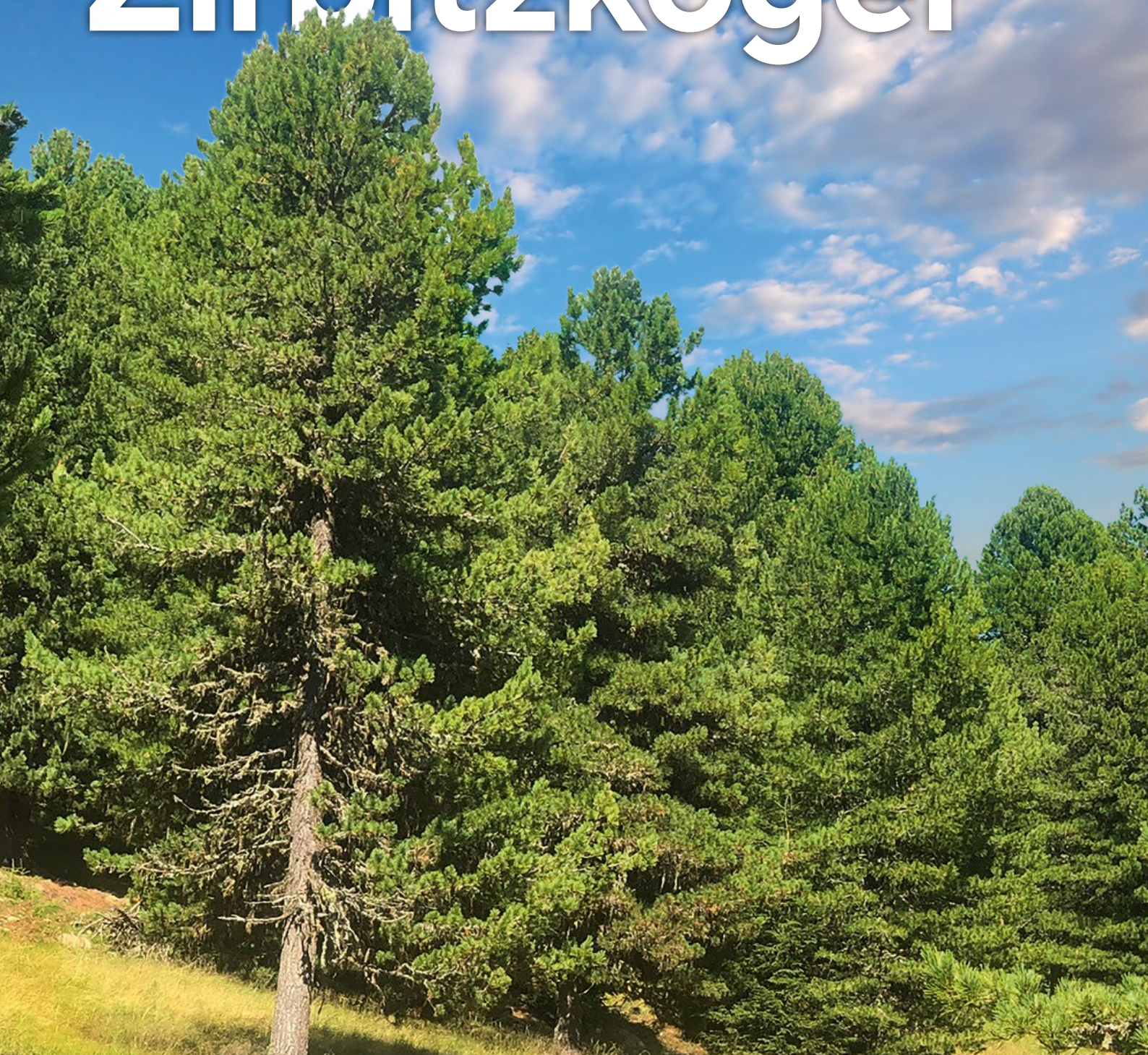


Waldmedizin Zirbitzkogel



Mit Unterstützung von Bund, Land und Europäischer Union

 Bundesministerium
Land- und Forstwirtschaft,
Regionen und Wasserwirtschaft


Entwicklung für den ländlichen Raum

Europäischer
Landwirtschaftsfonds für
die Entwicklung des
ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in
die ländlichen Gebiete.



 Das Land
Steiermark
→ Regionen

 **mura**
HOLZWELT





Auf dem Foto sind der Initiator der Studie Clemens Arvay und Teilnehmer:innen der Studie im Naturpark Zirbitzkogel-Grebenzen zu sehen.

Waldmedizin Zirbitzkogel

**Statistische Auswertung der Daten aus dem Leader-Projekt:
GZ ABT17-62551/2021 „Waldmedizin“**

Auftraggeber:
Verein Naturpark Zirbitzkogel-Grebenzen
30.9.2024

Inhalt

1. Vorbemerkungen	5
1.1 Auftrag	5
2. Einleitung	5
3. Darstellung der Datenlage, der Stichprobe und des Studiendesigns	6
3.1 Datenlage & Stichprobe	6
3.2 Statistische Auswertung	8
3.3 Methodische Einschränkungen	8
4. Ergebnisse	9
4.1 Vorher-Nachher-Vergleiche der Immunparameter	9
4.1.1 Zirbitzkogel	9
4.1.2 Donauinsel	9
4.2 Vorher-Nachher-Vergleiche der Hormonparameter	9
4.2.1 Zirbitzkogel	9
4.2.2 Donauinsel	9
4.3 Vergleich der Effekte des Aufenthalts am Zirbitzkogel mit jenem auf der Donauinsel	10
4.3.1 Auswertung der Gruppe Frauen mit Brustkrebs	16
5. Diskussion	17
5.1 Immunparameter	17
5.2 Hormonparameter	17
5.3 Stichprobe der Frauen mit Brustkrebs	19
6. Zusammenfassung & Schlussfolgerungen	19
7. Literatur	20

Abkürzungsverzeichnis

DHEAS	Dehydroepiandrosteronsulfat
M	Mittelwert
NK-Zellen	Natürliche-Killer-Zellen
TN	Teilnehmer:innen
SD	Standardabweichung

Impressum

Für den Inhalt verantwortlich:

Verein Naturpark Zirbitzkogel-Grebenzen

Naturparkbüro Neumarkt: Hauptplatz 1, 8820 Neumarkt (Elisabeth Kogler)

www.natura.at

Forschungsdesign

erstellt durch Clemens Arvay, fertiggestellt durch Markus Schwab im Auftrag vom Verein Naturpark Zirbitzkogel-Grebenzen

Produktion:

Bundesforschungszentrum für Wald (BFW), Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien

www.bfw.gv.at

Fotos:

Verein Naturpark Zirbitzkogel-Grebenzen (Titelbild/bearbeitet),

Verein Naturpark Zirbitzkogel-Grebenzen (S.2), Tom Lamm/bearbeitet (S.24)

Bezugsquelle:

Verein Naturpark Zirbitzkogel-Grebenzen

office@natura.at

Erscheinungsort und -jahr:

Wien, November 2024

1. Vorbemerkungen

In diesem Bericht werden die im Rahmen des oben genannten Leader-Projekts erhobenen Daten ausgewertet.

Die Studie wurde ursprünglich als Teil des Dissertationsvorhabens von Clemens Arvay konzipiert. Der Arbeitstitel lautet: Der salutogenetische Einfluss des Aufenthalts in Gehölzbeständen mit *Pinus cembra* anhand ausgewählter immunologischer und endokrinologischer Parameter. Die Arbeit wurde von Univ.-Prof. Dr.phil. Maria Müller und Univ.-Prof. Dr.med. Dr.phil. Johannes Huber betreut. Der Doktorand Clemens Arvay verstarb, bevor er die Daten der von ihm geplanten und umgesetzten Studie auswerten konnte. Die vorhandenen Daten wurden im Auftrag des Vereins Naturpark Zirbitzkogel-Grebenzen ausgewertet und durch das Bundesforschungszentrum für Wald publiziert.

Aufgrund der beschriebenen Umstände kann der Verein Naturpark Zirbitzkogel-Grebenzen lediglich die Auswertung der Daten verantworten, da es in die Planung der Studie sowie die Erhebung der Daten etc. nicht involviert war. Die Zuordnung der Datensätze zu verschiedenen Gruppen und Bedingungen geschah ausschließlich auf der vorhandenen Dokumentation, die nicht vom Verein Naturpark Zirbitzkogel-Grebenzen gepflegt wurde.

Aufgrund der genannten Limitationen sind alle Ergebnisse nur eingeschränkt als Belege zu werten – eine Validierung der Ergebnisse durch eine unabhängige Studie wird empfohlen.

1.1 Auftrag

Die aus dem Projekt verfügbaren Daten sollen im Sinne der Beantwortung der vorgesehenen Fragestellungen ausgewertet werden. Gemäß dem Exposé lautet die zu prüfende Hypothese: Der Aufenthalt in Gehölzbeständen mit *Pinus cembra* verursacht günstige, das heißt salutogenetische, Veränderungen immunbiologischer und endokrinologischer Parameter des menschlichen Organismus.

Aus der Dokumentation des Forschungsprojekts ergeben sich implizit zwei weitere mögliche Fragestellungen, die hätten beantwortet werden sollen: a) zeigen sich bei Brustkrebspatientinnen positive Effekte hinsichtlich ausgewählter Parameter und b) zeigt sich der Wald mit einem Bestand von *Pinus cembra* als überlegen gegenüber einem urbanen Grünraum mit Wasserelement [urban green/blue space (White et al., 2021)].

2. Einleitung

Die folgende Einleitung orientiert sich stark am Exposé der geplanten Dissertation (Arvay, n.d.).

Die gesundheitsförderliche Wirkung von Waldlandschaften ist wissenschaftlich belegt. Die vorliegende Studie fokussierte auf zwei dieser Pfade nämlich die positive Wirkung auf das Immunsystem sowie die stressreduzierende Wirkung. In einer frühen Feldstudie zeigten Li et al. (2008), dass nach Waldaufenthalten im Gegensatz zu Stadtaufenthalten die Zahl und Aktivität der natürlichen Killerzellen (NK-Zellen) im Blut steigt. Weiters zeigte sich eine Anreicherung der Immunproteine Perforin, Granulysin und der Granzyme im Blut. Als mögliche Ursache für den Anstieg schlugen Li et al (2008) (Li, Morimoto, Kobayashi, Inagaki, Katsumata, Hirata, Hirata, Shimizu, et al., 2008; Li, Morimoto, Kobayashi, Inagaki, Katsumata, Hirata, Hirata, Suzuki, et al., 2008) die Wirkung von Terpenen vor, da diese in der städtischen Bedingung weitestgehend abwesend waren, während die Luft im Wald damit angereichert war. Bei Terpenen handelt es sich um eine große Gruppe bioaktiver

Sekundärpflanzenstoffe. Sie dienen Pflanzen u.a. zur Abwehr gegen Schädlinge und Krankheiten eingesetzt (Gershenzon & Dudareva, 2007). Einiger dieser in der Waldluft vorhandenen Stoffe haben positive Wirkung auf die menschliche Gesundheit (Cho et al., 2017). In Zellkultur ließ sich die Aktivierung und Reproduktionsrate der NK-Zellen durch Zugabe unterschiedlicher Substanzen aus der Gruppe der Terpene, insbesondere α - und β -Pinen, beobachten (Li et al., 2006). Im Exposé wird auf weitere Studien verwiesen, welche uns nicht verfügbar waren.

Die stressreduzierende Wirkung von Waldaufenthalten ist ebenfalls belegt. Studien zeigen, dass sich Waldaufenthalte auf verschiedene sogenannte Stresshormone auswirken (Antonelli et al., 2019; Park et al., 2010).

Naturkontakt „wirkt sich also sowohl auf immunbiologische als auch auf endokrinologische Parameter quantifizierbar günstig aus“ (Arvay, n.d., S. 3). Gemäß dem Exposé der Doktorarbeit von Clemens Arvay ist „[es] von wissenschaftlicher Dringlichkeit, die immunbiologische Wirkung des Aufenthalts in Gehölzbeständen näher zu untersuchen, in denen hohe Konzentrationen an volatilen Pinen zu erwarten sind.“ Die Region Zirbitzkogel eignet sich zur Durchführung der Studie, da dort die Zirbe (auch Arve, Zirbelkiefer genannt) *Pinus cembra* auftritt (siehe Wuchsgebiet Östliche Zwi-schenalpen – Südtail, <https://www.bfw.gv.at/die-forstlichen-wuchsgebiete-oesterreichs>). Diese sei in Mitteleuropa das am meisten α - und β -pinenhaltige Gehölz.

Die zu überprüfende Hypothese lautet: „Der Aufenthalt in Gehölzbeständen mit *Pinus cembra* verursacht günstige, das heißt salutogenetische, Veränderungen immunbiologischer und endokrinologischer Parameter des menschlichen Organismus.“ (Arvay, n.d., S. 4)

3. Darstellung der Datenlage, der Stichprobe und des Studiendesigns

3.1 Datenlage & Stichprobe

TN wurden u.a. via Social Media Kanäle (z.B. YouTube) des Doktoranden rekrutiert und anhand bestimmter Eingeschlafen (Alter, Geschlecht, Vorbedingungen) Versuchsdurchgängen bzw. Vorausbedingungen zugewiesen (Arvay, 2022a). In jeder Bedingung durchliefen die TN eine standardisierte Abfolge von Spaziergang, Ruhephase und Zuhören bei einem Vortrag oder einer Lesung im Freien (siehe auch Anhang A). TN mussten in der Lage sein, selbstständig zu den jeweiligen Orten, an denen die Feldstudien durchgeführt wurden, anzureisen sowie sich dort selbstständig zu bewegen. Nur Personen, welche eine schriftliche Einverständniserklärung unterzeichneten, konnten an der Studie teilnehmen. Kosten für Verpflegung und Unterkunft wurden übernommen. Die Kosten für An- und Abreise zu den Feldstudien am Zirbitzkogel wurde von den TN selbst getragen. Darüber hinaus wurde keine Kompensation versprochen.

Die Blutabnahmen fanden zu zwei Zeitpunkten statt: ein bis zwei Tage vor Beginn des Aufenthalts in einem Labor in Wien sowie nach dem Aufenthalt im Naturraum vor Ort in der Unterkunft, jeweils vormittags.

Laut Studienprotokoll war die Teilnahme von 75 Personen geplant. Eine Person hat die Teilnahme vor Beginn der Feldstudie abgesagt. Bei 3 TN waren nur zum Vorher-Zeitpunkt Blutbefunde auffindbar. Davon betroffen war eine weibliche TN beim Feldexperiment auf der Donauinsel (Termin August 2022) und zwei männliche TN (Donauinsel Juni 2022 und Zirbitzkogel Juli 2022). Diese wurden aus der Studie ausgeschlossen. Daraus resultiert eine Gesamtstichprobe von $n = 71$ Datensätzen. Das

Durchschnittsalter der Teilnehmenden Männer lag bei $M = 41,18$ ($SD = 11,32$), jenes der Frauen bei $M = 45,93$ ($SD = 9,30$).

Bei 18 der vorhandenen Datensätze sind die Ergebnisse der Laboranalysen laut Befund mit Vorbehalt zu behandeln. Die Messwerte von 16 TN sind zu einem oder beiden Messzeitpunkten mit Vorbehalt zu interpretieren. Am häufigsten (12) wurde Dihydrokaffeensäure indiziert, 3-mal überlagerte sich der Analyse-Peak, je zwei Mal wurde eine NTK-Zellenvermehrung beschrieben sowie eine Inverse CD8/CD4-Ratio und einmal war die Gültigkeit der Messung aus präanalytischen Gründen fraglich.

TABELLE 1: Darstellung der Stichprobe, Anzahl der TN je Feldversuch

		Geschlecht		Gesamt
		Männlich	Weiblich	
Donauinsel	Juni 2022	10	6b	16
	August 2022	0	11	11
Zirbitzkogel	August 2021	0	26a	26
	Juli 2022	18	0	18
Gesamt		28	43	71

Notiz: a davon 6 Personen mit Brustkrebs; b aufgrund der Dokumentation ist es wahrscheinlich, dass diese Personen ebenfalls der Gruppe mit Brustkrebs angehören.

Als Datengrundlage dienen Befunde des Labors „Ihr Labor – Ordinationsgemeinschaft für Labor-diagnostik und Mikrobiologie GesBR“. Angegeben waren Blutbild, Hormone und Lymphozytentypisierung. Die für diesen Bericht verwendeten Parameter sind in Tabelle 2 zu finden.

TABELLE 2: Parameter der Studie und

	Outcome	Einheit
Hormonparameter	DHEAS	µg/dl
	Cortisol	µg/dl
	Adrenalin	ng/l
	Noradrenalin	ng/l
	Adiponectin	µg/ml
Immunparameter	NK-Zellen (CD56/13+CD3-)	Anzahl/ pro µl
	T-Zellen (CD3+)	Anzahl/ pro µl
	T-Helferzellen (CD4+)	Anzahl/ pro µl
	B-Zellen (CD19+)	Anzahl/ pro µl
	NKT-Zellen (CD56/16+CD3+)	Anzahl/ pro µl
	Zytotox-T-Zellen/Suppressor (CD8+)	Anzahl/ pro µl

3.2 Statistische Auswertung

Zur Aufbereitung und Auswertung der Daten wurde SPSS (Version 24 IBM Inc.) und das Statistikprogramm R (Version 4.4.1, R Core Team, 2024) verwendet. Für Vorher-Nachher-Vergleiche wurden *t*-Tests für abhängige Stichproben verwendet. Sofern die Voraussetzungen dafür verletzt, wurde der Wilcoxon-Test durchgeführt. Für die Kontrollgruppenvergleiche wurden Mixed-ANOVAs mit dem Messzeitpunkt als Innersubjektfaktor und der Versuchsbedingung als Zwischensubjektfaktor durchgeführt. Bei Verletzung der Voraussetzung wurde eine robuste Mixed-ANOVA mit dem package WRS2 (Mair & Wilcox, 2020) durchgeführt.

Univariate Normalverteilungen wurden grafisch und mittels Shapiro-Wilk-Test untersucht. Univariate Ausreißer wurden grafisch mittels Box-Plot sowie statistisch definiert. Die Identifikation von Ausreißern basiert immer auf der Betrachtung von nichttransformierten Daten.

Die Analysen wurden immer mit der Gesamtzahl an verfügbaren TN durchgeführt und dann unter Ausschluss von a) Ausreißern, b) und jenen Messungen mit Vorbehalt Daten wiederholt. Sofern nicht anders vermerkt, entsprechen die angegebenen statistischen Kennwerte jenen der Gesamtgruppe.

Dem üblichen Vorgehen folgend werden, aus methodischen Gründen, die Daten von Männern und Frauen separat ausgewertet [siehe dazu auch: (Li, 2022)]. Aufgrund der oben erwähnten Zuweisung zu bestimmten Terminen wird davon ausgegangen, dass dies so intendiert war. Innerhalb der Gruppe der Frauen wurden die Daten von sechs Brustkrebspatientinnen separat ausgewertet. Diese konnten für die Feldstudie 6. bis 8. August 2021 (Zirbitzkogel) aus der Dokumentation ermittelt werden. Aufgrund der Dokumentation liegt nahe, dass die Teilnehmerinnen am Feldversuch vom 17. bis 19. Juni 2022 (Donauinsel) ebenfalls dieser Gruppe zuzuordnen sind (Arvay, 2022b). Uns liegen zum Zeitpunkt der Berichtverfassung keine schriftlichen Belege zu den Diagnosen und der Schwere der Erkrankung vor.

3.3 Methodische Einschränkungen

Im Rahmen einer begleitenden Fragebogenerhebung wurden relevante Störvariablen erhoben. Diese Daten waren jedoch unauffindbar und konnten nicht einbezogen werden. Weiters stellt die Interpretation der Ergebnisse primär auf die Vorher-Nachher-Vergleiche des Waldaufenthaltes ab. Daher sind kausale Schlüsse im Sinne der Hypothese kaum möglich. Dies wird weiter dadurch erschwert, weil die tatsächliche Exposition zu und Aufnahme von Terpenen nicht gemessen wurde. Die untersuchten Outcome-Parameter werden von mehreren Prozessen beeinflusst, die nicht im Zusammenhang mit Terpenen stehen. Die Ergebnisse des Vergleiches des Effektes der Waldaufenthaltes mit dem des urbanen Grünraumes werden zwar ebenfalls berichtet, sollten jedoch im Allgemeinen durch weitere Studien überprüft werden, da die Testmacht in den meisten Fällen zu gering ist, um Unterschiede mittlerer Größe zu erfassen, oder weil statistische Voraussetzungen nicht gegeben waren. Da, wie bereits beschrieben, keine Belege für die Erkrankung der Gruppe der Brustkrebspatientinnen gefunden werden konnten, können die Ergebnisse nicht als Beleg der Wirksamkeit von naturgestützten Interventionen für diese Gruppe gewertet werden. Die Ergebnisse werden inkludiert, um mögliche zukünftige Studien zu informieren.

4. Ergebnisse

4.1 Vorher-Nachher-Vergleiche der Immunparameter

4.1.1 Zirbitzkogel

Bei der Stichprobe der Frauen wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede in den Immunparametern gefunden. Bei Ausschluss von zwei Ausreißern (extrem hohe Werte zum vor-Zeitpunkt) zeigte sich ein signifikanter Anstieg der zytotoxischen T-Zellen (M-vor = 400,83, SD-vor = 78,64, M-nach = 445,00, SD-nach = 101,41, $t(17) = -2,837$, $p = ,011$) weiters der B-Zellen durch Entfernung eines Ausreißers (M-vor = 158,42, SD-vor = 50,72, M-nach = 174,95, SD-nach = 54,75, $t(18) = -2,766$, $p = ,013$). Da keine Informationen über eine vorangehende Erkrankung o.Ä. vorliegen, und die Ausreißer nicht klar gedeutet werden können, wurden die Ergebnisse als uneindeutig betrachtet.

In der Stichprobe der Männer zeigte sich ein signifikanter Anstieg der NK-Zellen. Da die Erfüllung der statistischen Voraussetzungen des t -Tests für den Vergleich von NK-Zellen fraglich waren, wurde der Wilcoxon-Test durchgeführt, welcher ebenfalls signifikant war ($z = 2,619$, $p = ,009$). Auch bei Ausschluss von drei Fällen mit besonders hohen Vorher-Nachher-Differenzen in der erwarteten Richtung blieb der Unterschied signifikant (NK-Zellen) (M-vor = 285,93, SD-vor = 136,83, M-nach = 342,00, SD-nach = 121,81, $t(14) = -3,194$, $p = ,006$). Bemerkenswert ist, dass diese drei der TN deutlich stärker als der Rest profitieren. Ihnen gemeinsam ist ein erhöhter Ausgangswert (innerhalb des Referenzbereiches), wobei nicht alle TN mit überdurchschnittlichen Ausgangswerten auch eine überdurchschnittliche Veränderung aufweisen.

4.1.2 Donauinsel

Bei der Stichprobe der Frauen zeigte sich eine signifikante Steigerung der NK-Zellen und B-Zellen nach dem Aufenthalt auf der Donauinsel.

Bei der Stichprobe der Männer zeigten sich keine signifikanten Unterschiede vor und nach dem Aufenthalt hinsichtlich der Immunparameter. Da die Differenzen nicht normalverteilt waren, wurde für NK-Zellen ($z = -0,764$, $p = ,445$), T-zellen ($z = -0,051$, $p = ,959$) und NKT-Zellen ($z = -0,119$, $p = ,906$) ein Wilcoxon-Test durchgeführt.

4.2 Vorher-Nachher-Vergleiche der Hormonparameter

4.2.1 Zirbitzkogel

Bei der Gruppe der Frauen zeigte sich ein signifikanter Anstieg des DHEAS. Dieser war auch bei Ausschluss von Messwerten mit Vorgebhalt signifikant, auch die Effektgröße änderte sich vernachlässigbar. Aufgrund fraglicher Voraussetzungen für den t -Test wurde ein Wilcoxon-Test durchgeführt, der ebenfalls einen signifikanten Unterschied fand ($z = -2,67$, $p < ,05$).

Bei der Stichprobe der Männer zeigten sich nach dem Aufenthalt am Zirbitzkogel signifikante Verringerungen bei allen Hormonparametern. Die Entfernung von zwei Ausreißern hatte keinen Einfluss auf die Signifikanz. Der Ausschluss von zwei Fällen mit Vorbehalt bezüglich der Validität der Messung ebenfalls nicht.

4.2.2 Donauinsel

Bei Frauen zeigte sich eine signifikante Reduktion von Cortisol, DHEAS und Adiponectin. Der Ausschluss von vier TN mit Werten mit Vorbehalt änderte das Ergebnis nicht. Da die Erfüllung der Vor-

aussetzungen für den t -Test fraglich war und die geringe Stichproben Größe einen weiteren Ausschluss von Ausreißern nicht zuließ wurde der Wilcoxon-Test durchgeführt, welcher die signifikanten Unterschiede hinsichtlich des Cortisols ($z = -2,845, p < 0,01$), DHEAS ($z = -2,756, p < ,01$) und Adiponectin ($z = -2,312, p < ,05$) bestätigte.

Bei der Stichprobe der Männer zeigten sich keine signifikanten Unterschiede der Hormonparameter vor und nach dem Aufenthalt auf der Donauinsel.

4.3 Vergleich der Effekte des Aufenthalts am Zirbitzkogel mit jenem auf der Donauinsel

Bei Frauen zeigte sich ein signifikanter Unterschied in der Wirkung hinsichtlich der Steigerung von DHEAS. Die Validität des Ergebnisses ist aufgrund der Verletzung von statistischen Voraussetzungen jedoch fraglich. Eine log-Transformation stellte die nötigen Voraussetzungen her, wobei ebenso wie bei den nichttransformierten Daten ein signifikant Interaktionseffekt gefunden wurde. Diese Effekte blieben Signifikant auch, wenn Daten mit Vorbehalt und Ausreißer ausgeschlossen wurden. Bezüglich des Cortisols zeigte sich eine signifikante Verringerung auf der Donauinsel nicht jedoch im Wald mit einem signifikanten Interaktionseffekt. Auch bei Adiponectin zeigte sich ein signifikanter Interaktionseffekt, jedoch nur, wenn Fälle mit Vorbehalt ausgeschlossen wurden. Während die Werte bei der Gruppe mit Aufenthalt am Zirbitzkogel stabil blieben, steigerten sie sich beim Aufenthalt auf der Donauinsel. Bemerkenswert ist, dass sich die Ausgangswerte zwischen den Bedingungen unterscheiden. Hinsichtlich der anderen Hormon- und Immunparameter zeigten sich keine signifikanten Unterschiede bei Frauen. Aufgrund von Ausreißern wurde für zytotoxische T-Zellen eine robuste ANOVA berechnet, die das Ergebnis jedoch stützte (alle Faktoren $p > .10$).

Bei der Gruppe der Männer zeigte sich, dass der Aufenthalt am Zirbitzkogel hinsichtlich der Verringerung des Cortisolspiegels signifikant überlegen war. Dies trifft auf DHEA zu. Aufgrund von verletzten Voraussetzungen können die Ergebnisse bezüglich Adrenalin und Noradrenalin nicht gedeutet werden. Die robuste ANOVA fand jedoch in beide Fällen signifikante Interaktionen ($p < .05$). Eine signifikante Interaktion bei Adiponectin zeigt gegenläufige Trends, während in der Waldbedingung Adiponectin abfällt, bleibt es im urbanen Grünraum stabil.

Hinsichtlich einer Änderung der NK-Zellen und der übrigen Immunparameter zeigte sich kein nachweisbarer Unterschied in der Wirkung.

TABELLE 3: Vorher-Nachher-Vergleich der Hormonparameter bei Männern und Frauen ohne Ausschluss von Ausreißern (Zirbitzkogel)

Frauen									
Vorher			Nachher						
	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	Differenz	t-Wert	df	p	Änderung in %
NK-Zellen (CD56/13+CD3-)	321,65	109,88	358,20	138,80	-36,55	-1,076	19	0,295	-11,36
T-Zellen (CD3+)	1409,15	372,97	1426,60	271,79	-17,45	-0,219	19	0,829	-1,24
T-Helferzellen (CD4+)	887,80	292,91	893,85	245,22	-6,05	-0,123	19	0,903	-0,68
B-Zellen (CD19+)	172,95	81,60	179,60	57,21	-6,65	-0,584	19	0,566	-3,85
NKT-Zellen (CD56/16+CD3+)	112,45	71,27	123,65	75,22	-11,20	-1,432	19	0,168	-9,96
Zytotox-T-Zellen/Supressor (CD8+)	447,20	161,28	459,75	120,13	-12,55	-0,420	19	0,679	-2,81

Männer									
Vorher			Nachher						
	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	Differenz	t-Wert	df	p	Änderung in %
NK-Zellen (CD56/13+CD3-)	293,50	185,12	486,50	436,85	-193,00	-2,374	17	0,030	-65,76
T-Zellen (CD3+)	1514,89	501,67	1574,44	555,15	-59,56	-0,800	17	0,435	-3,93
T-Helferzellen (CD4+)	934,56	340,82	914,33	301,09	20,22	0,415	17	0,684	2,16
B-Zellen (CD19+)	215,44	80,67	198,39	70,31	17,06	1,174	17	0,257	7,92
NKT-Zellen (CD56/16+CD3+)	110,00	73,19	122,39	82,50	-12,39	-2,232	17	0,039	-11,26
Zytotox-T-Zellen/Supressor (CD8+)	465,72	207,49	523,72	261,75	-58,00	-2,041	17	0,057	-12,45

TABELLE 4: Vorher-Nachher-Vergleich der Hormonparameter bei Männern und Frauen unter Ausschluss von Messwerten mit Vorbehalt und Ausreißern

Frauen									
Vorher			Nachher						
Mittelwert		SD	Mittelwert		SD	Differenz	t-Wert	df	p
Cortisol		13,57	4,69		13,70	5,24	-0,13	17	0,883
DHEAS		165,82	100,95		182,65	99,64	-16,82	16	0,020
Adrenalin		47,33	32,32		51,07	23,43	-3,74	17	0,547
Noradrenalin		323,34	113,37		292,60	143,50	30,74	17	0,451
Adipotectin		12,84	3,66		12,88	2,89	-0,04	16	0,904
Änderung in %									
Cortisol									-0,94
DHEAS									-10,15
Adrenalin									-7,91
Noradrenalin									9,51
Adipotectin									-0,32

Männer									
Vorher			Nachher						
Mittelwert		SD	Mittelwert		SD	Differenz	t-Wert	df	p
Cortisol		15,48	4,68		8,84	3,32	6,63	15	<0,001
DHEAS		259,20	126,13		104,75	104,75	62,67	14	<0,001
Adrenalin		49,34	27,42		23,30	10,69	26,04	15	0,005
Noradrenalin		321,08	103,11		132,33	74,22	188,76	15	<0,001
Adipotectin		8,63	2,77		6,33	2,60	2,31	14	<0,001
Änderung in %									
Cortisol									42,85
DHEAS									24,18
Adrenalin									52,78
Noradrenalin									58,79
Adipotectin									26,72

Anmerkung: p = zweiseitiges Signifikanzniveau, SD = Standardabweichung, df = Freiheitsgrade

TABELLE 5A: Vorher-Nachher-Vergleich der Hormonparameter bei Männern und Frauen ohne Ausschluss von Ausreißern (Donauinsel)

Frauen									
Vorher		Nachher							
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	Differenz	t-Wert	df	p
									Änderung in %
NK-Zellen (CD56/13+CD3-) Anzahl		282,36	121,45	407,91	158,49	-125,55	-4,288	10	0,002
T-Zellen (CD3+) Anzahl		1325,09	435,11	1537,27	479,15	-212,18	-1,797	10	0,103
T-Helferzellen (CD4+)		847,00	276,64	974,09	305,91	-127,09	-1,676	10	0,125
B-Zellen (CD19+)		164,36	123,43	215,00	187,94	-50,64	-2,328	10	0,042
NKT-Zellen (CD56/16+CD3+)		91,00	54,33	112,00	85,31	-21,00	-1,464	10	0,174
Zytotox-T-Zellen/Suppressor (CD8+)		418,15	189,68	400,64	156,72	-0,46	-0,006	10	0,996
									-44,46
									-16,01
									-15,00
									-30,81
									-23,08
									-0,11
Männer									
Vorher		Nachher							
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	Differenz	t-Wert	df	p
									Änderung in %
NK-Zellen (CD56/13+CD3-) Anzahl		381,20	182,46	419,80	230,28	-38,60	-0,734	9	0,482
T-Zellen (CD3+) Anzahl		1438,40	385,58	1452,70	411,86	-14,30	-0,147	9	0,886
T-Helferzellen (CD4+)		823,90	317,47	716,60	385,15	107,30	1,082	9	0,307
B-Zellen (CD19+)		184,70	62,94	183,30	62,34	1,40	0,105	9	0,919
NKT-Zellen (CD56/16+CD3+)		99,90	52,82	93,60	38,64	6,30	0,469	9	0,650
Zytotox-T-Zellen/Suppressor (CD8+)		508,20	243,56	529,90	288,80	-21,70	-0,565	9	0,586
									-10,13
									-0,99
									13,02
									0,76
									6,31
									-4,27

TABELLE 5B: Vorher-Nachher-Vergleich der Hormonparameter bei Männern und Frauen mit Ausschluss von Ausreißern (Donauinsel)

Frauen									
	Vorher		Nachher		Differenz	t-Wert	df	p	Änderung in %
	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD					
NK-Zellen (CD56/13+CD3-) Anzahl	282,36	121,45	407,91	158,49	-125,55	-4,288	10	0,002	-44,46
T-Zellen (CD3+) Anzahl	1325,09	435,11	1537,27	479,15	-212,18	-1,797	10	0,103	-16,01
T-Helferzellen (CD4+)	847,00	276,64	974,09	305,91	-127,09	-1,676	10	0,125	-15,00
B-Zellen (CD19+)	132,20	65,45	163,20	80,31	-31,00	-2,996	9	0,015	-23,45
NK1-T-Zellen (CD56/16+CD3+)	76,40	25,96	90,00	46,59	-13,60	-1,001	9	0,343	-17,80
Zytotox-T-Zellen/Suppressor (CD8+)	373,56	100,30	409,00	106,60	-35,44	-2,498	8	0,037	-9,49

TABELLE 6: Vorher-Nachher-Vergleich der Hormonparameter bei Männern und Frauen unter Ausschluss von Messwerten mit Vorbehalt und Ausreißern (Donauinsel)

Frauen									
Vorher			Nachher						
	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	Differenz	t-Wert	df	p	Änderung in %
Cortisol	15,85	4,87	11,44	3,99	4,41	3,973	10	0,014	27,83
DHEAS	175,36	107,23	127,91	70,32	47,46	2,971	10	0,003	27,06
Adrenalin	48,86	21,27	46,49	28,17	2,38	0,253	10	0,805	4,86
Noradrenalin	432,42	166,20	345,68	130,28	86,74	1,683	10	0,123	20,06
Adipotectin	10,21	5,45	11,15	5,32	-0,94	-2,742	10	0,021	-9,17

Männer									
Vorher			Nachher						
	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	Differenz	t-Wert	df	p	Änderung in %
Cortisol	16,62	4,49	17,67	4,71	-1,05	-0,717	9	<.001	-6,32
DHEAS	291,90	138,02	286,30	131,03	5,60	0,510	9	<.001	1,92
Adrenalin	46,74	52,77	52,69	25,97	-5,96	-0,369	9	0,005	-12,74
Noradrenalin	590,16	149,95	555,03	41,85	35,13	0,772	9	<.001	5,95
Adipotectin	7,73	1,80	8,02	2,35	-0,29	-0,798	9	<.001	-3,75

Anmerkung: p = zweiseitiges Signifikanzniveau, SD = Standardabweichung, df = Freiheitsgrade

4.3.1 Auswertung der Gruppe Frauen mit Brustkrebs

Von den sechs TN mit Brustkrebs, welche an der Feldstudie am Zirbitzkogel teilnahmen, gab es bei drei TN Vorbehalte bezüglich der Validität von Messungen. Aufgrund der kleinen Stichprobe wurden diese Werte bzw. TN in den Analysen beibehalten.

Es konnten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Immunparameter nachgewiesen werden. Es zeigte sich eine signifikante Verringerung der Cortisolspiegels um etwa 16 % (M-vor = 13,72, SD-vor = 2,73, M-nach = 11,75, SD-nach = 2,56, $t(5) = 7,641$, $p < .001$).

In der Auswertung für die Teilnehmerinnen der Feldstudie im Grünraum Donauinsel sind die Ergebnisse unklar. Aufgrund der kleinen Stichprobe sind die Ergebnisse hier grafisch für alle TN in den jeweiligen Bedingungen dargestellt.

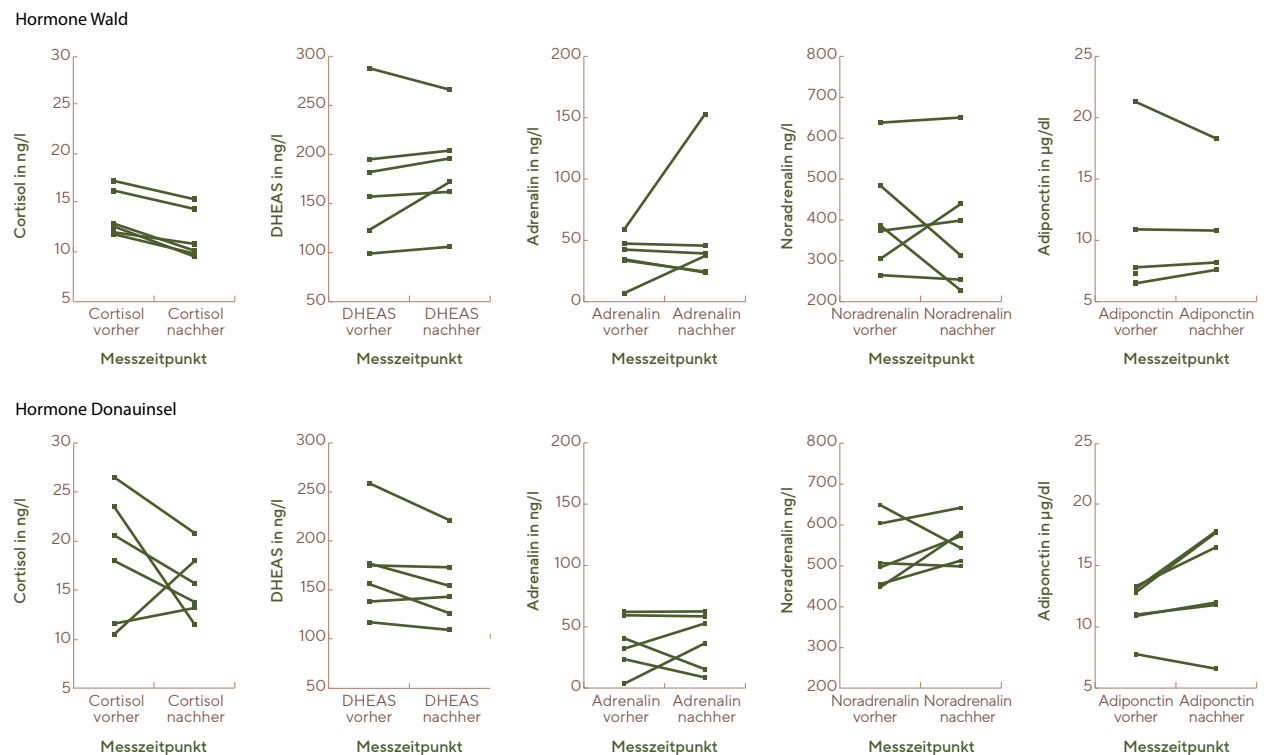


ABBILDUNG 1: Darstellung der Hormonparameter vor und nach dem Aufenthalt im Freiraum. Jede Linie entspricht einer Person.

5. Diskussion

Insgesamt sprechen die Ergebnisse für positive Veränderungen nach dem Naturaufenthalt am Wochenende. Diese sind jedoch bei Männern und Frauen unterschiedlich. Weitere Studien mit rigorosem Design sind nötig, um die Ergebnisse dieser Studie zu untermauern. Orientierung bei der Planung sollte bei Fachliteratur etwa zu Cortisolmessung [etwa: (Nicolson, 2008)] oder einschlägige Publikationen im Bereich der Forschung zur salutogenetischen Wirkung von Waldlandschaften (Li, Morimoto, Kobayashi, Inagaki, Katsumata, Hirata, Hirata, Shimizu, et al., 2008) bieten. Ferner wird empfohlen, dass dabei die Nachhaltigkeit der Effekte untersucht wird.

5.1 Immunparameter

Studien zu Waldaufenthalten sprechen dafür, dass Waldaufenthalte die Anzahl und Aktivität von NK-Zellen steigern können (Chae et al., 2021). Bei der männlichen Stichprobe zeigte sich ein signifikanter Anstieg der NK-Zellen um 20 % nach dem Waldbesuch. Die Ergebnisse folgen dem in früheren Studien gefundenen Ergebnissen insofern, als dass die gleichen Trends zu beobachten sind, nämlich dass ein Aufenthalt im urbanen Grünraum bei Männern nicht zu einer Veränderung der Anzahl der NK-Zellen führt und ein Aufenthalt im Wald schon. Jedoch konnte in der vorliegenden Studie eine Überlegenheit des Waldes nicht statistisch nachgewiesen werden. Dies mag auf eine unzureichende Testmacht zurückzuführen sein. Daher sind weitere Studien diesbezüglich notwendig. Bemerkenswert ist, dass die Größe der Vorher-Nachher-Differenzen heterogen war, was auch schon in früheren Studien bemerkt wurde (Li, Morimoto, Kobayashi, Inagaki, Katsumata, Hirata, Hirata, Suzuki, et al., 2008). Dies könnte auf das Vorhandensein von Gruppen hindeuten, die besonders profitieren.

Bei Frauen konnten keine Unterschiede vor und nach dem Waldbesuch festgestellt werden. Eine Studie aus Japan fand, dass ein Waldaufenthalt zu einer Erhöhung der NK-Zellen führte (Li, Morimoto, Kobayashi, Inagaki, Katsumata, Hirata, Hirata, Shimizu, et al., 2008). Die Interpretation der Ergebnisse ist in zweierlei Hinsicht schwierig. Ersten aufgrund der bereits erwähnten methodischen Einschränkungen der Studie und zweitens aufgrund der Tatsache, dass weibliche Stichproben in der einschlägigen Forschung unterrepräsentiert zu sein scheinen.

Bezüglich weiterer Immunparameter ist die Literatur spärlich und Vergleiche daher schwer, jedoch entspricht das Ergebnis, dass keine signifikanten Unterschiede gefunden wurden, der Literatur (Chae et al., 2021). Bezüglich der Steigerung der NKT-Zellen bei Männern sowie anderer Ergebnisse sind weitere Studien nötig.

5.2 Hormonparameter

Cortisol

Die entspannende und stressreduzierende Wirkung gehört zu den am häufigsten untersuchten positiven Eigenschaften von Waldaufenthalten (Grilli & Sacchelli, 2020; Rajoo et al., 2020). Zahlreiche Studien belegen dies durch Befragungen und psycho-physiologische Messungen. Insbesondere für den Stress-Marker Cortisol zeigen sich dabei fast durchgehend Befunde, die eine stressreduzierende Wirkung von Waldaufenthalten (oder anderen Expositionen zu Wald) belegen (Antonelli et al., 2019). In der vorliegenden Studie wurde bei gesunden Frauen keine Senkung des Cortisolspiegels nach dem Aufenthalt am Zirbitzkogel festgestellt. Bei Männern zeigte sich die aus der Literatur erwartete Verringerung des Stresshormons nach dem Waldaufenthalt, darüber hinaus eine Überlegenheit des Aufenthaltes am Zirbitzkogel verglichen mit jenem auf der Donauinsel.

Dehydroepiandrosteron (DHEA) (oder seine sulfatierte Form DHEAS) ist ein Steroidhormon. Es ist an zahlreichen physiologischen Prozessen beteiligt und wird u.a. als Biomarker bei Studien zu akutem und chronischem Stress und Alterung verwendet (Piazza et al., 2010; Seeman et al., 1997; Theorell et al., 2021; Thomas et al., 1994). Ebenso wie Cortisol wird es im Rahmen einer Stressreaktion ausgeschüttet, wobei Befunde darauf hindeuten, dass es eine schützende Wirkung hat und negative Auswirkungen von chronischem Stress zu verringern vermag (Morgan III et al., 2004). Eine schützende Wirkung hinsichtlich Diabetes, Übergewicht und Herz-Kreislauf-erkrankungen wird ebenfalls vermutet (Bjørnerem et al., 2004). Aufgrund seiner schützenden Eigenschaften wird es gelegentlich als „Anti-Aging-Hormon“ bezeichnet.

DHEAS als Outcome-Parameter in der Forschung zu Waldbaden ist ein wenig untersuchter Parameter (Cvikl et al., 2022; Shin et al., 2024). Die Interpretation hinsichtlich einer gesundheitsförderlichen Wirkung ist dementsprechend noch schwach empirisch untermauert, uneindeutig, eine klare Darstellung der zugrundeliegenden Mechanismen ist noch ausständig. Diesem Vorbehalten Rechnung tragend schließen wir uns in der Interpretation der Ergebnisse an, weisen jedoch darauf hin, dass die Ergebnisse für sich gesehen nicht als Beleg für die in der Literatur vermutete positive Wirkung gelten können. Eine Studie in Japan untersuchte die Auswirkungen eines Waldspazierganges auf physiologische Parameter (Li et al., 2011). Dafür wurden sechzehn Männer zuerst in eine urbane Umgebung in Tokio und eine Woche darauf in einen Wald in der Nähe der Stadt gebracht. An beiden Orten gingen sie je zwei Stunden vormittags und nachmittags eine genau gleichlange Strecke. Neben anderen Parametern wurde auch das DHEAS im Serum gemessen. Es zeigt sich, dass es bei den Männern durch den Waldspaziergang zu einem Anstieg des DHEAS kam, welcher statistisch signifikant größer war als in der Stadt. In die gleiche Richtung deuten auch die Ergebnisse einer Studie in dem der Effekt eines zehnwöchigen Bewegungsprogrammes im Wald für ältere Personen untersucht wurde (Shin et al., 2024).

In der vorliegenden Studie zeigte sich eine signifikante Verringerung des DHEAS-Levels bei Männern und ein signifikanter Anstieg in der Gruppe der Frauen nach dem Waldbesuch. Ferner deuten die Ergebnisse in der Gruppe der Frauen darauf hin, dass der Wald hinsichtlich der Steigerung von DHEAS der Kontrollbedingungen überlegen war. Somit folgten die Ergebnisse der Frauen jenen Studien in Asien (Li et al., 2011; Shin et al., 2024). Eine Studie in Slowenien hingegen fand eine signifikante Reduktion von DHEAS bei Frauen und einen nichtsignifikanten Trend in die gleiche Richtung bei Männern (Cvikl et al., 2022).

Aufgrund der heterogenen Studienlage ist eine Einordnung der Ergebnisse schwierig. Studien zeigen, dass es zahlreiche teils geschlechtsabhängig Einflussfaktoren auf das DHEA-Level gibt. Da relevante Größen wie der allgemeine Gesundheitszustand, chronischer Stress, das Vorliegen einer Schwangerschaft, etc. nicht in die Analyse einbezogen werden konnten, wäre es auch möglich, dass Verzerrungen einen Einfluss auf die Ergebnisse hatten. Li und Kolleg:innen (2011) erwähnen auch, dass unterschiedliche Aspekte des Waldspazierganges sich auf die DHEAS-Level auswirken können. So könnten Frauen in der Stichprobe etwa von dem gleichen Ausmaß an körperlicher Aktivität mehr gefordert gewesen sein als die Männer, was einen Anstieg des DHEAS erklären könnte. Das wäre z.B. denkbar, wenn der Fitnesslevel zwischen beiden Gruppen sich systematisch unterscheidet [vergleiche dazu (Tremblay et al., 2004)]. Der Umstand, dass bei Männern alle Stressparameter nach dem Waldaufenthalt niedriger waren, deutet auf eine Verringerung von Stress bzw. auf Entspannung hin.

Adiponectin

Adiponectin ist ein Peptidhormon, dass in den Fettzellen gebildet wird. Studien legen nahe, dass ein niedriger Adiponectin-Spiegel mit Stoffwechselerkrankungen in Verbindung stehen (Simpson & Singh, 2008). Bis dato gibt es kaum Belege zum Einfluss von Waldaufenthalten auf Adiponectin. Weiters muss noch geklärt werden, wie ein Waldaufenthalt den Adiponectin-Spiegel beeinflussen kann (Li et al., 2011). In der vorliegenden Studie zeigte sich bei Männern ein signifikanter Anstieg des Adiponectins nach dem Waldaufenthalt, jedoch nicht im Park. Damit sind die Ergebnisse im Einklang mit einer Studie aus Japan, die ebenfalls einen Anstieg des Adiponectin bei gesunden Männern fand (Li et al., 2011). Bei Frauen sind die Ergebnisse nicht klar interpretierbar, jedoch zeigen sich keine Steigerungen des Adiponectin-Levels nach dem Waldaufenthalt.

Die Hormonparameter **Adrenalin** und **Noradrenalin** werden in der einschlägigen Literatur vergleichsweise wenig betrachtet, daher wurde auf eine Einordnung verzichtet.

5.3 Stichprobe der Frauen mit Brustkrebs

Für die Stichprobe der Frauen mit Brustkrebs können aufgrund der kleinen Stichprobe und aufgrund möglicher Beeinträchtigungen der Validität der Messwerte keine gesicherten Aussagen getroffen werden. Die Darstellung der Ergebnisse verfolgt das Ziel, zukünftige Studien hinsichtlich Effektgrößen etc. zu informieren. In der Gruppe zeigte sich eine statistisch signifikante Abnahme des Cortisolspiegels. Statistisch nicht signifikant war der Anstieg des DHEAS, jedoch folgte er dem in der Gruppe der gesunden Frauen gefundenen Muster. Bei den Immunparametern wurden keine signifikanten Änderungen festgestellt. Aufgrund der deutlich zu geringen Testmacht wurde zudem auf einen Vergleich der Effekte des Aufenthaltes am Zirbitzkogel und auf der Donauinsel verzichtet.

6. Zusammenfassung & Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse sprechen für eine salutogenetische Wirkung des Waldbesuches am Zirbitzkogel. Die Effekte sind für Männer und Frauen unterschiedlich. Bei gesunden Frauen zeigt sich eine Steigerung des Hormons DHEAS nach dem Waldbesuch. Befunde deuten darauf hin, dass dieses Hormon eine schützende Wirkung hinsichtlich Diabetes, Übergewicht und Herz-Kreislauf-Erkrankungen haben könnte. Negative Auswirkungen von chronischem Stress vermag es zu verringern. Entgegen den Erwartungen konnte keine Reduktion des Stresshormons Cortisol und anderer Parameter festgestellt werden. Es ist denkbar, dass dies auf nicht kontrollierte Einflussparameter zurückzuführen ist.

Bei der Stichprobe der Männer zeigen sich signifikante Verringerungen der Stresshormone, insbesondere von Cortisol. Weiters eine Steigerung der Anzahl an NK-Zellen nach dem zweitägigen Waldbesuch. Hinsichtlich der Senkung des Cortisolspiegels erwies sich der Aufenthalt am Zirbitzkogel gegenüber dem Aufenthalt in städtischen Grünanlagen als überlegen.

Weitere Studien mit rigorosem Design und ausreichend großen Stichproben sind notwendig, um die vielversprechenden Ergebnisse dieser Studie zu untermauern. Insbesondere um valide Aussagen über die Wirkung bei Frauen machen zu können, wird ein speziell auf diese Gruppe zugeschnittener Versuchsplan empfohlen.

7. Literatur

- Antonelli, M., Barbieri, G., & Donelli, D. (2019). Effects of forest bathing (shinrin-yoku) on levels of cortisol as a stress biomarker: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Biometeorology*, 63(8), 1117–1134. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01717-x>
- Arvay, C. (n.d.). Der salutogenetische Einfluss des Aufenthalts in Gehölzbeständen mit *Pinus cembra* anhand ausgewählter immunologischer und endokrinologischer Parameter [Exposé].
- Arvay, C. (2022a, May 25). Clemens Arvay | Probanden für Feldstudie gesucht. <https://www.youtube.com/watch?v=Qa-g1aBa1GyA>
- Arvay, C. (2022b, June 9). Feldstudie: Besondere Probandinnen mit Brustkrebsdiagnose werden eingeladen (Clemens Arvay). <https://www.youtube.com/watch?v=4qJTxRUdxY>
- Bjørnerem, A., Straume, B., Midtby, M., Fønnebø, V., Sundsfjord, J., Svartberg, J., Acharya, G., Oian, P., & Berntsen, G. K. R. (2004). Endogenous sex hormones in relation to age, sex, lifestyle factors, and chronic diseases in a general population: the Tromsø Study. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 89(12), 6039–6047. <https://doi.org/10.1210/jc.2004-0735>
- Chae, Y., Lee, S., Jo, Y., Kang, S., Park, S., & Kang, H. (2021). The effects of forest therapy on immune function. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(16). <https://doi.org/10.3390/ijerph18168440>
- Cho, K. S., Lim, Y. R., Lee, K., Lee, J., Lee, J. H., & Lee, I. S. (2017). Terpenes from forests and human health. *Toxicological Research*, 33(2), 97–106. <https://doi.org/10.5487/TR.2017.33.2.097>
- Cvikl, D., Avguštin, C., & Kreft, S. (2022). The Physiological and Psychological Effects Benefits of Forest Therapy (FT) on Tourists in the Kranjska Gora Destination. *Forests*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/f13101670>
- Gershenzon, J., & Dudareva, N. (2007). The function of terpene natural products in the natural world. In *Nature Chemical Biology* (Vol. 3, Issue 7, pp. 408–414). Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1038/nchembio.2007.5>
- Grilli, G., & Sacchelli, S. (2020). Health benefits derived from forest: A review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 1–11. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176125>
- Li, Q. (2022). Effects of forest environment (Shinrin-yoku/Forest bathing) on health promotion and disease prevention –the Establishment of “Forest Medicine”–. In *Environmental Health and Preventive Medicine* (Vol. 27, p. 43). Komiyama Printing Co., Ltd. <https://doi.org/10.1265/ehpm.22-00160>
- Li, Q., Morimoto, K., Kobayashi, H., Inagaki, M., Katsumata, Y., Hirata, Y., Hirata, K., Shimizu, Y. J., Li, Y., Wakayama, T., Kawada, T., Ohira, T., Takayama, N., Kagawa, T., & Miyazaki, Y. (2008). A Forest Bathing Trip Increases Human Natural Killer Activity and Expression of Anti-Cancer Proteins in Female Subjects. *Journal of Biological Regulators & Homeostatic Agents*, 22(1), 45–55.
- Li, Q., Morimoto, K., Kobayashi, M., Inagaki, H., Katsumata, M., Hirata, Y., Hirata, K., Suzuki, H., Li, Y. L., Wakayama, Y., Kawada, T., Park, B. J., Ohira, T., Matsui, N., Kagawa, T., Miyazaki, Y., & Krensky, A. M. (2008). Visiting a Forest, But Not a City, Increases Human Natural Killer Activity and Expression of Anti-Cancer Proteins. *International Journal of Immunopathology and Pharmacology*, 21(1), 117–127.
- Li, Q., Nakadai, A., Matsushima, H., Miyazaki, Y., Krensky, A. M., Kawada, T., & Morimoto, K. (2006). Phytoncides (Wood Essential Oils) Induce Human Natural Killer Cell Activity. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*, 28(2), 319–333. <https://doi.org/10.1080/08923970600809439>
- Li, Q., Otsuka, T., Kobayashi, M., Wakayama, Y., Inagaki, H., Katsumata, M., Hirata, Y., Li, Y., Hirata, K., Shimizu, T., Suzuki, H., Kawada, T., & Kagawa, T. (2011). Acute effects of walking in forest environments on cardiovascular and metabolic parameters. *European Journal of Applied Physiology*, 111(11), 2845–2853. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1918-z>
- Mair, P., & Wilcox, R. (2020). Robust statistical methods in R using the WRS2 package. *Behavior Research Methods*, 52(2), 464–488. <https://doi.org/10.3758/s13428-019-01246-w>

Morgan III, C. A., Southwick, S., Hazlett, G., Rasmusson, A., Hoyt, G., Zimolo, Z., & Charney, D. (2004). Relationships Among Plasma Dehydroepiandrosterone Sulfate and Cortisol Levels, Symptoms of Dissociation, and Objective Performance in Humans Exposed to Acute Stress. In *Arch Gen Psychiatry* (Vol. 61).

Nicolson, N. A. (2008). Measurement of Cortisol. In L. J. Luecken & L. C. Gallo (Eds.), *Handbook of Physiological Research Methods in Health Psychology* (pp. 37–74). Sage.

Park, B.-J., Tsunetsugu, Y., Kasetani, T., Kagawa, T., & Miyazaki, Y. (2010). The physiological effects of Shinrin-yoku (taking in the forest atmosphere or forest bathing): Evidence from field experiments in 24 forests across Japan. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 15(1), 18–26. <https://doi.org/10.1007/s12199-009-0086-9>

Piazza, J. R., Almeida, D. M., Dmitrieva, N. O., & Klein, L. C. (2010). Frontiers in the use of biomarkers of health in research on stress and aging. *Journals of Gerontology - Series B Psychological Sciences and Social Sciences*, 65 B(5), 513–525. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbq049>

R Core Team. (2024). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>

Rajoo, K. S., Karam, D. S., & Abdullah, M. Z. (2020). The physiological and psychosocial effects of forest therapy: A systematic review. *Urban Forestry and Urban Greening*, 54(April), 126744. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126744>

Seeman, T. E., Singer, B. H., Rowe, J. W., Horwitz, R. I., & McEwen, B. S. (1997). Price of Adaptation—Allostatic Load and Its Health Consequences: MacArthur Studies of Successful Aging. *Archives of Internal Medicine*, 157(19), 2259–2268. <https://doi.org/10.1001/archinte.1997.00440400111013>

Shin, M.-J., Kim, J. U., You, J.-H., & Shin, W.-S. (2024). Effects of Exercise Intensity Differences in Forest Therapy Programs on Immunoglobulin A and Dehydroepiandrosterone Levels in Older Adults. *Forests*, 15(4), 577. <https://doi.org/10.3390/f15040577>

Simpson, K. A., & Singh, M. A. F. (2008). Effects of exercise on adiponectin: A systematic review. In *Obesity* (Vol. 16, Issue 2, pp. 241–256). <https://doi.org/10.1038/oby.2007.53>

Theorell, T., Engström, G., Hallinder, H., Lennartsson, A. K., Kowalski, J., & Emami, A. (2021). The use of saliva steroids (cortisol and DHEA-s) as biomarkers of changing stress levels in people with dementia and their caregivers: A pilot study. *Science Progress*, 104(2). <https://doi.org/10.1177/00368504211019856>

Thomas, G., Frenoy, N., Legrain, S., Sebag-Lanoe, R., Baulieu, E. E., & Debuire, B. (1994). Serum dehydroepiandrosterone sulfate levels as an individual marker. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 79(5), 1273–1276. <https://doi.org/10.1210/jcem.79.5.7962319>

Tremblay, M. S., Copeland, J. L., & Van Helder, W. (2004). Effect of training status and exercise mode on endogenous steroid hormones in men. *Journal of Applied Physiology*, 96(2), 531–539. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00656.2003>

White, M. P., Elliott, L. R., Grellier, J., Economou, T., Bell, S., Bratman, G. N., Cirach, M., Gascon, M., Lima, M. L., Löhmus, M., Nieuwenhuijsen, M., Ojala, A., Roiko, A., Schultz, P. W., van den Bosch, M., & Fleming, L. E. (2021). Associations between green/blue spaces and mental health across 18 countries. *Scientific Reports*, 11(1), 8903. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87675-0>

Online:

Bundesforschungszentrum für Wald: Wuchsgebiete in Österreich.

<https://www.bfw.gv.at/die-forstlichen-wuchsgebiete-oesterreichs>, abgerufen am 13.11.2024

Anhang A – Ablauf der Feldstudie

Zeitplanung Studie Waldmedizin 6. bis 8. August 2021

Freitag, 6. August:

11:30 Uhr: Treffpunkt BH Unzmarkt – gemeinsame Weiterfahrt (Bus-Shuttle und PKWs)
12:00 Uhr: Ankunft in St. Lambrecht – Auszeit-Gesundheitszentrum
13:00 Uhr: Mittagessen
14:30 Uhr: Abfahrt ins Studiengebiet – Oberberg
15:15 Uhr: Ankunft in Oberberg
15:30 Uhr: Beginn der Feldstudie
18:30 Uhr: Rückfahrt nach St. Lambrecht
20:00 Uhr: Abendessen

Samstag, 7. August:

ab 7.00 Uhr: Frühstück im Hotel
9:00 Uhr: Abfahrt nach Oberberg
10:00 Uhr: Beginn der Feldstudie
13:00 Uhr: Mittagessen auf der Alm
15:00 Uhr: Feldstudie
18:00 Uhr: Rückfahrt ins Studiengebiet
20:00 Uhr: Abendessen

Sonntag 8. August:

Blutabnahme
bis 10:00 Uhr: Frühstück im Hotel
12:00 Uhr: Abfahrt zum Bahnhof Unzmarkt per Shuttlebus
(Direktzug fährt um 12:47 Uhr – bitte Ticket selbst buchen)

