



Klimaschutzkonzept 2.0 für die Insel Sylt

24.02.2023

Auftraggeber:

Landschaftszweckverband Sylt
Hebbelweg 2
25980 Sylt

Auftragnehmer:

© B.A.U.M. Consult GmbH
Ludwig Karg
Gotzingerstr. 48-50
81371 München
Tel. 089/18935-0
l.karg@baumgroup.de
www.baumgroup.de

**Treurat und Partner
Unternehmensberatungsgesellschaft mbH**

Niemannsweg 109
24105 Kiel
www.treurat-partner.de

Green Adapt

Gesellschaft für Klimaanpassung mbH
Luisenstraße 53, 10117 Berlin
www.greenadapt.de

Impressum

Bearbeitung

B.A.U.M. Consult
Gotzinger Str. 48/50
81371 München
www.baumgroup.de



Treurat und Partner
Unternehmensbera-
tungsgesellschaft mbH
Niemansweg 109
24105 Kiel
www.treurat-partner.de



GreenAdapt
Gesellschaft für
Klimaanpassung mbH
Luisenstraße 53,
10117 Berlin
www.greenadapt.de



Auftraggeber

Landschaftszweckverband Sylt
Hebbelweg 2
25980 Sylt



Dank der Klimaschutzmanagerin

In die Erstellung des integrierten Klimaschutzkonzeptes der Insel Sylt haben sich viele Akteure eingebracht. Ein besonderer Dank gilt all denjenigen, die durch Handlungsvorschläge, Visionen und durch das Anstoßen konkreter Projekte in verschiedenen Beteiligungsformaten zum Konzept beigetragen haben. Besonders inspiriert haben die Vorreiter klimafreundlicher Betriebe, aber genauso auch diejenigen die konstruktiv kritisiert haben.

Zahlreiche Diskussionen mit Vertretern der Politik und der Verwaltung haben das Konzept geformt und verdienen vor allem in Richtung des Ehrenamtes einen großen Dank.

Da Klimaschutz eine Gemeinschaftsaufgabe ist, sei an dieser Stelle all denjenigen gedankt, die andere zum Klimaschutz inspirieren.

Besondere Unterstützung für die Veranstaltungen und die mediale Begleitung kam von der Sylt Marketing GmbH, dem Erlebniszentrum Naturgewalten, Sylt TV, Event Technik Sylt, Studio Sylt und die lokale Presse. Einen herzlichen Dank dafür.

Haftungsausschluss

Wir haben alle in dem hier vorliegenden Klimaschutzkonzept bereitgestellten Informationen nach bestem Wissen und Gewissen erarbeitet und geprüft. Es kann jedoch keine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der bereitgestellten Informationen übernommen werden.

Charakter des Konzeptes

Das vorliegende Klimaschutzkonzept hat einen dynamischen Charakter und soll kontinuierlich an die sich schnell ändernden technologischen, gesetzlichen, gesellschaftlichen und (förder-)politischen Rahmenbedingungen angepasst werden.

Arbeitsprozess

Der Schwerpunkt der inhaltlichen Bearbeitung des integrierten Klimaschutzkonzept 2.0 der Insel Sylt fand von Januar 2021 bis Januar 2022 statt. Anschließend folgte ein Abstimmungsprozess mit inhaltlicher Nachjustierung. Voraussichtlich wird das Konzept von Februar bis April 2023 in die Gemeindevertretungen der Sylter Gemeinden und den Landschaftszweckverband zur Beschlussfassung gehen.

Inhaltsverzeichnis

IMPRESSUM	2
INHALTSVERZEICHNIS	5
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	8
VORBERMERKUNG	9
ZUSAMMENFASSUNG	10
I: DIE KLIMASCHUTZSTRATEGIE DER INSEL SYLT	12
1 EINLEITUNG	12
1.1 Leseanleitung	12
1.2 Aufgabenstellung.....	12
1.3 Vorgehensweise	13
2 DIE GEMEINSAMEN UND GESAMTINSULAREN KLIMAZIELE	16
3 LEITPROJEKTE	19
3.1 Erläuterung und priorisierte Übersicht.....	20
3.2 Handlungsfeld Energieversorgung und Gebäude-Sektor	23
E 1: Nordfriesisches Qualifizierungs- und Aufbauprogramm für Akteure aus der Bau- und Sanierungsbranche.....	23
E 2: Beratungskaskade für Gebäudeeigentümer:innen	24
E 3: Grundsätze und Standards für Klimaschutz in der Bauleitplanung	26
E 4: Wärme- und Kälteplan	27
E 5: Quartierskonzepte und Aufbau eines Sanierungsmanagements.....	29
E 6: Klimaneutrale Verwaltungen und übrige öffentliche Liegenschaften.....	31
3.3 Handlungsfeld Wirtschaft	33
W 1: Klimaneutralitätsfahrpläne für Sylter Betriebe	33
W 2: Standards für nachhaltige Veranstaltungen auf Sylt	35
W 3: Dachmarke für nachhaltige Tourismusunternehmen auf Sylt.....	36
W 4: Schaffung lokaler Klimaprojekte.....	38
3.4 Handlungsfeld Mobilität	40

M 1: DiaMo-Sylt - Dialogprozess Mobilität Sylt	40
M 2: Standards für die Mobilitätsentwicklung	41
M 3: Betriebliches Mobilitätsmanagement im Konvoi	43
M 4: Aufbau eines insularen Mobilitätsmanagements	45
3.5 Handlungsfeld Übergeordnete Querschnittsaufgaben	47
Q 1: Gesamtinsulare Klimakoordination und Netzwerkmanagement	47
Q 2: LZV als Drehscheibe für neue Klimaschutzprojekte	48
Q 3: Strategie und Management zur Anpassung an den Klimawandel auf Sylt	50
Q 4: Fortschrittskontrolle und Monitoring (Daten)	52
Q 5: Klimarelevanz bei politischen Beschlüssen	53
Q 6: Standards für nachhaltige Beschaffung	55
4 UMSETZUNGS- UND VERSTETIGUNGSSTRATEGIE	58
4.1 Organisationsstrukturen und Rollenverständnis des Klimaschutzmanagements.....	58
4.2 Controlling-Empfehlungen	60
4.3 Kommunikationsstrategie	61
II: ANALYSEN ZUR AUSGANGSSITUATION AUF DER INSEL	62
5 ENERGIEVERBRAUCH UND THG-EMISSIONEN DER INSEL SYLT	62
5.1 Einordnung und Definition von Klimaneutralität	63
5.2 Entwicklungspfade der THG-Emissionen und Energieverbräuche	65
5.3 Fokus-Analysen ausgewählter Handlungsfelder	70
5.3.1 Fokus-Analyse Tourismus	70
5.3.2 Fokus-Analyse Gebäude-Sektor	75
5.3.3 Fokus-Analyse Erneuerbaren Energien	79
5.3.4 Fokus-Analyse Mobilität	82
6 KLIMAÄNDERUNGEN UND KLIMAFOLGEN AUF SYLT	88
6.1 Meeresspiegelanstieg und steigende Wassertemperatur	88
6.2 Klimawirkung Erosion	89
6.3 Steigende Mitteltemperaturen und Hitzeereignisse	89
6.4 Saisonales Temperaturmittel auf Sylt	91
6.5 Klimaanalogregion	95
6.6 Auswirkungen auf Flora und Fauna.....	95
6.7 Klimasignal Niederschläge und Starkregen.....	97

6.8	Klimarisiko extreme Winde, Stürme und Sturmfluten	99
7	VERZEICHNISSE	102
7.1	Tabellenverzeichnis.....	102
7.2	Abbildungsverzeichnis	103
7.3	Literaturverzeichnis	106

Abkürzungsverzeichnis

ALKIS-Daten	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
BDI	Bundesverband der deutschen Industrie
BISKO	Bilanzierungssystematik Kommunal
BMM	Betriebliches Mobilitätsmanagement
CO ₂	Kohlendioxid
CO ₂ -Äq.	CO ₂ -Äquivalente
DeHoGa	Deutscher Hotel- und Gaststättenverband
DSM	Demand Side Management
EE	Erneuerbare Energien
EVS	Energieversorgung Sylt
EW	Einwohner:innen
EWKG	Energiewende- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein
GDH	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GIS	Geoinformationssystem
KLM	Kommunales Liegenschaftsmanagement
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz
LOD2-Geodaten	Level of Detail 2
LTO-Zyklus	„Landing and Take Off“-Zyklus
Naturnaher Sektor	Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft
LZV	Landschaftszweckverband Sylt
MIV	Motorisierter Individualverkehr
PV	Photovoltaik
SMG	Sylt Marketing GmbH
SVG	Sylter Verkehrsgesellschaft
STORM	Smart Storage and Mobility
THG	Treibhausgas

Vorbemerkung

Mit dieser Vorbemerkung soll Antwort auf eine wichtige – wenn nicht sogar die wichtigste – Frage gegeben werden: warum Sylt?

Deutschland hat nur rund 2% Anteil am weltweiten CO₂-Ausstoß, Sylt mit seinen rund 18.000 Einwohnern hat einen Anteil von 0,03% am THG-Ausstoß Deutschlands. Warum ist es dann so wichtig, dass die Insel Sylt so viel Bemühungen in den Klimaschutz steckt?

Einzelzahlen pauschal klein zu rechnen und solitär zur Lagebeurteilung heranzuziehen greift zu kurz. Solche Zahlen müssen in den Kontext anderer Werte gestellt werden, dann wird schnell klar, dass Deutschland im globalen Vergleich und auch Sylt im deutschlandweiten Kommunalvergleich zu den TOP 10 der THG-Emittenten gehört:

- a. 197 Staaten haben sich völkerrechtlich dazu verpflichtet zu handeln; viele der 11.000 Kommunen Deutschlands haben sich dem durch eigene kommunale Klimaziele bis spätestens 2045 – viele davon wollen es schon bis 2030/35 schaffen – verpflichtet. Ebenso haben sich dem viele Unternehmen und Organisationen angeschlossen mit einer Selbstverpflichtung bis 20xx Klimaneutralität vorweisen zu können. Möchte die Insel Sylt dem hinterherhängen? Zumal mit Sylt eine Marke und somit auch ein Werteverprechen verbunden ist.
- b. Zieht man die pro-Kopf-Emissionen heran, ist Deutschland neben USA, China unter den TOP 10 der THG-Emittenten. Mit 9 t/EW liegen die Deutschen knapp über dem Doppelten des weltweiten Durchschnittswertes von 5 t/Kopf (*Anmerkung: hier nur Momentaufnahme 2021, unterschlagen wird hier die historische Verantwortung also die seit der Industrialisierung aufaddierten THG-Emissionen*). Sylt hingegen hat eine pro-Kopf-Emission von 12 t/EW. Wollen wir unsere eigenen, landes-/und bundesweiten Klimaziele einhalten, hat Sylt damit eine besondere Verantwortung, die Ursachen anzupacken.
- c. Ein Großteil – nämlich > 50% - der Emissionen pro Kopf entstehen durch den eigenen Konsum und Ernährung. Hier verlagern wir die Verantwortung auf andere Länder. Um der eigenen Verantwortung gerecht zu werden, berechnen daher immer mehr Unternehmen (Deutsche Bahn, Stadtwerke, Gastronomen) und Organisationen (öffentliche Verwaltungen / Ämter, Universitäten etc.) ihren eigenen CO₂-Fußabdruck (Scope 1 – Scope 3) und erstellen sich einen individuellen Fahrplan zur Klimaneutralität. Hier können Sylter Betriebe aufspringen. Durch die enormen Auswirkungen von Produktwahl in Lieferketten besteht gerade auf Sylt ein erhebliches Potential für Sylter Betriebe und letztlich auch für den Verbraucher, klimafreundlich und nachhaltig zu agieren.
- d. Politische / gesellschaftliche Verantwortung: Deutschland hat weltweit ein politisches Gewicht und kann beeinflussen. Sylt ist eine Marke. Eine Marke wird mit Werten besetzt. Bisher ist die Marke Sylt mit Urlaub und Luxus positiv besetzt. Damit Sylt weiterhin die Nummer 1 als Tourismusdestination gelten soll, gilt es dieser Marke einem positiven Werten versehen werden: Urlaub und Luxus – mit Verantwortung.

Zusammenfassung

Der Klimawandel und die Anpassung an seine Folgen sind eine zentrale Herausforderung der Gegenwart. Die Bundesregierung hat sich mit dem Bundes-Klimaschutzgesetz 2021 zum Ziel gesetzt bis 2030 die Treibhausgasemissionen um 65 % und bis 2040 um 88 % gegenüber 1990 zu reduzieren. Bis 2045 soll das langfristige Ziel der Netto-Treibhausgasneutralität in Deutschland erreicht werden. Das Land Schleswig-Holstein hat mit dem Energiewende- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein (EWKG, 2021) verankert, mindestens seinen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele des Bundes aufgeteilt nach den einzelnen Sektoren zu leisten¹. Auch die Insel Sylt hat die Verantwortung, zu den Bundesklimazielen Ihren Beitrag zu leisten.

Mit dem Klimaschutzkonzept 2.0 wurde eine Handlungs- und Entscheidungsgrundlage basierend auf einer möglichst aktuellen Datengrundlage geschaffen. Ein Maßnahmenkatalog wurde entwickelt, der auf die heutigen technologischen gesellschaftlichen, rechtlichen und (förder-)politischen Rahmenbedingungen abgestimmt ist. Beim Klimaschutzkonzept 2.0 handelt es sich um ein Dokument, welches sich einer regelmäßigen Revision unterziehen wird, um fortlaufend an sich ändernde Rahmenbedingungen angepasst zu werden.

Die gemeinsamen und gesamtinsularen Klimaziele, sowie die vereinbarten Zwischen- und Unterziele sind:

- 2035: Netto-Null der kommunalen Einrichtungen
- 2040: Netto-Null der gesamten Insel mit Verrechnungsoption innerhalb Deutschlands
- 2045: Netto-Null der gesamten Insel.

Zur Erreichung dieser Ziele wurden 20 Leitprojekte für die Jahre 2021-2030 abgestimmt. Diese Leitprojekte gliedern sich in 4 Handlungsbereiche und beinhalten in den meisten Fällen strategisch, koordinative Projekte. Die Leitprojekte dienen dazu, Strukturen aufzubauen die Dritte zur Umsetzung von eigenen Klimaschutzprojekten in relevanter Größenordnung motivieren und ermächtigen. Der direkte Einflussbereich des Landschaftszweckverband Sylt bzw. der Kommunen liegt – ähnlich dem anderer Kommunen in Deutschland- bei etwa 3% der Gesamtemissionen. Damit CO₂-Emissionen außerhalb dieses kommunalen Einflussbereiches - und damit das Gro der CO₂-Emissionen (97%) - im Bereich der Wohngebäude, der Beherbergungsstätten oder im Personen- und Güterverkehr - gemindert werden können, müssen kommunale Strukturen (kommunale Wärmeplanung, Umsetzungsmanagement, Beratungs- und Anlaufstellen etc.) geschaffen werden.

Die erhobene insulare CO₂-Bilanz (Kapitel 5.2) gibt dabei einen Anhaltspunkt, in welchem Bereich wie viele Emissionen entstehen. Nach dem Bilanzierungs-Standard für Kommunen hat Sylt mit Stand 2021 eine Gesamtemissionsmenge von 229 000 t CO₂-Äq. pro Jahr. Mehr als die Hälfte (63%) entsteht dabei durch die Versorgung von Gebäuden mit Raumwärme und Warmwasser (Fokusanalyse Gebäude 5.3.2). Mit 74% ist Erdgas der häufigste Energieträger zur Wärmebereitstellung gefolgt von Heizöl mit 24%. Eine erste Zonierung nach Energiebedarfen gibt Anhaltspunkte für zentrale Wärmeversorgungsmöglichkeiten, deren genaue Ausarbeitung über die Erstellung von Wärmeplänen (Leitprojekt E4) erfolgen wird. Neben dieser sogenannten „endenergiebasierten Territorialbilanz“ – also der Emissionserhebung nur auf Sylt – wurde aufgrund der Relevanz von Sylt als Tourismusdestination eine Bilanz nach Verursacherprinzip erhoben. Diese erfasst hauptsächlich die An- und Abreisen von Gästen. Die erhobenen Emissionen nach dem Verursacherprinzip betreffen einen hochkomplexen und schwer beeinflussbaren Verantwortungsbereich, da u.a. übergeordnete Gesetzgebungen diesen Bereich beeinflussen.

¹ [§ 3 EWKG](#)

Einen ersten Einblick in Potentiale und Möglichkeiten geben die 4 Fokus-Analysen (Kapitel 5.3) zum Tourismus, zum Gebäude-Sektor, zu Erneuerbaren Energien und zu der Mobilität auf Sylt. Eine dort vorgenommene Abschätzung ist z.B. die des heutigen Anteils von Stromeinspeisung über Photovoltaik (PV)-Anlagen mit 1,13% des Strombedarfs der Insel. Dies entspricht einer Flächeninanspruchnahme von rd. 11.160 m². Im Rahmen einer ersten Annäherung liegt ein Flächenpotenzial auf Dächern i.H.v. 508.000 m² vor. Hierbei sind Aspekte wie Denkmalschutz und Verschattung noch unberücksichtigt.

Dennoch zeigt diese vorhandene Flächengröße eindrucksvoll mögliche Handlungspotentiale auf. Andere Potentiale werden in den weiteren Fokus-Analysen abgeschätzt. Alle 4 Fokus-Analysen werden Vertiefungen mit detaillierten Datenerhebungen und Analysen der Handlungsmöglichkeiten brauchen. Diese Vertiefungen werden zukünftig teilweise über Folgekonzepte in den Handlungsbereichen mit dem größten CO₂-Einsparpotentialen wie z.B. den Wärme-Kälte-Plan (Leitprojekt E4) oder Quartierskonzepte (Leitprojekt E5) vorgenommen.

Um mögliche zukünftige Klimaveränderungen für die Insel Sylt greifbarer zu machen, wurden auf Basis der zu erwartenden klimatischen Veränderungen klimaanaloge Regionen in Europa identifiziert. Diese weisen bereits heute die Klimabedingungen auf, welche auf Sylt bis zum Ende des Jahrhunderts unter dem „Worst-Case“-Szenario RCP8.5 zu erwarten sind. Nach diesen Berechnungen wurde die Isle of Wight im Süden Englands als Klimaanalagon identifiziert. Es findet also eine Südverschiebung um etwa 3 Breitengrade statt, wobei die zu erwartende Steigerung von Extremwetterereignissen als voraussichtlich immer stärker lebensbestimmender Faktor mitberücksichtigt werden muss.

Zur Schaffung der oben beschriebenen übergeordneten Strukturen für den Klimaschutz auf Sylt sind klar definierte, konsensuale und effektive Organisationsstrukturen von zentraler Bedeutung. Nach gutachterlicher Einschätzung braucht es eine zentral koordinierende Organisationseinheit für den insularen Klimaschutz, die das Zusammenwirken auf allen Ebenen langfristig organisiert und gewährleistet (Kapitel 4.1 und Leitprojekt Q1). Gutachterlich wurde für alle Leitprojekte dieses Konzeptes der personelle und finanzielle Aufwand² abgeschätzt. Daraus ergibt sich ein durchschnittlicher Personalbedarf von 3-4 Vollzeitäquivalenten die sukzessive und unter Ausnutzung der zahlreichen Fördermöglichkeiten (siehe Steckbriefe) aufgebaut werden müssen.

² Aufwand, um Leitprojekte anzuschließen und zu koordinieren – ohne Investitionskosten, da diese derzeit und nur auf Basis ausführlicher Machbarkeitsuntersuchungen, Businessplänen, Bauplänen etc. seriös abzuschätzen/zu berechnen sind. Letztere sind aber Teil der Umsetzung der Leitprojekte.

II: Analysen zur Ausgangssituation auf der Insel

5 Energieverbrauch und THG-Emissionen der Insel Sylt

Eine umfassende **Energie- und Treibhausgasbilanz (THG)** erfasst die Energieverbräuche und daraus resultierenden Treibhausgasemissionen aller klimarelevanten Bereiche und gliedert sie nach Verbrauchern und Energieträgern.

Exkurs: Territorialprinzip vs. Verursacherprinzip

THG-Emissionen können mit unterschiedlichen methodischen Herangehensweisen unter Berücksichtigung verschiedener Bilanzierungsgrenzen erfasst werden. Standardmäßig wird für Kommunen und Regionen das endenergiebasierte Territorialprinzip nach dem sogenannten BSKO-Standard angewandt. Mit zunehmendem Erfolg aber auch mit zunehmendem Anspruch im Klimaschutz gewinnt das sogenannte **Verursacherprinzip zunehmend an Bedeutung**.

Beim **Territorialprinzip** („Inlandsbilanz“) werden für das gewählte Gebiet (Staat, Land, Kommune) diejenigen THG-Emissionen nicht berücksichtigt, die beispielsweise durch Reisen außerhalb des eigenen Territoriums oder bei der Herstellung von Produkten (Elektronik, Technik, Kleidung) in anderen Territorien emittiert, aber durch „inländischen“ Konsum verursacht werden (sog. „Graue Energie“). Zur Erfassung der tourismusbedingten THG-Emissionen bspw. durch den An- und Abreiseverkehr sind diese jedoch bedeutend. Der Tourismus prägt die Insel. Die direkt und indirekt THG-Emissionen durch den Tourismus auf der Insel haben daher einen erheblichen Anteil.

Das **Verursacherprinzip** („Inländerbilanz“) weicht von der IPCC-konformen Methode und dem in Deutschland standardisierten Territorialprinzip ab. Mit dem Verursacherprinzip werden die THG-Emissionen der Bevölkerung (eines Untersuchungsraumes) auch außerhalb des eigenen Wohnortes auf bspw. durch das globale Reiseverhalten oder den Konsum von global hergestellten Gütern auf.

Als Basis für Vorausrechnungen hinsichtlich lokaler Umsetzung übergeordneter Klimaziele hat sich die endenergiebasierte Territorialbilanz als praktikabel erwiesen.

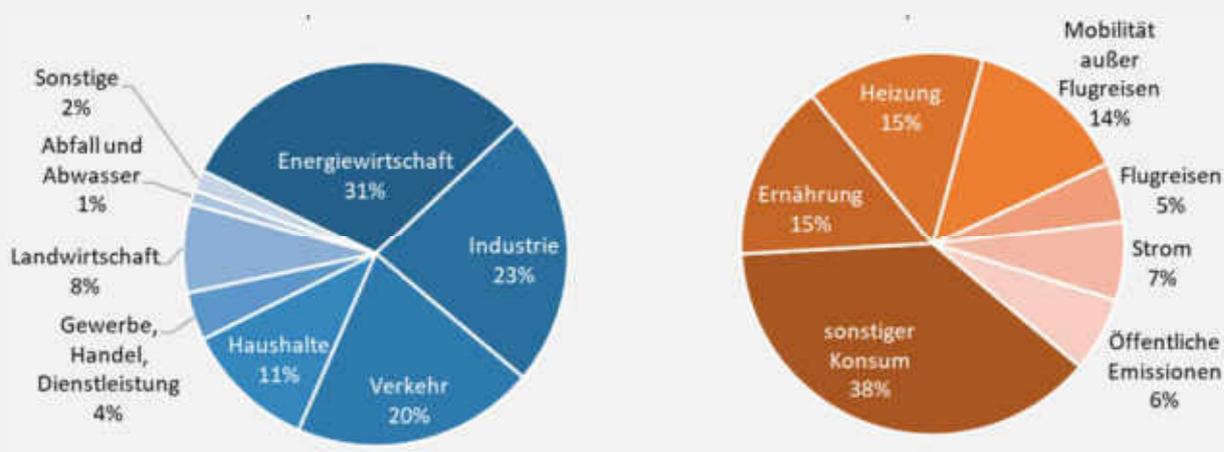


Abbildung 10: Durchschnittliche jährliche THG-Emissionen je Bundesbürger:in, links nach Territorialprinzip, Quelle: (Umweltbundesamt, 2022), und rechts nach Verursacherprinzip, Quelle: (Umweltbundesamt, 2020).

5.1 Einordnung und Definition von Klimaneutralität

Am 4. November 2016 ist das Pariser Klimaabkommen in Kraft getreten. Darin verpflichten sich nahezu alle Staaten, Anstrengungen zu unternehmen, um den globalen Temperaturanstieg auf 1,5°C zu limitieren. Das Abkommen besagt, dass die Industrieländer führend in der Zielerreichung sein sollen.

Auf EU-Ebene haben **Klimaneutralität und das Erreichen eines Netto-Null-Ziels** einen hohen Stellenwert erlangt. Im Rahmen des **European Green Deal** haben sich die Staats- und Regierungschefs der EU im Jahr 2019 dazu verpflichtet, die Europäische Union bis **2050 klimaneutral** zu gestalten.

Gemeint ist damit das **Gleichgewicht** zwischen den anthropogenen THG-Emissionen und dem Abbau solcher Gase durch (anthropogene) Senken herzustellen. Da das Gleichgewicht global herzustellen ist, sind Kompensationen nur bedingt möglich.

Zu den sieben wichtigsten Treibhausgasen gehören Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Stickstoffoxid (N₂O), teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW), Perfluorkohlenwasserstoffe (PFKW), Schwefelhexafluorid (SF₆) und Stickstofftrifluorid (NF₃). Letzteres ist 2015 nachträglich in die Liste berichtspflichtiger Treibhausgase aufgenommen worden.

Auf nationaler Ebene kommen die Ziele Klimaneutralität und Netto-Null im **Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG)** zum Tragen. Das KSG gründet sich auf Deutschlands Mitgliedschaft in der EU und das Bekenntnis zum Pariser Klimaabkommen. **Bis 2045 sollen in Deutschland die Treibhausgasemissionen soweit gemindert sein, dass nur noch so viele Treibhausgase emittiert werden, wie zugleich in natürlichen oder industriellen Senken aufgenommen werden können (eine „Netto-Treibhausgasneutralität“ bezogen auf das Territorium Deutschlands).** **Nach dem Jahr 2045 sollen in Deutschland negative Treibhausgasemissionen erreicht werden.**

Am 12. Mai 2021 wurde das KSG nach einem Urteil des Bundesverfassungsgerichts noch einmal verschärft und ein wichtiges Zwischenziel verabschiedet: Die Reduktion der Emissionen bis **2030 um 65 Prozent** gegenüber 1990. Dies hatte zur Folge, dass die jährlichen Minderungsziele je **Sektor bis 2030** angehoben wurden. Zudem wurden jährliche Minderungsziele je Sektor für die Jahre **2031 bis 2045** festgelegt.

Weiterhin ist im KSG unter § 15 festgehalten, dass bis zum Jahr 2030 die Bundesverwaltungen (bezogen auf deren Liegenschaften und ihr Verwaltungshandeln) **„klimaneutral zu organisieren“** sind.

Das Land Schleswig-Holstein hat mit dem Energiewende- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein (EWKG) verankert, mindestens seinen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele des Bundes zu leisten. In der Novellierung vom 17. Dezember 2021 legt das Land neue angepasste Ziele sowie ein umfangreiches Maßnahmenpaket fest, durch das beispielsweise die Wärmeversorgung durch Erneuerbare Energien oder die Elektrifizierung des Schienenverkehrs vorangetrieben werden sollen.

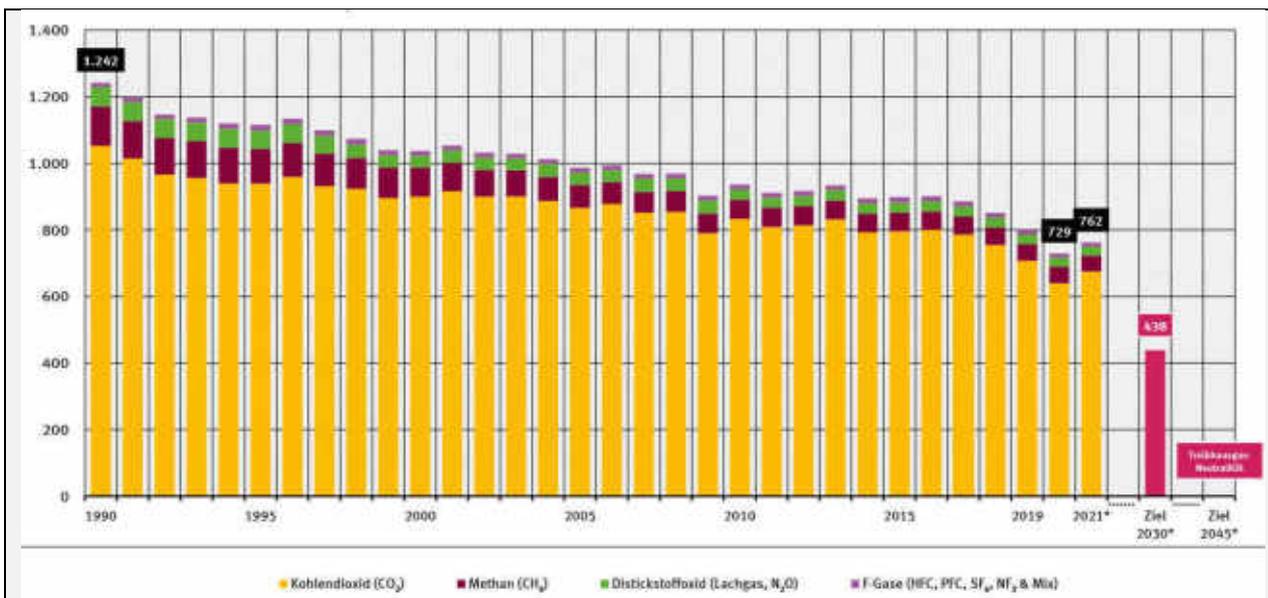
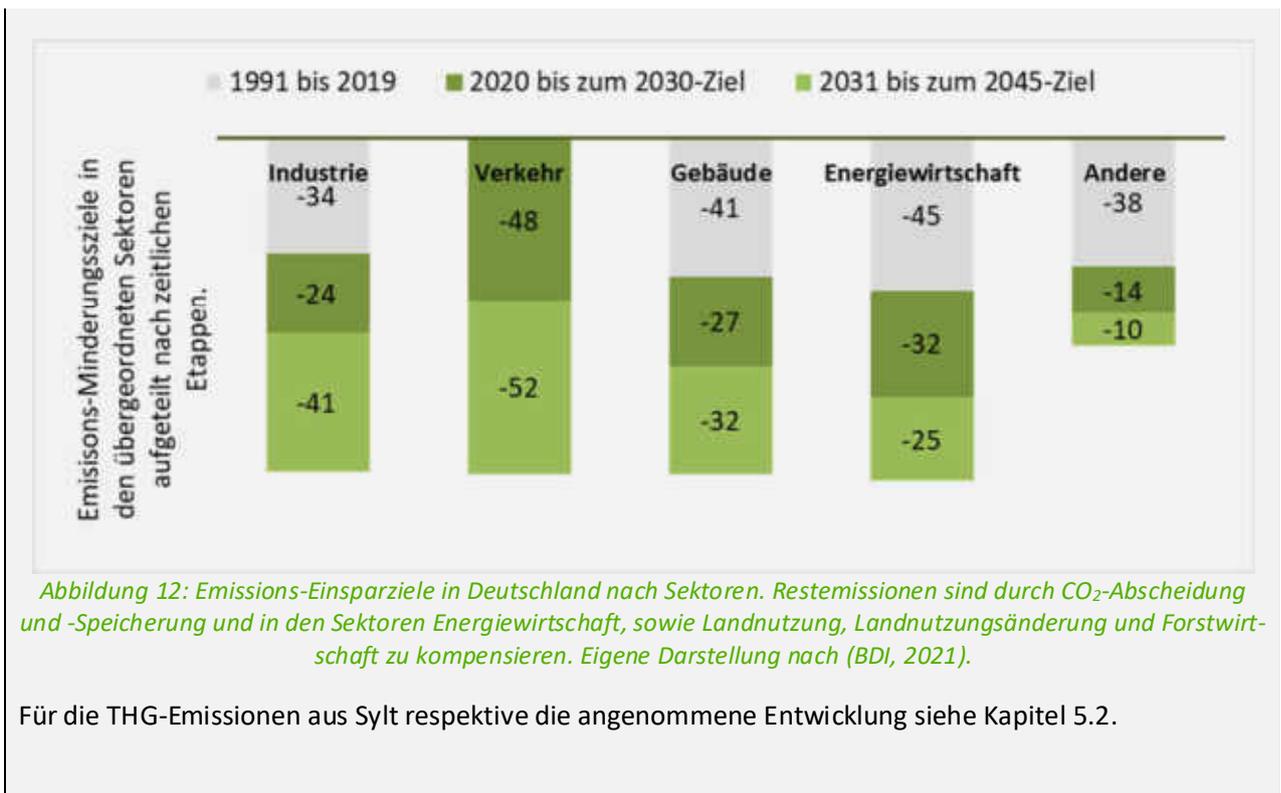


Abbildung 11: THG-Emissionen (Mio. Tonnen CO₂-Äq., nach „Territorialprinzip“) in Deutschland seit 1990 nach Gasen sowie Ziele für 2030 und 2045 (Bundes-Klimaschutzgesetz, Lesefassung 12.05.2021). Emissionen ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (UBA, 2021).

90 % der in Deutschland entstehenden klimaschädlichen Emissionen sind auf die Verbrennung fossiler Energieträger (Kohlendioxid, CO₂) zurückzuführen und nur knapp 10 % auf nicht-energetische Prozesse in Landwirtschaft, industriellen Prozessen und Landnutzung (Abbildung 11). Deshalb sind durch eine Dekarbonisierung des Energie- und Verkehrsbereichs kurz- bis mittelfristig die größten Effekte zu erzielen. Mit zunehmender Dekarbonisierung im Energiebereich (Reduzierung des Kohlendioxid-Anteils in der Bilanz) gewinnen jedoch die anderen sechs Gase (berechnet als CO₂-Äquivalente) zunehmend Gewicht. Deshalb sind auch für diese Gase schon heute Strategien zu entwickeln, die mittel- bis langfristig zur Umsetzung konkreter Maßnahmen führen.

Klimaziele der verschiedenen Sektoren

Nach den Vorgaben des Bundesziels, müssen ab dem Jahr 2019 bis 2030 insgesamt rund die Hälfte der THG-Emissionen im Verkehrssektor, rund ein Drittel der Emissionen in der Energiewirtschaft und mehr als ein Viertel der Emissionen im Gebäudesektor eingespart werden (vgl. Abbildung 12). Anders als in den anderen Sektoren hat der Verkehrssektor in den letzten 30 Jahren keine signifikanten Emissionsminderungen erreicht. Die Einsparung der restlichen Einsparungen der jeweiligen Sektoren erstreckt sich auf die Jahre zwischen 2031 und 2045.



5.2 Entwicklungspfade der THG-Emissionen und Energieverbräuche

Energieverbrauch und THG-Emissionen heute

Auf Grund der besonderen Situation auf Sylt, die eine ausschließliche Bilanzierung nach dem o.g. Territorialprinzip auf Grund des zu erwartenden hohen touristischen CO₂-Fußabdrucks (Verursacherprinzip) nicht zulässt, wurden Fokus-Analysen für beide Bilanzierungsprinzipien durchgeführt. Auch wenn eine additive Zusammenfassung der beiden Bilanzierungsprinzipien methodisch falsch ist, wurden die Zwischenergebnisse der Fokusanalysen in Abbildung 13 vergleichend nebeneinandergelegt, um die großen THG-Quellen zu identifizieren.

Die vergleichende Gegenüberstellung zeigt, dass die größte THG-Quelle (150.000 t/a) die Beherbergung (Hotels, Apartments etc.) von Touristen auf der Insel⁵ (grün) ist. Zweit größte THG-Quelle (52.900 t/a) ist der Flugverkehr von und zur Insel, wobei hier durchschnittliche Streckenlängen angenommen wurden (also auch von Touristen ab Frankfurt Flughafen). Die nach dem Territorialprinzip gemessenen THG-Emissionen der Starts und Landungen spielen mit 1.500 t/a eine untergeordnete Rolle. Dritt größte THG-Quelle ist mit 51.000 t/a auf die Wohngebäude der Insulaner:innen (Erst- und Zweitwohnsitz) zurück zu führen. Weitere THG-Quellen gehen überwiegend auf den Verkehrs-Sektor auf der Insel, durch Insulaner:innen und Tourist:innen zurück. Die ausführliche Erläuterung zur Datengrundlage und Methode sind den nachfolgenden Kapiteln zu entnehmen.

⁵ THG-Quellen auf der Insel Sylt sind grün (Territorialprinzip); THG-Quellen die durch Sylter Einwohner und Sylt-Touristen andernorts (bspw. im Landkreis auf dem Festland oder bei der An-/Abreise der Touristen verursacht werden (Verursacherprinzip)

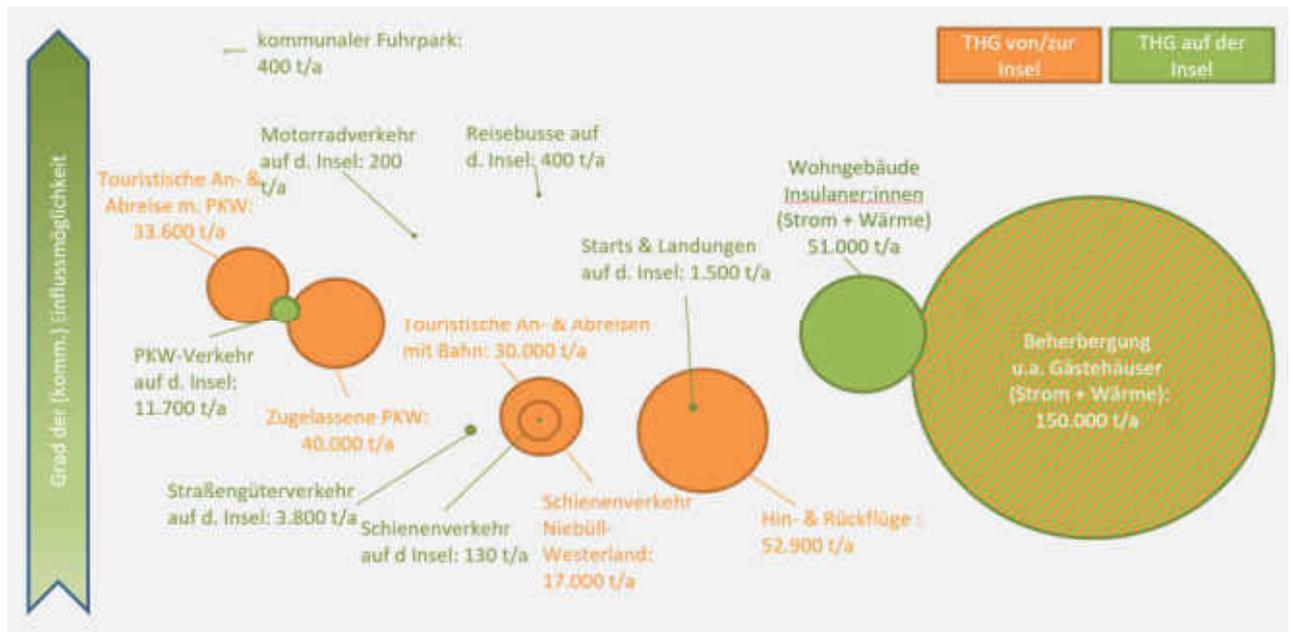


Abbildung 13: THG-Emissionsquellen auf Sylt sowie „durch“ Sylt als Wohn-, Arbeits- und Tourismusstandort. Orange sind die THG-Emissionen auf der Insel und andernorts, grün sind die ausschließlichen THG-Emissionen auf der Insel.

Wie eingangs erläutert gibt es einen Bilanzierungsstandard für Kommunen. Demnach werden die THG-Quellen nach dem Territorialprinzip auf Basis von Endenergie bilanziert. Im Folgenden werden Endenergieverbräuche auf der Insel nach Energieträgern und Bereichen (Haushalte, Wirtschaft, Verkehr) additiv dargestellt und Zielentwicklungspfade in anlehnung an Bundes- und Landesziele dargestellt.

Abbildung 14 zeigt den Wärmebedarf im Jahr 2020⁶. Mit 74% ist Erdgas der häufigste Energieträger zur Wärmebereitstellung, gefolgt von Heizöl mit 24%. Erneuerbare Energien spielen noch eine untergeordnete Rolle.

Im Jahr 2025 sollen nach dem Energiewende- und Klimaschutzgesetz des Landes Schleswig-Holstein bereits 22% erneuerbare Energieträger (22% EE-Quote) zur Wärmeversorgung beitragen. Dieser Zielkennwert wurde auch für die Insel Sylt angenommen. Die 22% EE-Quote beziehen sich auf einen bereits gesunkenen Wärmebedarf in 2025, wenn von einer Vollsaniierung bis 2045 (- 65% Wärmebedarf) ausgegangen wird. Dies bedeutet ambitionierte Sanierungsraten und -tiefen. Kann dies nicht erreicht werden, steigt der absolute Ziel-Wert der EE-Quote entsprechend.

⁶ Auf Grund der unterschiedlichen Datenlage wurden Daten-Lücken mit Daten aus 2019 oder 2021 ausgefüllt.

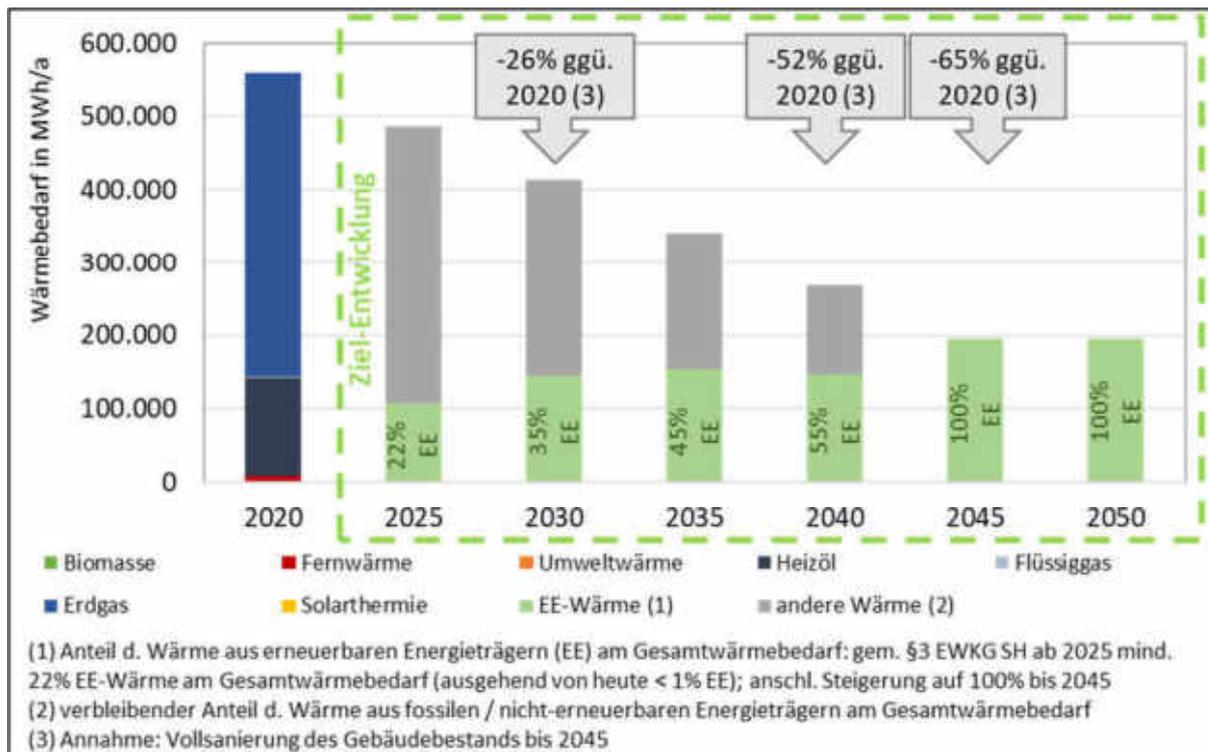


Abbildung 14: Entwicklungspfad für den Gesamtwärmebedarf auf der Insel bis zum Jahr 2050 in Schritten von 5 Jahren. Angaben in MWh/a.

Abbildung 15 veranschaulicht den Bestand und die Entwicklung der verkehrsbedingten jährlichen Energieverbräuche auf der Insel nach dem Territorialprinzip (BISKO). Heute werden rund 54.000 MWh Antriebsenergie aufgebracht. Etwa 88% davon geht auf Diesel- und Benzinmotoren (fossile Kraftstoffe) zurück. Durch die Elektrifizierung des Antriebsstrangs und der damit einhergehenden deutlich höheren Fahrzeugeffizienz, kann der Endenergiebedarf der Antriebsenergie deutlich und schnell reduziert werden. Der dadurch wachsende Fahrstrom ist aus erneuerbaren Energieträgern bereitzustellen, damit sich dies kurz-/mittelfristig positiv auf die Klimabilanz auswirkt.

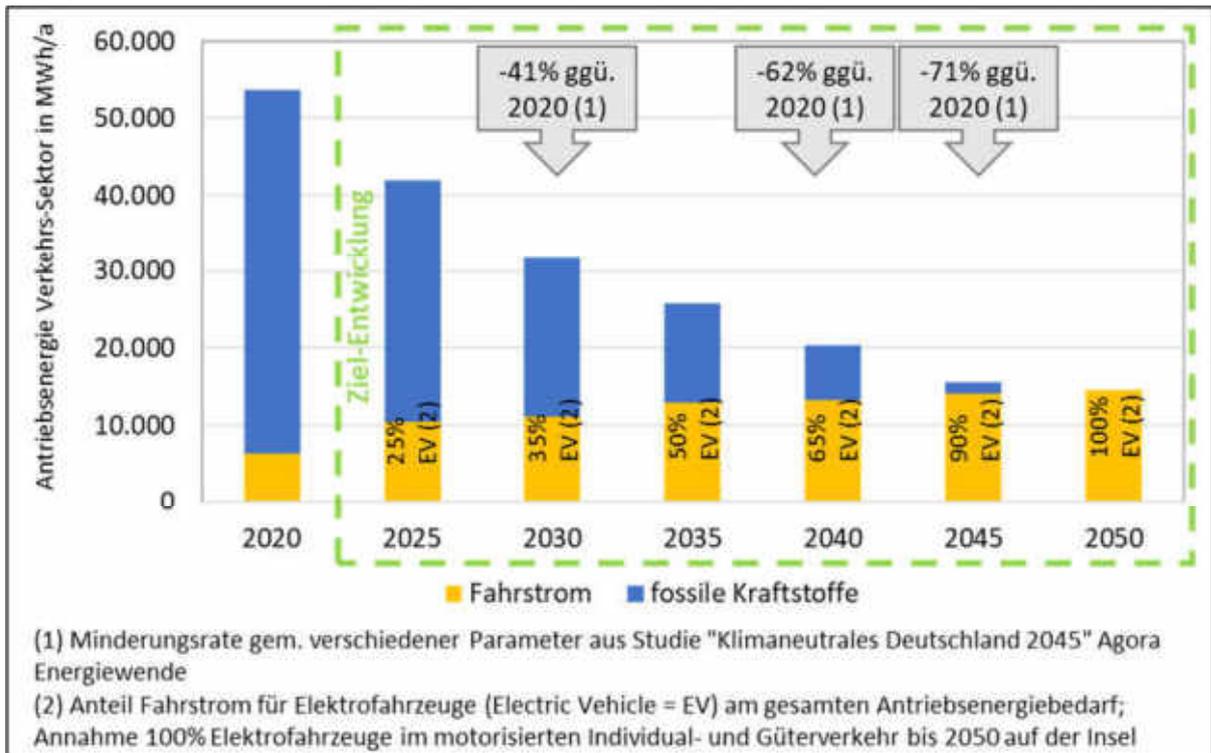


Abbildung 15: Entwicklungspfad zur Antriebsenergie auf der Insel (in MWh/a) bis zum Jahr 2050 in Schritten von 5 Jahren, Quelle: Eigene Darstellung nach (Agora Energiewende, 2021).

Abbildung 16 zeigt die Entwicklung des Strombedarfs in den einzelnen Sektoren auf der Insel. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Strombedarf in den Haushalten und der Wirtschaft konstant bleibt, da Rebound-Effekte bspw. durch effizientere, aber größere Verbraucher wie einen Kühlschrank, Fernseher etc. Effizienzgewinne neutralisieren. Hinzu kommt der steigende Strombedarf für Fahrstrom sowie für die Bereitstellung von Wärme. Wie hoch der Strombedarf zukünftig steigt, hängt von der Elektrifizierung im Verkehrs- und im Wärmesektor ab. Von einer Verdopplung des Strombedarfs (Primärenergie) kann aber heute schon ausgegangen werden.

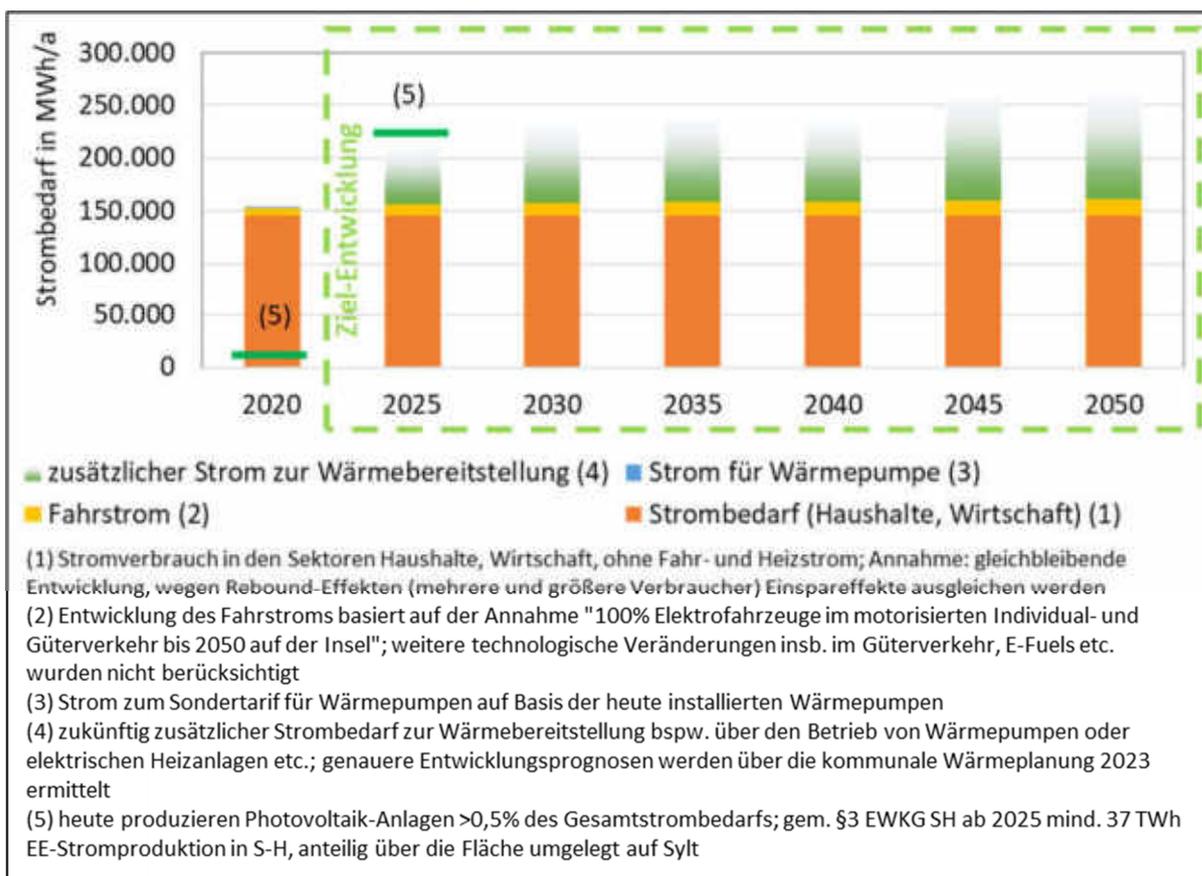


Abbildung 16: Entwicklungspfad des Strombedarfs auf der Insel (in MWh/a).

Nur wenn die o.g. Energieziele erreicht werden können, ist der in Abbildung 3 und Abbildung 17 dargestellt Ziel-Entwicklungspfad zur Klimaneutralität der Insel realistisch. 2020 verursachte die Insel nach dem Territorialprinzip 229.000 t/a THG-Emissionen. Aus den Landes- und Bundesklimazielen und den darin festgelegten Jahresemissionsmengen, ergibt sich eine Minderung bis 2030 von ca. 49% ggü. 2020 (siehe Abbildung 17). Die Minderungsraten basieren auf den zulässigen jährlichen Emissionsmengen je Sektor gemäß §3, 3a und 4 des Bundes-KSG und sind anteilig auf Sylt berechnet. Nach den gesetzlichen Vorgaben müssen bis 2040 etwa 82% ggü. 2020 und bis 2045 etwa 96% der THG-Emissionen ggü. 2020 gemindert werden. Dabei zählt sowohl der klimafreundliche Bundesstrommix ein als auch die Wärme- und Mobilitätswende vor Ort mit ein. Im Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft sollen bundesweit ab 2030 bereits messbare und zusätzliche natürliche CO₂-Senken geschaffen werden. Diese wurden anteilig auf Sylt umgelegt und gleichen im Jahr 2045 die bis dahin die nicht zu vermeidenden THG-Emissionen anderer Sektoren aus. Im Jahr 2050 sollen bilanziell negative THG-Emissionen erreicht werden.

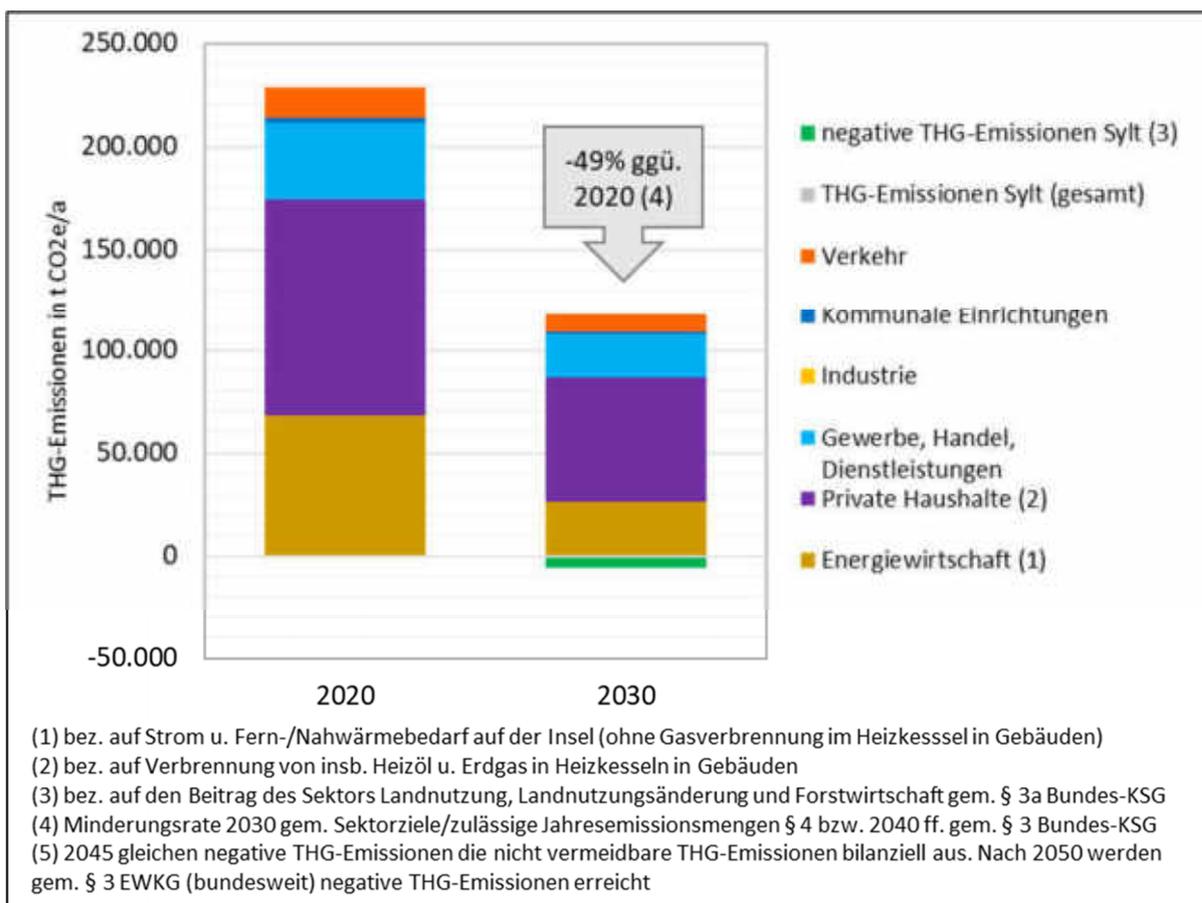


Abbildung 17: Detail-Betrachtung des THG-Entwicklungs-Szenarios Klimaneutralität 2045 bis zum Jahr 2030 nach BSKO auf Basis der Landes- und Bundesklimaziele. Für den vollständigen Entwicklungspfad, siehe Abbildung 3. Quelle: Eigene Darstellung.

5.3 Fokus-Analysen ausgewählter Handlungsfelder

5.3.1 Fokus-Analyse Tourismus

Die Insel Sylt gilt als ein beliebtes Reiseziel – mehr noch, mit ihr wird ein Hotspot für den Tourismus assoziiert.⁷ Die Insel ist bekannt für ihr heilendes Reizklima, Sport und Spaß aber vor allem ihre Natur. Viele Teile der Insel wurden frühzeitig unter Naturschutz gestellt. Sie ist umgeben vom Weltnaturerbe Wattenmeer. Kampen hingegen gilt als St. Tropez des Nordens. In den frühen 60er Jahren entdeckte der deutsche und internationale Jet Set die Insel für sich und trägt einen Gutteil zum Image der Insel bei. Ferraris und Porsches sind hier keine Seltenheit.

Der Tourismus bringt für die Insel sowohl positive als auch negative Effekte. Die wirtschaftliche Bedeutung des Tourismus für die Insel ist immens. So lebt der Großteil der Insulaner:innen direkt oder indirekt vom Tourismus. Vor allem aber die Natur – das Aushängeschild der Insel – leidet unter der hohen touristischen Nachfrage. Das Verhältnis von Tourismus und Umweltschutz ist seit Jahren ein Thema auf der Insel und wird nicht selten kontrovers diskutiert.

⁷ Tourismus für Sylt, 2020

Auf dieser Basis wurden die Leitprojekte abgeleitet und entwickelt, mit dem Ziel, die Umweltbelastungen durch den Tourismus zu reduzieren bzw. einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Darüber hinaus bestand das Anliegen, ein Monitoring-System - ein sogenanntes Tourismus-Set - zu entwickeln, welches es ermöglichen soll, entwickelte Maßnahmen und dessen Wirkung abzubilden.

Datengrundlage und Quelle

Die Destination Management Organisation (DMO) auf der Insel ist die Sylt Marketing GmbH (SMG). Damit ist sie Ansprechpartnerin für den Tourismus sowie dessen Entwicklung auf der Insel. Ein insulares Tourismuskonzept für die Insel gibt es nicht. Jedoch wurden Leitlinien für den Tourismus in der Zukunft, ein Markenleitbild und ein Marketingplan der SMG entwickelt, die die Funktion eines Tourismuskonzeptes übernehmen. Das Thema Nachhaltigkeit im Tourismus wird im Marketingplan der SMG aufgegriffen.⁸ Auf ihrer Webseite unter der Rubrik „Nachhaltiger Urlaub auf Sylt“ informiert die SMG über nachhaltige Angebote und Aktivitäten: <https://www.sylt.de/sylturlaub-ist/nachhaltig>

Für die Darstellung des Tourismussektors wurde auf die erhobenen Kennzahlen und Informationen der folgenden Datenquellen zurückgegriffen:

- Touristische Kennzahlen Sylt, Sylt Marketing GmbH, 30.09.2020
- Tourismus-Statistik 2019, Insel Sylt Tourismus-Service GmbH, 2019
- Beherbergung im Reiseverkehr in Schleswig-Holstein 2019, Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, 10.03.2020
- Naturschutzleitlinien für den Tourismus auf Sylt – Situationsanalyse, Institut für Tourismus- und Bäderforschung in Nordeuropa GmbH, 12.02.2020
- Tourismus für Sylt, Erlebniszentrum Naturgewalten Sylt, Februar 2020

Im Laufe der Entwicklung des vorliegenden Klimaschutzkonzepts konnte keine nach vorhanden Möglichkeiten gute Datenbasis erstellt werden. Bei der touristischen Planung wird sich auf die gängigen Kennziffern, wie z.B. Gästeankünfte, Übernachtungen, Bettenkapazität (10 und mehr Betten) und Aufenthaltsdauer beschränkt. Über die SMG konnte eine Liste mit den durch das Deutsche Institut für Nachhaltigkeit und Ökonomie zertifizierten Beherbergungsstätten zur Verfügung gestellt werden. Weitere Daten im Handlungsfeld Beherbergung bzw. in möglichen Handlungsfeldern wie z.B. Gastronomie, Freizeitaktivitäten / Nachhaltige Angebotsgestaltung oder Veranstaltungen konnten nicht zur Verfügung gestellt werden. Der SMG ist sich der mangelnden Datenlage bewusst. In Gesprächen mit der SMG stellte sich heraus, dass diese das Problem angehen und zur Verbesserung des Datenmanagement beitragen möchte.

Eine verbesserte Datenlage stellt die Voraussetzung für ein Monitoring-System, wie das gewünschte Tourismus-Set, dar. Denn ohne die Erhebung bestimmter Daten, können lediglich Annahmen für die Ist-Situation getroffen werden, sodass mögliche Einsparpotenziale aufgrund von Klimaschutzmaßnahmen im Tourismus ebenfalls auf Annahmen basieren würden bzw. zum Teil nicht quantitativ abbildbar sind. Unter diesen Umständen können mit einem Monitoring-System keine verlässlichen Aussagen getroffen werden. Aufgrund dieser Tatsache wird an dieser Stelle dringend empfohlen die Datenlage im Tourismus zu verbessern, um die Entwicklung eines möglichen Monitoring-Systems vorantreiben zu können. Neben der Erhebung allgemeiner Kennzahlen wird empfohlen Daten u.a. in den Handlungsfeldern:

⁸ SMG, 2017

- Mobilität,
- Beherbergung,
- Gastronomie,
- Freizeitaktivitäten / Nachhaltige Angebotsgestaltung,
- Veranstaltungen,
- Umweltschutz,
- Schutz der Kultur und Identität

zu erheben und diese entsprechend in ein Monitoring-System mit aufzunehmen.

Dabei wird empfohlen Indikatoren in den Bereichen:

- Mobilität (An- und Abreise sowie vor Ort): U.a. Verkehrszählungen, Modal Split, L.R.
- Energie: U.a. Energieverbräuche, Anteil des Stroms / der Wärme aus erneuerbaren Quellen, Einsatz von Energieeffizienzmaßnahmen
- Wasserverbrauch und Maßnahmen zur Reduzierung des Wasserverbrauchs, z.B. Einsatz von Sensoren
- Beschaffung: U.a. Einsatz regionaler Produkte, Einsatz umweltverträglicher Produkte, Anteil fair gehandelter Produkte
- Lebensmittel: U.a. Anteil regionaler / saisonaler / ökologischer Lebensmittel, Anteil vegetarisch / veganer Lebensmittel
- Abfallaufkommen & Mülltrennung
- Zertifizierungen: U.a. Beherbergungsstätten, Gastronomiebetriebe, allg. Tourismusbetriebe sowie Produkte und Dienstleistungen
- Klimaneutralität: Kompensationsprojekte
- Indikatoren für die Bemühungen der Verwaltung, z.B. Reinigungskosten für die Küsten und für den Erfolg der Maßnahmen, z.B. Änderung des Verschmutzungsgrades

zu erheben.

Methode / Rechenweg

Der Sektor Tourismus kann aufgrund fehlender Daten nicht gebäudescharf energetisch bewertet werden. Daher wurde er zunächst indirekt aus der gesamten Energie- und THG-Bilanz abgeleitet. Anhand der monatlichen Besucherzahlen wurde der gesamtinsulare Energiebedarf auf die monatlich verweilenden Personen auf der Insel umgeschlagen. Die Umrechnung auf eine pro Kopf-Betrachtung führt jedoch zu einer Unschärfe in den Ergebnissen. Da auch Energiebedarfe auf die Touristen umgelegt werden, die nicht dem Tourismus zuzurechnen sind.

Bezüglich des Aufbaus eines möglichen Monitoring-Systems, dem Tourismus-Set, wird empfohlen, sich an dem Praxisleitfaden Nachhaltigkeit im Deutschlandtourismus des Deutscher Tourismusverband e. V. (DTV)⁹ zu orientieren. Der Leitfaden deckt alle Dimensionen der Nachhaltigkeit ab (Management, Ökonomie, Ökologie und Soziales) und behandelt insgesamt acht Handlungsfelder zur nachhaltigen Ausrichtung von Destinationen. Dabei stützt er sich auf eingeführte und anerkannte Kriteriensysteme (Global Sustainable Tourism

9

Criteria, European Tourism Indicators System, Deutscher Nachhaltigkeitskodex und Destinationszertifizierung „Nachhaltiges Reiseziel“) und kombiniert Elemente dieser Systeme.

Dabei sollte sich bei dem Aufbau des Tourismus-Sets der Insel Sylt auf die Handlungsfelder bzw. Aspekte konzentriert werden, die bilanziell erfasst werden, bzw. eine Energie- und damit Treibhausgasreduktion hervorrufen können – sogenannten CO₂-Quellen. Für diese CO₂-Quellen sollte dann zunächst die Ist-Situation bestimmt sowie mögliche Handlungsoptionen beschrieben werden. Ein möglicher Aufbau könnte wie folgt aussehen:

Tabelle 4: Möglicher Aufbau eines Tourismus-Sets für die Insel Sylt, Teil 1

CO ₂ -Quellen	Beschreibung mögl. Handlungsoption	Methodik & Annahmen zur Quantifizierung Ist-Situation	Ist-Situation / Basis
--------------------------	------------------------------------	---	-----------------------

Im Anschluss können auf dieser Basis konkrete Maßnahmen und die entsprechenden Indikatoren sowie die dazugehörige Methodik zur Quantifizierung der THG-Minderung beschrieben werden. Bezüglich der Energie- bzw. THG-Einsparung empfiehlt es sich, zwei Effektivität-Szenarien (Minimum und Maximum) zu bestimmen. Zudem empfiehlt es sich, eine absolute Klimawirkung über 5 Jahre und der jährliche Anteil an den Gesamtemissionen -beides ebenfalls für die zwei genannten Szenarien – zu berechnen:

Tabelle 5: Möglicher Aufbau eines Tourismus-Sets, Teil 2

Beschreibung konkreter Maßnahmen & Indikatoren	Methodik & Annahmen zur Quantifizierung der THG-Minderung	Quantitative Basis zur THG-Minderung auf Grundlage d. Ist-Situation	Abschätzung der Effektivität		Energieeinsparung / THG-Minderung		absolute Klimawirkung über 5 Jahre		jährlicher Anteil an den Gesamtemissionen (Ist-Bilanz)	
			min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.

Energieverbrauch und THG-Emissionen

Der Tourismus auf der Insel wächst stetig. Im Jahr 2019 waren insgesamt 960.636 Gäste auf der Insel und über 7 Mio. Übernachtungen wurden gezählt. Während die Gästeanzahl weiter zunimmt, sinkt die durchschnittliche Aufenthaltsdauer der Gäste. Diese beläuft sich auf 7,45 Tage. Der Großteil der Gäste, knapp 97 %, kommt dabei aus Deutschland. Die ausländischen Gäste kommen zum Großteil aus der Schweiz, aus Österreich und aus Dänemark.¹⁰

¹⁰ Offizielle Statistik der Sylter Gemeinden, 2020

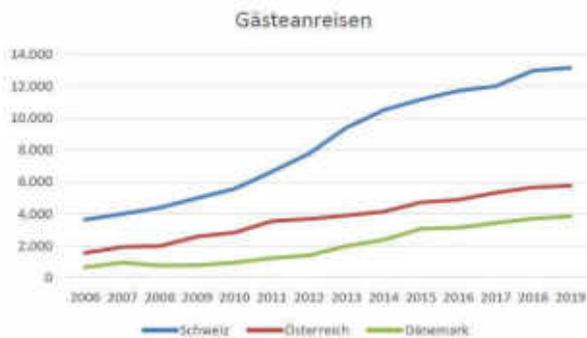


Abbildung 19: Entwicklung der Gästezahlen über die Jahre, Quelle: Offizielle Statistik der Sylter Gemeinden, 2020

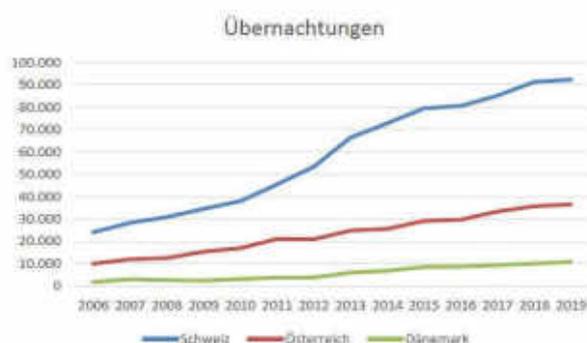


Abbildung 18: Entwicklung der Übernachtungen über die Jahre, Quelle: Offizielle Statistik der Sylter Gemeinden, 2020

Die Besucherströme sind saisonabhängig. In den Wintermonaten ist die Insel weniger besucht als in den Sommermonaten. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick.

Jahr	März-Juni		Juli-August		Sept.-Nov.		Dez.-Febr.	
	Gäste	ÜB	Gäste	ÜB	Gäste	ÜB	Gäste	ÜB
2005	34,5%	31,4%	31,6%	36,3%	25,1%	22,8%	8,9%	9,5%
2006	34,7%	31,1%	30,5%	35,7%	25,4%	23,7%	9,5%	9,5%
2007	36,0%	31,4%	29,5%	34,7%	24,8%	23,2%	9,7%	10,8%
2008	36,9%	32,3%	29,2%	34,2%	23,9%	22,9%	10,0%	10,6%
2009	37,1%	33,2%	29,4%	34,0%	23,5%	22,6%	9,9%	10,2%
2010	37,1%	32,1%	28,5%	33,4%	24,4%	23,1%	10,0%	11,3%
2011	39,1%	34,7%	27,1%	32,3%	23,7%	21,9%	10,1%	11,1%
2012	38,3%	34,4%	26,8%	31,6%	24,2%	22,2%	10,7%	11,8%
2013	36,3%	32,5%	28,5%	32,9%	24,0%	22,1%	11,2%	12,5%
2014	36,5%	32,7%	28,1%	32,3%	23,9%	22,4%	11,6%	12,5%
2015	36,2%	32,4%	28,0%	32,7%	24,0%	22,5%	11,8%	12,5%
2016	35,7%	32,2%	26,7%	31,3%	25,2%	23,5%	12,3%	13,0%
2017	37,0%	33,3%	25,9%	30,2%	24,7%	23,1%	12,4%	13,3%
2018	37,7%	33,6%	26,0%	30,2%	23,9%	22,4%	12,4%	13,8%
2019	37,9%	34,0%	26,1%	30,0%	23,4%	22,3%	12,6%	13,7%

Abbildung 20: Verteilung der Gäste und Übernachtungen auf der Insel Sylt im Jahresverlauf (Quelle: Offizielle Statistik der Sylter Gemeinden, 2020)

Um die energetische Ausgangslage des Tourismus auf der Insel bzw. die Umweltbelastungen durch den Tourismus darstellen zu können, wurde er über die Energie und THG-Bilanz der Insel Sylt abgeleitet:

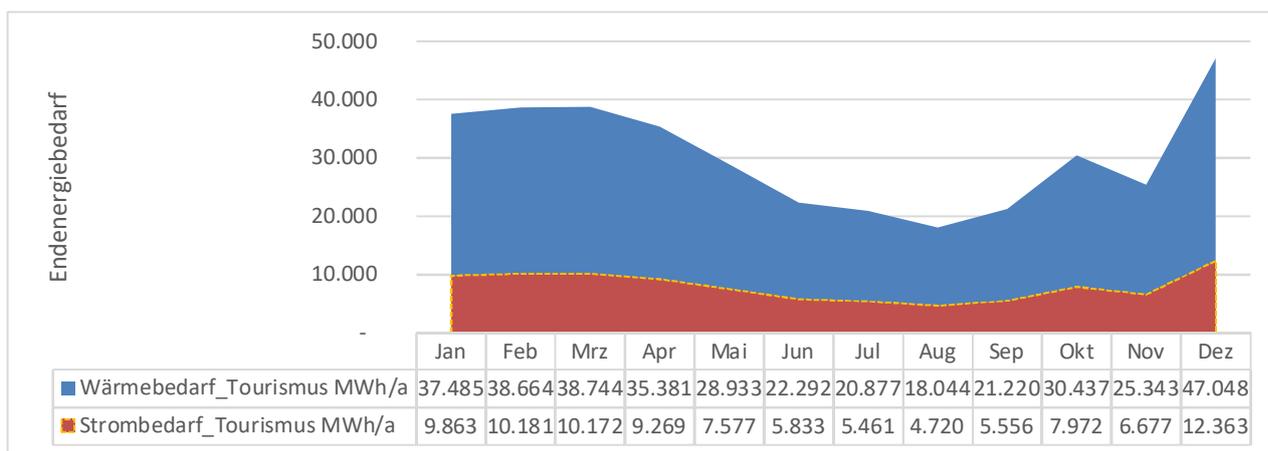


Abbildung 21: Endenergie Tourismus (zeitlich aufgelöst)

Anhand dieser Berechnung des Sektors Tourismus verursacht er im Jahr durch den Verbrauch von Wärme und Warmwasser rd. 90.000 t CO₂-Äq. und für Strom rd. 50.000 t CO₂-Äquivalente. Damit verursacht der Sektor Tourismus rund 70 % der anfallenden Emissionen durch Wärme- und Stromverbrauch.

Entwicklungspfad bis 2045

Auch weiterhin wird auf der Insel auf Wachstum gesetzt. Durch weitere touristische Baumaßnahmen werden fortlaufend neue touristische Kapazitäten geschaffen. Eine Zunahme an Tourist:innen bedeutet jedoch auch eine Zunahme des Verkehrs (siehe Kapitel Touristische An- und Abreise), mehr Beeinträchtigungen und damit Schäden der Natur, sozialer Stress durch eine Überfüllung der Insel und ein steigender Bedarf an Ressourcen sowie an Fachkräften.

Ziel sollte es jedoch sein, die Umweltbelastungen durch den Tourismus über die Umsetzung gezielter Maßnahmen auf ein Minimum zu beschränken. Der Maßnahmenkatalog benennt erste Maßnahmen (siehe 3.3). Aufbauend auf der zu schaffenden Datengrundlage sollte der Entwurf des Tourismus-Sets weiter konkretisiert und als Monitoring-Instrument verwendet werden, um die Zielerreichung sicherzustellen.

5.3.2 Fokus-Analyse Gebäude-Sektor

Die Ermittlung der Wärmebedarfe basiert auf einer Kombination unterschiedlicher Quellen mit unterschiedlichen Qualitäten. Während der Erstellung konnte jedoch nicht die Datengüte ermittelt werden, die sowohl der LZV als auch die Arbeitsgemeinschaft vermutet und erwartet haben. Folgende Informationen wurden verwendet:

- Umfrageergebnisse Schornsteinfeger, Gemeinden, Netzbetreiber
- Auszug Marktstammdatenregister
- Bestehende Studien der Gemeinden zum Thema Energie
- ALKIS-Datensatz, LOD2-Datensatz
- Gebäudetypologie Schleswig-Holstein
- Zensus 2011

Informationen aus den Umfragen konnten von der Energieversorgung Sylt (EVS) sowie teilweise von den hiesigen Schornsteinfegern gewonnen werden. Verbrauchswerte öffentlicher Liegenschaften der Gemeinden konnten teilweise erhoben und adressscharf im Geoinformationssystem (GIS) übertragen werden.

Energiebezugsflächen übriger Gebäude wurden über LOD2-Geodaten und ALKIS-Daten kalkuliert. Anhand der Eigenschaften konnten durch mittlere Geschosshöhen die ungefähre Energiebezugsfläche ermittelt werden. Anhand des ALKIS-Datensatzes konnte für jedes Flurstück die Flächennutzung und damit der Gebäudewerkstoff bestimmt und einem Sektor zugeordnet werden. Über eine manuelle Bereinigung wurden dann besondere Gebäude separat einem Sektor zugeordnet. Anhand der Dachform wurde die Energiebezugsfläche jedes Gebäudes anhand gängiger Korrekturfaktoren abgeschätzt.

Über die Gebäudetypologie Schleswig-Holstein wurde den Gebäuden entsprechend der statistischen Verteilung Baualtersklassen und Modernisierungszustände zugesprochen. Anschließend konnten daraus die Wärmebedarfe von Gebäuden ermittelt werden, die nicht über tatsächliche Verbrauchswerte aus der Umfrage werden konnten. Die Energiebezugsflächen von Flächen mit Wohnbebauung wurde die Verteilung der statistischen Gebäudetypologie Schleswig-Holstein unterstellt. Die darin festgelegten Wärmebedarfswerte je Baualtersklasse wurden gemittelt und auf die Energiebezugsflächen übertragen.

Der Brennstoffeinsatz für die Wärmeerzeugung entstammt den Angaben der überlieferten Daten der Schornsteinfeger:innen. Diese lieferten Anzahl und Art der Einzelfeuerungsanlagen sowie verwendete Brennstoffe. Dieser Mix aus Anzahl und Brennstoff ergibt für die Insel Sylt nach derzeitiger Datenlage einen regionalspezifischen Brennstoffmix und CO₂-Umrechnungsfaktor. Somit bildet die Energie- und CO₂-Bilanz überwiegend Bedarfswerte ab.

Entsprechend vorhandenen Informationen wurden Stromverbrauchswerte über Umfragen ermittelt und adressscharf im GIS allokiert. Übrige Energieverbraucher anderer Sektoren, die nicht über die Umfrage ermittelt wurden, sind über den Stromverbrauch nach EVS gleichverteilt in die Bilanz eingegangen. Aus datenschutzrechtlichen Gründen konnten von Energieversorgern und Schornsteinfeger:innen keine tatsächlichen Verbrauchswerte abgefragt werden. Dies wird mit der Durchdringungsgesetzgebung über die kommunale Wärmeplanung auf Landes- und Bundesebene zukünftig möglich sein. Die vorliegende Wärmebedarfsplanung ist somit als Grundlage für die zukünftig zu erstellenden Wärmeverbrauchspläne der kommunalen Wärmeplanung (§7 EWKG Abs. 11) zu verstehen.

Für eine Darstellung der regionalen Wärmesenken wurde eine Zonierung der Wärmebedarfe je Hektar durchgeführt. Diese besteht aus einem Gitter dessen Zellen jeweils ein Hektar umfassen. Die den Gebäuden allokierten Wärmebedarfe und -verbräuche wurden der jeweiligen Zelle zugeordnet. Das Ergebnis ist eine Zonierung, die Auskunft darüber gibt wieviel Wärme innerhalb der Zelle benötigt wird.¹¹ Dadurch können für die Ortsteile erste Maßnahmen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung abgeleitet werden (siehe Abbildung 22). Als mögliche Energieträger könnten Sonnenenergie und Biomasse eingesetzt werden. Dies ist jedoch im Einzelfall zu prüfen.

¹¹ Siehe auch: Wärmebedarfsdaten zum Gebäudebestand in Schleswig-Holstein im DigitalenAtlasNord; erreichbar unter: <https://danord.gdi-sh.de/viewer/resources/apps/Waerme>



Abbildung 22: Zonierung Wärmebedarf

Der Strombedarf wurde regional aufgelöst über die Nutzungsart sowie die Energiebezugsfläche ermittelt. Die Informationen des hiesigen Energieversorgers (EVS) dienen im Nachgang zur Top-Down-Kalibrierung der ermittelten Daten. Der Strombedarf im Gewerbe wurde mit Umrechnungsfaktoren ermittelt.¹²

Tabelle 6: Energieverbrauch und THG-Emissionen 2019

Sektor	Endenergie MWh/a	CO ₂ -Äquivalente t/a	
Wärme			
Private Haushalte	408.056	107.751	
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	142.373	37.595	
Öffentliche Liegenschaft	9.651	2.549	
Infrastruktur			
Summe	560.080	147.895	
Strom			
		Bundesstrommix	Territorialmix
Private Haushalte	97.404	42.663	
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	45.862	20.204	
Öffentliche Liegenschaft	2.589	677	
Infrastruktur	86		
Summe	145.940	63.544	45.049
Gesamtsumme	706.020		192.944

Entwicklungspfad bis 2045:

Eine sektorale Zuordnung der Bilanzergebnisse aus 2010 ist nicht möglich, da die Daten nicht in geeigneter Form vorliegen. Jedoch kann die Gesamtmengenveränderung betrachtet und in Relation zur klimapolitischen Zielsetzung im Sektor Gebäude der Bundesregierung gesetzt werden. Die Territorialbilanz für elektrische Energie kann nicht sektoral erfolgen, da nicht bekannt ist, welcher Sektor den regional regenerativen erzeugten Strom nutzt. Daher erfolgt eine insulare Betrachtung.

Tabelle 7: CO₂-Emissionen auf Sylt im Gebäudesektor 2019 und angestrebte Entwicklung (2030, 2045) nach Bundes- und Landes-KSG, 2021 nach Eigener Darstellung.

Jahr	2010	2019	2030	2045
Sektor Wärme				
Private Haushalte		107.751	37.713	1.886
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen		37.595	13.158	658
Öffentliche Liegenschaften		2.549	892	45
Sektor Strom				
Gebäude		63.544	15.767	788
Gesamt	248.000	192.944	67.530	3.376
CO ₂ -Minderung		22%	65%	95%

¹² Vgl. Energienutzungsplan (2011).

5.3.3 Fokus-Analyse Erneuerbaren Energien

Neben Energieeinsparung und -effizienz ist der Einsatz von Erneuerbaren Energien zur Energiebereitstellung eine weitere wichtige Säule auf dem Weg zur Verminderung von THG-Emissionen. Im Folgenden werden die Potenziale für die Nutzung einzelner Energieträger auf Basis Erneuerbarer Energien dargestellt. Hierbei wird deutlich, dass eine Insel wie Sylt aufgrund der vergleichsweise hohen Flächenintensität bei der Nutzung einiger Techniken besondere Herausforderungen beim Ausbau der Energieversorgung aus Erneuerbaren Energien hat.

5.3.3.1 Sonnenenergie

Auf Sylt beträgt die eingespeiste Strommenge aus Photovoltaik im Jahr 2019 1.656 MWh. Dies entspricht 1,13 % am Gesamtstrombedarf.

Abbildung 23 zeigt das theoretische, das technisch/wirtschaftliche und das tatsächliche Potenzial zur Nutzung von Photovoltaik. Darüber hinaus ist auch der aktuelle Ausbaustand angegeben. Das theoretische Potenzial bei Nutzung aller vorhandener Dachflächen liegt demnach bei rund 410.124 kWp. Das tatsächlich nutzbare Potenzial liegt unter Berücksichtigung von Dachform, Dachausrichtung, Aufbauten und der Konkurrenz zu Solarthermie jedoch nur bei rund 84.761 kWp, was einer Stromerzeugung von rund 80.523 MWh jährlich entspricht. Mit dem tatsächlichen Potenzial ließen sich ca. 55 % des heutigen Strombedarfs decken. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass es durch Verschattung, Reetdächer und Denkmalschutz das genannte Potenzial überschätzt wird.

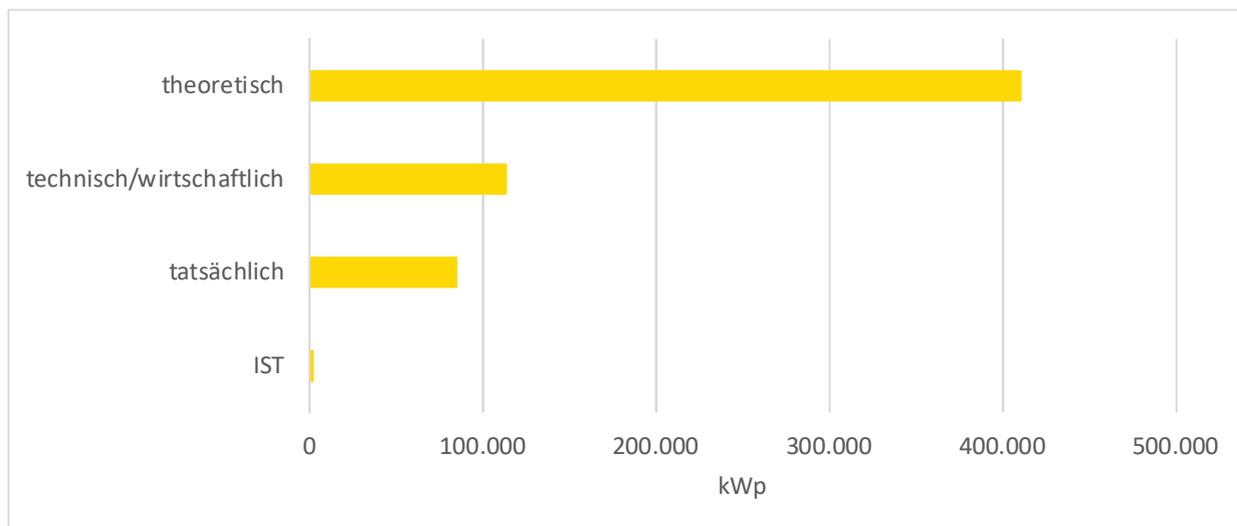


Abbildung 23: Photovoltaik-Potenzial (Quelle: eigene Darstellung)

Neben den Dachflächen hat Sylt an ausgewählten Orten Potenzial für Freiflächenphotovoltaik. Hierbei handelt es sich in erster Linie um Flächen, die nicht über einen Naturschutzstatus verfügen.

Neben der Stromerzeugung aus Sonnenenergie spielt auch die Nutzung von Solarthermie zur Wärmeerzeugung eine Rolle. Hierbei ist zu beachten, dass Solarthermie in erster Linie für die Erwärmung des Brauchwassers, jedoch ohne saisonale Speicherung nur bedingt zur Raumheizung genutzt werden kann. Gemessen an der vorhandenen Dachfläche ergibt sich analog zur Betrachtung des Photovoltaik-Potenzials ein tatsächliches Potenzial zur Wärmeerzeugung aus Solarthermie in Höhe von rund 157.194 MWh/a. Dieser Wert wäre ausreichend, um den Wärmebedarf zu rund 28 % zu decken. Da bereits in der Berechnung des Photovoltaik-

Potenzials die Flächenkonkurrenz zu Solarthermie berücksichtigt wurde, ist dieses Potenzial zusätzlich zu dem Ausbau der Photovoltaik-Anlagen zu sehen.

Im Vergleich der Energieausbeute von Solarthermie und Photovoltaik fällt auf, dass das tatsächliche Potenzial der Solarthermie deutlich über dem tatsächlichen Potenzial für Photovoltaik liegt. Gleichzeitig wird davon ausgegangen, dass für Photovoltaik zwei Drittel und für Solarthermie ein Drittel der tatsächlich belegbaren Dächer zur Verfügung stehen. Der Unterschied in der Energieausbeute liegt in den verschiedenen Wirkungsgraden von Photovoltaik (15 %-20 %) und Solarthermie (50 %-60 %) begründet.

5.3.3.2 Windenergie

In Schleswig-Holstein ist die Windenergie die wichtigste Technik zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien. Dabei handelt es sich fast ausschließlich um Windenergieanlagen im großen Maßstab, die gemäß der Landesplanung auf vordefinierten Windeignungsflächen in Betrieb genommen werden können. Auch in der Umgebung von Sylt sind bereits Windenergieanlagen vorhanden. Auf der Insel selbst sind mit der derzeitigen Rechtslage jedoch keine Flächen für die Nutzung von Windenergie vorgesehen. Potenzial für die Windenergienutzung gibt es somit ausschließlich durch Kleinwindanlagen, beispielsweise auf gewerblich genutzten Flächen.

5.3.3.3 Biomasse

Die Bereitstellung von Biomasse ist je nach Energiequelle in der Regel sehr flächenintensiv und besteht somit für eine Insel nur bedingt. Zur Nutzung im substanziellen Rahmen ist je nach Bedarf und Umfang zu prüfen, inwieweit Potenzial zur Bereitstellung von Biomasse direkt vor Ort oder aus der Region besteht.

5.3.3.4 Umgebungswärme

Eine Möglichkeit der THG-neutralen Bereitstellung von Wärme für Heizung und Warmwasser ist die Nutzung von Wärmepumpen (oberflächennahe Geothermie), die mit Hilfe von Strom die Wärme aus dem Boden, Wasser oder der Luft erzeugen. Hierbei gilt es zu beachten, dass eine Wärmepumpe besonders effizient im sanierten Altbau oder im Neubau verwendet werden kann, da in diesen Fällen eine geringe Vorlauftemperatur zum Heizen ausreichend ist. Bereits heute gibt es einige Stromabnehmer zum Betrieb für Wärmepumpen (siehe Tabelle 88).

Tabelle 8: Anlagenbestand Wärmepumpen (Quelle: Wärmepumpenatlas)

Postleitzahl	Anlagenanzahl
25980	39
25996	7
25997	17
25999	1

Für die Insel Sylt liegt das Potenzial in erster Linie in der Nutzung von oberflächennaher Erdwärme und der Umgebungsluft. Die Wärmeleitfähigkeit liegt überwiegend bei mehr als 2 W/mK auf der Insel. Dennoch könnten auch Geothermische Anlagen zur Stromerzeugung auf der Insel nutzbar sein (siehe Abbildung 24).

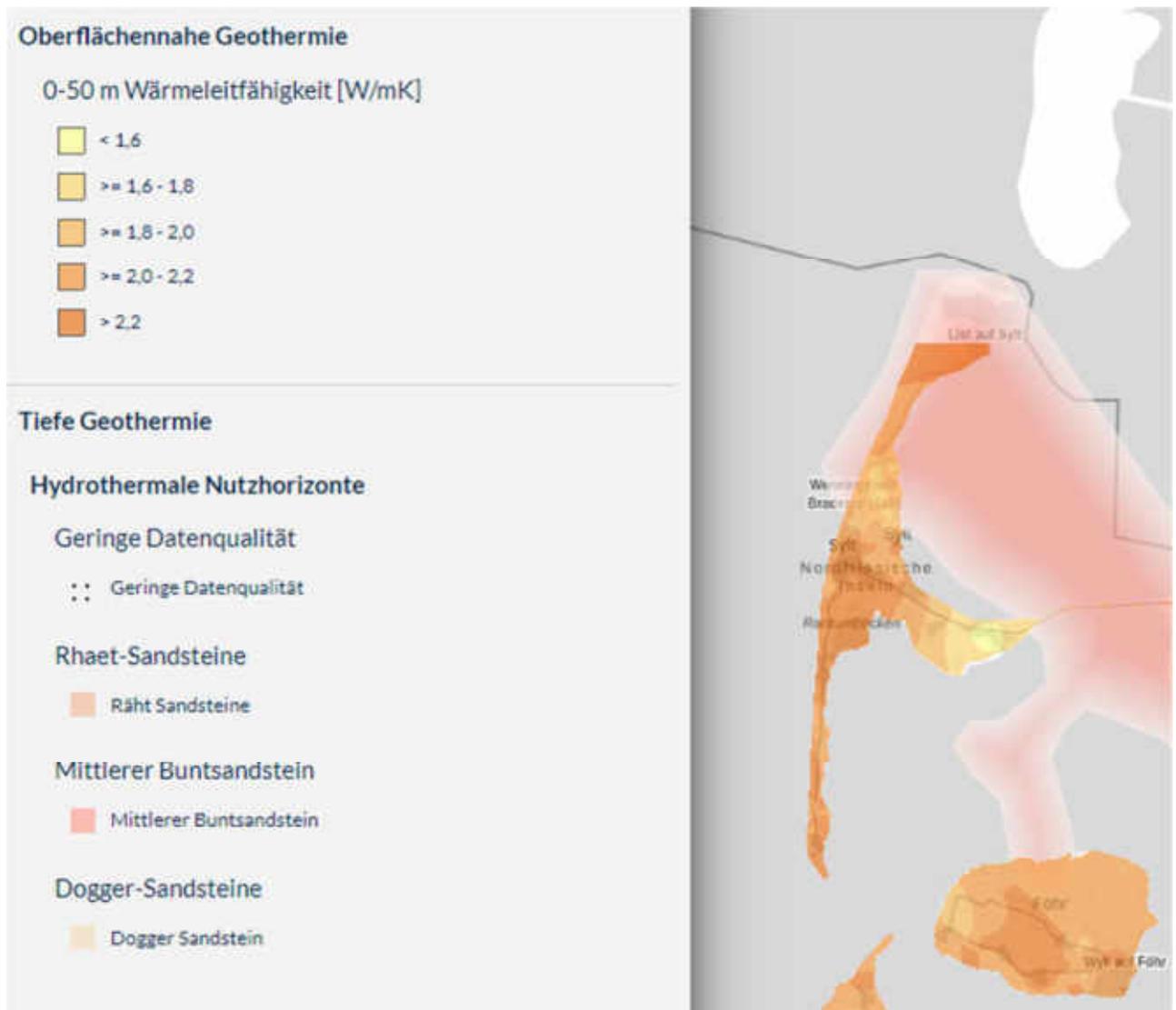


Abbildung 24: Geothermiepotenzial Sylt (Digital Atlas Nord)

Hydrothermale Nutzhorizonte zeigen untersuchungswürdige Sandstein-Horizonte zur Hydrothermalen Nutzung im tieferen Untergrund auf. Im Norddeutschen Becken finden sich Sandsteine in verschiedenen stratigraphischen Abschnitten, die für eine geothermische Nutzung geeignet sind. Auf Grund der vorgegebenen Temperaturanforderungen (> 100°C) kommen für eine geothermische Stromerzeugung nur die Sandstein-Stufen Oberer Keuper (Rät) und Buntsandstein in Frage.

Solche Anlagen werden durch die Bundesregierung mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) gefördert. Das EEG bietet durch feste Vergütungssätze und einen 20jährigen Vergütungszeitraum hohe Planungs- und Investitionssicherheit. Es besteht ein Anspruch auf Einspeisevergütung für den erzeugten Strom gegenüber dem jeweiligen Netzbetreiber (Energieversorgungsunternehmen). Anlagen der tiefen Geothermie zur Strom- und/oder Wärmeerzeugung werden darüber hinaus auch durch das Marktanzreizprogramm gefördert. Im Bereich der tiefen Geothermie spielt die Forschungsförderung eine wichtige Rolle. Welche Schwerpunkte in der Forschungsförderung gesetzt werden, ist aus der aktuellen Förderbekanntmachung zu erfahren.¹³

¹³ Vgl. https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Standardartikel/foerdergebiete_geothermie.html.

5.3.4 Fokus-Analyse Mobilität

Datengrundlage und Methode

Aufgrund der besonderen Tourismusfunktion der Insel, teilt sich die Bilanz der Mobilität in insulare Mobilität, sowie An- und Abreisen. Bei der insularen Mobilität wird das motorisierte Verkehrsaufkommen auf der Insel bilanziert (Territorialbilanz, siehe Insularer Verkehr). Bei der An- und Abreise werden die touristischen An- und Abreisearten betrachtet und miteinander verglichen (siehe

Touristische An- und Abreise).

Die Bilanz der verkehrsbedingten Emissionen basiert auf einer Kombination unterschiedlicher Quellen mit unterschiedlicher Datengüte. Hauptquellen für die Verkehrsbilanz sind:

- Touristische Kennzahlen der Sylt Marketing GmbH
- Regionaldaten des Kraftfahrtbundesamts
- GEMIS-Datenbank
- Daten aus dem Bilanzierungssoftware KlimaNavi nach BSKO-Standard des Landes Schleswig-Holstein
- Deutsche Bahn
- Bestehende Studien von der Insel Sylt.

Personenkraftwagen

Um die Endenergie und THG-Emissionen aus dem PKW-Verkehr Zielgruppen-spezifisch zu ermitteln, kommen verschiedene Bilanzierungsgrenzen bei der Datenanalyse zum Einsatz. Folgendes wurde im Rahmen der Bilanz in Bezug auf den Motorisierten Individualverkehr (MIV) betrachtet:

- 1) zugelassene Fahrzeuge auf der Insel (Verursacherprinzip; Erfassung der Emissionen der Insulaner:innen inklusive „Zweitwohnsitzer:innen“ auf Sylt und andernorts)
- 2) PKW-Fahrleitung der Gäste mit PKW für den An- und Abreiseweg, also auf Sylt und andernorts (Verursacherprinzip)
- 3) PKW-Fahrleistung auf der Insel durch Tourist:innen, Gewerbetreibende, Angestellte, Insulaner:innen (Territorialprinzip)

Bei der Berechnung der THG-Emissionen nach zugelassenen Fahrzeugen auf der Insel wurde u.a. berücksichtigt, dass viele der Fahrzeuge seltener als im Bundesdurchschnitt bewegt werden¹⁴. Die Fahrleitung wurde daher als geringer eingestuft. Es konnte festgestellt werden, dass sich vergleichsweise mehr Fahrzeuge mit großem Hubraum (Sportwagen und große SUV's) im Vergleich zum Landes- und Bundesdurchschnitt auf der Insel zugelassen sind, was sich auf den spezifischen Verbrauch auswirkt. Auch die Emissionen aus dem touristischen An- und Abreiseverkehr finden nach Verursacherprinzip statt. Die THG-Emissionen beziehen sich demnach auch auf Fahrten auf dem Festland auch außerhalb der Insel. Die Ergebnisse lassen sich daher nicht im Vergleich zu anderen Kommunen darstellen (Benchmark), da die THG-Emissionen sonst einer Doppeltbilanzierung unterlägen.

Flugverkehr

Im Flugverkehr werden folgende Bereiche bilanziert:

¹⁴ Durchschnittliche Fahrleistung in Deutschland liegt bei 13.323 Fahrzeugkilometer p.a.; Annahme für Sylt: 70%, da Wohnungen nur temporär bewohnt sind (Zweitwohnsitz)

- THG-Emissionen durch Hin- und Rückflüge auf die / von der Insel (Verursacherprinzip: Private & berufliche Flugreisende mit An- und Abflugstrecke)
- THG-Emissionen durch den Flugverkehr am Sylter Flughafen (Territorialprinzip nach „Landing and Take Off“-Zyklus (LTO)); umfasst den gesamten Flugverkehr auf der Insel in der Flugphase LTO, das betrifft das Starten und Landen sowie den Steig- und Sinkflug unterhalb einer Flughöhe von 3.000 Fuß (914,4 m)).

Schienerpersonenverkehr

Die Bilanzierung des Schienenpersonenverkehrs umfasst folgende Bereiche:

- 1) THG-Emissionen der RE6 zwischen Niebühl und Westerland durch Insulaner:innen, Arbeitnehmer:innen, Tourist:innen
- 2) THG-Emissionen des Sylt Shuttle zwischen Niebüll und Westerland durch Insulaner:innen, Arbeitnehmer:innen, Tourist:innen
- 3) THG-Emissionen durch Hin- und Rückfahrten mit der Bahn durch Tourist:innen.

Güterverkehr

Grundlagen für die Berechnung der THG-Emissionen des Güterverkehrs stellt das sog. KlimaNavi.

5.3.4.1 Insularer Verkehr

Auf Sylt sind insgesamt rund 17.000 Kraftfahrzeuge (KFZ) gemeldet, von denen 78 % Personenkraftwagen (PKW) sind. Bei einer Einwohnerzahl von rund 18.100 liegt die Fahrzeugdichte auf Sylt im Jahr 2020 bei circa 950 Fahrzeugen je 1000 Einwohner:innen. Verglichen mit dem bundesdeutschen Durchschnitt, der bei rund 710 Fahrzeugen liegt, ist die Fahrzeugdichte auf Sylt hoch. Begründet werden kann dies unter anderem mit dem Sylter Autokennzeichen, mit dem ein gewisses Prestige verbunden wird. Zudem genießen Insulaner:innen vergünstigte Transportpreise bei den Autozügen auf die Insel. Viele Personen mit Zweitwohnsitz auf Sylt, diese machen rund 27 % der Einwohner:innen auf der Insel aus, entscheiden sich daher für eine Anmeldung ihres PKWs auf der Insel. Zudem ist der Anteil größer und damit emissionsintensiver PKWs in Nordfriesland durchschnittlich höher als im Rest von Deutschland (siehe Abbildung 25).

Auf der Insel wird der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) über ein Netz aus Linienbussen der Sylter Verkehrsgesellschaft (SVG) abgewickelt. Der Schienenpersonenverkehr beschränkt sich auf die An- und Abreise auf die Insel. Laut DB Regio AG verkehren zwischen Niebüll und Westerland die Dieselloks der RE6 und des Sylt Shuttle (Autozug) in regelmäßigen Intervallen über den Hindenburgdamm.

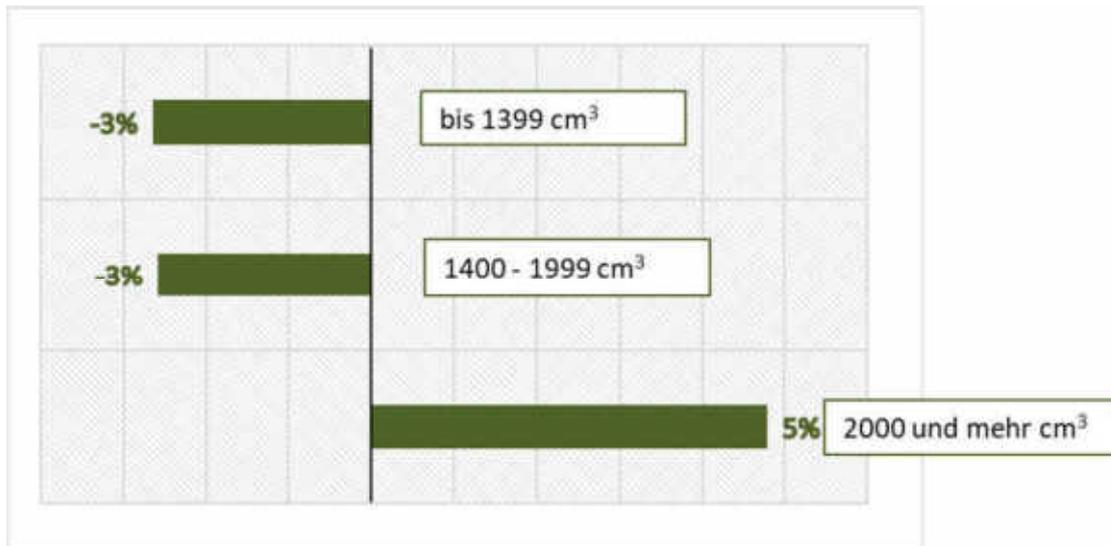


Abbildung 25: Vergleich des Fahrzeugbestandes in Nordfriesland nach Hubraumgröße mit dem Bundesdurchschnitt (Kraftfahrtbundesamt, 2021).

Energieverbrauch und THG-Emissionen 2016

Für die Darstellung der Territorialbilanz im Verkehrssektor wird nachrichtlich zurückgegriffen auf Daten aus dem Jahr 2016, da diese aufgrund ihrer Vollständigkeit ein komplettiertes Bild der Energieverbräuche und THG-Emissionen liefern. Für die Gesamtbilanz wurden hingegen die neuen (noch unvollständigen) Daten genommen um eine Vergleichbarkeit mit den anderen Sektoren zu gewährleisten. Die verkehrsbedingten Endenergieverbräuche liegt zu diesem Zeitpunkt bei rund 65.000 MWh im Jahr und die THG-Emissionen aus dem Verkehrssektor bei 22.200 t CO₂-Äq. (Abbildung 26).

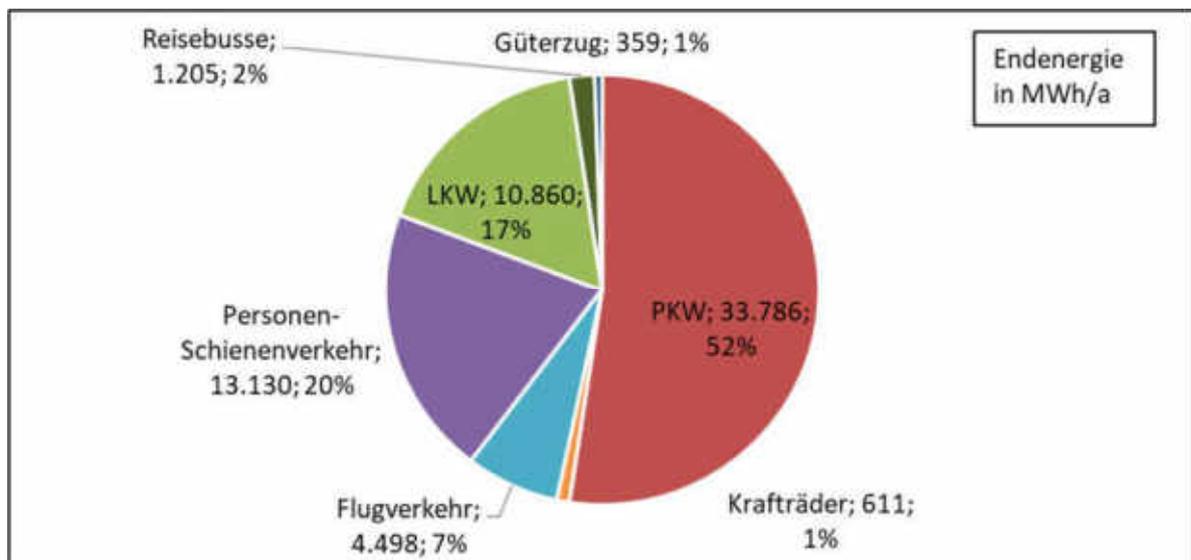


Abbildung 26: Verkehrsbedingte Endenergieverbräuche auf der Insel nach Verkehrsarten basierend auf dem Territorialprinzip aus dem Jahr 2016 (B.A.U.M. Consult nach KlimaNavi).

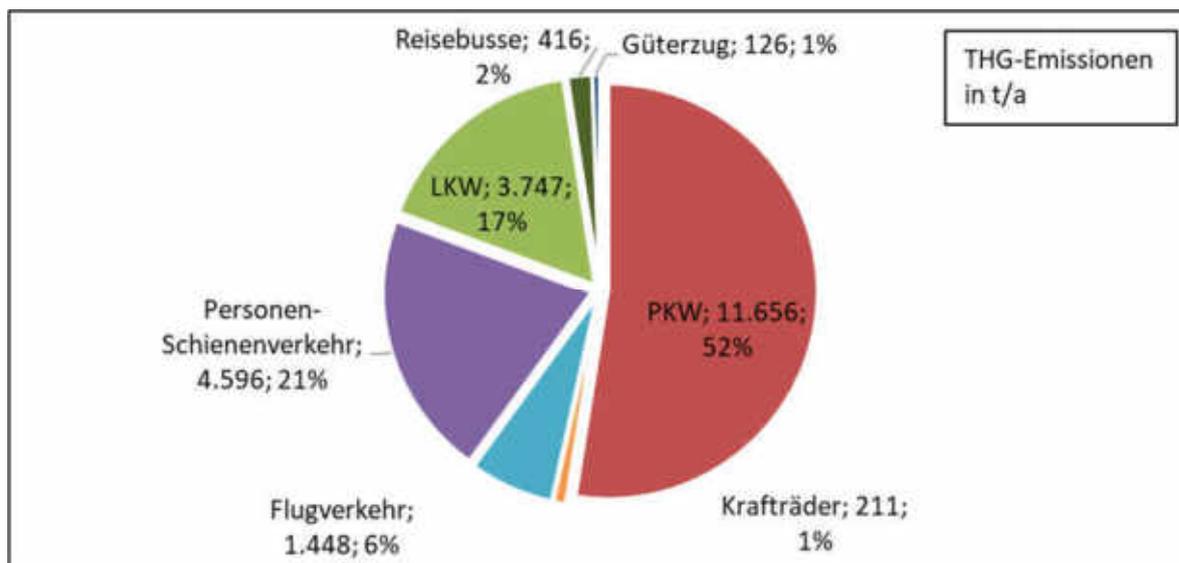


Abbildung 27: Verkehrsbedingte THG-Emissionen auf der Insel nach Verkehrsarten basierend auf dem Territorialprinzip aus dem Jahr 2016 (B.A.U.M. Consult nach KlimaNavi).

Entwicklungspfad bis 2045

Seit 1990 sind die THG-Emissionen im Verkehr nahezu gleichgeblieben. Daher steht der Verkehrssektor vor einer großen Herausforderung. Bis 2030 müssen die THG-Emissionen um 48% gesenkt, bis 2045 um weitere 52% gesenkt werden (Tabelle 9).

Tabelle 9: Entwicklungspfad bis 2045. Quelle: KlimaNavi

Jahr	2016	2030	2045
Sektor Verkehr			
PKW	11.656		
Krafträder	211		
Personen-Schieneverkehr	4.596		
Reisebusse	416		
Luftverkehr	1.448		
Güterzüge	126		
LKW	3.747		
Gesamt	22.200	11.544	0
THG-Minderung ggü. 1990 im Sektor Verkehr		48%	52%

5.3.4.2 Touristische An- und Abreise

Der touristische Verkehr auf, sowie von und nach Sylt hat einen nicht unerheblichen Einfluss auf die THG-Emissionen im Verkehrsbereich auf Sylt. Die Sylter Gemeinden können nur bedingt auf den Tourismus Einfluss nehmen. Abbildung 28 zeigt die Verkehrswahl der Sylt Tourist:innen bei der An- und Abreise auf und von der Insel. Den größten Teil mit rund 61 Prozent machen Tourist:innen aus, die mit dem Personenzug

ohne PKW anreisen. Weitere 26 Prozent reisen mit dem Autozug mit PKW an. Neun Prozent der Tourist:innen fliegen auf die Insel.

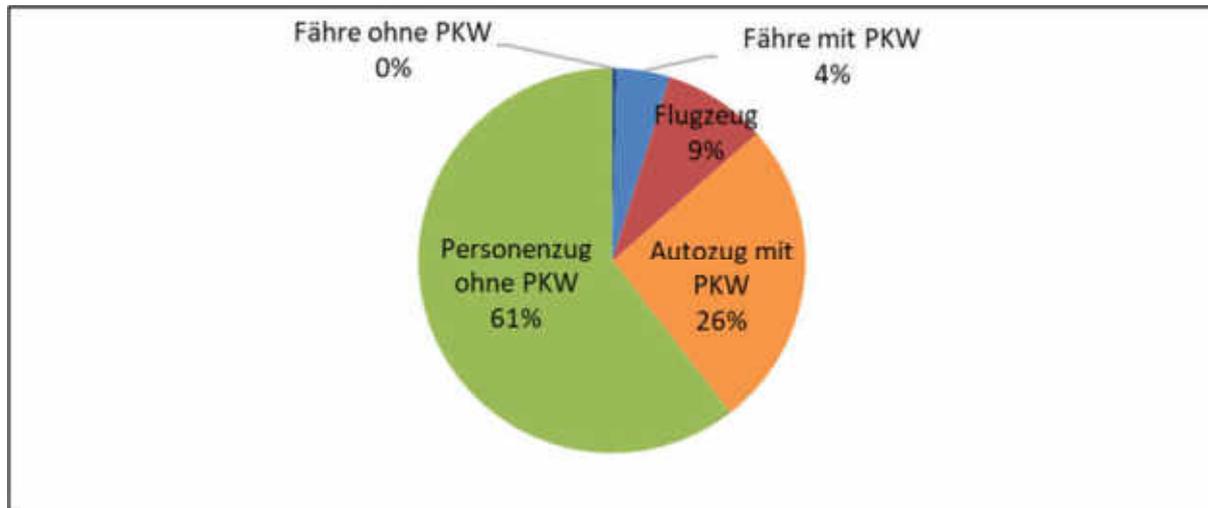


Abbildung 28: Verkehrsmittelwahl zur An- und Abreise nach Sylt, Situationsanalyse Sylt Naturschutzleitlinien, S. 46, 2011

Der überwiegende Teil der Sylt Tourist:innen kommt aus Deutschland (Abbildung 29). Ein Viertel der Tourist:innen kommt aus der näheren Umgebung: Hamburg, Bremen, Schleswig-Holstein, Dänemark. Mehr als die Hälfte kommt aus Mitteldeutschland und etwa ein Fünftel aus dem Süden Deutschlands, Österreich und der Schweiz.

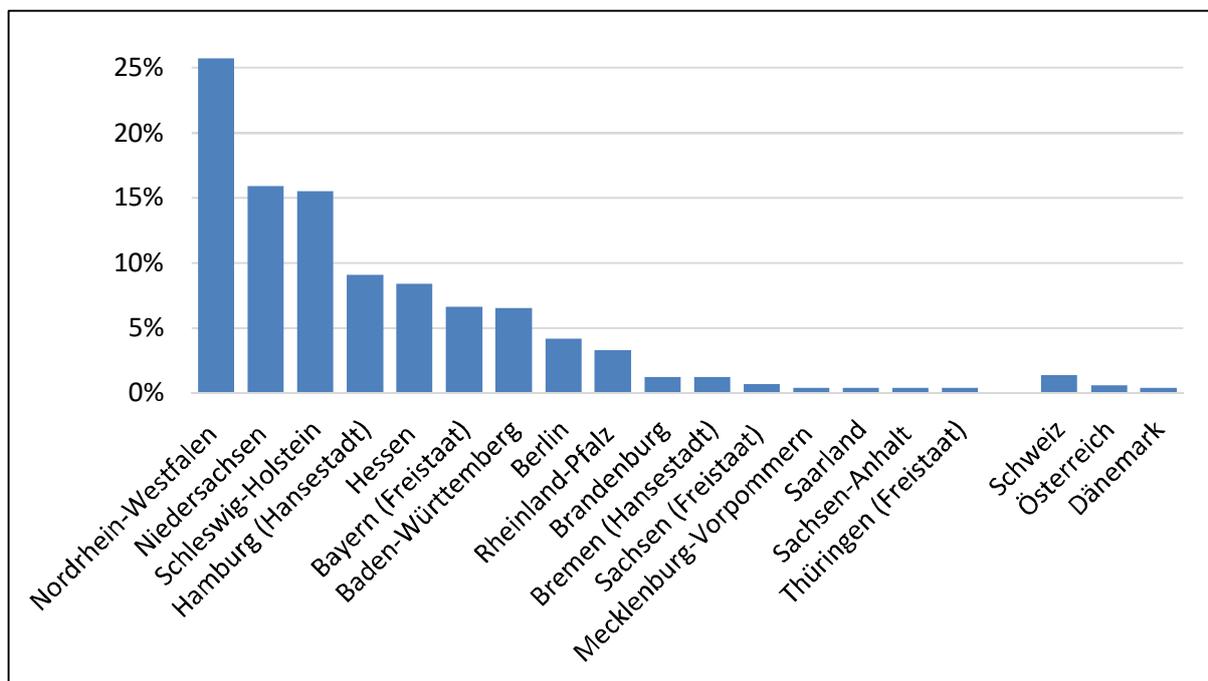


Abbildung 29: Herkunft der Sylt Tourist:innen, Quelle: SMG, 2019.

Alles in allem ist die Mobilität auf Sylt indirekt und direkt stark vom Tourismus beeinflusst. Insbesondere in der Saison steigt die Mobilität durch Tourist:innen und Beschäftigte im Tourismussektor um ein Vielfaches im Vergleich zu der restlichen Zeit im Jahr. Daher gilt es den Tourismus bei Mobilitätsmaßnahmen einzubeziehen.

6 Klimaänderungen und Klimafolgen auf Sylt

In dem folgenden Kapitel werden **Klimaänderungen** auf Sylt vorgestellt und sektorale sowie sektorenübergreifende **Klimafolgen (Betroffenheiten)** dargestellt. Für die Benennung von potenziellen Klimaänderungen für die Insel Sylt wurden ein Ensemble von EURO-CORDEX Klimamodellergebnissen (Giorgi, Jones, & Asrar, 2009) sowie Daten vom Deutschen Wetterdienst (DWD, 2021) ausgewertet und interpretiert.

Die globale Mitteltemperatur ist seit der Industrialisierung bereits um 1,2 °C angestiegen (WMO, 2021). Niederschlagsmuster haben sich verändert und Extremwetterereignisse nehmen an Intensität und Häufigkeit zu. In den vergangenen 100 Jahren ist der Meeresspiegel an der deutschen Nordseeküste um etwa 20 cm angestiegen (Eiler, 2019). Vorausgesetzt die Erderwärmung kann auf maximal zwei Grad reduziert werden, wird der Meeresspiegel an der Nordsee bis zum Jahr 2100 um voraussichtlich weitere 50 cm ansteigen (ebd.).

Der Anstieg der globalen Mitteltemperaturen führt schon heute zum Schmelzen des Grönlandeises sowie der Westantarktis, was als Konsequenz zu einer Verstärkung des globalen **Meeresspiegelanstiegs** führt. Der genaue Temperatur-Schwellenwert bzw. der Kipppunkt, bei dem die Eisschilde komplett und unumkehrbar abschmelzen werden, ist jedoch noch unbekannt (Fischer, 2021). Solche sogenannten **Kipppunkte** erhöhen die Unsicherheiten in den Klimaprojektionen und sollten in die Risikoabschätzung für die Insel Sylt mit einfließen (PIK, 2018). Wie jede Risikoabschätzung, welche den Erhalt von Wohlstand und Wohlbefinden der Bewohner*innen, die Funktionalität der Infrastrukturen sowie eine intakte Natur zum Ziel hat, muss die Klimafolgenanalyse die ungünstigste Entwicklung des Klimas miteinbeziehen. Die Analyse der klimatischen Änderungen erfolgt daher mit Klimamodellergebnissen, welche auf dem „Worst-Case“-Szenario RCP8.5 basieren (Van Vuuren et al., 2011). Das „Worst-Case“-Szenario RCP8.5 nimmt einen Klimawandel an, welcher ohne wirksamen Klimaschutz eintreten wird. Darüber hinaus wurde zum Vergleich das mildere Szenario RCP4.5 ausgewertet und interpretiert.

6.1 Meeresspiegelanstieg und steigende Wassertemperatur

Das globale Klimasystem speichert durch den **menschenverstärkten Treibhauseffekt** zusätzliche Energiemengen. Diese Überschuss-Energie wird zum überwiegenden Teil (etwa 93 Prozent) von den Weltmeeren aufgenommen, welche sich in der Folge erwärmen (DKK, DMG, DWD, EWK Hamburg, 2020). Alarmierend für Sylt ist, dass die **Erwärmung der Nordsee** doppelt so schnell erfolgt wie die der restlichen Ozeane (Koch, L., 2019). Seit 1960 ist die Nordsee 1,7 °C (AWI, 2014) wärmer geworden. Zudem traten neun der zehn wärmsten Jahre nach 1988 auf und bilden eine Reihe von alarmierenden Temperaturrekorden.

Die Messungen am Pegel in Cuxhaven belegen einen signifikanten Anstieg des Meeresspiegels über die gesamte Analyseperiode. Der Meeresspiegel stieg in den letzten 50 Jahren dort um etwa 15 cm an. Von 1918 bis heute, lag der Anstieg bei durchschnittlich 1,6 mm/Jahr (Helmholtz-Zentrum hereon, o.D.).

Klimamodelle projizieren für die Nordsee einen Anstieg der mittleren Wassertemperatur im Sommer um bis zu 4 Grad Celsius bis zum Jahr 2100 (AWI, 2015). In Kombination mit weiteren Umweltfaktoren, wie der **Ozeanversauerung**, beeinträchtigt die Erwärmung der Nordsee das Leben im Meer und gefährdet für Menschen wichtige **Ökosystemdienstleistungen** (AWI, 2017).

6.2 Klimawirkung Erosion

Sylt unterliegt der **natürlichen Verlagerung** der nordfriesischen Inseln in Richtung Osten (Wüstefeld, 2000). Ein Prozess, der mit dem Ende der jüngsten Eiszeit vor knapp 15 000 Jahren begann (ebd.). Die Westküste unterlag seit jeher permanentem Abtrag. Vor rund 1000 Jahren verlief die (West) Küstenlinie eineinhalb Kilometer weiter westlich als heute (Mohaupt, 2013). Ein durchschnittlicher Verlust an der Westküste von 0,9 m pro Jahr in der Zeit von 1870–1952 bis zu 1,5 m pro Jahr in der Zeit zwischen 1952–1984 wurde von (Quante, 2016) nachgewiesen. Westwinde und die dadurch hervorgerufene Brandung, sowie Kliffabbrüche durch Sturmfluten stellen ein Risiko für die Küste dar. Diesem wird mit **Sandvorspülungen** entgegengewirkt. Durch diese Küstenschutzmaßnahme wurden zwischen 1972 und 2020 circa 60 Millionen m³ Sand im Gesamtwert von rund 235 Millionen Euro an den Küsten Sylts aufgebracht (Koch, L., 2019). In Westerland wird die Erhöhung der Schutzmauer seit 2019 mit Beton für durchschnittlich 1,5 Millionen Euro verstärkt (ebd.).

Die Abbrüche an den Vordünen und am roten Kliff verdeutlichen, dass die Westküste als potenzielles Baugebiet ungeeignet ist. Die Entwicklungen an der Ostseite erscheinen mittelfristig dagegen nicht so gravierend, jedoch ist auch hier durch eine großflächige Ausräumung der Wattpriel-Systeme sowie eine verstärkte Erosion an der Uferkante ein weiteres Abtragen von Sand zu erwarten (Kaminske, 2021).

Nach Simulation der Inselentwicklung bis zum Jahr 2050 vom AWI mit einer Variation der verschiedenen Einflussfaktoren beinhalteten fast alle Varianten Materialverluste. Nur eine Simulation, basierend auf praktizierenden Sandvorspülungen konnte einem erheblichen Verlust entgegenwirken (ebd.). Bisher ist ein Ausgleich durch Sandvorspülungen denkbar, selbst wenn sich die Sandverluste durch den Klimawandel im Worst-Case Szenario bis zum Jahr 2050 verdoppeln (Ahrendt, 2002). Die Beschaffung der begrenzten Sandressource als Material sowie die Hinweise auf Schädigung der Unterwasserökologie durch den Sandabbau könnten in Zukunft eine andere Vorgehensweise notwendig machen (Kaminske, 2021).

Sollten die Sandaufspülung nicht mit der Erosion durch Herbst- und Winterstürme mithalten, würde es zu einer Rückverlegung der Westküste kommen (ebd.). Sanddepots und Kliff würden ggf. angegriffen und es könnte zu einem Verlust von Grundstücken in der 1. Reihe kommen (ebd.).

6.3 Steigende Mitteltemperaturen und Hitzeereignisse

Wie die folgenden Datenauswertungen zeigen, sind global **spürbare Klimaveränderungen** auch auf Sylt messbar. Abbildung 30 zeigt den Verlauf der Jahresmitteltemperatur auf Sylt über den Zeitraum der Jahre 1881 bis 2020. Die angegebenen Mittelwerte (oben links) für die 30-Jahres-Zeiträume verdeutlichen die zunehmenden Jahresmitteltemperaturen auf Sylt. Trotz der natürlichen Temperaturschwankungen während des beobachteten Zeitraums lässt sich eine statistisch signifikante Zunahme der mittleren Jahrestemperatur von etwa 0,1 °C pro Dekade über den gesamten Zeitraum erkennen. In den letzten 70 Jahren betrug die Zunahme etwa 0,3 °C pro Dekade und in den letzten 30 Jahren sogar 0,5 °C pro Dekade – der Temperaturanstieg hat also stark zugenommen.

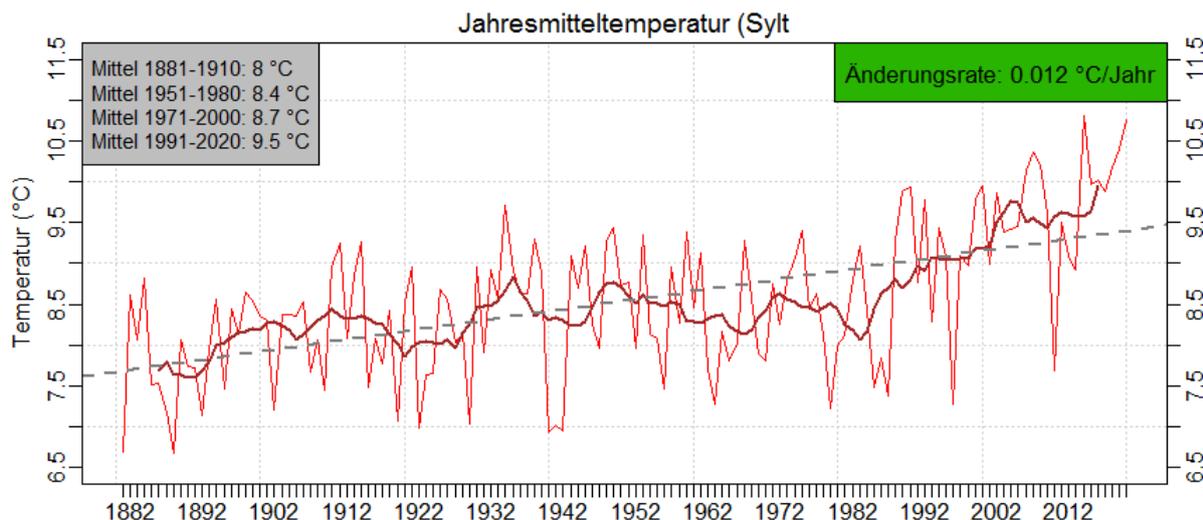


Abbildung 30: Eigene Darstellung GreenAdapt 2021. Jahresmittel der Temperatur für die Insel Sylt unter Verwendung von DWD Daten für den Zeitraum 1981 bis 2020. Die dunkelrote Linie zeigt einen 10-jährigen laufenden Mittelwert. Rechts oben: Grün = signifikanter Trend

Die Projektion der Entwicklung der Jahresmitteltemperatur auf Sylt zeigt beispielsweise unter RCP8.5 für die nahe Zukunft (2031-2060) eine Zunahme von 1,5 bis 2,1 °C und für die ferne Zukunft (2071-2100) eine Zunahme von 2,5 bis 3,6 °C (Vgl. Tabelle 10). Das Jahresmittel der Temperatur auf Sylt würde dann auf circa 12,3 °C ansteigen (Vgl. Abbildung 31).

Tabelle 10: Projektionen der Jahresmitteltemperatur auf Sylt für die nahe Zukunft (2031-2060) und die ferne Zukunft (2071-2100). Eigene Auswertungen auf Basis von CORDEX-Daten (Angabe des 15. und 85. Perzentils).

Zeitraum	Jahresmitteltemperatur RCP4.5	Jahresmitteltemperatur RCP8.5
2031-2060	+0,9 bis +1,4 °C	+1,2 bis +2,1 °C
2071-2100	+1,5 bis +2,1 °C	+2,5 bis +3,6 °C

Im Vergleich mit den Klimaveränderungsprognosen des Climate Service Center Germany (GERICS) für den Landkreis Nordfriesland ergaben sich bezüglich der zukünftigen Temperaturänderungen für Sylt, unter beiden RCP (4.5 und 8.5) Szenarien deckungsgleiche Trends, wobei das GERICS tendenziell immer ein wenig stärkere Maximal-Temperaturanstiege prognostiziert, (Pfeifer S, Bathiany S, Rechid D, 2021). Dies ist hauptsächlich auf die abweichende Angabe von Minima und Maxima zurückzuführen. GERICS verwendet dafür die Modellergebnisse mit jeweils kleinster und größter Änderung. Hier wird auf das 15. und 85. Perzentil zurückgegriffen – dies verringert die Abhängigkeit von einzelnen Modellen. Weiterhin beziehen sich die Angaben in dieser Studie sich auf die Insel Sylt und nicht den gesamten Kreis. Die Auswahl der verwendeten Modelle ist ebenfalls abweichend.

Der Temperaturanstieg macht sich auch in der einzigartigen Biotoplandschaft Sylts bemerkbar. Diese ist von überregionaler Bedeutung, da sie mit ihren zwei Heidengebieten, Geestheide und Dünenheide, die Hälfte des schleswig-holsteinischen Heidebestand ausmacht (ISTS , o.D.). Durch die steigenden Temperaturen in

Verbindung mit sogenannten atmogenen Stickstoffeinträgen, verändert sich die Vegetationsstruktur der seltenen Pflanzengemeinschaften. Dies wiederum wirkt sich auf die Tierpopulation bspw. der Zauneidechse (*Lacerta agilis*) aus. Für deren **Bestandsrückgang** wurde die Abnahme der spärlich bewachsenen Weiß- und Graudünen zugunsten der stärker bewachsenen Grau- und Braundünen als wesentliche Ursache identifiziert (Winkler, 2016). Zudem wurden großflächige Verbrennungen von atlantischer Dünenheide durch Sonneneinstrahlung und Trockenheit im Sommer 2018 zunehmend beobachtet (Koch, 2018). Durch einen niedrigen Grundwasserspiegel ist die Feuchtigkeit der Dünentäler, dem Habitat der Kreuzkröten, bedroht (Klockenhoff, 2020).

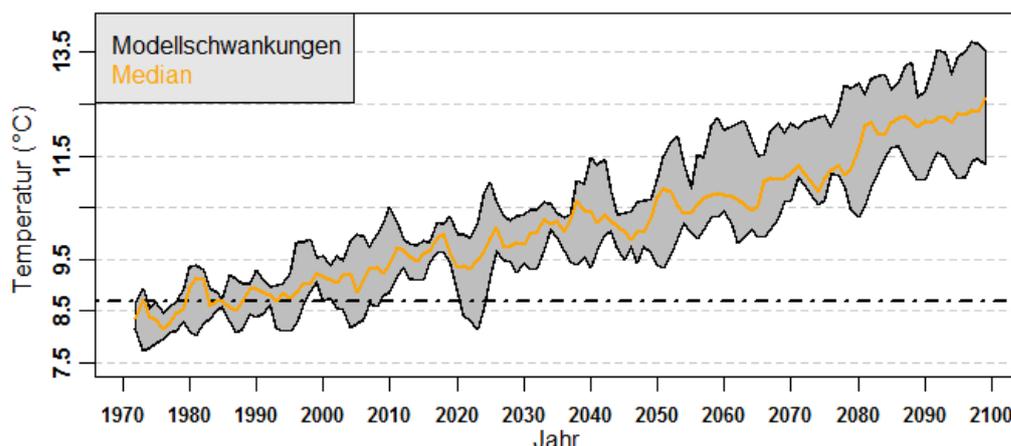


Abbildung 31: Projektion vom Jahresmittel der Temperatur auf Sylt unter dem „Worst-Case-Szenario“ (RCP8.5). Eigene Darstellung auf Basis von CORDEX-Daten. Die Modellschwankungen sind zwischen dem 15. und 85. Perzentil dargestellt.

Der Temperaturanstieg wirkt sich in großem Umfang auf den Tourismus aus. So kommt es zu einer **Verlängerung der Draußen-Saison** mit **Auswirkungen auf die Freizeitmobilität**, z. B. vermehrter Radverkehr im Winter und in der Übergangsjahreszeit. Auch mit einer **steigenden Nachfrage nach Außengastronomie** mit entsprechenden Lärmemissionen ist zu rechnen. Diese Zunahme im Tourismusbetrieb bringt bereits einige Gastronomiebetriebe an ihre Leistungsgrenzen. Der Mangel an Personal ist teilweise den fehlenden Unterbringungsmöglichkeiten auf der Insel geschuldet (Bündnis 90/Die Grünen, o.D.). Auch der Kurort und Heilbäder Status auf Sylt mit ihren spezifischen Strukturen ist von seiner bioklimatischen Lage und seiner Qualität abhängig (DTV & DHV, 2005) und somit direkt von steigenden Mitteltemperaturen und der Zunahme von heißen Tagen betroffen. Auch die Wasserqualität ist ein wichtiges Qualitätsmerkmal von Kurorten und Heilbädern (ebd.). Klimawandelfolgen wie eine **Verschlechterung der Wasserqualität** durch die Zunahme durch beispielsweise Algen könnten den Status dieser Orte ebenfalls beeinträchtigen (ebd.).

6.4 Saisonales Temperaturmittel auf Sylt

Um die Temperaturveränderung mit ihren Auswirkungen einzuordnen, wird auch die Entwicklung der saisonalen Temperaturen auf Sylt betrachtet. Wie in der Tabelle 11 dargestellt, weisen beispielsweise die Frühlingstemperaturen im Beobachtungszeitraum eine Zunahme von durchschnittlich 0,04 °C pro Jahr auf. In Hinblick auf die Projektionen nach dem „Worst-Case“ Szenario RCP8.5 liegen die saisonalen Temperaturzunahmen zwischen 1,2 und 2,3 °C für den Zeitraum 2031-2060. Zum Ende des Jahrhunderts sind jahreszeitliche Temperaturzunahmen von 2,4 bis 3,7 °C zu erwarten (vgl. Tabelle 11).

Tabelle 11: Saisonales Temperaturmittel auf Sylt. Quelle: Eigene Auswertungen auf Basis von CORDEX-Daten (Angabe des 15. und 85. Perzentils).

Saison	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Änderungsrate °C/Jahr	+ 0,04°	+ 0,02 °C	+ 0,02 °C	+ 0,03 °C
Mittel 1971-2000 °C	7,2 °C	15,8 °C	9,9 °C	2,1 °C
Projektionen 2031-2060 RCP8.5	+1,3 bis +1,8 °C	+1,2 bis +1,8 °C	+1,5 bis +2,0 °C	+1,2 bis +2,3 °C
Projektionen 2071-2100 RCP8.5	+2,6 bis +3,2 °C	+2,4 bis +3,1 °C	+3,1 bis +3,7 °C	+2,8 bis +3,6 °C

Klimasignale Sommertage und heiße Tage mit Temperaturen über 30 °C (heiße Tage) stellen ein erhöhtes Risiko für Natur und Mensch dar. Im Referenzzeitraum gab es durchschnittlich 0,6-mal im Jahr auf Sylt einen heißen Tag (siehe Abbildung 32). Im Vergleich zum Rest der Bundesrepublik ist dieser Wert sehr niedrig – so gab es bspw. in Bamberg etwa 7 und in Augsburg etwa 5 heiße Tage pro Jahr zwischen 1971-2000 (Eigene Auswertungen auf Basis von DWD-Daten). Gegen Ende des Jahrhunderts ist im Worst-Case Szenario mit 4,0 bis 5,4 heißen Tagen pro Jahr zu rechnen. Unter RCP4.5 steigt die Tageshöchsttemperatur 1,5- bis 2,4-mal im Jahr auf mindestens 30 °C (relative Werte siehe Abbildung 342).

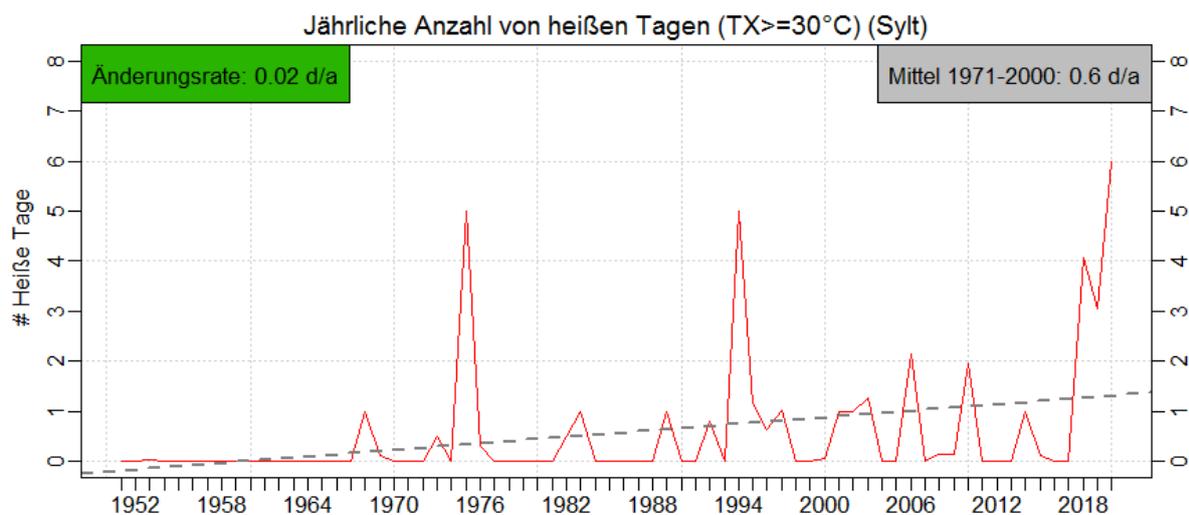


Abbildung 32: Jährliche Anzahl der heißen Tage mit Höchsttemperatur über 30 °C für die Insel Sylt unter Verwendung von DWD-Daten für den Zeitraum 1951 bis 2019 (d/a = Tage pro Jahr). Links oben: Grün = signifikanter Trend. Eigene Darstellung GreenAdapt 2021.

Ein Anstieg der Anzahl an **Sommertagen** mit Temperaturen von über 25 °C ist ein weiterer Indikator für die Entwicklung von Hitzeereignissen. Hier wird die Entwicklung noch deutlicher als bei den relativ selten auftretenden heißen Tagen. Auf Sylt kann trotz natürlicher Schwankungen eine deutliche signifikante Zunahme von 0,16 Tagen pro Jahr verzeichnet werden, wie in Abbildung 33 zu erkennen ist. Die meisten Sommertage traten im Jahr 2018 auf – hier kam es zu mehr als 30 Sommertagen, also nahezu der vierfache Wert aus dem Referenzzeitraum.

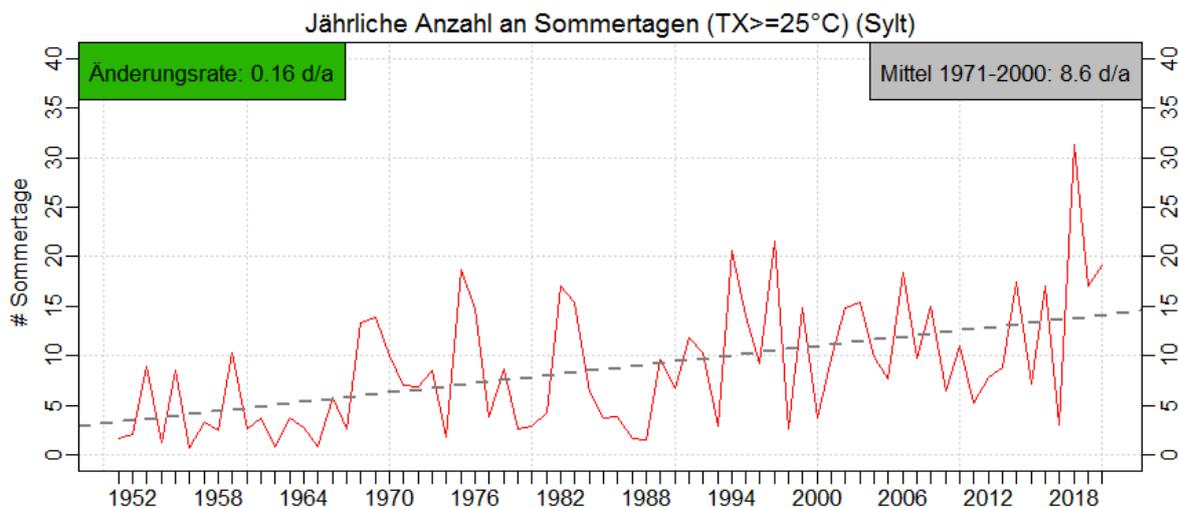


Abbildung 33: Eigene Darstellung GreenAdapt, 2021. Jährliche Anzahl an Sommertagen mit Höchsttemperaturen von mindestens 25 °C für die Insel Sylt unter Verwendung von DWD-Daten für den Zeitraum 1951 bis 2020 (d/a = Tage pro Jahr). Links oben: Grün = signifikanter Trend.

Aus der Analyse der Sommermitteltemperaturen im Referenzzeitraum sowie den Projektionen für die Sommertemperaturen in naher und ferner Zukunft konnte folgende Vergleichsdarstellung gewonnen werden (siehe Abbildung 34).

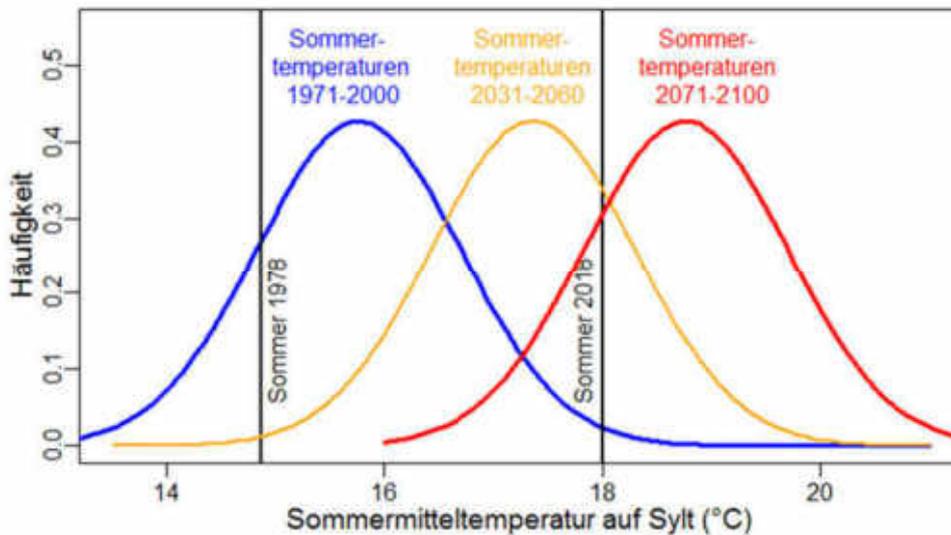


Abbildung 34: Vergleich der Sommermitteltemperaturen im Referenzzeitraum (blau), in naher (gelb) und ferner Zukunft (rot). Die Sommermitteltemperaturen 1978 und 2018 sind durch eine schwarze vertikale Linie markiert. Eigene Darstellung basierend auf Auswertungen von DWD und CORDEX-Daten.

Die Verteilungskurven machen deutlich, dass beispielsweise im Referenzzeitraum kühle und warme Sommer innerhalb der natürlichen Schwankungen möglich waren. Es gab bspw. relativ kühle Sommer wie den des Jahres 1978. Der Sommer 2018 wiederum fällt auf, dass er im Vergleich zur Verteilung der Jahre 1971 bis 2000 als sehr selten und ungewöhnlich warm angesehen werden muss. Bei einer zu erwartenden Zunahme der Sommermitteltemperaturen unter einem Szenario RCP8.5 ergibt sich eine andere Verteilung (gelbe Glockenkurve) für die nahe Zukunft (2031-2060). Der Sommer 2018 ist in diesem Zeitraum lediglich einer der wärmeren, jedoch kein extremer Sommer mehr. In ferner Zukunft (rote Verteilung) wird ein Sommer 2018

eher zu den kühleren Sommern gehören. Dieser Vergleich ist von großer Relevanz bei der Einschätzung von Klimafolgen unter den angenommenen klimatischen Änderungen. Die Herausforderungen, welche die Insel Sylt im Sommer 2018 zu bewältigen hatte, werden in naher und mehr noch ferner Zukunft regelmäßig auftreten und machen eine Anpassung an diese dringend notwendig.

Während hitzebezogene Ereignisse in der Vergangenheit zugenommen haben, nehmen demgegenüber Frost-, Schnee- sowie Eistage in der Vergangenheit signifikant ab (eigene Auswertungen unter Verwendung von Daten des DWD). Diese Entwicklung wird sich in Zukunft fortsetzen (siehe Tabelle 11).

Die Klimafolgen welche durch die Zunahme von Sommer- und Hitzetagen verursacht werden, sind bereits heute spürbar. Dies wird beispielsweise im Sektor Wasser deutlich. Von großer Bedeutung für Mensch und Natur, aber auch die Wirtschaft ist die Versorgung mit Süß- bzw. Trinkwasser. Ansteigende Temperaturen, die damit einhergehende **zunehmende Verdunstung** und auch die u. U. abnehmenden Sommerniederschläge sowie länger andauernden Trockenphasen werden sich auf die Wasserverfügbarkeit auswirken (DVGW , 2021). Die komplexen Wasserversorgungssysteme sind direkt vom Klimawandel betroffen. Das Trinkwasser von Sylt wird aus der Süßwasserlinse unter dem Geestkern entnommen. Diese wird durch versickerndes Niederschlagswasser aufgefüllt und neu gebildet. Das Trinkwasser ist bei Förderung etwa acht bis zehn Jahre alt (SHZ, 2014). Laut der Energieversorgung Sylt übertrifft die Grundwasserneubildung die Wasserentnahme (Wember, 2021), jedoch führt der witterungsbedingt steigende Wasserverbrauch auf der Insel Sylt zu einem Anstieg der Fördermenge (Henningsen, 2018). Von großer Bedeutung auf der Insel Sylt sind die Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs auf die Süßwasserlinse. Durch diesen wird sich das Volumen der Linse mit steigendem Meeresspiegel verringern (Schramm, 2014). In Summe führen diese Faktoren zu einer **Abnahme der nutzbaren Wasserressourcen** (DVGW , 2021).

Der touristische Ausbau verschärft zusätzlich dieses Problem (ebd.). Es ist damit zu rechnen, dass der hohe Wasserverbrauch durch die Inselgäste sich in Zukunft mit der Ausweitung der Tourismussaison mit zunehmenden Temperaturen und heißen Tagen immer weiter verschärfen wird. Wird langfristig mehr Trinkwasser entnommen als sich neu bildet, kann dies zum Eindringen von Salzwasser in die Grundwasserlinse führe (Schramm, 2014).

Zudem trägt während langanhaltender Trockenperioden eine intensive Gartenbewässerung durch Grundstücksbesitzer*innen bzw. die beauftragten Gartenpflegebetriebe zu einem höheren Wasserverbrauch bei (Lund, J., 2018). Häufig findet die Bewässerung durch externe Betriebe tagsüber statt, wenn die Verdunstungsrate höher ist und somit einen noch höheren Wasserverbrauch zur Folge hat (ebd.).

Die Folgen des Klimawandels in Form von **gesundheitlichen Schäden durch Wetterextreme** wie Stürme, Starkregenniederschläge oder Hochwasser nehmen zu (adelphi / PRC / EURAC, 2015). Auch zunehmende Hitze kann sich negativ auf die Gesundheit und Lebensqualität der Bewohner*innen sowie Besucher*innen der Insel Sylt auswirken.

Im Allgemeinen sind hitzevulnerable Personen, wie beispielsweise Menschen mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen, einem um bis zu **15 % erhöhten Sterblichkeitsrisiko** ausgesetzt (DGK , 2019). Zum anderen nehmen Badeunfälle und Ertrinkungsfälle grundsätzlich in von Hitzewellen geprägten Monaten zu, da mehr Menschen das Wasser aufsuchen (DLRG , 2021).

6.5 Klimaanalogregion

Um mögliche zukünftige Klimaveränderungen für die Insel Sylt greifbarer zu machen, wurden auf Basis der zu erwartenden klimatischen Veränderungen klimaanaloge Regionen in Europa identifiziert. Diese weisen bereits heute die Klimabedingungen auf, welche auf Sylt bis zum Ende des Jahrhunderts unter dem „Worst-Case“-Szenario RCP8.5 zu erwarten sind.

Der Vergleich zwischen den Regionen basiert auf den monatlichen Temperatur- und Niederschlagsdaten. Dazu wurden WorldClim-Daten mit einer Zellgröße von etwa 21 km² verwendet, um das Klima im Zeitraum 1990 bis 2018 zu ermitteln. Das Optimum der Analyse fand sich für die Südküste Englands. Unter Einbeziehung weiterer Faktoren, die einen Vergleich erleichtern, wie einer Insellage, wurde die Isle of Wight als Klimaanalogon bestimmt. Die Verteilung der monatlichen Niederschläge passt gut zum zukünftigen Klima Sylts. Die Temperaturen sind im Winter leicht wärmer auf der Isle of Wight und im Sommer leicht zu kühl. Die für den Tourismus relevanten Monate sind also am Ende des Jahrhunderts noch etwas wärmer als auf der Isle of Wight heute.

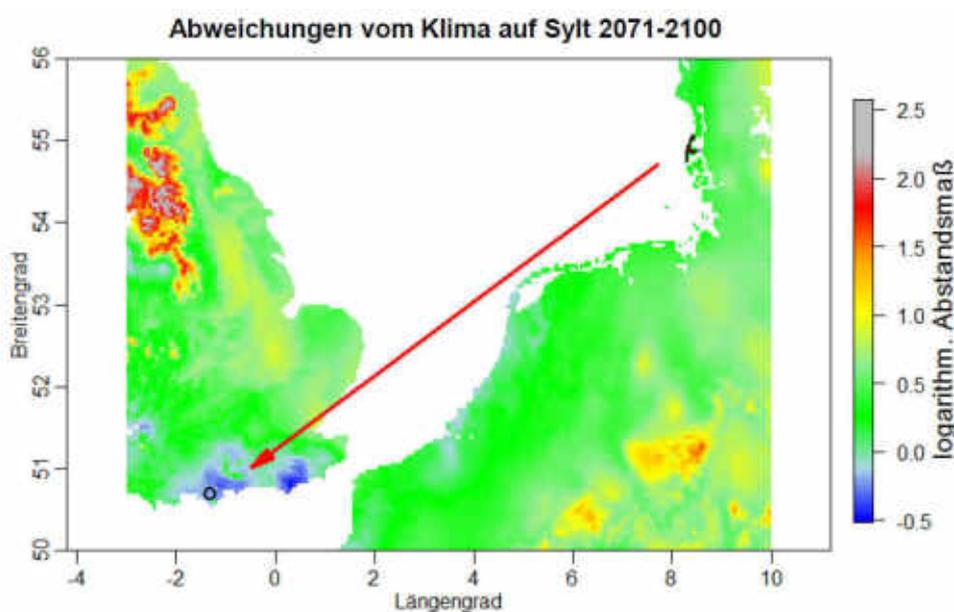


Abbildung 35: Vergleichsregion für das Sylter Klima zum Ende des 21. Jahrhunderts. Die blauen Flächen markieren Gebiete, welche als klimaanaloge Regionen ermittelt wurden. Quelle: Eigene Abbildung GreenAdapt 2021.

6.6 Auswirkungen auf Flora und Fauna

Tiere und Pflanzen reagieren sensibel auf die Erwärmung, was weltweit bereits zu einer Verschiebung mit teils tief reichenden **Veränderungen der Verbreitungsgebiete von Pflanzen und Tieren** führte. Einigen Arten wie der Fisch Dreistachlicher Stichling (*Gasterosteus aculeatus*), die Informationen über ihre Lebensbedingungen ohne Genveränderung an ihren Nachwuchs weitergeben können, werden dem Klimawandel trotzen können. Ein Großteil der Pflanzen und Tieren wird sich jedoch an die raschen klimatischen Veränderungen nicht anpassen können (AWI, 2015). Das Seegras beispielsweise kann durch den steigenden Meeresspiegel nicht schnell genug nachwachsen, was zu einer **Abnahme der Seegrasbestände** führt. Seegras dient zahlreichen Fischarten als „Kinderstube“ - der Rückgang bedroht somit Fischpopulationsbestände, welche bereits heute stark überfischt sind (AWI, 2014). Aufgrund der klimabedingten Erwärmung der Nordsee wandern altingesessene Arten wie z. B. der Kabeljau Richtung Norden, wo die Wassertemperaturen noch Werte wie vor rund 15 Jahren aufweisen (ebd.).

Zuwanderungen von invasiven Tier- und Pflanzenarten bedrohen die heimische Artenvielfalt und Ökosysteme. Ein Beispiel dafür ist die **pazifische Auster**, welche die heimische Miesmuschelpopulation stark zurückdrängt (ebd.). Da Letztere die Hauptnahrung für den Austernfisch bilden, können starke Veränderungen innerhalb der Nahrungskette erwartet werden (ebd.).

Weitere eingeschleppte Arten wie die **Schlauchalge** *Vaucheria velutina* könnten bisher noch unabsehbare ökologische Folgen für das Wattenmeer mit sich bringen (DBG, 2020). Der Schlick verfängt sich in den *Vaucheria*-Algen, wodurch die Gänge der Wattwürmer verstopft werden. Weite Sandwatten werden in Schlickwatten umgewandelt (ebd.). Das gesamte Leben im Watt ist von der Arbeit der Wattwürmer abhängig, können diese den Sand nicht mehr umschichten, könnte das Wattenmeer die Fähigkeit, sich dem steigenden Meeresspiegel anzupassen, verlieren (ebd.).

Weitere Klimafolgen, die dem Wattenmeer bei der Erhöhung des Meeresspiegels drohen, sind:

„Absaufen“ des Watts. Keine Flächen können mehr trockenfallen, das ganze Ökosystem würde kollabieren und seine Funktion als Drehscheibe des Vogelzuges verlieren (AWI, 2014).

Die Verbreitung der Wattströme wird sich fortsetzen und eine Verkleinerung der Wattflächen zur Folge haben (Ahrendt, 2002).

Ein Meeresspiegelanstieg beeinflusst die Zonierung der Pflanzengemeinschaften in hohen Salzwiesen, welche sich in niedrige Salzwiesengemeinschaften verwandeln (Quante, 2016). Als erwarteter Grund für das Pflanzensterben wird der Meeresspiegelanstieg besonders für die Zonierung von Käfern und Spinnen entscheidend sein. Spezies der niedrigen Marsch werden höher wandern, wohingegen der Deich ein Limit für höher gelegene Arten darstellt (ebd.).

Der klimatisch bedingte langfristige Anstieg der Durchschnittstemperatur hat nicht nur ökologische Auswirkungen, sondern beeinflusst bzw. begünstigt auch die Ausbreitung **gesundheitsgefährdender Keime und Krankheitserreger**, die von dem wärmeren Klima profitieren, wie beispielsweise Vibrionen (AWI, 2014). *Vibrio cholera* als bekanntester Vertreter und Verursacher der schweren Durchfallerkrankung Cholera sowie die Art *Vibrio vulnificus*, die offene Wunden infiziert und bei schwerem Verlauf sogar eine lebensbedrohliche Blutvergiftung auslösen kann, wird mit ansteigender Wassertemperatur für Schwimmer eine zunehmende Gefahr für Sylt darstellen (ebd.). Die für Menschen zwar unschädlichen Stämme *Vibrio splendidus* und *Vibrio aesturianus* können für kommerziell gezüchtete Weichtiere die Ursache für ein Massensterben werden. Bisher blieben die Austernbänke vor Sylt zwar verschont, jedoch gilt auch hier: Je wärmer das Wasser, desto stärker vermehren Sie sich (Ottleben, 2018).

Sich verändernde klimatische und hydrologische Einflussgrößen in einem dynamischen System führen zu veränderten Rahmenbedingungen. Die hochsensible Wechselbeziehung unter der Veränderung der Küstenlinie von Sylt und unter Berücksichtigung der geologischen, geomorphologischen und anthropogenen Steuerungsparametern zu gestalten und umzusetzen, ist die größte Herausforderung einer erfolgreichen Klimawandelanpassung auf Sylt (Kaminske, 2021).

6.7 Klimasignal Niederschläge und Starkregen

Der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Gesamtfläche ist in allen Sylter Gemeinden größer als im Kreisdurchschnitt (Schleswig-Holstein, 2019). Laut Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung des Instituts für ökologische Raumentwicklung lag der Indikatorwert Bodenversiegelungsgrad im Jahr 2018 für die Insel Sylt zwischen 4,8 % bis 9,9 % (IÖR, o.D.) Eine übermäßige Bodenversiegelung hat gravierende Auswirkungen auf den Wasserhaushalt: Die Wasserdurchlässigkeit als wichtige Bodenfunktion geht damit verloren (UBA, 2021). Die Folgen: Regenwasser kann weniger gut versickern, was dazu führt, dass sich die Grundwasservorräte langsamer auffüllen. Fehlende Versickerungsflächen für Starkregenniederschläge haben **Überschwemmungen** zur Folge.

Hydraulische Überlastungen des Kanalsystems führen immer wieder zu Überschwemmungen wie im Sommer 2017 in Westerland (Lund, J., 2017). Lahmgelegter Verkehr, **überflutete Keller** und angehobene Gullideckel sind die Konsequenz (ebd.). Trotz des neu gebauten Regenrückhaltebeckens unter der Kreuzung am „Deutschen Eck“, Kirchenweg Ecke Kjeirstraße, ist zu prüfen, ob unter Anbetracht der regelmäßig zu erwartenden Starkregenereignisse die Zwischenspeicherung des Niederschlagswasser ausreichend ist oder noch Optimierungsbedarf besteht (ebd.).

Basierend auf eigenen Auswertungen konnte gezeigt werden, dass Starkregentage, als Tage mit Niederschlägen über 20 oder 30 mm in der Vergangenheit noch keine signifikanten Trends aufweisen. Eine Analyse von Stundendaten der Wetterstation List (1996 - 2020) zeigt für den Monat Juni eine signifikante Zunahme von Starkregenereignissen mit >5 mm Niederschlag pro Stunde mit einer Änderungsrate von 0,1 Tagen pro Jahr (Abbildung 36).

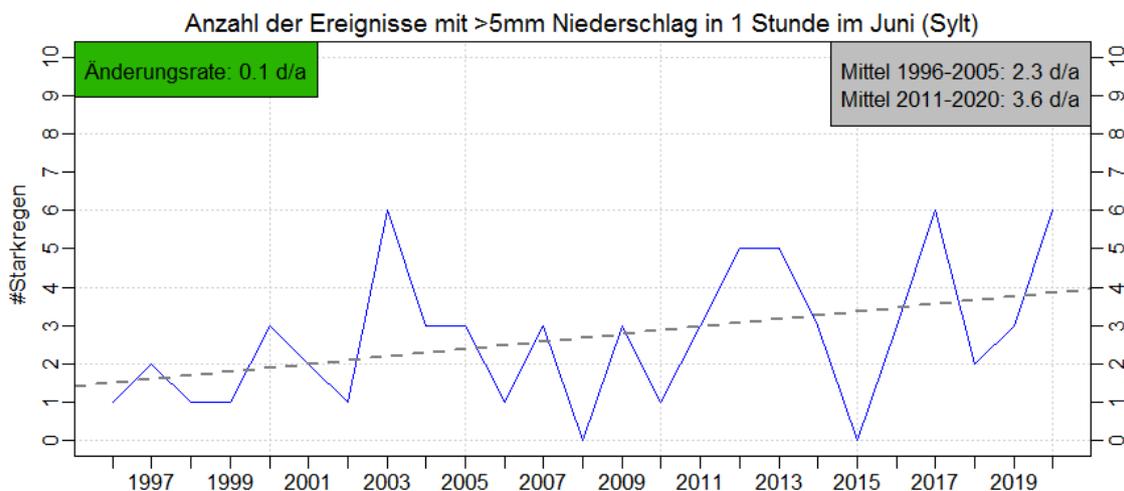


Abbildung 36: Jährliche Anzahl an Ereignissen mit mehr als 5 mm Niederschlag in 1 Stunde im Juni an der Wetterstation List auf Sylt (www.dwd.de/cdc) für den Zeitraum 1996 bis 2020 (d/a = Tage pro Jahr). Links oben: Grün = signifikanter Trend. Eigene Darstellung GreenAdapt, 2021.

Deutschlandweit ist eine Verschiebung der Niederschläge übers Jahr spürbar. Die Winter werden feuchter und die Sommer trockener. Auch eine Intensivierung der Niederschläge zeigt sich vielerorts (UBA, 2019). Dies trifft auch für die Nordseeregion zu. In der gesamten Region haben Winterniederschläge bereits um etwa fünf bis zehn Prozent zugenommen. Bis 2100 könnte sich dieser Trend weiter verstärken und auf bis zu 40 Prozent zunehmen (Eiler, 2019).

Für Sylt ließen sich basierend auf eigenen Berechnungen bisher keine signifikanten Veränderungen des Jahresniederschlages in der Vergangenheit (1951-2020) erkennen. Die Projektionen für den Jahresniederschlag auf Sylt variieren je nach RCP-Szenarien von einer Abnahme um 1 % bis hin zu einer 12 %-igen Zunahme in ferner Zukunft (Vgl. Tabelle 12).

Tabelle 12: Projektion Jahresniederschlag auf Sylt nach dem RCP 4.5 und RCP 8.5 für die nahe (2031-2060) und ferne Zukunft (2071-2100). Eigene Auswertungen auf Basis von CORDEX-Daten (Angabe des 15. und 85. Perzentils).

	Jahresniederschlag RCP4.5	Jahresniederschlag RCP8.5
2031-2060	+1 % bis +4 %	+1 % bis +8 %
2071-2100	-1 % bis +4 %	+4 % bis +12 %

Für die saisonale Entwicklung der Niederschlagshöhen in der Zukunft zeigen die Projektionen variierende Änderungen in den Jahreszeiten (Vgl. Tabelle 13). Für den Frühling ist bei beiden Szenarien mit einer signifikanten Zunahme zu rechnen.

Tabelle 13: Projektion saisonaler Niederschläge auf Sylt nach dem RCP 4.5 und RCP 8.5 für die nahe (2031-2060) und ferne Zukunft (2071-2100). Eigene Auswertungen auf Basis von CORDEX-Daten (Angabe des 15. und 85. Perzentils).

RCP4.5	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
2031-2060	+5 % bis +15 %	-12 % bis +1 %	-1 % bis +4 %	+5 % bis +13 %
2071-2100	+8 % bis +17 %	-17 % bis 0 %	0 % bis +4 %	0 % bis +10 %
RCP8.5	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
2031-2060	+11 % bis +17 %	-5 % bis +4 %	-2 % bis +7 %	-1 % bis +21 %
2071-2100	+19 % bis +39 %	-26 % bis -2 %	+2 % bis +11 %	+18 % bis +28 %

Wie die Berechnungen (Vgl. Tabelle 14) zeigen, ist mit einer signifikanten Zunahme von extremen Niederschlägen zu rechnen, womit in Zukunft deutlich mehr Schäden für die Insel Sylt und ihre Bewohner*innen und Besucher*innen drohen.

Im Vergleich mit den Klimaveränderungsprognosen des Climate Service Center Germany (GERICS) für den Landkreis Nordfriesland ergaben sich für die mittleren und extremen Niederschläge vergleichbare Trends. Aufgrund der oben genannten abweichenden Verwendung der Min-Max-Werte sind die Änderungen bei GERICS stärker (Pfeifer S, Bathiany S, Rechid D, 2021).

Tabelle 14: Projektionen für Extremereignisse auf Sylt. Eigene Auswertungen auf Basis von CORDEX-Daten (Angabe des 15. und 85. Perzentils).

RCP4.5	Extremniederschlag (99.1-Perzentil = 20 mm)	Hitzeereignisse (99,8-Perzentil)	Kälteereignisse (3,7-Perzentil)
2031-2060	-4 % bis +6 %	+124 % bis +277 %	-37 % bis -72 %
2071-2100	+4 % bis +33 %	+217 % bis +332 %	-86 % bis -91 %
RCP8.5	Extremniederschlag (99.1-Perzentil = 20 mm)	Hitzeereignisse (99,8-Perzentil)	Kälteereignisse (3,7-Perzentil)
2031-2060	+2 % bis +37 %	+156 % bis +304 %	-23 % bis -60 %
2071-2100	+18 % bis +91 %	+565 % bis +794 %	-57 % bis -70 %

6.8 Klimarisiko extreme Winde, Stürme und Sturmfluten

„Trutz Blanker Hans“ - der tobenden Nordsee mit Ihren Sturmfluten und Stürmen zu trotzen galt und gilt es noch weiterhin. Wie sich die Schwere und Häufigkeit von Sturmfluten in Zukunft entwickeln werden, hängt hauptsächlich von der Entwicklung des Wind- beziehungsweise Sturmklimas ab (UBA, 2021). Die Entwicklungen dieser Parameter lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt schwer prognostizieren. Aufgrund der hohen Variabilität in modellierten Windfeldern konnten zukünftige Änderungen des Windklimas nicht nachgewiesen werden (ebd.). Die Änderung der Sturmintensität sowie die jahreszeitliche Verteilung variieren je nach IPCC Szenario und müssen weiterverfolgt werden (MELUND-SH, 2015).

Die zahlreichen Folgen durch Stürme und Orkane für die menschliche Sicherheit und Gesundheit auf den Verkehrsablauf, verschiedene Infrastrukturkomponenten sowie natürliche Systeme sind bereits heute spürbar. Stürmisch ging es zuletzt 2020 auf der Insel Sylt zu, wo Orkan Sabine schwere Schäden hinterließ (Hamburg Abendblatt, 2020). Wenn Stürme mit voller Wucht über Sylt hinwegziehen, wie beispielsweise Sturm Christian im Jahr 2013, führt das zu einer Reihe von Auswirkungen auf verschiedenste Sektoren.

So bspw. auf den Verkehrssektor: Im Zuge des Sturms Christian kam es zu Unterbrechungen beim Autozug und damit zu **Störungen des An- und Abreiseverkehrs** (Lund, 2015). An- und Abreisestau an der Autozugverladung und Behinderungen in der Westerländer Innenstadt sind bereits im Sommer im Regeltourismus ein bekanntes Problem. Die Einschränkungen im Verkehrssektor sorgten für Folgeerscheinungen im Sektor Katastrophenschutz. So kam es zu **Problemen bei der Verlegung von Patient*innen auf das Festland** durch die Einstellung des Fähr- und Autozugbetriebes (Ausweichen auf Seenotkreuzer). Dies stellt bei Stürmen ein hohes Risiko für Sylt und ihre Bewohner*innen und Besucher*innen dar. Zudem bedeuten unwetterbedingte Einsätze (Sturm, Starkregen) eine **Belastung für das Ehrenamt** in den Freiwilligen Feuerwehren. Abwanderung und mangelnder Wohnraum für Insulaner führt dazu, dass insbesondere in den kleineren Gemeinden weniger Personen dauerhaft wohnen, die sich bspw. in den Freiwilligen Feuerwehren engagieren können.

Auch **Sturmfluten** wirken sich auf vielfältige Art und Weise auf Mensch, Natur und Küstenstruktur aus. Für Ihre Entstehung sind verschiedene Prozesse an der Nordseeküste verantwortlich (UBA, 2021). Die Verände-

Die Veränderung der Gezeitenvariationen entlang der deutschen Nordseeküste sowie der Trend des mittleren Meeresspiegelanstiegs sind entscheidend für die Häufigkeit und Schwere von Sturmfluten (Reise, 2015). Die Veränderung der Tidedynamik entlang der Nordseeküste äußert sich im Anstieg des mittleren Tidehochwassers, ein Absinken des mittleren Tideniedrigwassers sowie einem 10 % erhöhten Tidehub (ebd.). Die Frage, was die Veränderung der Tidedynamik ausgelöst hat, ist noch nicht vollständig geklärt (ebd.).

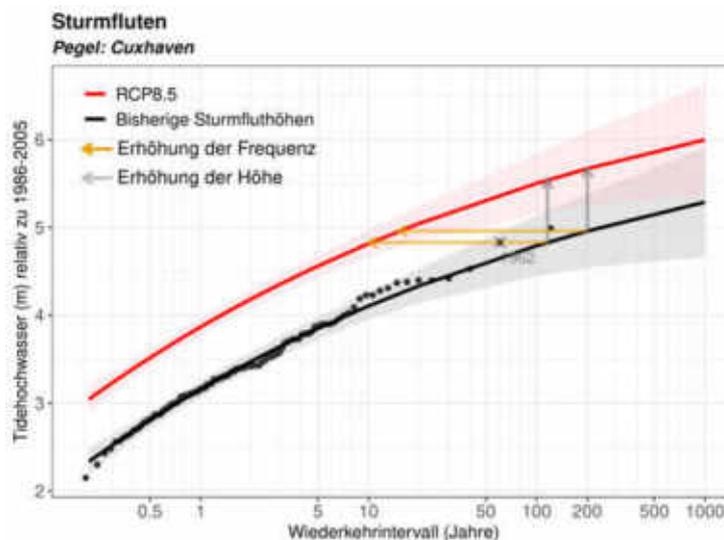


Abbildung 37: Mögliche Auswirkungen des zukünftigen Meeresspiegelanstiegs auf Sturmfluten bis 2100. Quelle: Helmholtz-Zentrum Hereon 2021. Meeresspiegel Monitor 2021.

Häufigere oder stärkere Sturmfluten können bisher nicht verzeichnet werden (UBA, 2021). Sicher hingegen ist, dass Sturmfluthöhen sich auf den Trend des mittleren Meeresspiegelanstiegs summieren (ebd.). Wie in Abbildung 37 zu erkennen ist, ist der prognostizierte weitere Anstieg der Meeresspiegel verbunden mit einem **höher auflaufenden Wellengang** (UBA, 2019).

Durch Sturmflutereignisse kommt es zu Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen sowie Menschen. Eine erhöhte **Belastung von Küstenschutzanlagen** sowie **Erosion bzw. Landverluste** können die Folge sein. Durch Überflutungen gelangt das salzhaltige Nordseewasser in den Boden und führt zur Versalzung des Grundwassers. Desertifikation der zuvor landwirtschaftlich genutzten Flächen als Folge sowie Engpässe in der Grundwasserversorgung stellen ein hohes Risiko für Sylt dar (Gick, 2015).

Das Risiko, von Sturmflutereignissen betroffen zu sein, nimmt zur Küstennähe hin zu und ist **nicht versicherbar**. Sturmflutereignisse werden nicht von einer Elementarversicherung gedeckt. Zudem liegt die komplette Insel Sylt in der ZÜRS (Zonierungssystem für Überschwemmung, Rückstau und Starkregen) Gefährdungsklasse 4, was bedeutet, dass mit einer hohen Wahrscheinlichkeit¹⁵ für ein Hochwasser gerechnet wird (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, o.D.; Lotze, 2021). Vielmehr sind die **hohen Versicherungsbeiträge** für Elementarversicherungen ein weiterer Vulnerabilitätsfaktor für Schutzgüter auf der Insel Sylt (Lotze, 2021).

Zusammenfassung

Die obige Analyse der **klimatischen Änderungen** in der Vergangenheit und die projizierten Änderungen des Klimas in der Zukunft machen deutlich wie stark der Klimawandel auf der Insel Sylt spürbar ist und welche

¹⁵ Einmal alle 10 Jahre oder öfter ein Hochwasser

umfangreichen Änderungen im Klima – abhängig von den globalen Klimaschutzbemühungen - die Insel in Zukunft erfahren wird. Das dargestellte Klimaanalogon kann als gedankliche Hilfestellung dafür dienen sich diese klimatische Änderung als räumliche Verschiebung vorzustellen.

Es wurde weiterhin ein Überblick zu den bereits eingetretenen **Klimafolgen** auf der Insel gegeben. Dieser zeigt, dass nahezu alle gesellschaftlichen Bereiche, insbesondere der Gesundheitsbereich, der Tourismus, die Wasserversorgung und der Küstenschutz, aber auch der Verkehrssektor oder der Gebäudebereich vom bereits eingetretenen Klimawandel betroffen sind.

Die bereits bestehenden Klimafolgen werden sich mit dem klimatischen Wandel weiter verstärken und zu wiederholten Einschränkungen in Funktionalität und Stabilität einzelner Sektoren führen. Es werden daher kurz- bis mittelfristig inkrementelle und langfristig u. U. **transformative Anpassungen** notwendig werden.

Auch Fauna und Flora leiden unter den sich verändernden klimatischen Bedingungen. Der Klimawandel stellt damit neben den ohnehin bestehenden Belastungen durch Umweltverschmutzung und Tourismus einen weiteren großen **Stressfaktor für die Natur** dar.

Da die Naturlandschaft jedoch kostbarstes Gut der Insel ist – nicht nur für den Tourismus - besteht auch hier **dringender Handlungsbedarf**. Das Konfliktpotenzial durch den Nutzungsdruck auf der Insel gilt es als gesamtgesellschaftliches Thema zu lösen sowie ein integratives Klimaschutz- wie Klimawandelanpassungskonzept umzusetzen. Großes Potenzial liegt in der Auflösung des scheinbaren Gegensatzes von Naturlandschaft und Kulturlandschaft.

7 Verzeichnisse

7.1 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Sektorziele für 2030 des Bundes-Klimaschutzgesetzes. Quelle: (Bundesministerium für Justiz, 2022).....	16
Tabelle 2: Übersicht der Leitprojekte im Maßnahmenkatalog.	19
Tabelle 3: Aufbau der Steckbriefe für die Leitprojekte	22
Tabelle 4: Möglicher Aufbau eines Tourismus-Sets für die Insel Sylt, Teil 1.....	73
Tabelle 5: Möglicher Aufbau eines Tourismus-Sets, Teil 2.....	73
Tabelle 6: Energieverbrauch und THG-Emissionen 2019	78
Tabelle 7: CO ₂ -Emissionen auf Sylt im Gebäudesektor 2019 und angestrebte Entwicklung (2030, 2045) nach Bundes- und Landes-KSG, 2021 nach Eigener Darstellung.	78
Tabelle 8: Anlagenbestand Wärmepumpen (Quelle: Wärmepumpenatlas).....	80
Tabelle 9: Entwicklungspfad bis 2045. Quelle: KlimaNavi.....	85
Tabelle 10: Projektionen der Jahresmitteltemperatur auf Sylt für die nahe Zukunft (2031-2060) und die ferne Zukunft (2071-2100). Eigene Auswertungen auf Basis von CORDEX-Daten (Angabe des 15. und 85. Perzentils).	90
Tabelle 11: Saisonales Temperaturmittel auf Sylt. Quelle: Eigene Auswertungen auf Basis von CORDEX-Daten (Angabe des 15. und 85. Perzentils).....	92
Tabelle 12: Projektion Jahresniederschlag auf Sylt nach dem RCP 4.5 und RCP 8.5 für die nahe (2031-2060) und ferne Zukunft (2071-2100). Eigene Auswertungen auf Basis von CORDEX-Daten (Angabe des 15. und 85. Perzentils).....	98
Tabelle 13: Projektion saisonaler Niederschläge auf Sylt nach dem RCP 4.5 und RCP 8.5 für die nahe (2031-2060) und ferne Zukunft (2071-2100). Eigene Auswertungen auf Basis von CORDEX-Daten (Angabe des 15. und 85. Perzentils).....	98
Tabelle 14: Projektionen für Extremereignisse auf Sylt. Eigene Auswertungen auf Basis von CORDEX-Daten (Angabe des 15. und 85. Perzentils).....	99

7.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ergebnisse der Diskussionsrunde im Fachworkshop Klimafreundliche Mobilität auf Sylt. Thema: Mobilitätsangebote für Tourist:innen. Gelb – Projektidee, grün – befördernde Kräfte und Treiber, rot – lokale Hemmnisse, blau – gute Beispiele von anderswo, lila – relevante Partner. Quelle: Eigene Darstellung.	15
Abbildung 2: Ergebnisse der Diskussionsrunde im Fachworkshop Klimafreundliche Mobilität auf Sylt. Thema: Mobilität der Insulaner:innen. Gelb – Projektidee, grün – befördernde Kräfte und Treiber, rot – lokale Hemmnisse, blau – gute Beispiele von anderswo, lila – relevante Partner. Quelle: Eigene Darstellung.	15
Abbildung 3: THG-Entwicklungs-Szenario nach BSKO und auf Basis der Landes- und Bundesklimaziele, Für eine Detailbetrachtung bis zum Jahr 2030, siehe Abbildung 16.	17
Abbildung 4: Matrix zur Bewertung der Prioritäten der Leitprojekte.....	21
Abbildung 5: Übersicht zu den nach Wichtigkeit und Dringlichkeit priorisierten Maßnahmen (B.A.U.M. Consult).	21
Abbildung 6: Gutachterliche Abschätzung des Personalaufwands zur Umsetzung der Leitprojekte	59
Abbildung 7: Organisationsstruktur auf Sylt	59
Abbildung 8: Der Ablauf eines typischen Energie- und Klimaschutzmanagementsystems nach PDCA-Zyklus (B.A.U.M. Consult 2022).	60
Abbildung 9: Schematische Darstellung der Handlungsmöglichkeiten des LZV (B.A.U.M. Consult 2022).	61
Abbildung 10: Durchschnittliche jährliche THG-Emissionen je Bundesbürger:in, links nach Territorialprinzip, Quelle: (Umweltbundesamt, 2022), und rechts nach Verursacherprinzip, Quelle: (Umweltbundesamt, 2020).	63
Abbildung 11: THG-Emissionen (Mio. Tonnen CO ₂ -Äq., nach „Territorialprinzip“) in Deutschland seit 1990 nach Gasen sowie Ziele für 2030 und 2045 (Bundes-Klimaschutzgesetz, Lesefassung 12.05.2021). Emissionen ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (UBA, 2021).	64
Abbildung 12: Emissions-Einsparziele in Deutschland nach Sektoren. Restemissionen sind durch CO ₂ -Abscheidung und -Speicherung und in den Sektoren Energiewirtschaft, sowie Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft zu kompensieren. Eigene Darstellung nach (BDI, 2021).	65
Abbildung 13: THG-Emissionsquellen auf Sylt sowie „durch“ Sylt als Wohn-, Arbeits- und Tourismusstandort. Orange sind die THG-Emissionen auf der Insel und andernorts, grün sind die ausschließlichen THG-Emissionen auf der Insel.	66
Abbildung 14: Entwicklungspfad für den Gesamtwärmebedarf auf der Insel bis zum Jahr 2050 in Schritten von 5 Jahren. Angaben in MWh/a.....	67
Abbildung 15: Entwicklungspfad zur Antriebsenergie auf der Insel (in MWh/a) bis zum Jahr 2050 in Schritten von 5 Jahren, Quelle: Eigene Darstellung nach (Agora Energiewende, 2021).	68
Abbildung 16: Entwicklungspfad des Strombedarfs auf der Insel (in MWh/a).....	69

Abbildung 17: Detail-Betrachtung des THG-Entwicklungs-Szenarios Klimaneutralität 2045 bis zum Jahr 2030 nach BSKO auf Basis der Landes- und Bundesklimaziele. Für den vollständigen Entwicklungspfad, siehe Abbildung 3. Quelle: Eigene Darstellung.70

Abbildung 18: Entwicklung der Übernachtungen über die Jahre, Quelle: Offizielle Statistik der Sylter Gemeinden, 202074

Abbildung 19: Entwicklung der Gästezahlen über die Jahre , Quelle: Offizielle Statistik der Sylter Gemeinden, 202074

Abbildung 20: Verteilung der Gäste und Übernachtungen auf der Insel Sylt im Jahresverlaufe (Quelle: Offizielle Statistik der Sylter Gemeinden, 2020)74

Abbildung 21: Endenergie Tourismus (zeitlich aufgelöst)75

Abbildung 22: Zonierung Wärmebedarf77

Abbildung 23: Photovoltaik-Potenzial79

Abbildung 24: Geothermiepotenzial Sylt (Digital Atlas Nord).....81

Abbildung 25: Vergleich des Fahrzeugbestandes in Nordfriesland nach Hubraumgröße mit dem Bundesdurchschnitt (Kraftfahrtbundesamt, 2021).84

Abbildung 26: Verkehrsbedingte Endenergieverbräuche auf der Insel nach Verkehrsarten basierend auf dem Territorialprinzip aus dem Jahr 2016 (B.A.U.M. Consult nach KlimaNavi).....85

Abbildung 27: Verkehrsbedingte THG-Emissionen auf der Insel nach Verkehrsarten basierend auf dem Territorialprinzip aus dem Jahr 2016 (B.A.U.M. Consult nach KlimaNavi).....85

Abbildung 28: Verkehrsmittelwahl zur An- und Abreise nach Sylt, Situationsanalyse Sylt Naturschutzleitlinien, S. 46, 201186

Abbildung 29: Herkunft der Sylt Tourist:innen, Quelle: SMG, 2019.86

Abbildung 30: Eigene Darstellung GreenAdapt 2021. Jahresmittel der Temperatur für die Insel Sylt unter Verwendung von DWD Daten für den Zeitraum 1981 bis 2020. Die dunkelrote Linie zeigt einen 10-jährigen laufenden Mittelwert. Rechts oben: Grün = signifikanter Trend90

Abbildung 31: Projektion vom Jahresmittel der Temperatur auf Sylt unter dem „Worst-Case-Szenario“ (RCP8.5). Eigene Darstellung auf Basis von CORDEX-Daten. Die Modellschwankungen sind zwischen dem 15. und 85. Perzentil dargestellt.91

Abbildung 32: Jährliche Anzahl der heißen Tage mit Höchsttemperatur über 30 ° C für die Insel Sylt unter Verwendung von DWD-Daten für den Zeitraum 1951 bis 2019 (d/a = Tage pro Jahr). Links oben: Grün = signifikanter Trend. Eigene Darstellung GreenAdapt 2021.....92

Abbildung 33: Eigene Darstellung GreenAdapt, 2021. Jährliche Anzahl an Sommertagen mit Höchsttemperaturen von mindestens 25 °C für die Insel Sylt unter Verwendung von DWD-Daten für den Zeitraum 1951 bis 2020 (d/a = Tage pro Jahr). Links oben: Grün = signifikanter Trend.93

Abbildung 34: Vergleich der Sommermitteltemperaturen im Referenzzeitraum (blau), in naher (gelb) und ferner Zukunft (rot). Die Sommermitteltemperaturen 1978 und 2018 sind durch eine schwarze vertikale Linie markiert. Eigene Darstellung basierend auf Auswertungen von DWD und CORDEX-Daten.93

Abbildung 35: Vergleichsregion für das Sylter Klima zum Ende des 21. Jahrhunderts. Die blauen Flächen markieren Gebiete, welche als klimaanaloge Regionen ermittelt wurden. Quelle: Eigene Abbildung GreenAdapt 2021.95

Abbildung 36: Jährliche Anzahl an Ereignissen mit mehr als 5 mm Niederschlag in 1 Stunde im Juni an der Wetterstation List auf Sylt (www.dwd.de/cdc) für den Zeitraum 1996 bis 2020 (d/a = Tage pro Jahr). Links oben: Grün = signifikanter Trend. Eigene Darstellung GreenAdapt, 2021.....97

Abbildung 37: Mögliche Auswirkungen des zukünftigen Meeresspiegelanstiegs auf Sturmfluten bis 2100. Quelle: Helmholtz-Zentrum Hereon 2021. Meeresspiegel Monitor 2021.....100

7.3 Literaturverzeichnis

- adelphi / PRC / EURAC. (2015). *Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Climate Change 24/2015.
- Agora Energiewende. (2021). *Klimaneutrales Deutschland 2045*.
- Ahrendt, K. a. (2002). Naturräumliche Entwicklung Sylts — Vergangenheit und Zukunft. In K. a. Ahrendt, *Klimafolgen für Mensch und Küste* (S. 69-112). Heidelberg: Springer.
- AWI. (2014). *Die Folgen des Klimawandels für das Leben in der Nordsee*. AWI. FactSheet.
- AWI. (2. Februar 2015). *Stichlingsweibchen stimmen Nachwuchs auf Klimawandel ein*. Von <https://www.awi.de/ueber-uns/service/presse/presse-detailansicht/stichlingsweibchen-stimmen-nachwuchs-auf-klimawandel-ein.html> abgerufen
- AWI. (25. Oktober 2017). *Ein starkes Argument für die Begrenzung des Klimawandels*. Von <https://www.awi.de/ueber-uns/service/presse/presse-detailansicht/ein-starkes-argument-fuer-die-begrenzung-des-klimawandels.html> abgerufen
- B.A.U.M. Consult. (2019). *Eigene Berechnung bzw. eigene Darstellung*. München, Berlin.
- Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie. (o.D.). *Versicherbar?* Von <https://www.elementar-versichern.de/versicherbar/> abgerufen
- BDI. (2021). *KLIMAPFADE 2.0 - Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft*. Bundesverband der Deutschen Industrie e.V.
- Bundesministerium für Justiz. (09. 02 2022). *Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) Anlage 2 (zu § 4)*. Von Bundesministerium für Justiz: https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/anlage_2.html abgerufen
- Bündnis 90/Die Grünen. (o.D.). *Wachstums-Grenzen*. Von <https://gruene-sylt.de/wachstums-grenzen/> abgerufen
- DBG . (21. Dezember 2020). *Alge des Jahres 2021: Schlauchalge Vaucheria velutina verändert das Wattenmeer*. Von <https://www.dbg-phykologie.de/alge-des-jahres-2021alge-des-jahres-2021-schlauchalge-vaucheria-velutina-veraendert-das-wattenmeer> abgerufen
- Deutsches Institut für Urbanistik. (2011). *Klimaschutz in Kommunen. Praxisleitfaden*. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik.
- DGK . (24. Juni 2019). *Was Menschen mit Bluthochdruck bei Hitze beachten sollten*. Von <https://dgk.de/presse/gesundheitsthemen/herz-kreislauf-erkrankungen/hitze-belastet-das-herz-kreislauf-system.html> abgerufen
- DKK, DMG, DWD, EWK Hamburg . (2020). *Was wir heute übers Klima wissen. Basisfakten zum Klimawandel, die in der Wissenschaft umstritten sind*. DKK, DMG, DWD, EWK Hamburg .
- DLRG . (2021). *2020 Jahresbericht*. DLRG .
- DTV & DHV. (2005). *Begriffsbestimmungen – Qualitätsstandards für die Prädikatisierung von Kurorten, Erholungsorten und Heilbrunnen*. 12.Auflage. Bonn: DTV & DHV.

- DVGW . (2021). *Startseite - DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches*. Von <https://www.dvgw.de/> abgerufen
- DWD . (o.D.). *CDC (Climate Data Center)*. Von https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/cdc/cdc_node.html abgerufen
- DWD. (2021). *CDC (Climate Data Center)*. Von https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/cdc/cdc_node.html abgerufen
- Eiler, L. (2019). *Meeresspiegel steigt stark an: Wie der Klimawandel Nord- und Ostsee gefährdet*. Von <https://www.zdf.de/nachrichten/heute/wie-gefaehrlich-ist-der-klimawandel-fuer-die-nordsee-100.html> abgerufen
- Erlebniszentrum Naturgewalten Sylt. (2020). *Tourismus für Sylt*. Erlebniszentrum Naturgewalten Sylt.
- Fischer, L. (2021). *Grönlands Kipppunkt könnte schon erreicht sein*. Von <https://www.spektrum.de/news/eisschmelze-groenlands-kipppunkt-koennte-schon-erreicht-sein/1874647> abgerufen
- Gick, C. G. (2015). „*Wo die Nordseewellen ...“ Klimawandel und Küstenraumproblematik am Beispiel Sylt*.
- Giorgi, F., Jones, C., & Asrar, G. R. (2009). Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework. *Bulletin - World Meteorological Organization*, 58(3), 175-183.
- Hamburg Abendblatt. (2020). *Sylt: Orkan "Sabine" hinterlässt schwere Schäden*. Von <https://www.abendblatt.de/region/schleswig-holstein/article228414823/Sylt-Orkan-Sabine-hinterlaesst-schwere-schaeden.html> abgerufen
- Helmholtz-Zentrum Hereon. (2021). *Klimaausblick Landkreis Nordfriesland*.
- Helmholtz-Zentrum hereon. (o.D.). *Bisheriger Meeresspiegelanstieg*. Von [Meeresspiegel-monitor.de: https://meeresspiegel-monitor.de/cuxhaven/sla/index.php.de](https://meeresspiegel-monitor.de/cuxhaven/sla/index.php.de) abgerufen
- Henningsen, R. (2018). *Trinkwasser: Wie sicher ist das Sylter Wasser?* Von [shz: https://www.shz.de/lokales/sylter-rundschau/wie-sicher-ist-das-sylter-wasser-id20117137.html](https://www.shz.de/lokales/sylter-rundschau/wie-sicher-ist-das-sylter-wasser-id20117137.html) abgerufen
- IÖR. (o.D.). *Monitor der Siedlungs- und Feiraumentwicklung*. Von https://monitor.ioer.de/?raeumliche_gliederung=gebiete&opacity=0.8&zoom=5&lat=51.33061163769853&lng=10.458984375000002&glaettung=0& abgerufen
- ISTS . (o.D.). *Landschaft & Natur auf der Insel Sylt*. Von Insel Sylt Tourismus-Service GmbH: <https://www.insel-sylt.de/landschaft-und-natur/> abgerufen
- Kaminske, V. (2021). *Küstenentwicklung am Beispiel Sylts: - Entwicklung einer Bewertungsmatrix zur Reduktion der räumlichen Komplexität*. *GEOÖKO*, 206-237.
- Klockenhoff, R. S. (2020). *Tourismus für Sylt. Mehr. Nachhaltigkeit. Wagen*. Erlebniszentrum Naturgewalten Sylt.
- Koch, L. (2018). *Klimawandel wird das Bild unserer Insel verändern*. Von NaturReporterSylt: <http://www.natuerlich-sylt.com/klimawandel-wird-das-bild-unserer-insel-veraendern/> abgerufen
- Koch, L. (2019). *Was passiert mit Sylt im Klimawandel?* Von NaturReporterSylt: <http://www.natuerlich-sylt.com/was-passiert-mit-sylt-im-klimawandel/> abgerufen

- Kraftfahrtbundesamt. (2021). *Regionaldaten - Verkehr in Kilometern, Zeitreihe 2014 - 2020*.
- Lotze, H. (2021). Fachgespräche im Rahmen der Konzepterstellung. (GreenAdapt, Interviewer)
- Lund, J. (2015). *Sturm auf Sylt: Zwei Orkane treffen die Insel*. Von shz.de: <https://www.shz.de/lokales/sylter-rundschau/zwei-orkane-treffen-die-insel-id8625236.html> abgerufen
- Lund, J. (2017). *Starke Regengüsse haben am Sonntag den Verkehr in Westerland teilweise lahmgelegt und Keller überflutet*. Von shz.de: <https://www.shz.de/lokales/sylter-rundschau/westerlands-strassen-unter-wasser-id17441066.html> abgerufen
- Lund, J. (2018). *Hitzewelle auf Sylt: Geht der Insel das Wasser aus?* Von shz.de: <https://www.shz.de/lokales/sylter-rundschau/geht-der-insel-das-wasser-aus-id19988727.html> [Abgerufen am 14. Juli 2021]. abgerufen
- MELUND-SH. (2015). *Strategie für das Wattenmeer 2100*. Kiel.: Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein.
- Mohaupt, D. (2013). *Sylt kämpft gegen das Verschwinden*. Von Deutschlandfunk Kultur: https://www.deutschlandfunkkultur.de/sylt-kaempft-gegen-das-verschwinden.1001.de.html?dram:article_id=252690 abgerufen
- Ottleben, I. (2018). *Vibrionen in der Nordsee: Gefährlich für Mensch und Sylter Austern?* Von Laborpraxis.vogel.de: <https://www.laborpraxis.vogel.de/vibrionen-in-der-nordsee-gefaehrlich-fuer-mensch-und-sylter-austern-a-761586/> abgerufen
- Pfeifer S, Bathiany S, Rechid D. (Juni 2021). *Klimaausblick Nordfriesland*. Climate Service Center Germany (GERICS), eine Einrichtung der Helmholtz-Zentrum hereon GmbH.
- PIK. (2018). *Kippelemente – Achillesfersen im Erdsystem*. Von Pik-potsdam.de: <https://www.pik-potsdam.de/de/produkte/infothek/kippelemente/kippelemente> abgerufen
- PIK. (2021). *Kippelemente – Achillesfersen im Erdsystem*. Von <https://www.pik-potsdam.de/de/produkte/infothek/kippelemente/kippelemente> abgerufen
- Quante, M. &. (2016). *North Sea Region Climate Change Assessment*. Springer.
- Reise, K. (2015). *Kurswechsel Küste. Was tun, wenn die Nordsee steigt?* Wachholtz.
- Schleswig-Holstein, S. A. (2019). *Vergleichsdaten für List auf Sylt. Siedlungs- und Verkehrsflächen in List auf Sylt am 31.12.2019*. Von region.statistik-nord.de: https://region.statistik-nord.de/detail_compare/12/1101/31/1/347/671/ abgerufen
- Schramm, L. (2014). *Grundwasser auf Sylt*.
- SHZ. (2014). *Wasser aus der Inseltiefe: Sylter Trinkwasserversorger untersuchen die Süßwasserlinse*. Von shz.de: <https://www.shz.de/lokales/sylter-rundschau/sylter-trinkwasserversorger-untersuchen-die-suesswasserlinse-id7668796.html> abgerufen
- Sylt Marketing GmbH. (2020). *Touristische Kennzahlen 2019*. https://www.sylt.de/fileadmin/Mediendatenbank_Sylt/05_Presse/smg-touristische-kennzahlen-2019.pdf.
- UBA. (21. 02 2019). *Fahrgemeinschaften*. Von Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.de/umwelttipps-fuer-den-alltag/mobilitaet/fahrgemeinschaften#gewusst-wie> abgerufen

- UBA. (2019). *WW-I-9: Intensität von Sturmfluten*. Von Umweltbundesamt.de: <https://www.umweltbundesamt.de/ww-i-9-das-indikator#ww-i-9-intensitat-von-sturmfluten> abgerufen
- UBA. (2021). *Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. Teilbericht 3: Risiken und Anpassung im Cluster Wasser*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- UBA. (2021). *Nationale Treibhausgas-Inventare 1990 bis 2020*. Umweltbundesamt.
- Umweltbundesamt. (2020). *Emissionen nach Scope 1 - 3*. Von <https://weitergeben.org/zahlen-statistiken/co2-emissionen-der-moebelbranche/> abgerufen
- Umweltbundesamt. (2022). *Indikator: Emission von Treibhausgasen*. Von www.umweltbundesamt.de/daten/umweltindikatoren/indikator-emission-von-treibhausgasen#die-wichtigsten-fakten abgerufen
- UNU-EHS. (2020). *CLIMATE RISK INSURANCE IN THE CARIBBEAN: 20 lessons learned from the Climate Risk Adaptation and Insurance in the Caribbean (CRAIC) project*. Bonn: UNU-EHS.
- Van Vuuren et al. (2011). The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change*, 109(1-2), 5-31. Von www.springerlink.com/index/10.1007/s10584-011-0148-z abgerufen
- Walther, C. R. (2020). *Klimaanpassungskonzept für Stadt und Landkreis Bamberg*. Berlin, Potsdam.
- Wember, G. (2021). Fachgespräche im Rahmen der Konzepterstellung. (GreenAdapt, Interviewer)
- Winkler, C. K. (2016). Verbreitung und Habitatwahl der Zauneidechse (*Lacerta ogilis*) auf der Insel Sylt. *RANA*, 4-15.
- WMO. (2021). Von Global Mean Temperature difference 2020 was one of three warmest years on record: <https://public.wmo.int/en/media/press-release/2020-was-one-of-three-warmest-years-record> abgerufen
- Wüstefeld, H. (2000). *Sand zur Rettung von Sylt*. Von Deutschlandfunk.de: https://www.deutschlandfunk.de/sand-zur-rettung-von-sylt.697.de.html?dram:article_id=72280 abgerufen