirkt [23, 24]. Hiermit ist typischerweise gemeint, dass die Erholung von einer vorangegangenen psychosozialen Stressbelastung beim Aufenthalt in der Natur bzw. der Wahrnehmung natürlicher Motive

schneller erfolgt als beim Aufenthalt in städtischen Umgebungen bzw. der Wahrnehmung städtischer Motive. „Natur“ bzw. „natürliche Motive“ bezieht sich in diesem Zusammenhang „auf physische Merkmale und Prozesse nicht-menschlichen Ursprungs, die der Mensch normalerweise wahrnehmen kann, einschließlich der lebendigen Natur von Flora und Fauna, sowie fließendes und stehendes Wasser, Luft- und Wettereigenschaften sowie die Landschaften, die diese umfassen und den Einfluss geologischer Prozesse erkennen lassen“ [25].

Die Befunde über die erholungsförderliche Wirkung natürlicher Umgebungen beruhen vorwiegend auf Studien, die die Wirkung eines Aufenthalts in der Natur bzw. der Betrachtung natürlicher Motive z.B. über Fotos oder Videos mit der Wirkung eines Aufenthalts in einem städtischen bzw. verbauten Umfeld bzw. der Betrachtung städtischer bzw. verbauter Motive vergleichen. Vereinfacht gesagt wird die Wirkung „grüner“ bzw. „blauer“ Umgebungen mit jener von „grauen“ Umgebungen verglichen.

Unter anderem führt der Aufenthalt in der Natur bzw. die Wahrnehmung natürlicher Motive zu einem Abbau von negativen *Emotionen* wie etwa Ermüdung, Ärger und Traurigkeit sowie zu einer Zunahme von positiven Emotionen wie etwa Gelassenheit und Freude [26-28]. Die Zunahme positiver Emotionen fällt dabei stärker aus als der Abnahme negativer Emotionen. Diese Effekte sind größer für den leibhaftigen Aufenthalt in der Natur als für die Wahrnehmung natürlicher Motive über Bilder, Videos oder Töne [27]. In Summe führt daher insbesondere der Aufenthalt in der Natur unmittelbar zu einer Verbesserung des Wohlbefindens.

Der Aufenthalt in der Natur bzw. die Wahrnehmung natürlicher Motive bewirkt ebenso eine Verbesserung der geistigen *Leistungsfähigkeit*, wie etwa des Arbeitsgedächtnisses, der kognitiven Flexibilität und Aufmerksamkeitskontrolle [29]. Auch für diesen Bereich gilt, dass der tatsächliche Aufenthalt in der Natur einen etwas größeren Effekt hat als das Betrachten von Bildern oder das Anhören natürlicher Geräuschkulissen. In Summe führt somit der Aufenthalt in der Natur zu einer Verbesserung einiger Aspekte der geistigen Leistungsfähigkeit.

Der Aufenthalt in der Natur bzw. die Wahrnehmung natürlicher Motive bewirkt außerdem eine Verminderung der biologischen *Stressreaktion*. Etwa verringert der Aufenthalt in der Natur den Blutdruck und das Stresshormon Kortisol, wenngleich diese Effekte nicht immer beobachtet werden [28, 30, 31].

Für all diese Effekte gilt, dass sie überdies stärker ausfallen, wenn sich Personen in der Natur gehend fortbewegen als wenn sie an einem Platz ruhen. Das heißt, spazieren gehen oder wandern verstärken die erholungsförderlichen Effekte der Natur auf Stimmung, Wohlbefinden, Leistungsfähigkeit und den Abbau von Stress [28].

Zusätzlich zu den Befunden zur unmittelbaren Auswirkung des Aufenthalts in der Natur bzw. der Wahrnehmung natürlicher Motive zeigt sich, dass der grundsätzliche Zugang zu natürlichen Umgebungen ebenso eine positive Auswirkung auf die Gesundheit hat. Bewohner von Städten, die Grünräume in einem Radius von 3 km um ihren Wohnort zur Verfügung haben, sind emotional und gesundheitlich weniger stark von belastenden Lebensereignissen betroffen als jene, denen es an Grünräumen mangelt [32]. Zusätzlich haben Personen, die einen leichteren Zugang zu Grünräumen vorfinden, ein geringeres Risiko für Diabetes und weisen insgesamt eine bessere Gesundheit auf [33]. Darüber hinaus wirkt sich der Zugang zu Grünräumen positiv auf die Lebenserwartung aus [33]. Dies gilt insbesondere für Personen aus sozial benachteiligten Gruppen, wo der Zugang zu Grünräumen zum Teil den Effekt sozioökonomischer Unterschiede ausgleicht [34].

Es gibt zwei Theorien, die die erholungsförderliche Wirkung der Natur erklären [24]. Die Stressreduktionstheorie („Stress Reduction Theory“) geht davon aus, dass aufgrund der Evolutionsgeschichte natürliche Umgebungen positive Gefühle auslösen, da damit unbewusst die Quelle von lebensnotwendigen Ressourcen (Schutz, Flüssigkeit, Nahrung) verbunden wird [35]. Diese positiven Gefühle wirken stressmindernd und erholungsfördernd. Die Aufmerksamkeitswiederherstellungstheorie („Attention Restoration Theory“) geht hingegen davon aus, dass natürliche Motive unsere Aufmerksamkeit in einer besonderen Weise, nämlich zwanglos, an sich ziehen, weil sie faszinierend sind [18]. Dadurch kann die sonst im (städtischen) Alltag nötige willentliche Aufmerksamkeitssteuerung pausieren und sich dadurch erholen. Beide Theorien haben gemein, dass Menschen sich mit der Natur verbunden fühlen und daher natürliche Landschaften menschengemachten Umgebungen gegenüber bevorzugen.

Grundsätzlich gilt, dass natürliche Umgebungen als schöner und erholsamer gewertet werden als städtische Umgebungen [36]. Das Erholungspotential der Umgebungen ist dabei stark mit der Schönheit dieser Umgebungen verbunden. Natürliche Umgebungen, die als schöner empfunden werden, werden auch als erholsamer eingestuft, insbesondere dann, wenn die jeweilige Person diese auch präferiert [37]. Dabei ist allerdings anzumerken, dass die Präferenz für natürliche Umgebungen sich erst mit dem Erwachsenwerden einstellt, Kinder bevorzugen hingegen eher städtische Umgebungen [38].

Das Ausmaß der Erholung dürfte jedoch nicht per se vom Umfang natürlicher Elemente (Pflanzen, Wasser etc.) abhängen, sondern von der *Schönheit* der Umgebung bzw. Objekte, unabhängig davon, ob sie städtische oder natürliche Elemente beinhaltet. Die Betrachtung schönerer Bilder von natürlichen oder städtischen Motiven geht mit einer größeren Erholung einher als die Betrachtung weniger schöner Bilder von natürlichen oder städtischen Motiven [39]. In der konkreten Studie kam es während der Betrachtung zu einer Verminderung der negativen und zu einer Steigerung der positiven Stimmung. Im Schnitt werden jedoch natürliche Umgebungen als schöner wahrgenommen als z.B. schöne Gebäude. In diesem

Sinne ist es schwer, menschengemachte Objekte bzw. Umgebungen zu finden, die als ebenso schön gewertet werden wie natürliche Objekte bzw. Umgebungen [39]. Es sei angemerkt, dass in der gegenständlichen Studie das Ausmaß der ästhetischen Unterschiede der betrachteten Bilder beträchtlich sein musste, um unterschiedlich starke Veränderungen der Stimmung zu bewirken. Das heißt, nur (natürliche oder städtische) Motive, die sich in ihrer Schönheit deutlich unterscheiden, haben einen unterschiedlich starken Einfluss auf Erholung.

Zusätzlich zur Schönheit beeinflussen drei weitere Faktoren das Erholungspotential der Natur: das Wegsein, die Ausdehnung und die Kompatibilität [18, 40]. Unter „*Wegsein*“ ist der Ortswechsel von einer städtischen Umgebung hin zu einer natürlichen Umgebung gemeint und beinhaltet auch das Zurücklassen der mit dem Alltag verbundenen Sorgen. Dieser Aspekt des Aufenthalts in der Natur bzw. der Wahrnehmung natürlicher Motive fördert Erholung durch eine Förderung der Entspannung [41]. Unter „*Ausdehnung*“ ist die Größe und Reichhaltigkeit des Grünraums gemeint. Ein größerer, reichhaltigerer Grünraum bietet mehr naturbezogene Wahrnehmungsreize und ermöglicht daher aller Wahrscheinlichkeit nach in einem größerem Ausmaß, während des Aufenthalts in der Natur bzw. der Wahrnehmung natürlicher Motive den Alltag zu vergessen, also „abzuschalten“ und ist in diesem Sinne erholungsförderlich. Mit *Kompatibilität* ist das Ausmaß der Übereinstimmung des Grünraums mit den individuellen Bedürfnissen gemeint. Ein Umfeld ist dann kompatibel, wenn die Ziele oder Neigungen einer Person und den vom Umfeld unterstützten, geförderten oder verlangten Aktivitäten übereinstimmen [40]. Insbesondere jene Personen, die natürliche Umgebungen zum Zwecke der Erholung aufsuchen, werden ein hohes Ausmaß an Kompatibilität erleben und daher Aktivitäten nachgehen können, die den eigenen Neigungen und Fähigkeiten entsprechen, wie etwa Wandern, Schifahren, Klettern oder Schwimmen. Aus der Erholungsperspektive vermitteln gerade solche Aktivitäten ein Gefühl der Kompetenz, wodurch ebenfalls Erholung gefördert wird.

Die gesundheitsförderlichen Effekte von Grünräumen hängen zusätzlich zu den beschriebenen psychologischen Effekten mit den mit Grünräumen im Zusammenhang stehenden geringeren Umweltbelastungen (weniger Lärm, weniger Luftschadstoffe, weniger Hitze) zusammen sowie mit der Förderung gesundheitsförderlicher Verhaltensweisen, wie etwa körperliche Aktivität oder sozialer Zusammenhalt [25, 42].

6. Auswirkung von Windkraftanlagen auf Gesundheit und Wohlbefinden

Windkraftanlagen könnten durch folgende Faktoren einen Einfluss auf Gesundheit und Wohlbefinden haben: Lärm bzw. Geräusentwicklung, Infraschall, Flackerlicht und blinkendes Licht, unmittelbare Gefahren wie etwa Eisabwurf und durch die Veränderung des Landschaftsbildes [43]. Andere Faktoren wie etwa elektromagnetische Felder sind physikalisch zu schwach, um gesundheitliche Auswirkungen nach sich zu ziehen [44].

Tatsächlich ist die Stärke elektromagnetischer Felder in der Nähe von Windturbinen geringer als jene, die von den meisten Haushaltsgeräten erzeugt werden und liegen weit unter den bestehenden gesetzlichen Richtlinien für den Schutz menschlicher Gesundheit [44].

Die mit Windkraftanlagen einhergehenden *Geräusche* sind in der Regel aerodynamischer Natur. Das heißt, sie entstehen durch das Streichen des Windes über die Rotoren und sind damit entfernt mit den Windgeräuschen eines schnell fahrenden Autos oder eines fliegenden Flugzeuges vergleichbar. Selbst bei starkem Wind sind Windkraftanlagen allerdings nicht laut. In einer Entfernung von 100 Metern ist der Schalldruckpegel 55 dBA, was der Lautstärke einer normalen Unterhaltung bzw. der Zimmerlautstärke eines Fernsehers entspricht. In 700 Meter Entfernung fällt der Schalldruckpegel auf 40 dB, vergleichbar mit der Lautstärke von Insekten auf einer Wiese bzw. einem Kühlschrank aus einem Meter Entfernung [45]. Allerdings haben sowohl die meteorologische als auch die topographischen Gegebenheiten einen moderierenden Einfluss auf die Lautstärke von Windkraftanlagen [45]. Im Vergleich dazu besteht in der unmittelbaren Umgebung vielbefahrener Landesstraßen in Österreich ein durchschnittlicher Lärmpegel von über 65 dB, in der unmittelbaren Nähe von Autobahnen ein durchschnittlicher Lärmpegel von über 70 dB [46]. Selbst in einer Entfernung von 500 Metern beträgt der durchschnittliche Schallpegel von Autobahnen oftmals mehr als 60 dB und übertrifft damit den Schalldruckpegel von Windkraftanlagen deutlich. Allerdings unterscheiden sich die Geräusche einer Windkraftanlage von anderen gewohnten Geräuschquellen, indem sie mitunter amplitudenmoduliert sind, das heißt rhythmisch lauter und leiser werden, sowie oftmals mit einem erkennbaren Ton einhergehen, der als Pfeifen oder Sausen wahrgenommen wird [45].

Einer der eindeutigsten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Gesundheit und Wohlbefinden ist das Gefühl der Belästigung durch Lärm [47, 48]. Manche Anrainer erleben die Geräusche von Windkraftanlagen bereits jenseits einer Schwelle von 30 dB als störend, jenseits von 40 dB fühlen sich mehr als 50 Prozent der Anrainer mehr oder minder belästigt [49]. Jenseits von 45 dB fühlen sich 10% der Anrainer sehr belästigt [50]. Geräusche von Windkraftanlagen werden allerdings als störender erlebt als Verkehrs- oder Industrielärm von einem vergleichbaren Pegel [48], unter anderem aufgrund der spezifischen Geräuschqualität [45, 47].

Weniger klar ist die Auswirkung des Lärms von Windkraftanlagen auf Schlafqualität, Lebensqualität und psychische Gesundheit [47, 48]. Bei diesen Gesundheitsfaktoren liegen widersprüchliche Befunde vor, das heißt sowohl positive als auch negative. Die Geräuschentwicklung von Windkraftanlagen hat demnach bestenfalls einen begrenzten Einfluss auf Schlafqualität, Lebensqualität und psychische Gesundheit. Nach heutigem Stand der Forschung haben Windkraftanlagen jedoch keinen Einfluss auf physiologische

Stressmarker, biologische Kennwerte der Schlafqualität, Herz-Kreislauf-Erkrankungen (Herzinfarkt, Schlaganfall) oder Diabetes [47, 48].

Es sei angemerkt, dass in Studien über mögliche gesundheitsbezogene Folgen von Windkraftanlagen meist jene Anrainer miteinbezogen werden, die in einem Umkreis von der 20-40 fachen Höhe der nächstgelegenen Windkraftanlage (typischerweise somit im Umkreis von 4-8 km) wohnen [51].

Wenngleich es einen eindeutigen Zusammenhang zwischen der Lautstärke der Geräuschkulissen von Windkraftanlagen auf das Belästigungserleben von Anrainern gibt, erklärt die Lautstärke nur einen geringen Teil des Belästigungserlebens [45]. Eine Reihe anderer Faktoren spielen hierbei ebenso eine Rolle. Dazu gehören die individuelle Geräuschempfindlichkeit, das Ausmaß des Hintergrundlärms, die Einstellung zu Windkraftanlagen, die Sichtbarkeit von Windkraftanlagen, das Eingebundensein bei der Errichtung von Windkraftanlagen und wirtschaftliche Faktoren [45, 47, 52].

Personen unterscheiden sich in ihrer Geräuschempfindlichkeit, die bei manchen Menschen mehr, bei anderen weniger ausgeprägt ist. Unter anderem spielt dabei die Persönlichkeit eine Rolle, Introvertierte sind geräuschempfindlicher als Extrovertierte [53]. Geräuschempfindliche Personen werden in größerem Ausmaß durch Lärm im Allgemeinen und somit auch durch den Lärm von Windkraftanlagen gestört [45].

Die Geräuschkulisse von Windkraftanlagen wird als weniger störend wahrgenommen, wenn die Lautstärke des Hintergrundlärms (Verkehrslärm etc.) größer ist, besonders in der Nacht [48, 54]. Die Sichtbarkeit von Windrädern erhöht hingegen die subjektive Geräuschbelästigung, unabhängig von der objektiven Geräuschintensität. Die Geräusche sichtbarer Windkraftanlagen werden als störender erlebt, sowohl von Anrainern als auch von Teilnehmern in Laborexperimenten. Sichtbare Windkraftanlagen stören dabei mehr, wenn diese als hässlich wahrgenommen werden [55-57]. Eine negative Einstellung zu Windrädern im Allgemeinen erhöht ebenso die empfundene Beeinträchtigung durch die mit Windkraftanlagen einhergehende Geräusche [45, 56, 58]. Hierbei spielt jedoch insbesondere die Einstellung zur visuellen Beeinträchtigung des Landschaftsbilds durch Windkraftanlagen eine Rolle [58]. In einer Studie war die Einstellung zu Windrädern abhängig von der Entfernung, in der die Befragten von der nächsten Windkraftanlage lebten. Personen, die näher bei einer Windkraftanlage lebten, hatten eine negativere Einstellung zu Windkraftanlagen. Dennoch war die Einstellung zu Windkraftanlagen auch *unabhängig* von der Wohnnähe einer der wichtigsten Faktoren zur Erklärung der Lärmbelästigung [59]. In diesem Zusammenhang spielt in Sachen Lärmbelästigung ebenso eine Rolle, inwieweit sich Anrainer bei der Projektplanung neuer Windkraftanlagen eingebunden fühlen, also inwieweit die Projektverwirklichung als fair empfunden wurde [48]. Überdies spielt eine Rolle, inwieweit Anwohner wirtschaftliche Vor- bzw. Nachteile durch die Windkraftanlage haben [47, 48]. In Summe spielen neben Lautstärke, Geräuschqualität und

Lärmempfindlichkeit auch eine Reihe psychologischer Faktoren eine Rolle, die mit der *Einstellung* zu Windkraftanlagen in Zusammenhang stehen.

In Zusammenhang mit der Geräusentwicklung von Windkraftanlagen ist anzumerken, dass Windkraftanlagen über die Zeit hinweg leiser werden, das heißt, dass neuere Generationen von Windkraftanlagen leiser sind als älterer Generationen [60, 61]. Da der Großteil der Studien sich naturgemäß auf Windkraftanlagen älterer Generation bezieht, ist anzunehmen, dass diese die Lärmbelästigung durch Windkraftanlagen überschätzen. Andererseits haben die neueren Windkraftanlagen eine größere Leistung, wodurch dieser Effekt zum Teil wieder ausgeglichen wird [60].

Neben dem hörbaren Anteil der Geräusche einer Windkraftanlage gibt es auch nicht-hörbare Teile, die bei niedrigen Frequenzen (< 20 Hz) Infraschall genannt werden [45]. Der Schalldruck des Infraschalls von Windkraftanlagen ist gering und in der Höhe mit anderen natürlich und künstlich vorkommenden Quellen vergleichbar. Infraschall kommt genauso wie hörbarer Schall häufig in der Umwelt vor und entsteht durch Wind, Wellen sowie Verkehr und Maschinen. Infraschall ist zwar nicht hörbar, wird jedoch trotzdem bei hohem Schalldruck vom Gehörsinn empfunden und vom Gehirn verarbeitet [48]. Infraschall kann bei entsprechend hohem Schalldruck als störend erlebt werden. Bei normalem Schalldruck wurden bei umfangreichen Untersuchungen keine unmittelbaren oder mittelbaren negativen Auswirkungen von Infraschall auf Gesundheit und Wohlbefinden festgestellt [48].

Etwa hatte die Beschallung von Personen mit Infraschall (6 Hz, 80–90 dB) während des Schlafes über einen Zeitraum von 28 Tagen keinen messbaren Einfluss auf das Befinden oder die geistige Leistungsfähigkeit im Vergleich zu einer beschallungsfreien Kontrollbedingung [62]. Allerdings bewirkt im Experiment die *Erwartung* negativer Gesundheitsfolgen ein unmittelbares Gefühl von Unwohlsein, unabhängig davon, ob die Personen tatsächlich Infraschall ausgesetzt wurden oder nicht [63].

Windkraftanlagen können durch die Drehung der Rotoren Flackerlicht erzeugen, sowohl durch die Reflektion von Sonnenlicht auf den Rotorblättern als auch durch rhythmisch unterbrochenen Schattenwurf. Etwa 8-31% der Personen, die in der Nähe von Windkraftanlagen wohnen, fühlen sich durch Flackerlicht beeinträchtigt, wobei die Beeinträchtigung mit der Entfernung abnimmt. [43, 47, 64]. Ein ähnliches Phänomen stellen die blinkenden Positionslichter der Windkraftanlagen dar, die circa 10% der Anrainer als störend erleben [47].

Mögliche Gefahren in der unmittelbaren Umgebung von Windkraftanlagen (typischerweise in weniger als maximal 370 Meter Umkreis) sind Eiswurf oder der Bruch eines Rotorblattes. Allerdings ist das Risiko dieser Gefahren insbesondere bei neueren Anlagen verschwindend klein [43, 47].

Es gibt Hinweise, dass sich die negativen Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Gesundheit und Wohlbefinden durch Gewöhnung vermindern. In einer epidemiologischen Studie in Deutschland zeigte sich, dass die Lebensqualität von Personen, die in einem Umkreis von 4000 Metern von Windkraftanlagen wohnen, zunächst nach deren Errichtung abnahm. Spätestens fünf Jahre nach der Errichtung konnte diese Beeinträchtigung jedoch nicht mehr nachgewiesen werden [65].

Auf die visuellen Auswirkungen von Windkraftanlagen, also auf die Auswirkungen auf die Schönheit von Landschaften, wird im nächstfolgenden Abschnitt 7 eingegangen.

7. Die Schönheit natürlicher Landschaften: Auswirkungen von Windkraftanlagen und anderen Bauten

Wie im Abschnitt 5 festgestellt, bevorzugen Erwachsene den Eindruck natürlicher im Vergleich zu städtischen Umgebungen. Bilder von naturbelassenen Umgebungen werden als schöner empfunden als jene städtischer Umgebungen. Die Schönheit natürlicher Landschaften wird jedoch auch durch einzelne menschengemachte Objekte (Bauten) verringert. Je mehr eine natürliche Landschaft Anzeichen von Verbauung aufweist, desto weniger schön wird diese bewertet [66]. Dieser Einfluss zeigt sich sowohl in der Bewertung alpiner Regionen (Österreich, Italien) [67] als auch in der Bewertung ebener Landschaften (Niederlande) [68]. Die Bauten können dabei sehr unterschiedliche Objekte umfassen bzw. unterschiedliche Gestalt annehmen, wie etwa einzelne Gebäude, Siedlungen, Staudämme, verbaute Bachläufe, Industriezonen, Windkraftanlagen, Strommasten oder Straßen.

In einer systematischen Analyse des Einflusses von Windkraftanlagen und anderen Bauten (Gewerbepark/Halle, Scheune) auf die Schönheit von niederländischen Landschaftsfotos zeigt sich, dass Windräder die Schönheit der Landschaft am stärksten beeinträchtigten, wobei diese Beeinträchtigung größer war, wenn die (unberührte) Originallandschaft als schöner empfunden wurde [69]. Die Beeinträchtigung war geringer, wenn die Windkraftanlagen weiter entfernt (2500 statt 500 Meter Entfernung) und wenn die Windkraftanlagen weniger hoch (80 statt 120 Meter) waren, auch wenn die Höhe insgesamt weniger relevant war als die Entfernung. Industriehallen und Scheunen minderten die Schönheit der Landschaft ebenso, jedoch in einem geringeren Ausmaß. Die Beeinträchtigung nahm auch hier mit der Entfernung ab. Es sei angemerkt, dass Hallen bzw. Scheunen im Vergleich zu Windkraftanlagen eine wesentlich geringere Höhe aufweisen, was die gefundenen Unterschiede zu Windkraftanlagen erklären könnte. Wurden die Bauwerke überdies teilweise durch Vegetation (Bäume, Sträucher) verdeckt, reduzierte das die visuelle Beeinträchtigung der Landschaft.

Die Autoren folgern, dass „unter fast allen Umständen das Aufscheinen von Windturbinen in einer Landschaft eine eindeutig negative Auswirkung auf die landschaftliche Schönheit hat,

die nur schwer zu verringern ist. Wenn die politische Absicht darin besteht, die landschaftliche Schönheit zu erhalten, ist es daher besser, die Anlagen in bestimmten Gebieten zu konzentrieren, als sie über die ganze Landschaft zu verteilen“ [69].

Vergleichbare Ergebnisse zeigen sich auch in anderen Studien [70-74]. Schöner, naturbelassene Landschaften leiden mehr, wenn diese Windkraftanlagen beinhalten, als Landschaften, die bereits von Industrie oder sonstigen Infrastrukturbauten gekennzeichnet sind. Mitunter können weniger schöne Landschaften sogar durch Windkraftanlagen an Attraktivität gewinnen [72]. Windkraftanlagen beeinträchtigen ebenso hügelige Landschaften in größerem Umfang als flache Landschaften [70]. Auch spielt die Anzahl der Windturbinen eine Rolle. Je mehr Windturbinen sichtbar sind, desto größer ist die Beeinträchtigung der landschaftlichen Schönheit, wobei eine Erhöhung der Zahl der Windkraftanlagen auf über 25 keinen weiteren (negativen) Einfluss hat [71].

Der negative Einfluss von Windkraftanlagen auf die Qualität der Landschaft nimmt mit der Entfernung ab. Bei schönen Landschaften haben Windkraftanlagen ab einer Entfernung von 10 km keinen (negativen) Einfluss auf die landschaftliche Schönheit, bei weniger schönen Landschaften bereits ab 5 km [71]. Allerdings wird dieser negative Einfluss insbesondere bei größeren Entfernungen nicht immer festgestellt [72].

Abgesehen von der im Schnitt geringeren Schönheit menschengemachter Dinge hat der negative Einfluss von Windkraftanlagen und anderen Bauten auf die wahrgenommene Schönheit einer Landschaft mit dem Konzept der *Störung* zu tun [39]. Mit Störung ist gemeint, dass ein Objekt heraussteht, da es sich in Bezug auf Größe, Form, Farbe, Beschaffenheit oder Funktion von der Umgebung unterscheidet [69, 75]. Psychologisch löst ein solches Objekt aufgrund seines Neuheitswertes eine sogenannte *Orientierungsreaktion* aus [76]. Diese manifestiert sich unter anderem in einer Aufmerksamkeitszuwendung und einer kurzfristigen Erhöhung der Aktivität des sympathischen Nervensystems. Zusätzlich werden je nach Einstellung und Lernerfahrung unterschiedliche Assoziationen erweckt, die eine eher positive oder eine eher negative Valenz haben können. Während Windkraftanlagen bei manchen Personen negative Gefühle auslösen, ist das etwa bei alten Gebäuden wie Kirchen oder Burgen meist nicht der Fall [77]. Diese können vielmehr zur Identität der Landschaft beitragen und sogar die landschaftliche Schönheit fördern [75]. Daher dürften Einstellung und Gewöhnung einen Einfluss auf die Wahrnehmung von landschaftlicher Schönheit haben.

Tatsächlich gibt es eine Reihe interindividueller Unterschiede in der erlebten Beeinträchtigung der landschaftlichen Schönheit durch Windkraftanlagen. Etwa unterscheiden sich im direkten Vergleich Bürger unterschiedlicher Länder in der Bewertung des landschaftlichen Einflusses: Österreicher oder Deutsche erleben Windkraftanlagen als visuell weniger beeinträchtigend als Polen oder Tschechen [70]. Engländer beurteilen

Landschaften mit Windkraftanlagen sogar ähnlich schön wie Landschaften mit alten Kirchen und schöner als Landschaften mit Hochspannungsmasten oder den Kühltürmen von Atomkraftwerken [77]. Ähnliches zeigt sich auch in einer deutschen Studie, wo eine Landschaft mit einem Windkraftwerk positiver bewertet wird als eine Landschaft mit einem gleich hohen Schornstein [74]. Dies weist darauf hin, dass implizite Assoziationen mit dem Bauwerk das Ausmaß der visuellen Beeinträchtigung beeinflussen. Überdies empfinden jüngere Menschen Windkraftanlagen als weniger beeinträchtigend als ältere Menschen [69], wobei andere Studien einen umgekehrt U-förmigen Zusammenhang feststellen (höchste Beeinträchtigung im mittleren Alter) [78].

Weitere Einflussfaktoren auf die Störung der landschaftlichen Schönheit sind die allgemeine Einstellung zu Windkraft, etwaige ökonomische Vorteile sowie Lärm. Für Personen mit einer negativen Einstellung ist der Einfluss auf die Schönheit der Landschaft größer [73, 74]. Für Personen, die ökonomische Vorteile durch die Windkraftanlagen in ihrer Umgebung genießen, ist die Beeinträchtigung der landschaftlichen Schönheit hingegen geringer [78]. Die durch Windkraftanlagen verursachte Beeinträchtigung der landschaftlichen Schönheit steht dabei in einem engen Zusammenhang mit der erlebten Lärmbeeinträchtigung [78, 79]. Eine größere Beeinträchtigung durch den Lärm von Windkraftanlagen geht mit einer größeren visuellen Beeinträchtigung der Landschaft einher und umgekehrt. Das Ausmaß der erlebten visuellen Beeinträchtigung einer Landschaft durch Windkraftanlagen vermindert sich zudem über die Zeit, was auf einen Gewöhnungseffekt hinweist [78, 80].

Ein weiterer Faktor, der den negativen Einfluss von Windkraftanlagen auf das Landschaftsbild erklären kann, ist deren Bedrohlichkeit [81]. Diese kann mit den tatsächlichen (z.B. Eiswurf, Rotorbruch) oder vermeintlichen (z.B. Infraschall, elektromagnetische Felder) mit Windkraftwerken verbundenen Gefahren einhergehen oder auch mit der Höhe der Windkraftanlage selbst. Hohe Bauwerke lösen in einem größeren Ausmaß das Gefühl der Ehrfurcht aus als niedere Bauten. Im Zusammenhang mit dem Gefühl der Ehrfurcht kommt es in Folge einer psychologischen Abwehrhaltung zu einer ängstlichen Erstarrung, welche sich unter anderem in einer verminderten Reaktionsgeschwindigkeit bemerkbar macht [82]. In diesem Sinn können Bauwerke wie Windräder allein durch ihre Größe Unbehagen auslösen.

8. Erholung in der Natur: Auswirkung von Bauten mit besonderer Berücksichtigung von Windkraftanlagen

Erholung umfasst den Abbau von Stress und Ermüdung und die Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit und des Wohlbefindens nach einer vorangegangenen Belastung. Der Aufenthalt und insbesondere das Spazieren oder Wandern in einer natürlichen Umgebung fördert Erholung in einem besonderen Ausmaß. Zwei wesentliche mit Windkraftanlagen im Zusammenhang stehende Faktoren könnten die Erholung in der Natur beeinträchtigen.

Diese sind die mit Windkraftanlagen einhergehende *Geräuschentwicklung* und die *Beeinträchtigung der landschaftlichen Schönheit*. Ein weiterer mutmaßlicher Faktor ist die mit Windkraftanlagen einhergehende subjektiv empfundene Bedrohung.

8.1. Lärm

Geräusche, die als unangenehm empfunden werden bzw. unerwünscht sind werden als Lärm bezeichnet [83]. Die unmittelbaren Folgen von Lärm sind negative Gefühle, die sich als Unbehagen und Gereiztheit manifestieren. Weitere akute Folgen von Lärm sind biologische Stressreaktionen, die sich unter anderem in einem Anstieg des Blutdrucks, der Herzfrequenz sowie in einem Anstieg von Stresshormonen äußern [84, 85]. Diese Auswirkungen von Lärm sind abhängig von der Lärmintensität, der Lärmqualität, der Lärmempfindlichkeit und der Kontrolle über den Lärm. Ein merklicher Anstieg der empfundenen Beeinträchtigung durch Lärm erfolgt jenseits von 55 Dezibel [86]. Ab dieser Schwelle geht ein höherer Schallpegel mit einer jeweils größeren Beeinträchtigung einher. Ein zweiter Faktor, der die Reaktionen auf Lärm beeinflusst, ist die Lärmempfindlichkeit. Menschen unterscheiden sich in einem nicht unwesentlichen Ausmaß darin, inwieweit sie Lärm als beeinträchtigend erleben [83]. Personen mit einer höheren Lärmempfindlichkeit fühlen sich durch Lärm häufiger und stärker gestört. Ein dritter Faktor ist das Ausmaß, in dem Personen Kontrolle über die Lärmexposition haben. Wenn Personen Möglichkeiten haben, durch entsprechende Maßnahmen Lärm zu reduzieren (z.B. durch das Schließen von Fenstern oder durch die Umgehung der Lärmquelle), dann wird eine Geräuschquelle als weniger störend erlebt [87, 88]. Lärm wird überdies als störender erlebt, wenn er das Ausführen einer geplanten Handlung erschwert, wie etwa geistige Arbeit, Erholung oder Schlaf.

Inwieweit ein Geräusch überhaupt als störend erlebt wird - und damit als Lärm - hängt jedoch auch von der Deutung der Geräuschquelle ab. Während ein Geräusch, dem eine natürliche Ursache zugeschrieben wird (z.B. Wasserfall, Wind), positive Effekte auf das Wohlbefinden haben kann, ist dies bei einem identen Geräusch vermeintlich technischen Ursprungs (Maschine) nicht der Fall [89]. Welche Wirkung Geräusche haben, unterliegt somit auch der Interpretation. Bei Windkraftanlagen spielt in diesem Zusammenhang deren Sichtbarkeit eine Rolle. Die Geräusche sichtbarer Windräder werden als störender erlebt als jene von Windrädern, die nicht im Gesichtsfeld aufscheinen [56]. Bei Windkraftanlagen spielt überdies wie erwähnt die Einstellung zur Windkraft eine Rolle. Eine negative Einstellung macht eine Beeinträchtigung durch Lärm wahrscheinlicher.

Lärm geht mit Unbehagen, Gereiztheit und einer körperlichen Stressreaktion einher. Da jedoch psychophysiologische Entspannung eine wesentliche Voraussetzung für Erholung darstellt, ist davon auszugehen, dass Lärm den Erholungsprozess beeinträchtigt. Die Ergebnisse entsprechender Studien bestätigen das. Im Vergleich zu Geräuschen einer natürlichen Umgebung, Musik oder Stille geht Lärm in unterschiedlichen Settings tatsächlich mit einer geringeren Erholung einher [90-93]. Es ist darüber hinaus davon auszugehen, dass

die Beeinträchtigung der Erholung mit dem Ausmaß der empfundenen Lärmbelastigung korreliert [94].

In unmittelbarer Nähe von einer Windkraftanlage (100 Meter) besteht ein Schalldruck von 55 dBA, was der Lautstärke einer normalen Unterhaltung entspricht. Im Fall von Verkehrslärm dieser Lautstärke würden circa 5% der Betroffenen diese als stark beeinträchtigend erleben [49]. Bei Windkraftanlagen ist dieser Prozentsatz z.T. deutlich höher (mindestens 20% erleben eine starke Beeinträchtigung), wobei die Befunde heterogen sind [50]. In einer Entfernung von 1000 Metern ist der Schalldruckpegel von Windkraftanlagen circa 35 dBA und entspricht dabei einem sehr leisen Geräusch. Dies wird von 50% der Betroffenen gar nicht wahrgenommen, und von maximal 20% der Betroffenen als in einem geringen Ausmaß beeinträchtigend erlebt [95]. Eine starke Beeinträchtigung erleben bei dieser Lautstärke nur 1-5 Prozent der Betroffenen [50].

Es ist allerdings unklar, inwieweit diese Befunde, die bei Anrainern von Windkraftanlagen erhoben wurden, auch für Personen gelten, die mit Windkraftanlagen im Rahmen einer Freizeitaktivität konfrontiert sind. Für eine geringere Beeinträchtigung der letzteren Gruppe spricht, dass diese mehr Kontrolle über die Lärmquelle haben, da sie diese z.B. durch eine entsprechende Routenplanung vermeiden können.

Andererseits fühlen sich mehr Personen durch die Geräusche von Windkraftanlagen beeinträchtigt, wenn diese sichtbar sind, was typischerweise bei Erholungssuchenden in der Natur, insbesondere oberhalb der Baumgrenze, gegeben sein wird. Allerdings spielt ebenso die Einstellung zu Windkraftanlagen im Allgemeinen und insbesondere die Bewertung derer visuellen Beeinträchtigung eine nicht unwesentliche Rolle beim Erleben einer allfälligen Beeinträchtigung durch Lärm. Hier ist anzunehmen, dass jene, die Windkraftanlagen negativ gegenüber stehen, Gebiete mit Windkraftanlagen meiden, sodass bei den verbleibenden Personen eine geringere geräuschbezogene Beeinträchtigung zu erwarten ist. Tatsächlich ist die Zustimmung zu Windkraftanlagen an der geplanten Wanderroute in den Bergen von zufällig vorbeikommenden Wanderern in mehreren Gebirgsregionen in der Steiermark laut einer aktuellen Studie relativ hoch [96]. Eine entsprechende Auslese mit vergleichbaren Folgen ist auch für geräuschempfindliche Personen zu erwarten.

In Summe lässt sich daraus folgern, dass die Geräusche von Windkraftanlagen in unmittelbarer Nähe (100 Meter) von einem gewissen Prozentsatz als störend erlebt werden und daher bei diesen von einer Beeinträchtigung der Erholung auszugehen ist. Allerdings ist die Größe dieser Gruppe anhand der gegebenen Befunde schwer einzuschätzen. Sind die Windkraftanlagen in größerer Entfernung (1000 Meter), so ist die Zahl derer, deren Erholung durch die Geräuschkulisse von Windkraftanlagen beeinträchtigt werden könnte, hingegen als gering einzuschätzen.

8.2. Beeinträchtigung der landschaftlichen Schönheit

Menschengemachte Dinge (Bauten) im Allgemeinen und Windkraftanlagen im Speziellen werden als die landschaftliche Schönheit beeinträchtigend gewertet (siehe Abschnitt 7). Dabei spielt vor allem die Entfernung zur Windkraftanlage eine Rolle, aber auch die Höhe der Anlage, die Anzahl der Windturbinen sowie die Schönheit und Topographie der Landschaft. Windkraftanlagen werden visuell beeinträchtigender erlebt, wenn sie näher und höher sind sowie dann, wenn die Landschaft schön und unberührt ist und einen gebirgigen Charakter aufweist. In der Regel betrifft letzteres aber gerade jene Gegenden, die zum Zwecke der Erholung aufgesucht werden.

Das Vorhandensein von Bauten führt daher möglicherweise - insbesondere durch diese Verminderung der landschaftlichen Schönheit - zu einer Verminderung des Erholungspotentials der Natur. Während die Betrachtung schöner – und damit meist naturbelassener – Motive die Erholung fördert, führt die Betrachtung weniger schöner Motive zu einem geringeren Ausmaß an Erholung, aber in den meisten Fällen nicht zu einem Erholungsrückgang [39].

Die Schönheit der Landschaft wird unter anderem dadurch beeinträchtigt, dass Windkraftanlagen als Störung erlebt werden, da sie als nicht in die Landschaft passend wahrgenommen werden und damit eine Irritation oder jedenfalls eine verstärkte Aufmerksamkeitshinwendung auslösen. Tatsächlich verursacht die Vorgabe von Bildern von alpinen Landschaften mit Windkraft- oder Photovoltaikanlagen stärkere physiologische Reaktionen (eine größere Hautleitwertreaktion) als dieselben Bilder ohne dieser Anlagen, wengleich die Reaktionen auf Photovoltaikanlagen in einer einschlägigen Untersuchung stärker ausfielen [97]. In einer britischen Studie verursachen Windkraftanlagen (und andere Bauten) ebenso eine stärkere physiologische Reaktion als Kirchen bei der Vorgabe entsprechender Landschaftsbilder [77]. Offensichtlich passen sich im Auge des Betrachters Kirchen besser in das Landschaftsbild ein als Windkraftanlagen.

Trotz der Bedeutung der landschaftlichen Schönheit für Erholung spielen für die Erholung auch andere Aspekte einer natürlichen Umgebung eine Rolle. Dazu gehören „Wegsein“, das kognitive Zurücklassen von Alltagsorgen, „Ausdehnung“, ein ausreichender Umfang an natürlichen visuellen Reizen sowie „Kompatibilität“, die Möglichkeiten, in der Landschaft eigenen Absichten zu verfolgen (z.B. zu wandern). Wengleich hierfür Befunde fehlen, ist es nicht auszuschließen, dass Windkraftanlagen diese Aspekte einer natürlichen Umgebung weniger stark beeinträchtigen. Dies müsste jedoch in zukünftigen Studien geklärt werden.

Neben der Beeinträchtigung der landschaftlichen Schönheit ist es denkbar, dass Windkraftanlagen auch Angst auslösen, wenn sich Personen in deren unmittelbaren Nähe aufhalten [98]. Die Ursache möglicher Ängste können unterschiedlich sein und sich sowohl auf vermeintliche unmittelbare Gesundheitsrisiken z.B. durch Infraschall oder

elektromagnetische Felder beziehen als auch auf eine allfällige Verletzungsgefahr durch z.B. Eisabwurf, Rotorbruch oder Blitzschlag. Zusätzlich kann auch das Windkraftwerk allein durch seine Größe Angst auslösen [82]. Wenngleich die meisten dieser vermeintlichen Gefahren objektiv nicht zutreffen (Infraschall, elektromagnetische Felder) oder unwahrscheinlich sind (siehe Abschnitt 6), können Ängste nichtsdestotrotz durch eine entsprechende Stressreaktion die Erholung beeinträchtigen (Abschnitt 1). Allerdings ist anzunehmen, dass jene Personen, die Windkraftanlagen in diesem Sinn als bedrohlich empfinden, Gegenden mit Windkraftanlagen meiden würden. Dies ist im Einklang mit den Ergebnissen der schon erwähnten Studie, dass Wanderer, deren Wanderroute durch ein Gebiet mit Windkraftanlagen verläuft, diesen eher positiv gegenüberstehen [96].

8.3. Einschlägige Befunde

Es gibt nur wenige Studien, die die Auswirkung von Windkraftanlagen auf Erholung unmittelbar untersucht haben [79] bzw. aus denen sich eine entsprechende Auswirkung ableiten ließe [99].

In einer Studie wurden Personen mittels virtueller Realität ungefähr 30 Sekunden lang mit den optischen und akustischen Gegebenheiten unterschiedlicher Landschaften jeweils mit und ohne Windkraftanlagen konfrontiert [79]. Während die Personen die Landschaften mit Windkraftanlagen beeinträchtigender erlebten als jene ohne Windkraftanlagen, kam es nicht zu einer unterschiedlich starken Veränderung der Stimmung oder der geistigen Leistungsfähigkeit (und damit der Erholung). Wenngleich die Verwendung virtueller Realität eine Stärke dieser Studie ist, fiel die Vorgabedauer mit 30 Sekunden etwas kurz aus, was die Aussagekraft der Ergebnisse in Bezug auf Erholung einschränkt.

In einer zweiten realitätsnahen Studie machten Personen eine jeweils circa 3-stündige Bergwanderung entweder in einer naturbelassenen Berggegend oder einer Berggegend mit unterschiedlichen Bauten (Liftnanlagen, Schneekanonen, Autobahn, Baustellen etc.) [99]. Insgesamt besserte sich die Stimmung durch die Bergwanderung, Unterschiede zwischen den beiden Streckenführungen gab es jedoch keine. Während einer Wanderung Bauten ausgesetzt zu sein hatte somit keinen erholungsmindernden Einfluss. Bei dieser Studie muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die Wanderer nicht mit Windkraftanlagen in Berührung kamen, die die landschaftliche Schönheit möglicherweise in einem stärkeren Ausmaß beeinträchtigt hätten bzw. mit einer stärkeren Lärmbelästigung einhergegangen wären als jene Bauten, mit denen die Wanderer in dieser Studie konfrontiert waren.

Trotz dieser Einschränkungen lässt sich aus diesen Studien nicht ableiten, dass Windkraftanlagen (oder andere Bauten) den Prozess der Erholung beeinträchtigen, obwohl eine Beeinträchtigung durch Lärm und eine Minderung der landschaftlichen Schönheit vorlag. Allerdings lassen diese Studien aufgrund der erwähnten Einschränkungen keine endgültige Beurteilung der Auswirkung von Windkraftanlagen auf Erholung zu.

8.4. Auswirkungen von Windkraftanlagen auf den Tourismus

Aus Studien zur Auswirkung von Windkraftanlagen auf den Tourismus lässt sich ableiten, inwieweit Windkraftanlagen das Verhalten von Erholungssuchenden beeinflusst.

Durch Windkraftanlagen fühlen sich 7-12% der Urlauber beeinträchtigt [100]. Je nach Untersuchung würden 1%-26% der Besucher Gegenden mit Windkraftanlagen als Urlaubsdestination meiden [100]. Auf Basis tatsächlicher Nächtigungs- bzw. Ankunftsdaten zeigt sich in einer deutschen Studie ein kleiner, aber negativer Effekt von Windkraftanlagen auf den Tourismus [100]. In einer weiteren zeitlich länger angelegten Studie über die Auswirkung von Windkraftanlagen auf den Tourismus in Hessen wird dieser Befund zwar bestätigt, aber auch relativiert. „Die vorgestellte Analyse unterstreicht die Existenz eines leicht negativen Einflusses von Windenergieanlagen in räumlicher Nähe auf Übernachtungszahlen von Touristen. Dieser unterlag in den vergangenen 25 Jahren jedoch einem stetigen Wandel. War er gegen Ende der 1990er Jahre noch signifikant, nimmt der negative Einfluss der Windkraftanlagen auf die Übernachtungen ab, womit dieser Zusammenhang mehr und mehr verschwindet. (...) Als möglicher Erklärungsansatz ist auf den parallel verlaufenden politischen und gesellschaftlichen Wandel hinzuweisen, der im Kontext der vorliegenden Untersuchung im Sinne eines Gewöhnungseffektes diskutiert werden kann.“[101].

Besucher vermeiden daher in einem geringen Ausmaß Destinationen mit Windkraftanlagen, diese Vermeidung schwächt sich jedoch durch Gewöhnung und/oder eine veränderte Einstellung mit der Zeit ab.

9. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Im vorliegenden Gutachten wurde die unmittelbare Auswirkung von Windkraftanlagen (WKA) auf das Wohlbefinden bzw. die Gesundheit von Erholungssuchenden in der Natur untersucht. Erholung ist dabei als Prozess zu betrachten und schlägt sich daher in einer Veränderung des Wohlbefindens, physiologischer Stressindikatoren oder der Leistungsfähigkeit nieder.

Zwei wesentliche mit Windkraftanlagen in Zusammenhang stehende Faktoren können den Erholungsprozess beeinträchtigen: Lärm und die visuelle Beeinträchtigung der Landschaft.

- Eine als unangenehm und unerwünscht eingestufte Geräuschkulisse gilt als Lärm und beeinträchtigt die Erholung. Die Geräuschkulisse in unmittelbarer Nähe von WKA ist im Vergleich zu anderen Geräuschquellen nicht laut, wird jedoch von einer größeren Anzahl von Personen als unangenehm erlebt und kann daher bei einem gewissen Prozentsatz der Erholungssuchenden deren Erholung beeinträchtigen.

- Landschaften mit WKA werden als weniger schön beurteilt als Landschaften ohne WKA. Da die Schönheit einer Landschaft die Erholung beeinflusst, können WKA das gegebene Erholungspotential von Grünräumen vermindern. Die Erholung von Erholungssuchenden fällt dann geringer aus.
- Aus den wenigen Studien, die eine unmittelbare Beurteilung der Auswirkungen von WKA auf die Erholung erlauben, lässt sich kein negativer Einfluss von WKA auf die Erholung ableiten. Allerdings unterliegen diese Studien gewissen Einschränkungen, die eine endgültige Beurteilung verhindern.
- In Zusammenschau aller Befunde ist in unmittelbarer Nähe von WKA eine geringfügige Beeinträchtigung der Erholung bei manchen Erholungssuchenden vor allem durch Lärmeinfluss nicht gänzlich auszuschließen.
- Unwahrscheinlich ist jedoch eine ausgeprägte Beeinträchtigung der Erholung bei einer größeren Gruppe von Erholungssuchenden.
- Aufgrund von Gewöhnung und Einstellungsänderung ist nicht auszuschließen, dass sich in Zukunft etwaige Auswirkungen von WKA auf die Erholung abschwächen.
- Aufgrund der gegebenen Befundlage ist jedoch eine endgültige Beurteilung der Auswirkung von WKA auf die Erholung nicht möglich.
- Weitere Studien zur Klärung des Sachverhaltes wären vonnöten.

10. Empfehlungen

Empfehlungen zur Minimierung allfälliger negativer Auswirkung von Windkraftanlagen (WKA) auf die Erholung von Erholungssuchenden in der Natur:

- Bewahrung von Regionen ohne WKA in der Nachbarschaft von Regionen mit WKA als alternative, unbebaute Erholungsräume, in gebirgigen Gegenden sollte das auch Bergrücken umfassen;
- Anlegen von Wanderwegen etc. derart, dass die WKA durch Vegetation (Bäume etc.) oder Geländeformationen (Kuppen, Bergrücken etc.) verdeckt werden;
- Verminderung der relativen Höhe der WKA z.B. durch Platzierung auf tiefer liegende Bergrücken;
- Minimierung der von der zur Errichtung und Wartung von WKA nötigen Straßen hervorgerufenen visuellen Beeinträchtigung der Landschaft durch die geschickte Planung bzw. durch Verdeckung durch Vegetation oder Geländeformationen;
- Förderung von Sportarten in der Nähe von WKA, bei denen es durch die sportartbedingte Geräusentwicklung oder durch die Sportausrüstung zu einer Maskierung bzw. Verringerung der Umgebungsgeräusche kommt (z.B. Mountainbike-Strecken, Schipisten etc.);
- Errichtung von Windkraftanlagen in Regionen, die bereits andere Bauten (Straßen, Staudämme, Hochspannungsleitungen, Schilifte) aufweisen;

11. Literatur

1. P.R. Shukla, J.S., R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, *IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 2022, Cambridge, UK, New York, NY, USA: Cambridge University Press.
2. Geurts, S.A.E. and S. Sonnentag, *Recovery as an explanatory mechanism in the relation between acute stress reactions and chronic health impairment*. Scandinavian Journal of Work Environment & Health, 2006. **32**(6): p. 482-492.
3. Sonnentag, S., L. Venz, and A. Casper, *Advances in recovery research: What have we learned? What should be done next?* Journal of Occupational Health Psychology, 2017. **22**(3): p. 365-380.
4. Gump, B.B. and K.A. Matthews, *Are vacations good for your health? The 9-year mortality experience after the multiple risk factor intervention trial*. Psychosom Med, 2000. **62**(5): p. 608-12.
5. Eaker, E.D., J. Pinsky, and W.P. Castelli, *Myocardial-Infarction and Coronary Death among Women - Psychosocial Predictors from a 20-Year Follow-up of Women in the Framingham-Study*. American Journal of Epidemiology, 1992. **135**(8): p. 854-864.
6. Strandberg, T.E., et al., *Associations of vacation time with lifestyle, long-term mortality and health-related quality of life in old age: The Helsinki Businessmen Study*. European Geriatric Medicine, 2017. **8**(3): p. 260-264.
7. Sluiter, J.K., et al., *Need for recovery from work related fatigue and its role in the development and prediction of subjective health complaints*. Occupational and Environmental Medicine, 2003. **60**(Suppl 1): p. i62-70.
8. Sonnentag, S., C. Binnewies, and E.J. Mojza, *Staying well and engaged when demands are high: the role of psychological detachment*. Journal of Applied Psychology, 2010. **95**(5): p. 965-76.
9. Blasche, G.W., A. Arlinghaus, and T.E. Dorner, *Leisure opportunities and fatigue in employees: A large cross-sectional study*. Leisure Sciences, 2014. **36**(3): p. 235-250.
10. Blasche, G., *Erholung 4.0*. 2020, Wien: Facultas/Maudrich.
11. Ten Brummelhuis, L.L. and J.P. Trougakos, *The recovery potential of intrinsically versus extrinsically motivated off-job activities*. Journal of Occupational and Organizational Psychology, 2014. **87**(1): p. 177-199.
12. van Hooff, M.L.M. and I.E. de Pater, *Let's Have Fun Tonight: The Role of Pleasure in Daily Recovery from Work*. Applied Psychology, 2017. **66**(3): p. 359-381.
13. van Hooff, M.L.M., et al., *Daily recovery from work: The role of activities, effort and pleasure*. Work Stress, 2011. **25**(1): p. 55-74.
14. de Bloom, J., et al., *How does a vacation from work affect employee health and well-being?* Psychol Health, 2011. **26**(12): p. 1606-1622.
15. Barone, D.A. and A.C. Krieger, *The function of sleep*. AIMS Neuroscience, 2015. **2**(2): p. 71-90.
16. Sonnentag, S., *Work, recovery activities, and individual well-being: a diary study*. J Occup Health Psychol, 2001. **6**(3): p. 196-210.
17. Van Hooff, M.L.M. and S.A.E. Geurts, *Need satisfaction during free evening hours: Examining its role in daily recovery*. Stress and Health, 2014. **30**(3): p. 198-208.
18. Kaplan, S., *The Restorative Benefits of Nature - toward an Integrative Framework*. Journal of Environmental Psychology, 1995. **15**(3): p. 169-182.
19. Münzel, T., et al., *Cardiovascular effects of environmental noise exposure*. European heart journal, 2014. **35**(13): p. 829-836.

20. Franěk, M., *Environmental factors influencing pedestrian walking speed*. Perceptual and Motor Skills, 2013. **116**(3): p. 992-1019.
21. Sonnentag, S. and C. Fritz, *The Recovery Experience Questionnaire: development and validation of a measure for assessing recuperation and unwinding from work*. Journal of Occupational Health Psychology, 2007. **12**(3): p. 204-21.
22. Bennett, A.A., A.B. Bakker, and J.G. Field, *Recovery from work-related effort: A meta-analysis*. Journal of Organizational Behavior, 2018. **39**(3): p. 262-275.
23. Berto, R., *The role of nature in coping with psycho-physiological stress: A literature review on restorativeness*. Behavioral Sciences, 2014. **4**(4): p. 394-409.
24. Bratman, G.N., J.P. Hamilton, and G.C. Daily, *The impacts of nature experience on human cognitive function and mental health*, in *Annals of the New York Academy of Sciences* 2012, Blackwell Publishing Inc. p. 118-136.
25. Hartig, T., et al., *Nature and health*, in *Annual Review of Public Health* 2014. p. 207-228.
26. Bowler, D.E., et al., *A systematic review of evidence for the added benefits to health of exposure to natural environments*. BMC Public Health, 2010. **10**: p. 456.
27. McMahan, E.A. and D. Estes, *The effect of contact with natural environments on positive and negative affect: A meta-analysis*. The Journal of Positive Psychology, 2015. **10**(6): p. 507-519.
28. Park, S., et al., *What Activities in Forests Are Beneficial for Human Health? A Systematic Review*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2022. **19**(5).
29. Stevenson, M.P., T. Schilhab, and P. Bentsen, *Attention Restoration Theory II: a systematic review to clarify attention processes affected by exposure to natural environments*. Journal of Toxicology and Environmental Health - Part B: Critical Reviews, 2018. **21**(4): p. 227-268.
30. Olafsdottir, G., et al., *Health Benefits of Walking in Nature: A Randomized Controlled Study Under Conditions of Real-Life Stress*. Environ Behav, 2018.
31. Corazon, S.S., et al., *Psycho-physiological stress recovery in outdoor nature-based interventions: A systematic review of the past eight years of research*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2019. **16**(10).
32. van den Berg, A.E., et al., *Green space as a buffer between stressful life events and health*. Social Science & Medicine, 2010. **70**(8): p. 1203-1210.
33. Twohig-Bennett, C. and A. Jones, *The health benefits of the great outdoors: A systematic review and meta-analysis of greenspace exposure and health outcomes*. Environmental Research, 2018. **166**: p. 628-637.
34. Mitchell, R. and F. Popham, *Effect of exposure to natural environment on health inequalities: an observational population study*. Lancet, 2008. **372**(9650): p. 1655-60.
35. Ulrich, R.S., et al., *Stress Recovery during Exposure to Natural and Urban Environments*. Journal of Environmental Psychology, 1991. **11**(3): p. 201-230.
36. van den Berg, A.E., S.L. Koole, and N.Y. van der Wulp, *Environmental preference and restoration: (How) are they related?* Journal of Environmental Psychology, 2003. **23**(2): p. 135-146.
37. Han, K.-T., *An Exploration of Relationships Among the Responses to Natural Scenes: Scenic Beauty, Preference, and Restoration*. Environ Behav, 2009. **42**(2): p. 243-270.
38. Meidenbauer, K.L., et al., *The gradual development of the preference for natural environments*. Journal of Environmental Psychology, 2019. **65**.
39. Meidenbauer, K.L., et al., *The affective benefits of nature exposure: What's nature got to do with it?* Journal of Environmental Psychology, 2020. **72**.
40. Herzog, T.R., C.P. Maguire, and M.B. Nebel, *Assessing the restorative components of environments*. Journal of Environmental Psychology, 2003. **23**(2): p. 159-170.
41. Korpela, K. and U. Kinnunen, *How Is Leisure Time Interacting with Nature Related to the Need for Recovery from Work Demands? Testing Multiple Mediators*. Leisure Sci, 2011. **33**(1): p. 1-14.

42. Markevych, I., et al., *Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance*. Environmental Research, 2017. **158**: p. 301-317.
43. Simos, J., et al., *Wind turbines and health: A review with suggested recommendations*. Environnement, Risques et Sante, 2019. **18**(2): p. 149-159.
44. McCallum, L.C., et al., *Measuring electromagnetic fields (EMF) around wind turbines in Canada: is there a human health concern?* Environ Health, 2014. **13**(1): p. 9.
45. McCunney, R.J., et al., *Wind turbines and health A Critical Review of the Scientific Literature*. Journal of Occupational and Environmental Medicine, 2014. **56**(11): p. e108-e130.
46. www.laerminfo.at/laermkarten.html. 8. August 2022].
47. Freiberg, A., et al., *Health effects of wind turbines on humans in residential settings: Results of a scoping review*. Environmental Research, 2019. **169**: p. 446-463.
48. van Kamp, I. and F. van den Berg, *Health effects related to wind turbine sound: An update*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021. **18**(17).
49. Pedersen, E. and K.P. Waye, *Perception and annoyance due to wind turbine noise--a dose-response relationship*. J Acoust Soc Am, 2004. **116**(6): p. 3460-70.
50. WHO, *Environmental Noise Guidelines for the European Region*. 2018, Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe.
51. Poulsen, A.H., et al., *Long-Term Exposure to Wind Turbine Noise and Risk for Myocardial Infarction and Stroke: A Nationwide Cohort Study*. Environ Health Perspect, 2019. **127**(3): p. 037004.
52. Knopper, L.D. and C.A. Ollson, *Health effects and wind turbines: A review of the literature*. Environmental Health: A Global Access Science Source, 2011. **10**(1).
53. Belojevic, G., B. Jakovljevic, and V. Slepcevic, *Noise and mental performance: Personality attributes and noise sensitivity*. Noise and Health, 2003. **6**(21): p. 77-89.
54. Bolin, K., A. Kedhammar, and M.E. Nilsson, *The Influence of Background Sounds on Loudness and Annoyance of Wind Turbine Noise*. Acta Acustica united with Acustica, 2012. **98**(5): p. 741-748.
55. Onakpoya, I.J., et al., *The effect of wind turbine noise on sleep and quality of life: A systematic review and meta-analysis of observational studies*. Environment International, 2015. **82**: p. 1-9.
56. Schäffer, B., et al., *Influence of visibility of wind farms on noise annoyance – A laboratory experiment with audio-visual simulations*. Landscape and Urban Planning, 2019. **186**: p. 67-78.
57. Haac, T.R., et al., *Wind turbine audibility and noise annoyance in a national U.S. survey: Individual perception and influencing factors*. J Acoust Soc Am, 2019. **146**(2): p. 1124-1141.
58. Persson Waye, K. and E. Ohrstrom, *Psycho-acoustic characters of relevance for annoyance of wind turbine noise*. Journal of Sound and Vibration, 2002. **250**: p. 65-73.
59. Pawlaczyk-Łuszczynska, M., et al., *Response to Noise Emitted by Wind Farms in People Living in Nearby Areas*. Int J Environ Res Public Health, 2018. **15**(8).
60. <https://eng.mst.dk/air-noise-waste/noise/wind-turbines/noise-from-wind-turbines/>. 16.08.2022].
61. Hansen, C. and K. Hansen, *Recent Advances in Wind Turbine Noise Research*. Acoustics, 2020. **2**(1): p. 177-206.
62. Ascone, L., et al., *A longitudinal, randomized experimental pilot study to investigate the effects of airborne infrasound on human mental health, cognition, and brain structure*. Scientific Reports, 2021. **11**(1).
63. Crichton, F., et al., *Can expectations produce symptoms from infrasound associated with wind turbines?* Health Psychology, 2014. **33**(4): p. 360-364.
64. Ata Teneler, A. and H. Hassoy, *Health effects of wind turbines: a review of the literature between 2010-2020*. Int J Environ Health Res, 2021.

65. Krekel, C. and A. Zerrahn, *Does the presence of wind turbines have negative externalities for people in their surroundings? Evidence from well-being data*. Journal of Environmental Economics and Management, 2017. **82**: p. 221-238.
66. Real, E., C. Arce, and J.M. Sabucedo, *Classification of landscapes using quantitative and categorical data, and prediction of their scenic beauty in north-western Spain*. Journal of Environmental Psychology, 2000. **20**(4): p. 355-373.
67. Schirpke, U., et al., *Can We Model the Scenic Beauty of an Alpine Landscape? Sustainability (Switzerland)*, 2013. **5**(3): p. 1080-1094.
68. De Vries, S., J.R.K. Lankhorst, and A.E. Buijs. *Mapping the attractiveness of the Dutch countryside: A GIS-based landscape appreciation model*. in *Forest Snow and Landscape Research*. 2007.
69. de Vries, S., M. de Groot, and J. Boers, *Eyesores in sight: Quantifying the impact of man-made elements on the scenic beauty of Dutch landscapes*. Landscape and Urban Planning, 2012. **105**(1): p. 118-127.
70. Sklenicka, P. and J. Zouhar, *Predicting the visual impact of onshore wind farms via landscape indices: A method for objectivizing planning and decision processes*. Applied Energy, 2018. **209**: p. 445-454.
71. Betakova, V., J. Vojar, and P. Sklenicka, *Wind turbines location: How many and how far?* Applied Energy, 2015. **151**: p. 23-31.
72. Lothian, A., *Scenic Perceptions of the Visual Effects of Wind Farms on South Australian Landscapes*. Geographical Research, 2008. **46**(2): p. 196-207.
73. Molnarova, K., et al., *Visual preferences for wind turbines: Location, numbers and respondent characteristics*. Applied Energy, 2012. **92**: p. 269-278.
74. Kirchhoff, T., et al., *Visual evaluations of wind turbines: Judgments of scenic beauty or of moral desirability?* Landscape and Urban Planning, 2022. **226**.
75. Tveit, M., Å. Ode, and G. Fry, *Key concepts in a framework for analysing visual landscape character*. Landscape Research, 2006. **31**(3): p. 229-255.
76. Bradley, M.M., *Natural selective attention: orienting and emotion*. Psychophysiology, 2009. **46**(1): p. 1-11.
77. Maehr, A.M., et al., *Emotional response to images of wind turbines: A psychophysiological study of their visual impact on the landscape*. Landscape and Urban Planning, 2015. **142**: p. 71-79.
78. Frantál, B., et al., *Landscape disruption or just a lack of economic benefits? Exploring factors behind the negative perceptions of wind turbines*. Tájökológiai Lapok (Hungarian Journal of Landscape Ecology), 2017. **15**: p. 139-147.
79. Yu, T., et al., *Audio-visual perception of new wind parks*. Landscape and Urban Planning, 2017. **165**: p. 1-10.
80. Eltham, D., G. Harrison, and S. Allen, *Change in public attitudes towards a Cornish wind farm: Implications for planning*. Energy Policy, 2008. **36**: p. 23-33.
81. Ulrich, R., *Aesthetic and Affective Response to Natural Environment*. Human Behavior & Environment: Advances in Theory & Research, 1983. **6**: p. 85-125.
82. Joye, Y. and S. Dewitte, *Up speeds you down. Awe-evoking monumental buildings trigger behavioral and perceived freezing*. Journal of Environmental Psychology, 2016. **47**: p. 112-125.
83. Stansfeld, S.A., C. Clark, and R. Crombie, *Noise*, in *The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology*, S.D. Clayton, Editor. 2012, Oxford University Press. p. 375-390.
84. Babisch, W., *Cardiovascular effects of noise*. Noise Health, 2011. **13**(52): p. 201-204.
85. Ising, H. and C. Braun, *Acute and chronic endocrine effects of noise: Review of the research conducted at the Institute for Water, Soil and Air Hygiene*. Noise Health, 2000. **2**(7): p. 7-24.

86. Ouis, D., *ANNOYANCE FROM ROAD TRAFFIC NOISE: A REVIEW*. Journal of Environmental Psychology, 2001. **21**(1): p. 101-120.
87. Kroesen, M., E.J.E. Molin, and B. Van Wee, *Testing a theory of aircraft noise annoyance: A structural equation analysis*. Journal of the Acoustical Society of America, 2008. **123**(6): p. 4250-4260.
88. Lundberg, U. and M. Frankenhaeuser, *Psychophysiological Reactions to Noise as Modified by Personal Control over Noise Intensity*. Biological Psychology, 1978. **6**(1): p. 51-59.
89. Haga, A., et al., *Psychological restoration can depend on stimulus-source attribution: A challenge for the evolutionary account?* Frontiers in Psychology, 2016. **7**(NOV).
90. Alvarsson, J.J., S. Wiens, and M.E. Nilsson, *Stress recovery during exposure to nature sound and environmental noise*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2010. **7**(3): p. 1036-1046.
91. Zhou, T., et al., *Influence of the Acoustic Environment in Hospital Wards on Patient Physiological and Psychological Indices*. Frontiers in Psychology, 2020. **11**.
92. Shu, S. and H. Ma, *Restorative effects of urban park soundscapes on children's psychophysiological stress*. Applied Acoustics, 2020. **164**.
93. Jahnncke, H., et al., *Open-plan office noise: Cognitive performance and restoration*. Journal of Environmental Psychology, 2011. **31**(4): p. 373-382.
94. van Kamp, I. and F. van den Berg, *Health Effects Related to Wind Turbine Sound, Including Low-Frequency Sound and Infrasound*. Acoustics Australia, 2018. **46**(1): p. 31-57.
95. Pedersen, E. and K. Persson Waye, *Wind turbines—Low level noise sources interfering with restoration?* Environ. Res. Lett, 2008. **3**: p. 15002-5.
96. Brudermann, T., R. Zaman, and A. Posch, *Not in my hiking trail? Acceptance of wind farms in the Austrian Alps*. Clean Technologies and Environmental Policy, 2019. **21**(8): p. 1603-1616.
97. Spielhofer, R., et al., *Physiological and behavioral reactions to renewable energy systems in various landscape types*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2021. **135**.
98. Deignan, B., E. Harvey, and L. Hoffman-Goetz, *Fright factors about wind turbines and health in Ontario newspapers before and after the Green Energy Act*. Health, Risk & Society, 2013. **15**(3): p. 234-250.
99. Niedermeier, M., et al., *The Role of Anthropogenic Elements in the Environment for Affective States and Cortisol Concentration in Mountain Hiking—A Crossover Trial*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2019. **16**(2): p. 290.
100. Broekel, T. and C. Alfken, *Gone with the wind? The impact of wind turbines on tourism demand*. Energy Policy, 2015. **86**: p. 506-519.
101. Gardt, M., et al., *Impact of wind turbines on the development of tourism in Hesse*. Zeitschrift für Wirtschaftsgeographie, 2018. **62**(1): p. 46-64.