

Endbericht

Studie über die Auswirkung von Windkraftanlagen auf Wohlbefinden und Blutdruck bei Wanderern

Kurztitel: Studie Windkraft und Erholung

Gerhard Blasche¹, Alexandra Kristian¹

7. November 2023

¹Medizinische Universität Wien, Zentrum für Public Health, Abteilung für Umwelthygiene und Umweltmedizin

Kontakt

Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Gerhard Blasche
Medizinische Universität Wien, Zentrum für Public Health, Abteilung für Umwelthygiene und Umweltmedizin
Kinderspitalgasse 15, 1090 Wien
E-Mail: gerhard.blasche@meduniwien.ac.at

1) Zusammenfassung

Naturräume sind eine wichtige Quelle der Erholung. Ziel der vorliegenden Feldstudie war es zu prüfen, ob Windkraftanlagen die erholförderliche Wirkung von Naturräumen beeinträchtigen. Hierzu wurden bei 15 Wanderern drei Aspekte des Wohlbefindens (Stimmung, Spannungslage, Erholungsgefühl) sowie Blutdruck und Pulsfrequenz an zwei Plätzen in unmittelbarer Nähe einer Windkraftanlage sowie an zwei Plätzen abseits von Windkraftanlagen auf einem langgestreckten Bergrücken erhoben. Obwohl die Personen die Umgebung in der Nähe von Windkraftanlagen als geringfügig befremdlicher und beängstigender erlebten, unterschied sich Stimmung, Spannungslage und Erholungsgefühl sowie der Blutdruck in der Nähe von Windkraftanlagen nicht von denselben Größen an den Plätzen abseits der Windkraftanlagen. Die Pulsfrequenz war in der Nähe der Windkraftanlagen sogar geringer als an den windkraftfreien Vergleichsplätzen. Die vorliegende Studie liefert daher keinen Hinweis, dass Windkraftanlagen die Erholung von Erholungssuchenden in der Natur beeinträchtigen.

2) Hintergrund

Um den geplanten Ausstieg aus fossilen Energien zu erreichen, bedarf es eines verstärkten Ausbaus von erneuerbaren Energien. Dazu gehört neben der Wasserkraft und der Photovoltaik auch die Windkraft. Allerdings kann es insbesondere in der Berg- und Hügellandschaft zu einem Konflikt zwischen der Nutzung dieser Regionen zur Energiegewinnung und der Nutzung als Erholungsräume kommen. Tatsächlich führt die Bebauung von natürlichen Landschaften zu einer Verminderung ihrer natürlichen Schönheit [1]. Dabei zählt die Schönheit einer Landschaft zu den Faktoren, die die Erholungswirkung (d.h. die Verbesserung des Wohlbefindens oder die Verminderung biologischer Stressindikatoren) natürlicher Umgebungen erklären [2]. Neben dieser visuellen Beeinträchtigung kann auch die Geräuschkulisse einer Windkraftanlage als störend erlebt werden [3] und damit die Erholung beeinträchtigen. Wie Studien zeigen, kann die Größe eines Bauwerks [4] und die Neuheit einer Technologie [5, 6] Angst auslösen, eine Emotion, die gleichermaßen der Erholung entgegenwirkt.

Derzeit gibt es nur wenige Studien, die die Wirkung von Bauten im Allgemeinen und Windkraftanlagen im Speziellen auf die Erholung untersucht haben. In einer Feldstudie wurde eine Wanderung im naturbelassenen alpinen Gelände mit einer Wanderung in einem durch Bauten (Schilifte, Schneekanonen, Straßen etc., jedoch keine Windkraftanlagen) potentiell beeinträchtigten alpinen Gelände verglichen [7]. Dabei konnte kein erholfördernder Effekt der Bauten festgestellt werden. Eine andere Studie untersuchte die Wirkung von Windkraftanlagen auf die Erholung unter Anwendung von virtueller Realität [8]. Die Landschaft mit Windrädern wurde zwar als beeinträchtigender erlebt, hatte jedoch keine Auswirkung auf die Erholung im Sinne einer Verbesserung der Stimmung.

Obwohl beide Studien [7, 8] darauf hinweisen, dass Windkraftanlagen keinen negativen Effekt auf die Erholung haben, fehlt eine Feldstudie, die dieser Frage nachgeht. Die vorliegende Studie zielt darauf ab, diese Forschungslücke zu schließen, indem sie nicht nur das Befinden, sondern auch biologische Stressindikatoren wie Blutdruck und Pulsfrequenz von Wanderern in einer alpinen Region analysiert, um die Auswirkungen von Windkraftanlagen zu untersuchen. Die Annahme war, dass der Aufenthalt in der Nähe von Windkraftanlagen weder mit einem schlechteren Befinden noch mit einer höheren

Stressbelastung einhergeht als der Aufenthalt abseits von Windkraftanlagen, und dass eine allfällige Verminderung des Blutdrucks oder der Pulsfrequenz ebenso unabhängig vom Standort stattfindet.

3) Methoden

a) Stichprobe

Die Studienteilnehmenden waren Mitglieder der Sektion Wiener Neustadt des Österreichischen Alpenvereins, die bereits mehrmals an geführten Wanderungen teilgenommen haben. Die Rekrutierung der Teilnehmenden erfolgte über einen Wanderführer, der sich nach einem entsprechenden Aufruf der Sektion bereit erklärt hatte, an der Studie mitzuwirken, indem er ihm bekannte Personen, die häufig mit ihm Wanderungen machten, zur Teilnahme an der Studie motivierte. Die Stichprobe umfasst 15 Personen (9 Frauen, 6 Männer) zwischen 60 und 79 Jahren (Mittelwert: $MW = 69$), die in den letzten 10 Jahren im Durchschnitt 8.3-mal (Bereich zwischen 0 – 30-mal) eine Wanderung in der geplanten Studienregion unternommen hatten und daher größtenteils mit der Gegend vertraut waren. Die Einstellung zu Windkraftanlagen im Allgemeinen war auf einer Skala von 1 (sehr negativ) bis 5 (sehr positiv) eher positiv ($MW = 3.6$, $SD = 0.8$). Drei der teilnehmenden Personen nahmen blutdrucksenkende Mittel. Alle Studienteilnehmenden erhielten eine verbale Aufklärung über den Zweck der Studie und unterschrieben eine Einverständniserklärung zur Erhebung der Daten. Die Daten wurden anonym erhoben - der verwendete Fragebogen enthielt keine Angaben zur Person.

b) Ablauf

Die Datenerhebung erfolgte am Stuhleck, ein begraster, langgestreckter Bergrücken von 1600 bis 1800 Meter Seehöhe in der nördlichen Steiermark, auf dem in den letzten Jahren eine Reihe von Windkraftanlagen errichtet wurden. Der Gipfelbereich des Stuhleck ist frei von Windkraftanlagen, die ersten Windräder befinden sich circa 2 ½ Kilometer südwestlich des Hauptgipfels im Bereich des sogenannten Grazer Stuhleck.

Zur Feststellung eines allfälligen Effekts von Windkraftanlagen auf die Erholung wurden Messungen des Wohlbefindens und der Herzkreislauf-Aktivität an vier vordefinierten Plätzen („Stationen“) im Bereich zwischen dem Stuhleckgipfel und dem Grazer Stuhleck durchgeführt (siehe Tabelle 1). Zwei dieser Stationen fungierten als Kontrollbedingungen und wurden so ausgewählt, dass sie sich mindestens 1500 Meter von einer Windkraftanlage entfernt befanden und keinen Sichtkontakt zu Windkraftanlagen ermöglichten. Die zwei anderen Stationen lagen in unmittelbarer Nähe einer Windkraftanlage in maximal 150 Metern Entfernung.

Station	Bedingung	Beschreibung	Koordinaten	Entfernung vom Ausgangspunkt (Meter)	Gehzeit geschätzt (Minuten)
S1	Kontrolle 1	Bänke östliche Hausseite des Alois-Günther-Hauses	47.57414, 15.79082	20	1
S2	Kontrolle 2	Latschengruppe nordwestlich vom Alois-Günther-Haus	47.57653, 15.78515	300	5
S3	Windrad 1	Bänke bei erstem (nord-östlichsten) Windrad	47.56122, 15.76655	2600	41
S4	Windrad 2	Rastplatz zwischen Windrad 3 und 4	47.55747, 15.76036	3300	52

Tabelle 1: Stationen, an denen die Messungen durchgeführt wurden

Die Datenerhebung wurde am 21. September 2023 durchgeführt, nachdem diese aufgrund von Schlechtwetter am 14. September um eine Woche verschoben werden musste. Der Treffpunkt für die Studienteilnehmenden, Wanderführer und Studienleiter war um 09:00 Uhr am Pfaffensattel. Von dort aus erfolgte die Fahrt über die Mautstraße zum Alois-Günther-Haus am Stuhleck-Gipfel, um einen zeitaufwendigen Aufstieg zu umgehen. Nach der Aufklärung über den Zweck und den Ablauf der Studie durch den Studienleiter, dem Unterzeichnen der Einverständniserklärung durch alle Studienteilnehmenden und Wanderführer sowie dem Aushändigen der Fragebogenmappe und des Schreibbretts erfolgte die Aufteilung in vier Gruppen, wobei jede Gruppe aus jeweils insgesamt vier Personen bestand. Drei Gruppen wurden von je einem Wanderführer geführt (diese waren Teil der Stichprobe), eine Gruppe vom Studienleiter. Jede Gruppe erhielt überdies ein Blutdruckmessgerät. Um circa 09:30 Uhr starteten die einzelnen Gruppen vom Parkplatz des Alois-Günther-Haus zu Fuß zu den jeweiligen Stationen gemäß Studienplan (siehe hierzu Tabelle 3).

Das Wetter am Studientag im Bereich des Stuhlecks war sehr windig und teilweise neblig. Anfänglich war der Nebel im Gipfelbereich (erste Kontrollmessungen) sehr dicht, mit einer Sichtweite von unter 50 Meter. Im Verlauf des Vormittages lichtete sich der Nebel zunehmend. Bei den Messungen im Bereich der Windkraftanlagen hatte sich der Nebel weitgehend gelichtet, eine Sicht der Windkraftanlagen war gegeben. Die Temperatur lag am Beginn der Studie um 09:30 Uhr bei circa 13°C und stieg im Verlauf des Vormittages auf circa 16°C.

Die Datenerfassung erfolgte bei allen Stationen im Sitzen (bei drei Station auf Bänken, bei einer im Gras). Nach dem Hinsetzen maß nacheinander jeder Teilnehmende seinen bzw. ihren Blutdruck, danach füllten sie den Fragebogen aus. Anschließend kam es zu einer zweiten Blutdruckmessung (siehe Tabelle 2). Alle Daten (Blutdruck, Befinden, Umgebungseinschätzung, Station, Uhrzeit) wurden von den Studienteilnehmenden in eine Fragebogenmappe eingetragen.

Zeit in Minuten	Abfolge der Datenerfassung
0-2	Hinsetzen, zu Ruhe kommen
3-6	Blutdruckmessung 1, sequenziell
7-11	Fragebogen ausfüllen
12-15	Blutdruckmessung 2, sequenziell
16-20	Freie Zeit (Trinken, Essen)

Tabelle 2: Geplanter Ablauf der Datenerfassung

Die vier Gruppen zu jeweils drei Personen plus einem Wanderführer suchten die einzelnen Stationen in unterschiedlicher Reihenfolge auf, um allfällige Zeiteffekte zu minimieren (siehe Tabelle 3). Ein vollständiges Ausbalancieren der Bedingungen war aufgrund der begrenzten Teilnehmerzahl und der geographischen Gegebenheiten nicht möglich: Zur Erreichung der Windkraftanlagen war vom Ausgangspunkt beim Alois-Günther-Haus eine Entfernung von mindestens 2.5 km zu überwinden, die Kontrollbedingungen waren hingegen maximal 300 Meter vom Ausgangspunkt entfernt. Daher war zwar z.B. die Abfolge Kontrolle – Windrad – Windrad – Kontrolle, nicht jedoch z.B. die Abfolge Windrad – Kontrolle – Kontrolle – Windrad möglich, da letzteres den Fußweg verdoppelt hätte. Um jedenfalls die Länge des Fußweges zu den Kontroll- bzw. Windkraftstationen halbwegs auszugleichen, wurden mehr Kontrollbedingungen an das Ende der Wanderung verschoben.

Daten- erfassung	Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 3		Gruppe 4	
	Station	Zeit	Station	Zeit	Station	Zeit	Station	Zeit
1	Kontrolle 1	09:37	Kontrolle 2	09:45	Windrad 1	10:30	Windrad 2	10:32
2	Windrad 1	11:06	Windrad 2	10:50	Windrad 2	11:15	Windrad 1	11:15
3	Windrad 2	11:50	Windrad 1	11:30	Kontrolle 1	13:04	Kontrolle 2	12:30
4	Kontrolle 2	13:00	Kontrolle 1	12:30	Kontrolle 2	13:24	Kontrolle 1	13:00

Tabelle 3: Gruppengröße und Reihenfolge der Stationen

c) Variablen

Das aktuelle Befinden wurde mit der sogenannten Eigenzustandsskala [9] erhoben, ein änderungssensitiver Fragebogen zur Erfassung unterschiedlicher Aspekte des Wohlbefindens bestehend aus drei Skalen. Die jeweiligen Skalen waren die Stimmungslage (6 Items: „gutgelaunt“, „heiter“, „sorgenfrei“, „zufrieden“, „fröhlich“, „vergnügt“), die Spannungslage (5 Items: „angespannt“, „nervös“, „unbefangen“, „gelassen“, „ruhig“) und das Erholungsgefühl (5 Items: „ausgeruht“, „erholungsbedürftig“, „abgehetzt“, „erholt“, „verausgabt“). Das Befinden wurde auf einer vollverbalisierten sechsteiligen Skala („kaum [1] – etwas [2] – einigermaßen [3] – ziemlich [4] – überwiegend [5] – völlig [6]“) eingestuft. Das Erleben der unmittelbaren Umgebung wurde mit fünf Einzelitems („schön“, „befremdlich“, „beeindruckend“, „beängstigend“ und „unangenehm“) mit der gleichen Antwortskala bewertet. Zur Abschätzung einer allfälligen Stressreaktion wurden der Blutdruck und die Pulsfrequenz mittels Boso Medistar Blutdruckgeräte am Handgelenk erfasst. Die Studienteilnehmenden wurden angewiesen, bei der Messung ihr Handgelenk in Herzhöhe zu halten. Die Messdaten wurden nach der Messung von jeder teilnehmenden Person in eine vorbereitete Fragebogenmappe eingetragen.

d) Statistische Auswertung

Von den insgesamt 1380 Itemwerten fehlten insgesamt 29 Werte (2.1%). Diese wurden mittels Imputationsverfahren (SPSS, Analyse fehlender Werte, EM-Schätzer) ergänzt. Anschließend wurden die Skalen berechnet.

In zwei Fällen fehlte die zweite Blutdruckmessung. Um einen vollständigen Datensatz zu erhalten, wurde diese daher mit den Werten der ersten Blutdruckmessung ergänzt. Um Blutdruck und Pulsfrequenz zwischen den Stationen zu vergleichen, wurde der Mittelwert der ersten und zweiten Blutdruckmessung bestimmt. Um den Unterschied zwischen den Stationen hinsichtlich der Veränderung des Blutdrucks festzustellen, wurde die Differenz der Blutdruck- bzw. Pulswerte (Messung 2 - Messung 1) berechnet.

Aufgrund der kleinen Stichprobengröße wurde der Unterschied zwischen den Stationen mittels Friedman-Test für verbundene Stichproben ausgewertet. Dazu wurden die Daten entsprechend umgruppiert. Zusätzlich wurde ebenfalls der Unterschied zwischen den vier Zeitpunkten der Datenerfassung mithilfe des Friedman-Tests ermittelt, wobei die Daten in zeitlicher Abfolge (Reihenfolge der Erhebung) gruppiert wurden. Als statistisch signifikante Ergebnisse wurden jene mit einer Signifikanz von $p < .05$ gewertet. Im Falle signifikanter Unterschiede zwischen den vier Stationen wurden zusätzlich paarweise Vergleiche zwischen den einzelnen Stationen mithilfe der

Durbin-Conover-Methode unter Verwendung der Software Jamovi 2.2.5 (Modul ANOVA) durchgeführt.

Korrelationen zwischen Personeneigenschaften und der Bewertung der Umgebung wurden nach Spearman berechnet.

4) Ergebnisse

a) Unterschiede zwischen den Stationen (Auswirkung der Windkraftanlagen)

Zur Prüfung, ob Windkraftanlagen eine Auswirkung auf die Erholung haben, wurde untersucht, ob sich das Wohlbefinden (Stimmungslage, Spannungslage, Erholungsgefühl) sowie Blutdruck und Pulsfrequenz der Studienteilnehmenden an den vier Stationen (Windkraft 1, Windkraft 2, Kontrolle 1, Kontrolle 2) unterscheidet und wie die jeweiligen Umgebungen wahrgenommen werden.

Die Ergebnisse der Messungen, die an den jeweiligen Stationen durchgeführt wurden, sind in den Tabellen 4-7 angeführt. Angegeben werden die Mediane (*M*) und Quartilabstände (*QA*) der einzelnen Variablen sowie die Ergebnisse des Friedman-Tests (χ^2 , *p*).

Die vier Stationen unterschieden sich nicht in Bezug auf Stimmungslage, Spannungslage oder Erholungsgefühl (Tabelle 4). Das bedeutet, dass die Studienteilnehmenden sich hinsichtlich dieser drei Aspekte des Befindens bei allen vier Stationen ähnlich fühlten. Das Wohlbefinden in der Nähe von Windkraftanlagen unterschied sich demnach nicht vom Wohlbefinden an den Kontrollstationen abseits der Windkraftanlagen.

	Kontrolle 1		Kontrolle 2		Windkraft1		Windkraft2		χ^2	<i>p</i>
	<i>M</i>	<i>QA</i>	<i>M</i>	<i>QA</i>	<i>M</i>	<i>QA</i>	<i>M</i>	<i>QA</i>		
Stimmungslage	26	16	26	8	27	10	27	7	0.957	0.812
Spannungslage	10	4	9	4	10	5	12	6	3.694	0.296
Erholungsgefühl	23	4	24	5	24	4	25	2	7.162	0.067

Tabelle 4: Wohlbefinden: Mediane und Quartilabstände, Ergebnisse des Friedman-Tests

Die vier Stationen unterschieden sich ebenso nicht in Bezug auf den mittleren Blutdruck (Tabelle 5). Allerdings war die Pulsfrequenz der Studienteilnehmenden an den beiden Stationen in der Nähe der Windkraftanlagen niedriger als an den Kontrollstationen (66.5 und 69.5 im Vergleich zu 74.5 und 76.5). Die Berechnung von paarweisen Vergleichen zeigt, dass sich die Pulsfrequenz an der Kontrollstation 2 sowohl von der Windkraftstation 1 ($p=.02$) als auch von der Windkraftstation 2 ($p=.01$) signifikant unterschied.

	Kontrolle 1		Kontrolle 2		Windkraft1		Windkraft2		χ^2	<i>p</i>
	<i>M</i>	<i>QA</i>	<i>M</i>	<i>QA</i>	<i>M</i>	<i>QA</i>	<i>M</i>	<i>QA</i>		
systolisch	141	24	142	27.5	145.5	37	141	23.5	1.953	0.582
diastolisch	87.5	20	88	20	94	10.5	91	17	5.653	0.13
Puls	74.5	23	76.5	21	66.5	14	69.5	16.5	8.12	0.044

Tabelle 5: Mittlerer Blutdruck und Pulsfrequenz: Mediane und Quartilabstände, Ergebnisse des Friedman-Tests

Keinen Unterschied zwischen den Stationen gab es hinsichtlich der Veränderung des Blutdrucks oder der Pulsfrequenz von Messung 1 zu Messung 2, also während des jeweiligen Aufenthalts an den vier Stationen (Tabelle 6).

	Kontrolle 1		Kontrolle 2		Windkraft1		Windkraft2		χ^2	p
	<i>M</i>	<i>QA</i>	<i>M</i>	<i>QA</i>	<i>M</i>	<i>QA</i>	<i>M</i>	<i>QA</i>		
Δ Systolisch	-2	12	3	31	-5	22	0	15	0.624	0.891
Δ Diastolisch	1	15	-3	18	-4	21	1	11	6.145	0.105
Δ Puls	0	8	-2	7	0	4	-4	6	3	0.392

Tabelle 6: Blutdruck- und Pulsänderung: Mediane und Quartilabstände, Ergebnisse des Friedman-Tests

Die Stationen unterschieden sich jedoch teilweise hinsichtlich der Umgebungsbewertung (Tabelle 7). Die Umgebung der Stationen in der Nähe von Windkraftanlagen wurde als befremdlicher und beängstigender eingestuft als die Umgebung der Kontrollstationen abseits der Windkraftanlagen. Die Berechnung von paarweisen Vergleichen zeigt in Bezug auf die Eigenschaft „befremdlich“, dass sich die Kontrollstation 2 sowohl von der Windkraftstation 1 ($p=.003$) als auch von der Windkraftstation 2 ($p=.005$) signifikant unterschied. Für die Eigenschaft „beängstigend“ unterschied sich die Kontrollstation 1 von der Windkraftstation 2 ($p=.02$) und die Kontrollstation 2 von den Windkraftstationen 1 ($p=.02$) und 2 ($p=.006$). Im Mittel war das Ausmaß der Beängstigung ($M = 1$) und des Befremdens ($M = 2$) in der Nähe von Windkraftanlagen jedoch sehr gering.

	Kontrolle 1		Kontrolle 2		Windkraft1		Windkraft2		χ^2	p
	<i>M</i>	<i>QA</i>	<i>M</i>	<i>QA</i>	<i>M</i>	<i>QA</i>	<i>M</i>	<i>QA</i>		
schön	4	2	5	2	3	2	4	2	3.136	0.371
befremdlich	1	1	1	0	2	1	2	1	11.065	0.011
beeindruckend	4	2	4	2	4	2	4	2	2.575	0.462
beängstigend	1	0	1	0	1	1	1	1	9.905	0.019
unangenehm	1	2	1	1	2	2	2	1	3.516	0.319

Tabelle 7: Umgebungsbewertung: Mediane und Quartilabstände, Ergebnisse des Friedman-Tests

b) Zeiteffekte (Kontrollauswertung)

Zur Feststellung allfälliger Zeiteffekte wurden Unterschiede zwischen den Zeitpunkten der Datenerfassung analysiert, unabhängig von der jeweiligen Station (siehe Tabelle 3). Zeiteffekte können zum Beispiel durch Ermüdung und/oder Aktivierung der Teilnehmenden oder durch Veränderungen der Witterungslage entstehen und sollten bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. Hinsichtlich der drei Aspekte des Wohlbefindens gab es keinen Unterschied im Zeitverlauf. Es bestand auch kein Unterschied im Blutdruck. Allerdings war die Pulsfrequenz bei den ersten beiden Zeitpunkten der Datenerfassung niedriger als bei den letzten beiden Zeitpunkten ($p<.001$). Der paarweise Vergleich ergibt, dass sich die Pulsfrequenz beim ersten Zeitpunkt der Datenerfassung von jenen des Zeitpunkts 3 ($p=.002$) und 4 ($p<.001$) unterschied und dass sich ebenso die Pulsfrequenz des Zeitpunkts 2 von jener des Zeitpunkts 3 ($p=.038$) und 4 ($p<.001$) unterschied. Es konnte kein Zeiteffekt für die Veränderung von Blutdruck oder Pulsfrequenz während des Aufenthalts an einer Station festgestellt werden. Im Gegensatz dazu zeigten sich zwei Zeiteffekte hinsichtlich der Umgebungsbewertung. Die Umgebung des letzten Zeitpunkts der Datenerfassung

wurde als weniger befremdlich eingeschätzt als alle anderen davor ($p=.019$). Vergleichbares gilt für das Attribut „unangenehm“, auch hier wurde die Umgebung beim letzten Zeitpunkt der Datenerfassung als weniger unangenehm eingestuft als bei den drei Zeitpunkten davor ($p=.039$).

c) Einfluss der persönlichen Einstellung zu Windkraft

Zur Prüfung, ob die eigene Einstellung zu Windkraft sowie andere Eigenschaften der Personen (Alter, Geschlecht, Anzahl der Besuche am Stuhleck in den letzten 10 Jahren) mit der Umgebungsbewertung der Windkraftanlagen (Stationen 3 und 4) in Zusammenhang stehen, wurden Korrelationen dieser Eigenschaften mit den fünf Aspekten der Umgebungsbewertung für die Windkraftstationen 3 und 4 gerechnet (Tabelle 8). Personen, die eine positivere Einstellung zu Windkraftanlagen hatten, empfanden die Umgebung in der Nähe der Windkraftanlagen als schöner und als weniger beängstigend. Personen, die öfter am Stuhleck wandern waren, empfanden die Umgebung der Windkraftanlagen als weniger beeindruckend. Alter oder Geschlecht standen in keinem Zusammenhang mit dem Erleben der Umgebung.

	schön	be-fremdlich	beein-druckend	be-ängstigend	un-angenehm
Alter	0.16	-0.09	-0.07	-0.14	0.25
Geschlecht (f<m)	0.05	-0.31	0.29	0.01	0.21
Anzahl Besuche Stuhleck	-0.20	0.08	-0.47*	0.08	0.01
Einstellung zu Windkraftanlagen	0.38*	-0.26	0.10	-0.42*	-0.20

Tabelle 8: Korrelationen zwischen Personeneigenschaften und Umgebungsbewertung, Datenbasis Windkraftstationen ($n=30$), *signifikante Korrelationen ($p<.05$)

5) Diskussion

Die vorliegende Studie hatte das Ziel, allfällige Auswirkungen von Windkraftanlagen auf die Erholung von Wanderern zu untersuchen. Dies wurde bei Personen, die mit Wanderungen im alpinen Bereich vertraut sind (Mitglieder des Österreichischen Alpenvereins, Sektion Wiener Neustadt), im Rahmen einer geführten Wanderung am Stuhleck in der nördlichen Steiermark untersucht. Bei dieser Wanderung wurden in vier getrennten Gruppen Messungen in unterschiedlicher Reihenfolge an vier vordefinierten Punkten (Stationen) durchgeführt. Zwei dieser Stationen lagen abseits von Windkraftanlagen, ohne Sichtkontakt zu diesen und dienten als Kontrollstationen. Zwei weitere Stationen lagen in unmittelbarer Nähe zu Windrädern.

Die Studienteilnehmenden bewerteten die Umgebung der beiden Stationen nahe der Windkraftanlagen als geringfügig befremdlicher und beängstigender als die Umgebung der Stationen abseits der Windräder. Das Ausmaß des Befremdens oder der Angst war jedoch gering. Dieses Ergebnis deckt sich teilweise mit dem einer Studie, in der die Auswirkung von Windkraftanlagen mittels virtueller Realität untersucht wurde und Windräder als die Landschaft beeinträchtigend erlebt wurden [8]. Die vorliegende Studie geht jedoch darüber hinaus, indem Umgebungen mit Windkraftanlagen überdies als beängstigend gewertet wurden, wenngleich in geringem Umfang. Dass Windkraftanlagen subjektiv in geringem Umfang Angst auslösen, ist ein Aspekt, der bislang in der Literatur wenig Beachtung gefunden hat. Überraschend ist, dass die Umgebungen mit

Windkraftanlagen nicht als weniger schön gewertet wurden als jene ohne Windkraftanlagen, da dies im Widerspruch zu bisherigen Studien steht [1, 10]. Ein Grund für letzteres Ergebnis mag an der unterschiedlichen Perspektive zwischen Labor- und Feldstudien liegen. Während in Laborstudien Fotos der gleichen Landschaft mit und ohne Windkraftanlagen vorgegeben werden und die Windräder typischerweise im Zentrum der Bilder aufscheinen und damit nicht zu übersehen sind (siehe etwa [10]), hatten die Teilnehmenden unserer Feldstudie ein 360° Blickfeld und damit die Möglichkeit, auch Ausschnitte der Landschaft ohne Windrad zu betrachten. Aus diesem Grund ist es denkbar, dass in Feldstudien die Beeinträchtigung der landschaftlichen Schönheit geringer ausfällt. Alternativ mag auch das Wetter am Messtag eine Rolle gespielt haben. Die Kontrollstationen waren höher gelegen und daher in stärkerem Ausmaß von Nebel und Wind beeinträchtigt als die Windkraftstationen. Keine Unterschiede zwischen den Stationen gab es ebenso hinsichtlich dessen, wie beeindruckend oder unangenehm sie erlebt wurden.

Die persönliche Einstellung der Studienteilnehmenden zu Windkraft war neutral bis positiv. Personen mit einer weniger positiven Einstellung erlebten die Umgebung der Windkraftanlagen als beängstigender und weniger schön. Dass die persönliche Einstellung auch Auswirkungen auf Angst haben kann, wurde unseres Wissens nach in dieser Form noch nicht untersucht. In Bezug auf Schönheit steht der vorliegende Befund im Einklang mit früheren Studien, die ebenso eine positive Korrelation zwischen Einstellung und Bewertung der Schönheit einer Landschaft mit Windkraftwerken feststellten [10, 11].

Das Wohlbefinden in der Nähe von Windkraftanlagen unterschied sich nicht vom Wohlbefinden abseits der Windkraftanlagen. Dieses Fehlen einer größeren Beeinträchtigung des Wohlbefindens durch Windkraftanlagen deckt sich mit zwei anderen Studien, die ebenso keine Beeinträchtigung des Wohlbefindens durch Windkraftanlagen [8] oder sonstige Bauten, z.B. Schilifte [7] feststellen konnten. Trotz der etwas größeren Angst, die in der Umgebung der Windkraftanlagen erlebt wurde, war die empfundene Beeinträchtigung offensichtlich nicht so groß, dass diese sich in einem verminderten Wohlbefinden niedergeschlagen hätte. Hierbei deckt sich unsere Studie mit einer Laborstudie [8], die trotz einer erlebten Beeinträchtigung der Landschaft keine Unterschiede in der Stimmung feststellen konnte.

Ebenso wenig unterschied sich der Blutdruck der teilnehmenden Personen in der Nähe der Windkraftanlagen vom Blutdruck an den Stationen abseits der Windräder. Dieses Ergebnis steht zum Teil im Widerspruch mit einer Laborstudie, in der Landschaftsbilder mit Windkraftanlagen mit einer größeren Stressreaktion einhergingen als Landschaftsbilder ohne diese [12]. Dies mag an der oben erwähnten unterschiedlichen Perspektive zwischen Labor- und Feldstudie liegen, jedoch auch an den unterschiedlichen verwendeten Stressmarkern beider Studien (Blutdruck und Pulsfrequenz vs. elektrodermale Aktivität). In der vorliegenden Studie war die Pulsfrequenz in der Umgebung der Windkraftanlagen sogar niedriger als abseits der Windkraftanlagen. Die geringere Pulsfrequenz in der Nähe von Windkraftanlagen ist überraschend, mag jedoch mit der vermutlich ermüdungsbedingten Zunahme der Pulsfrequenz im Verlauf der Messungen im Zusammenhang stehen, welche sich aufgrund des Designs in einem etwas größeren Umfang auf die Kontrollbedingungen auswirkte.

Die Stärke der gegenwärtigen Studie liegt in der Durchführung von Messungen im Gelände unter realen Bedingungen. Zu den realen Bedingungen zählt die Durchführung einer echten

Bergwanderung in Kleingruppen. Allerdings unterliegt die gegenwärtige Studie auch einigen Einschränkungen. Dazu gehört die geringe Stichprobenanzahl, wodurch nur große Unterschiede zwischen den Bedingungen festgestellt werden konnten. Zur Feststellung kleinerer Unterschiede würde es einer größeren Stichprobe bedürfen. Eine zweite Einschränkung ist die unvollständige Ausbalancierung der Bedingungen, sodass der Einfluss von Zeit-, Witterungs- und Ermüdungseffekten auf die Ergebnisse nicht ganz ausgeschlossen werden kann. Dies ist größtenteils auf die geografischen Gegebenheiten zurückzuführen, da für die Erreichung der Windkraftanlagen immer ein einstündiger Fußmarsch erforderlich war, während sich die Kontrollstationen in unmittelbarer Nähe des Ausgangspunktes befanden. Auch waren die Kontrollstationen etwas höher gelegen und unter den am Studientag gegebenen Wetterbedingungen etwas windiger, nebeliger und kälter als die Stationen in der Nähe der Windkraftanlagen. Weitere mögliche Einschränkungen sind das fortgeschrittene Alter und die überwiegend positive Einstellung der Studienteilnehmenden zu Windkraft. Diese überwiegend positive Einstellung mag es erschwert haben, einen Einfluss von Windkraftanlagen auf Erholung zu beobachten, da Personen mit einer negativen Einstellung in einem größeren Ausmaß von Windkraftanlagen irritiert werden [10, 13]. Allerdings würden solche Personen in der Praxis vermutlich von Wanderungen in Gegenden mit Windkraftanlagen Abstand nehmen. Bezüglich des Alters ist unklar, inwieweit dieses das Erleben von Windkraftanlagen beeinflusst [1, 14]. Zur Klärung der angeführten Einschränkungen sollte die Studie mit einer größeren und heterogeneren Stichprobe an geografisch unterschiedlichen Orten wiederholt werden.

6) Schlussfolgerung

Zusammenfassend kann die vorliegende Studie keinen Einfluss von Windkraftanlagen auf das Wohlbefinden oder auf Stressindikatoren (Blutdruck, Pulsfrequenz) bei Wanderern feststellen. Der Einfluss von Windkraftanlagen auf die Erholung von Wanderern in einer Berglandschaft kann daher als vernachlässigbar eingeschätzt werden.

7) Danksagungen

Wir bedanken uns für die maßgebliche und engagierte Mitwirkung bei dem Wanderführer Hubert Guthan, ohne den das Projekt so nicht zustande gekommen wäre, sowie bei den Wanderführern Wolfgang Hofmann und Fritz Perthen für die Betreuung der Kleingruppen.

Weiters bedanken wir uns bei Reinhard Kernegger, der als Leiter der Sektion Wiener Neustadt des Österreichischen Alpenvereins (ÖAV) die Suche nach interessierten Wanderführern in die Wege geleitet hat und damit ebenso an der Realisierung der Studie beteiligt war.

Nicht zuletzt bedanken wir uns bei MMag. Ute Pöllinger von der Steirischen Umwelthanwaltschaft für die finanzielle Unterstützung der Studie aus den Mitteln der Steirischen Umwelthanwaltschaft.

Literatur

1. de Vries S, de Groot M, Boers J. Eyesores in sight: Quantifying the impact of man-made elements on the scenic beauty of Dutch landscapes. *Landscape and Urban Planning*. 2012;105(1):118-27. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.12.005>.
2. Meidenbauer KL, Stenfors CUD, Bratman GN, Gross JJ, Schertz KE, Choe KW, et al. The affective benefits of nature exposure: What's nature got to do with it? *J Environ Psychol*. 2020;72. doi: 10.1016/j.jenvp.2020.101498.
3. Pedersen E, Wayne KP. Perception and annoyance due to wind turbine noise--a dose-response relationship. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2004;116(6):3460-70.
4. Joye Y, Dewitte S. Up speeds you down. Awe-evoking monumental buildings trigger behavioral and perceived freezing. *J Environ Psychol*. 2016;47:112-25. doi: 10.1016/j.jenvp.2016.05.001.
5. Brosnan MJ. The impact of psychological gender, gender-related perceptions, significant others, and the introducer of technology upon computer anxiety in students. *Journal of Educational Computing Research*. 1998;18(1):63-78. doi: 10.2190/lvhh-epgb-ae7j-wev8.
6. Deignan B, Harvey E, Hoffman-Goetz L. Fright factors about wind turbines and health in Ontario newspapers before and after the Green Energy Act. *Health, Risk & Society*. 2013;15(3):234-50. doi: 10.1080/13698575.2013.776015.
7. Niedermeier M, Grafetstätter C, Kopp M, Huber D, Mayr M, Pichler C, 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):290. PubMed PMID: doi:10.3390/ijerph16020290.
8. Yu T, Behm H, Bill R, Kang J. Audio-visual perception of new wind parks. *Landscape and Urban Planning*. 2017;165:1-10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.04.012>.
9. Nitsch J. Personal state scale - A hierarchical-multidimensional procedure to assess well-being. In: Nitsch JR, Udriș I, editors. *Beanspruchung im Sport*. Bad Homburg v.d.Höhe: Limpert; 1976. p. 81-102.
10. Kirchhoff T, Ramisch K, Feucht T, Reif C, Suda M. Visual evaluations of wind turbines: Judgments of scenic beauty or of moral desirability? *Landscape and Urban Planning*. 2022;226. doi: 10.1016/j.landurbplan.2022.104509.
11. Molnarova K, Sklenicka P, Stiborek J, Svobodova K, Salek M, Brabec E. Visual preferences for wind turbines: Location, numbers and respondent characteristics. *Applied Energy*. 2012;92:269-78. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.11.001>.
12. Spielhofer R, Thrash T, Hayek UW, Grêt-Regamey A, Salak B, Grübel J, et al. Physiological and behavioral reactions to renewable energy systems in various landscape types. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021;135. doi: 10.1016/j.rser.2020.110410.
13. McCunney RJ, Mundt KA, Colby WD, Dobie R, Kaliski K, Blais M. Wind turbines and health A Critical Review of the Scientific Literature. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2014;56(11):e108-e30. doi: 10.1097/jom.0000000000000313.
14. Frantál B, Dan V, Kunc J, Janurova M. 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;15:139-47.