

4.1 Tourismus an der Küste sowie in Mittel- und Hochgebirge: Gewinner und Verlierer

ANDREAS MATZARAKIS & BIRGER TINZ

Tourismus an der Küste sowie in Mittel- und Hochgebirge: Gewinner und Verlierer: Küsten, Mittelgebirge und alpine Regionen sind die touristischen Hauptziele in vielen Ländern. Der Tourismus ist ein wichtiger und schnell wachsender Sektor. Er wird bereits heute vom Klima beeinflusst und es wird erwartet, dass er durch den anthropogenen Klimawandel noch stärker beeinflusst wird. Klimasimulationen zeigen eine Zunahme der Lufttemperatur und eine Tendenz zu mehr Niederschlag im Winter und einer Abnahme im Sommer mit einer Erhöhung des konvektiven Niederschlags. Für die Küsten der Nord- und Ostsee werden eine Verbesserung der thermischen und der bioklimatischen Bedingungen sowie eine Verlängerung der Badesaison erwarten. Die Saison für Wintersport in den niedrig gelegenen Gebirgsregionen und in den Alpen wird sich verkürzen, aber Sommeraktivitäten wie Wandern, Mountain-biking oder Bergsteigen werden von der längeren Saison profitieren. Die klimatischen Einflüsse für Tourismusregionen sollten nicht separat sondern in Verbindung mit anderen Einflüssen und Veränderungen, wie Änderungen des Meeresspiegels, Veränderungen in der biologischen Vielfalt sowie in der Luft- und Wasserqualität, betrachtet werden.

Coastal, highlands and mountain tourism: winners and losers: Coastal, highlands and mountain tourism are the key factors for tourism in several countries. Tourism is an important and rapidly growing sector in the global economy. It is already today and increasingly in the future influenced by climate change. Climate model simulations show an increase in air temperature and a tendency towards more precipitation in winter and less but a higher share of convective rain in summer. For the beaches of the North- and Baltic Sea an improvement of the thermal and bioclimatic conditions and a prolongation of the bathing season can be expected. The season for winter sports in the low mountain range and in the Alps will be shortened, but summer activities like hiking, mountain-biking or climbing will profit from a longer season. This climatological impact for a tourism destination must be seen in relation to other changes, like increase in sea level, change of biodiversity and the quality of air and water.

Der Tourismus stellt einen der wichtigsten Sektoren der Weltwirtschaft dar. Für viele Regionen und Orte ist er sogar der dominierende wirtschaftliche Faktor, dessen Bedeutung auch in Zukunft weiter zunehmen dürfte (HAMILTON et al. 2005). Die konkrete Ausgestaltung (Badetourismus, Skisport) wird wesentlich von den klimatischen Verhältnissen bestimmt. Obwohl das Klima gleichzeitig einen ermöglichenden als auch limitierenden Faktor darstellt, sind Wetter und Klima, im Vergleich zu anderen den Tourismus beeinflussenden Größen erst seit Ende der 1990er Gegenstand der wissenschaftlichen Forschung (KRUPP 1995, ABEGG 1996, KOCH et al. 2005, MATZARAKIS & DE FREITAS 2005, HEINRICHS et al. 2007, siehe auch Projekt Kuntikum »Klimatrends und nachhaltige Tourismusedwicklung im Küsten- und Mittelgebirgsraum«, www.klimatrends.de, BARTELS et al. 2009, MATZARAKIS et al. 2009).

Der Klimawandel beeinflusst schon jetzt und erst recht künftig die Tourismuswirtschaft und verändert diese auch. Dabei wird es sowohl Gewinner wie auch Verlierer geben. Die für Tourismusanbieter und Erholungssuchende recht abstrakten und je nach Klimamodellexperiment unterschiedlichen Aussagen bezüglich der Entwicklung von Lufttemperatur, Niederschlag und anderen Größen liefern allerdings keine direkt umsetzbaren Informationen, sondern müssen speziell für den konkreten Fall aufbereitet werden (MATZARAKIS

2010). Nachfolgend wird dieses exemplarisch an Hand des Badetourismus an den deutschen Küsten sowie des Skitourismus in den Mittel- u. Hochgebirgen dargestellt. Es zeigt sich, dass eine integrale Betrachtung, d.h. die Einbeziehung des gesamten Jahres sowie die Berücksichtigung anderer Größen, wie z.B. des Meeresspiegelanstieges, der Häufigkeit und Heftigkeit von Unwettern oder auch der Luftqualität unerlässlich sind (MATZARAKIS 2006, 2010).

Klima und Tourismus

Man kann die Tourismuswirtschaft in fast wetterunabhängige und wetterabhängige Sparten unterteilen. Zu den ersteren gehören der Gesundheits- (klassische Kuren und moderne Wellnessangebote) sowie der Städte- und Kulturtourismus. Eine deutlich stärkere Abhängigkeit von Wetter und Klima kann beim maritimen Tourismus an der Küste (neben Baden und Schwimmen im Meer, auch Kreuzfahrten, Sportschiffahrt, Surfen und Tauchen) und beim Wintersport im Hoch- und Mittelgebirge festgestellt werden. Ein wichtiges Merkmal des Bade- sowie des Skitourismus ist die in unseren Breiten gegebene klimatisch bedingte Saisonabhängigkeit.

Traditionelle Untersuchungen im Bereich Klima und Tourismus beschränken sich darauf, einfache me-

teorologische bzw. klimatologische Parameter aufzubereiten oder Klimaindizes, die nur bedingt verwendbar sind, zu berechnen (MATZARAKIS 2006, LIN & MATZARAKIS 2008, ZANINOVIC & MATZARAKIS 2009). Es werden nur die Sommerperiode oder nur die Bedingungen für den Wintersport und nicht das gesamte Jahr beschrieben (ENDLER & MATZARAKIS 2011a,b). Die Daten für einen Erholungs- oder Tourismusort bezieht sich meistens auf Mittel- und Extremwerte der Lufttemperatur, monatliche Niederschlagshöhen sowie die Anzahl der Tage mit Niederschlag. Informationen über die relative Luftfeuchtigkeit und die Sonnenscheindauer werden bereits seltener betrachtet. Weitere Größen, wie Wassertemperaturen (TINZ & HUPFER 2005) sowie die Anzahl der Tage mit Schneedecke wurden bisher wenig untersucht.

Man kann die klimatischen Bedingungen eines Küstengebietes mit Sonne, See und Sand beschreiben (MATZARAKIS 2006). Für den Wintersport ist diese Definition allerdings nicht geeignet. Abb. 4.1-1 enthält die wichtigsten meteorologischen und klimatologischen Größen, die für den Tourismus von Bedeutung sind.

Die Tourismusklimatologie vereint Methoden aus der allgemeinen Klimatologie und der Human-Biometeorologie und bildet somit einen Eckpfeiler für ein interdisziplinäres Arbeitsgebiet. Mittlerweile geht sie über die Beschreibung von klimatischen Parametern

und Phänomenen hinaus (DE FREITAS 2003, MATZARAKIS et al. 2004, MATZARAKIS 2006, 2010). Im Allgemeinen sind viele ihrer Methoden in einer ständigen Weiterentwicklung und Anpassung begriffen. Bezüglich des Einflusses von Wetter und Klima auf Erholungssuchende werden drei Gruppen unterschieden: ästhetische, physikalische und thermische (DE FREITAS 2003). Damit werden die wichtigsten Größen berücksichtigt (Tab. 4.1-1). Aber auch im Hinblick auf die integrale Bewertung der tourismus-klimatisch relevanten Parameter und Methoden ist noch Forschungsbedarf vorhanden (KRUPP 1995, MATZARAKIS et al. 2004).

Daten und Methoden

Die Untersuchungen stützen sich im Wesentlichen auf Daten des hoch aufgelösten regionalen Klimamodells REMO (JACOB et al. 2006). Die Rechengittergröße beträgt etwa 10 km x 10 km. Das Modell ist eingebettet in das globale Klimamodell ECHAM5 (ROECKNER et al. 2003), von dem es angetrieben wird. Als Szenario wurde A1B ausgewählt, das einen mittleren Pfad der künftigen Emission von Treibhausgasen in die Atmosphäre beschreibt.

Neben den direkten Modelldaten des REMO-Modells von 1961-1990 (Referenzzeitraum) und 2021-2050 (Klimaänderung) wurden mit Hilfe des RayMan-Modells (MATZARAKIS et al. 2007) die bioklimatisch

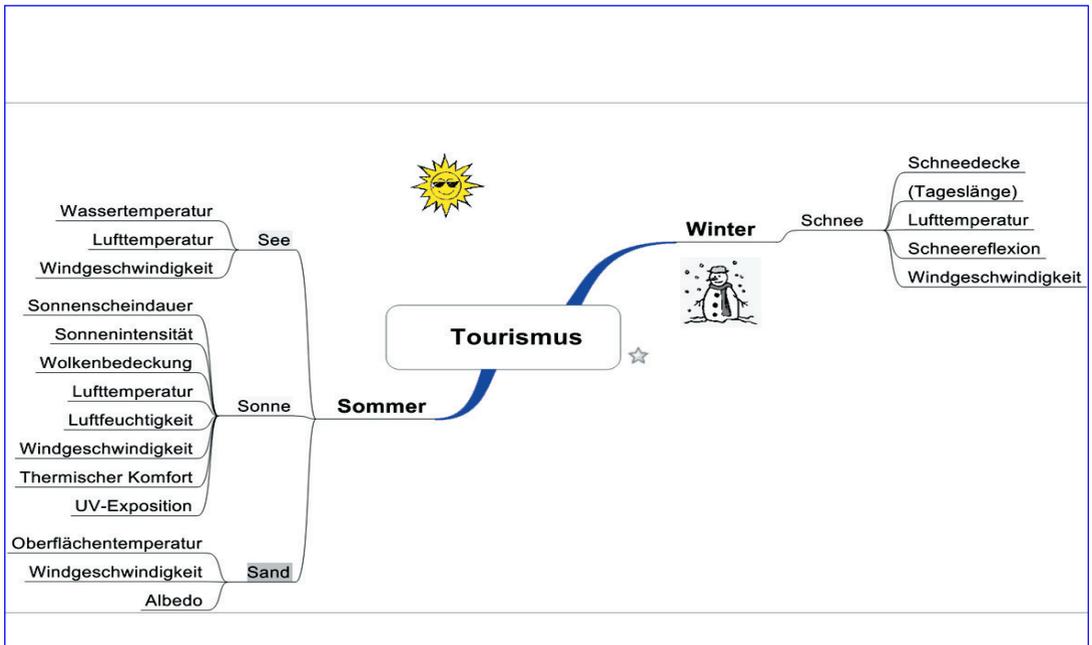


Abb. 4.1-1: Übersicht von wichtigen meteorologischen Größen beim Sommer- und Wintertourismus sowie für Erholungszwecke.

relevante Größe Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) berechnet. Sie hängt von Lufttemperatur, Dampfdruck, Windgeschwindigkeit und mittlerer Strahlungstemperatur ab. Daraus abgeleitet wurde die Anzahl der Tage pro Jahr mit thermischer Eignung ($18\text{ °C} < \text{PET} < 29\text{ °C}$), Kältestress ($\text{PET} < 0\text{ °C}$) und Hitzestress ($\text{PET} > 35\text{ °C}$). Der Schwellenwert von 18 hPa Dampfdruck wird als Maß für die »Schwüle« herangezogen. Zusätzlich werden Informationen über die Tage ohne Niederschlag ($< 1\text{ mm}$), Tage mit Niederschlag $> 5\text{ mm}$ (Nasser Tag) und Tage mit Windgeschwindigkeiten von mehr als 8 m/s (22 km/h, Windstärke 5) angegeben.

Des Weiteren wurden Wassertemperaturdaten von Travemünde (Wasser- und Schifffahrtsamt Nord/Deutsches Ozeanographisches Datenzentrum des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie Hamburg) verwendet. Aus den täglichen Wassertemperaturdaten wurde die touristisch relevante Größe »Dauer der Badesaison« abgeleitet. Die Wassertemperaturen und damit die Badesaison gemäß verschiedener Klimamodellexperimente mit ECHAM4 wurden mit einem speziellen Downscaling-Verfahren abgeleitet, das die Lufttemperatur der Vormonate als Prädiktor enthält (TINZ & HUPFER 2006).

Küste

Der Badetourismus an Nord- und Ostsee beschränkt sich – klimatisch bedingt - vor allem auf die Zeit von etwa Mitte Juni bis Ende August. In dieser Zeit konzentriert sich im Strandbereich bei entsprechendem Wetter (Sonne, kein Regen, wenig Wind und hinreichend hohe Lufttemperatur, d.h. thermische Behaglichkeit) und für das Baden ausreichend hohe Wassertemperatur ein Großteil der Touristen und Erholungssuchenden (Abb. 4.1-2).

Im Hinblick auf Klimawandel und Tourismus sind an den Küsten vier Bereiche als besonders empfindlich einzuschätzen:

- Meeresspiegelanstieg und Küstenschutz,
- tourismus-klimatische Gesichtspunkte (thermisch, ästhetisch und physikalisch),
- Gefahr durch Wetter- und andere Naturereignisse (Unwetter) und
- Veränderung der biologischen Verhältnisse und Vielfalt (Beeinträchtigung durch Algen, Quallen usw.)

Tab. 4.1-2 gibt für die Nordsee- (Husum, 1 m ü. NN) und die Ostseeküste (Bergen auf Rügen, 7 m) klimatische und abgeleitete Größen wieder, die für den Tourismus von Bedeutung sind. Sie umfasst alle klimare-

Tab. 4.1-1: Verschiedene Facetten des Tourismusklimas und ihre Bedeutung und Auswirkungen (aus: DE FREITAS 2003, modifiziert).

<i>Facette des Klima</i>	<i>Bedeutung</i>	<i>Auswirkungen</i>
Ästhetisch Sonnenschein/Bewölk. Sichtweite Tageslänge	<i>Qualität der Erfahrung</i> <i>Qualität der Erfahrung</i> <i>Bequemlichkeit</i>	<i>Genuss, Attraktivität des Orts</i> <i>Genuss, Attraktivität des Orts</i> <i>Zur Verfügung stehende</i> <i>Tageslichtstunden</i>
Physisch Wind Regen Schnee Eis Unwetter Luftqualität Ultraviolette Strahlung	<i>Ärgernis</i> <i>Ärgernis, positiver Reiz</i> <i>Wintersport/Aktivitäten</i> <i>Gefahr</i> <i>Ärgernis, Gefahr</i> <i>Ärgernis, Gefahr</i> <i>Ärgernis, Gefahr</i> <i>Attraktivität</i>	<i>Weggewehte Dinge, Sand, Staub</i> <i>Durchnässung, reduzierte Sichtweite</i> <i>Vergnügen</i> <i>Teilnahme an Sport/Aktivitäten</i> <i>Verletzungen, Schaden</i> <i>Alle oben genannten</i> <i>Gesundheit, Wohlbefinden, Allergien,</i> <i>Bräunung, Sonnenbrand</i>
Thermisch Integrale Wirkungen von Lufttemperatur, Wind Sonnenstrahlung, Luftfeuchtigkeit, langwellige Strahlung, Metabolismusrate (Niveau der Aktivität)	<i>thermischer Komfort</i> <i>Hyperthermie</i> <i>therapeutisch, stärkend</i>	<i>Umweltstress</i> <i>Physiologische Anstrengung</i> <i>Hyperthermie</i> <i>Erholungspotenzial</i>

levanten Größen des Klimas und beruht nicht nur auf Mittelwerten, sondern auch auf Überschreitungshäufigkeiten.

Die Differenzen der Größen zwischen den Abschnitten 2021-2050 und 1961-1990 sind das Klimaänderungssignal. Für das Gebiet der Nordsee (Husum) ergeben sich ein Anstieg der Lufttemperatur von 1 K und eine Zunahme der Feuchteverhältnisse. Bezüglich der thermischen Eigenschaften kommt es zu einer Zunahme der Tage mit thermischer Eignung (Tage mit PET zwischen 18 °C und 29 °C) um 4 Tage im Jahr, einer Abnahme der Kältebelastung um 16 Tage und einer leichten Zunahme des Hitzestresses. Bei den nassen Tagen sowie bei den Tagen ohne Niederschlag ist jeweils eine leichte Zunahme zu verzeichnen.

An der Ostsee (Bergen auf Rügen) ergibt sich ein ähnliches Bild, wobei die Anzahl der Tage mit thermischer Eignung hier von einem bereits höheren Niveau aus mehr ansteigt als an der Nordsee. Die Anzahl der Tage ohne Niederschlag ist hier höher und die der

nassen Tage niedriger. Es zeigt sich keine Veränderung der Tage ohne Niederschlag und die der nassen Tage. Für beide Küstenregionen ergibt sich eine Erhöhung der »Schwüle« um ca. 50%, während sich die Zahl der windigen Tage kaum ändert. Zusammenfassend betrachtet ergibt sich hinsichtlich der tourismusklimatischen Größen für die Ostsee heute und auch in Zukunft eine günstigere Situation, als für die Nordsee.

Eine weitere wichtige Größe für den Strandtourismus ist die Existenz hinreichender Wassertemperaturen, die ein Baden und Schwimmen im Meere ermöglichen. In verschiedenen älteren Arbeiten wurde ein Schwellwert der Wassertemperatur von 15 °C (Messtermin 7 Uhr MEZ) verwendet, bei dessen Überschreitung ein Badetag vorliegt (RODEWALD 1952). Diese – im Vergleich mit z.B. dem Mittelmeer – niedrige Schwelle ist gerechtfertigt, das es in der unmittelbaren Badezone einen spürbaren Tagesgang der Wassertemperatur gibt, wobei das Maximum am Nachmittag erreicht wird



Abb. 4.1-2: Am Strand von Boltenhagen (Ostsee) im August 2007. Der Strand ist typischerweise einige Dekameter breit. Landwärts schließt die Düne und der Küstenschutzwald an. Die Badezone reicht ebenfalls einige Dekameter in die See hinein (Foto B. Tinz).

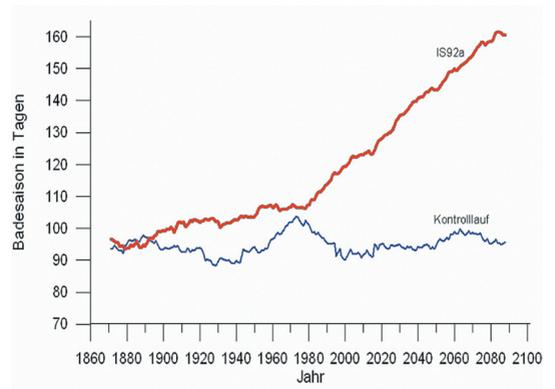


Abb. 4.1-3: 21-jährig übergreifend gemittelte Dauer der Badesaison an der Station Travemünde, abgeleitet nach Daten des Klimamodells ECHAM4, Kontrolllauf und Experiment IS92a Modelljahre 1860–2099.

Tab. 4.1-2: Jahres- und Saisonwerte klimatischer Größen und deren Änderung für Küstengebiete für die Zeiträume 1961-1990 und 2021-2050, berechnet mit dem regionalen Klimamodell REMO gemäß dem IPCC-Emissionsszenario A1B sowie dem Bioklimamodell RayMan.

Zeitraum	Husum			Rügen		
	1961-1990	2021-2050	Änderung	1961-1990	2021-2050	Änderung
Lufttemperatur (°C)	10,9	11,9	1,0	11,5	12,5	1,0
Dampfdruck (hPa)	11,1	12,0	0,9	10,7	11,5	0,8
Wind (m/s)	5,1	5,1	0,0	5,1	5,2	0,1
Mittl. Strahlungstemp.(°C)	20,6	21,2	0,6	18,2	19,0	0,8
Thermische Eignung (d)	48	52	4	51	61	10
Kältestress (d)	114	98	-16	116	102	-14
Hitzestress (d)	2	3	1	1	2	1
Schwüle (d)	23	39	16	23	35	12
kein Niederschlag (d)	198	194	-4	222	223	1
Nasser Tag (d)	78	83	5	49	50	1
Stürmisch (d)	76	74	-2	74	71	-3

(TINZ & HUPFER 2006). Für die Station Travemünde (Ostsee) gibt es gemäß der Beobachtungen im Zeitraum 1961-1990 eine Dauer der Badesaison von etwa 100 Tagen. In den Monaten Mai und Oktober kommen nur wenige Badetage vor, so dass die Badesaison generell die Monate Juni bis September umfasst, wobei in den Monaten Juli und August oft die Höchstzahl der möglichen Badetage erreicht wird. Auf Grund der thermischen Trägheit des Wassers weisen die Monate Juni und September eine vergleichbare mittlere Zahl von Badetagen auf.

Bereits in der Vergangenheit hat es spürbare langfristige Änderungen der Wassertemperatur und damit der Dauer der Badesaison gegeben (TINZ & HUPFER 2006). Bereits vor dem starken Anstieg seit etwa 1985 gab es in den 1940er Jahren eine ausgeprägte Phase mit erhöhten Wassertemperaturen. Gemäß dem Klimamodellexperiment IS92a (Business as usual / weiter wie bisher) ergibt sich in der Klimazukunft eine deutliche Ausweitung der Badesaison um etwa 25 Tage bis 2050 und 60 Tage bis 2100.

Mittel- und Hochgebirge

Für die Mittel- und Hochgebirge sind von den wetter- und klimasensitiven Sparten v.a. der Wintersport (z.B. Abfahrt, Langlauf, Rodeln) sowie das Wandern und das Bergsteigen von Bedeutung. Insbesondere der alpine Abfahrtsport erfordert umfangreiche Investitionen und erhebliche Eingriffe in die Natur, oft in schwer zugänglichen Gebieten (Hochlagen/Gletscher, Abb. 4.1-4).

Der Wintersport ist stark abhängig von der Höhenlage (MATZARAKIS et al. 2012, SCHMIDT et al. 2012). In unteren Lagen kann von einer Skisaison ausgegangen werden, die nur wenige Wochen umfasst, in mittleren Lagen der Alpen sind es bereits einige Monate (Dezember bis Ostern) und in den Gletscherskigebieten besteht

ganzjährig die Möglichkeit zum Skifahren. Das Wandern und Bergsteigen sind überwiegend im Sommer und bis in den Herbst hinein möglich.

Für den Tourismus sind insbesondere die vier folgenden Punkte von Bedeutung:

- Tourismus-Klima (thermisch, ästhetisch und physikalisch),
- Gefahr durch Wetter- und andere Naturereignisse,
- Schneedecke und
- Änderung der biologischen Verhältnisse und Vielfalt (Pflanzen- und Tierwelt).

Tab. 4.1-3 enthält die gleichen Parameter und Größen wie für die Küsten, sowie zusätzlich das Skifahrpotenzial, welches als Schneedecke mit mindestens 1 cm Höhe (aus Gründen der Datenverfügbarkeit diese niedrige Schwelle) definiert wird. Für das Mittelgebirge wurden der Schwarzwald und als Hochgebirge die Al-



Abb. 4.1-4: Skigebiet Katschberg (Österreich) mit ca. 60 km Pisten, fast alle maschinell beschneibar. Der Blick geht vom Aineck (2200 m HN) über den Katschbergpass (1641 m) auf den Tschaneck (2030 m) mit zahlreichen Pisten. Im Vordergrund rechts ist eine »Schneekanone« zu sehen (Foto: B.Tinz, Februar 2007).

Tab. 4.1-3: Jahres- und Saisonwerte klimatischer Größen und deren Änderung für Mittel- und Hochgebirgsregionen für die Zeiträume 1961-1990 und 2021-2050, berechnet mit dem regionalen Klimamodell REMO gemäß dem IPCC-Emissionsszenario A1B sowie dem Bioklimamodell RayMan.

Zeitraum	Freiburg			Feldberg			Zugspitze		
	1961-90	2021-50	Änderung	1961-90	2021-50	Änderung	1961-90	2021-50	Änderung
Lufttemperatur (°C)	14,6	15,8	1,2	10,0	11,1	1,1	4,4	5,5	1,1
Wind (m/s)	3,3	3,3	0,0	4,3	4,4	0,1	2,8	2,9	0,1
Dampfdruck (hPa)	10,9	11,8	0,9	9,1	9,9	0,8	7,1	7,7	0,6
Mittl.Strahlungstemp.(°C)	26,3	27,0	0,7	23,9	24,6	0,7	15,2	16,0	0,8
Therm.Behaglich.(d)	84	79	-5	61	66	5	40	48	8
Kältestress (d)	59	45	-14	123	110	-13	186	178	-8
Hitzestress (d)	19	27	8	5	9	4	1	1	0
Schwüle (d)	33	50	17	12	23	11	4	10	6
Kein Niederschlag (d)	232	234	2	190	190	0	178	179	1
Nasser Tag (d)	68	66	-2	96	99	3	114	115	1
Stürmisch (d)	10	11	1	51	55	4			
Skifahrpotenzial (d)	10	9	-1	33	24	-9	185	175	-10

pen ausgewählt. Es handelt sich um die Stationen Freiburg i.Br. (228 m), Feldberg/Hinterzarten (1076 m) und das Zugspitzgebiet (1832 m Modellhöhe).

Die Zunahme der Lufttemperatur ist in diesen Regionen mit 1,1-1,2 °C etwas stärker ausgeprägt als in den Küstenregionen. Damit korrespondiert eine Abnahme des Kältestresses von knapp 10 Tagen in tiefen Lagen und über 10 Tagen in mittleren und hohen Lagen. Aus Sicht der Wintersportanbieter ist dies allerdings keine positive Entwicklung, da niedrige Temperaturen eine Grundlage des Wintersports darstellen. Dementsprechend reduziert sich das Skifahrpotenzial insbesondere in den mittleren Lagen merklich.

Von der Zunahme der Tage mit thermischer Eignung in den höheren und mittleren Lagen dürften der Wandertourismus und das Bergsteigen profitieren, da sich die Saison ausweitet. Die Erhöhung der Tage mit Hitzestress sowie das deutlich häufigere Auftreten von Schwüle in tieferen und mittleren Lagen kann eine Änderung der Art der touristischen Betätigung nach sich ziehen. Die Anzahl der Tage mit bzw. ohne Niederschlag ändert sich kaum. Das gilt ebenfalls für die stürmischen Tage.

Die in den *Tab. 4.1-2* und *-3* dargestellten Änderungen sind nur eine Möglichkeit der künftigen Entwicklung. In anderen Klimamodellexperimenten wird ein deutlich stärkerer Temperaturanstieg simuliert. Nähere Angaben über die Spannweite kann IPCC (2007) entnommen werden.

Gewinner und Verlierer

Für den Strandtourismus an Nord- und Ostsee dürfte sich eine Verbesserung der thermischen Bedingungen ergeben. Das betrifft insbesondere die Verlängerung der Badesaison im Frühling und in den Herbst hinein, aber auch die Erhöhung der für einen Strandaufenthalt geeigneten thermischen Bedingungen. Die Zunahme der Hitzebelastung ist nicht so kritisch zu sehen, da sie sich nach wie vor auf einem niedrigen Niveau bewegt und gleichzeitig vom Erholungssuchenden eher toleriert wird als Kältestress. Anders sieht dies z.B. am in Konkurrenz stehenden Mittelmeer aus, wo damit zu rechnen ist, dass Hitzewellen massiv zunehmen werden (DIFFENBAUGH et al. 2007), was dort den Sommertourismus beeinträchtigen dürfte.

Bereits in den vergangenen warmen Sommern wurde deutlich, dass die für den Badegast erfreulichen häufig relativ hohen Wassertemperaturen auch negative »Nebenwirkungen« haben, die den Badebetrieb erheblich einschränken oder ganz unterbinden können. Das betrifft insbesondere das massenhafte Auftreten von Blau- und Kieselalgen sowie von Quallen, was die Attraktivität des Wassers zum Baden stark einschränkt.

Hinzu kommt der schleichend erfolgende Meeresspiegelanstieg, der zu einer Verkleinerung der Strandbereiche führt, was aufwendige Sandaufspülungen nach sich zieht. Die Hoffnung auf eine Verlagerung der Tourismusströme aus dem Mittelmeer in die Nord- und Ostsee muss damit relativiert werden.

Für den Skitourismus im Mittel- und Hochgebirge ist eine Verschlechterung der Bedingungen zu erwarten (ENDLER & MATZARAKIS 2011a, SCHMIDT et al. 2012). In unteren Lagen ist vermehrt mit Wintern ohne Skifahrmöglichkeit zu rechnen, während sich in mittleren und höheren Lagen die Saison verkürzt. Das betrifft auch die Gletscherskigebiete. Die bereits heute vielfach praktizierte künstliche Beschneidung der Pisten dürfte teurer werden und auch in größeren Höhen erforderlich sein. Für das Wandern, Radfahren und Bergsteigen sowie für den Badetourismus in Seen ergibt sich eine Verbesserung der Bedingungen, da mit einer Ausweitung der Saison zu rechnen ist. Wie an der Küste kann sich die Wasserqualität in Seen und Flüssen durch ausgedehnte Algenblüten bzw. durch niedrige Wasserstände verschlechtern. In tieferen Lagen kann eine zunehmende Wärmebelastung zu Einschränkungen führen, die zumindest Verhaltensänderungen (Siesta?) nach sich ziehen wird. Des Weiteren ist mit dem Einwandern von krankheitsübertragenden Insekten zu rechnen.

Mit größerer Unsicherheit behaftet sind Aussagen zum Niederschlag und Wind (Sturm). Es sind in der betrachteten REMO-Modellsimulation keine signifikanten Änderungen erkennbar. In anderen Untersuchungen (Übersicht in IPCC 2007) werden eine Zunahme der winterlichen Niederschläge und eine Abnahme im Sommer erwartet. Im Sommer ist gleichzeitig häufiger mit Starkniederschlägen (Unwetter) zu rechnen. Beides führt im Winter mit steigender Schneefallgrenze zu häufigeren, größere Gebiete betreffenden Überschwemmungen. Im Sommer hingegen kommt es vermehrt zu Niedrigwasserständen der Flüsse und Talsperren sowie zu häufigeren lokalen Überschwemmungen durch Unwetter. Das stellt für die Infrastruktur (Straßen, Wanderwege) eine kostspielige Bedrohung dar. Das gilt ebenfalls für den erwarteten Rückzug des Permafrostes in höhere Regionen, was verstärkte Berg-rutsche mit teils katastrophalen Folgen nach sich zieht.

Schlussbetrachtung

Die Diskussion über den Klimawandel und dessen Folgen für den Tourismus und die Tourismusindustrie zeigt, dass Veränderungen mit negativen und positiven Konsequenzen bevorstehen. Dabei handelt es sich teils um komplexe Einflussgrößen und Wirkungsketten, die speziell für einen bestimmten Ort und seine touristische Infrastruktur untersucht werden müssen. Die Stich-

worte lauten Sensitivität (Empfindlichkeit), Mitigation (Abschwächung der negativen Auswirkungen) und Adaptation (Anpassung).

Unter Einbeziehung aller Beteiligten (Wissenschaftler verschiedener Fachgebiete, Mitarbeiter von Behörden, Tourismusanbieter) gilt es zunächst die lokalen Auswirkungen des Klimawandels festzustellen. Dann gilt es für verschiedene Zeithorizonte empfindliche Sektoren zu identifizieren und Anpassungsstrategien bis hin zu neuen Tourismusangeboten auszuarbeiten. Als Beispiel für die Nordsee kann auf die interdisziplinäre Arbeit von KRUPP (1995), für die Alpen auf OECD (2007) verwiesen werden.

Eine gutes Beispiel für Strategien zur Anpassung an den Klimawandel sind solche, die sich aus Mitigations- und Adaptationsprozessen zusammensetzen. Derartige Strategien sind z.B. im Rahmen des KUNTIKUM-Projektes erstellt und zusammengestellt worden (MATZARAKIS et al. 2009, BARTELS et al. 2009, <http://www.klimatrends.de>). Hierbei wurde für die vulnerablen Regionen die Nordsee (als Küstenregion) und den Schwarzwald (als Mittelgebirgsregion) ein Tourismus-Klimafahrplan für Tourismusdestinationen erarbeitet. Der Aufbau beinhaltet die sechs Etappen der Strategie

und beginnt beim Anstoß mit der thematischen Sensibilisierung und den möglichen Neuorientierungen von Tourismusdestinationen. Die zweite Stufe ist die Situationsanalyse mit der Erörterung oder Zusammenstellung der touristischen Situation, den wichtigen klimarelevanten Faktoren und der Ableitung einer SWOT-Analyse (SWOT = Strengths [Stärken], Weaknesses [Schwächen], Opportunities [Chancen] und Threats [Risiken]). Die dritte Stufe bildet den Einsatz von Szenariotechniken auf der Grundlage von hochaufgelösten Klimasimulationen und den Tourismustrends. Darauf folgt die Strategieableitung mit der Entwicklung von Strategieelementen, die auch gemeinsame mit den Akteuren in Workshops erarbeitet werden und die Festlegung von kausalen Zusammenhängen und der Erarbeitung einer Gesamtstrategie. Als nächster Schritt bildet die Maßnahmenplanung, die detaillierte Schritte bei Adaptationsstrategien zu Grunde legt und die Einführung und Anwendung von Partizipationsprozessen. Letzter Schritt bildet die Umsetzungskontrolle, die die Realisierung des entwickelten Konzeptes, die quantitative Bewertung der gesetzten Ziele mit Hilfe von Indikatoren möglich macht, das Monitoring der Umsetzung und als letztes die Kontrolle, ob eine Destination auf

Tab. 4.1-4: Praxisbeispiele von Mitigations- und Adaptationsstrategien für die Nordsee- und Schwarzwaldregion.

Ort/Region	Strategie	Strategieableitung
Otterndorf	Innovative Erlebnisräume durch klimaneutrale Mobilität	1. Mobilitätsoffensive mit einem klimafreundlichen Konzept aus verschiedenen Verkehrsträgern 2. Stärkerer Fokus auf bereits bestehende wetterunabhängige Attraktionen sowie Entwicklung weiterer Angebote
Bad Zwischenahn	Klimaneutraler Kur- und Erholungsort	1. Herausstellung des gesundheitsfördernden, kühlen und milden Mikroklimas 2. klimafreundliche Kurortstrategie 3. Anpassung der Naturerlebnisangebote an den Klimawandel
St. Peter-Ording	Mitigationsstrategie mit 3 Stufen	1. Klimaneutrale Events 2. Klimaneutrale Unterkünfte 3. Klimawandelsymbol – klimaneutrales Pfahlbauressort
Juist	Klimaneutrale Insel	1. Leitziel: Klimaneutrale Insel 2. Klimaberichterstattung 3. Gäste und Bevölkerung in die Planung integrieren
Norderney	Frische statt Mittelmeer und schrittweise Anpassung	1. Charakter der Nordseeinsel bewahren 2. Emissionsreduzierung durch vielfältige Maßnahmen im Energiesektor 3. Erhalt und Sicherung der Inselnatur
Todnauer Ferienland, Belchenland u. Wieder	Klimawanderregion Nr. 1	1. Klimawanderregion Nr. 1 mit Klima-Aktiv-Pfaden 2. Ausbau der Sommer- und Nebensaison

dem richtigen Weg ist. Bei der Entwicklung der Strategien haben Akteure bzw. Orte an der Nordseeregion mitgewirkt und sich für Mitigations- und Adaptationsmaßnahmen entschieden.

Das vorgegebene Schema wurde für verschiedene Regionen bzw. Orte entwickelt und ist teilweise in Umsetzung. Tab. 4.1-2 gibt die Praxisbeispiele und die entwickelte Strategie wieder. Generell gilt es, ein breiteres Spektrum von Freizeit- und Erholungsmöglichkeiten anzubieten, wie es bereits heute und in der jüngsten Vergangenheit geschehen ist. Die Spanne reicht dabei von Kulturangeboten über kombinierte Spaß- und Wellnessbäder bis hin zu Skihallen selbst im Norddeutschen Tiefland.

Die hier vorgestellten Ergebnisse sind lediglich als ein möglicher Entwicklungspfad aufzufassen. Voraussetzung sind u.a., dass sich die Treibhausgasemissionen auch tatsächlich gemäß dem Szenario A1B entwickeln und dass das Klimamodell REMO das künftige Klima fehlerfrei simulieren kann. Dementsprechend liefern andere Modell bzw. Simulationen mit anderen Treibhausgaszenarien als Randbedingung andere Ergebnisse. Der Beitrag der Klimaforschung sollte deshalb in Zukunft verstärkt in der Bereitstellung verschiedener hoch aufgelöster Klimamodellergebnisse liegen. Notwendig sind belastbare Aussagen über die Wahrscheinlichkeit der berechneten Veränderungen der meteorologischen Größen. Die Methode der Wahl ist die Ensembletechnik, d.h. nicht nur die Verwendung verschiedener Szenarien eines Klimamodells sondern die Nutzung möglichst vieler Klimamodelle (BECKER et al. 2007). Damit sind sicherere Aussagen über die Entwicklung der meteorologischen Größen (Unsicherheit, Streuung) möglich.

Literatur

- ABEGG, B. (1996): Klimaänderung und Tourismus. Schlussbericht NFP 31. – vdf Hochschulverlag AG an der ETH. Zürich.
- BARTELS, C., BARTH, M., BURANDT, S., CARSTENSEN, I., ENDLER, C., KREILKAMP, E., MATZARAKIS, A., MÖLLER, A. & S. SCHULZ (2009): Sich mit dem Klima wandeln! Ein Tourismus-Klimafahrplan für Tourismusdestinationen. Herausgeber: Forschungsprojekt KUNTIKUM - Klimatrends und nachhaltige Tourismusentwicklung in Küsten- und Mittelgebirgsregionen. Leuphana Universität Lüneburg und Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. ISBN: 978-3-00-030032-5.
- BECKER, P., DEUTSCHLÄNDER, T., NAMYSLO, J., KOSSMANN, M., SIEVERS, U., SÜBENGUTH, G. & B. TINZ (2007): Klimawandel und technische Meteorologie. DACH 2007, Hamburg, Langfassung: <http://meetings.copernicus.org/dach2007/su.html>.
- DE FREITAS, C. (2003): Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector. *Int. J. Biometeorology* 48, 45-54.
- DIFFENBAUGH N. S., J. S. PAL, F. GIORGI & X. GAO (2007): Heat stress intensification in the Mediterranean climate change hotspot. *Geophys. Res. Lett.* 34, L11706.
- ENDLER, C. & A. MATZARAKIS (2011a): Climate and tourism in the Black Forest during the warm season. *International Journal of Biometeorology* 55, 173-186.
- ENDLER, C. & A. MATZARAKIS (2011b): Climatic and tourism related changes in the Black Forest: Winter season. *International Journal of Biometeorology* 55, 339-351.
- HAMILTON, J. M., MADDISON, D. J. & R. S. J. TOL (2005): Effects of climate change on international tourism. *Climate Research* 29, 245-254.
- HEINRICHS, H., JETZKOWITZ, J., KREILKAMP, E., MATZARAKIS, A., MÖLLER, A. & G. MICHELSEN (2007): KUNTIKUM: Klimatrends und nachhaltige Tourismusentwicklung in Küsten- und Mittelgebirgsregionen: Produkt und Infrastruktur-Innovation durch kooperative Lernprozesse und strategische Entscheidungsfindung. *Ber. Meteor. Inst. Univ. Freiburg* Nr. 16, 87-93.
- IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE) (2007): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change. Fourth Assessment Report. Summary for Policymakers. <http://www.ipcc.ch/SP-M13apr07.pdf>.
- JACOB, D., GÖTTEL, H. & P. LORENZ (2006): Klimaauwirkungen und Anpassung in Deutschland – Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland. Abschlussbericht, Umweltbundesamt Dessau, (UBA FKZ 204 41 138, Teil 2).
- KOCH, E., MARKTL, W., MATZARAKIS, A., NEFZGER, H., RUDEL, E., SCHUNDER-TATZBER, S. & M. ZYGMUNTOWSKI (2005): Klimatherapie in Österreich. Broschüre zu den Potentialen der Klimatherapie in Österreich. Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit.
- KRUPP, C. (1995): Klimaänderung und die Folgen – Eine exemplarische Fallstudie über die Möglichkeiten und Grenzen einer interdisziplinären Klimafolgenforschung. Ed. Sigma, Berlin.
- LIN, T. P. & A. MATZARAKIS (2008): Tourism climate and thermal comfort in Sun Moon Lake, Taiwan. *International Journal of Biometeorology*, 52, 281-290.
- MATZARAKIS, A. (2006): Weather and climate related information for tourism. *Tourism and Hospitality Planning & Development* 3, 99-115.
- MATZARAKIS, A. (2007): Entwicklung einer Bewertungsmethodik zur Integration von Wetter- und Klimabedingungen im Tourismus. *Ber. Meteor. Inst. Univ. Freiburg* Nr. 16, 73-79.

- MATZARAKIS, A. (2010): Climate Change: Temporal and spatial dimension of adaptation possibilities at regional and local scale. In: Schott, C. ed. *Tourism and the implications of Climate Change: Issues and Actions*, Emerald Group Publishing. *Bridging Tourism Theory and Practice* Vol. 3, 237-259.
- MATZARAKIS A. & C. R. DE FREITAS (2001): Proceedings of the First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation. International Society of Biometeorology, Commission on Climate Tourism and Recreation. December 2001.
- MATZARAKIS, A. & C. R. DE FREITAS (2005): Neueste Entwicklungen aus der Tourismus-Klimatologie. *Mitt. DMG* 1/2005, 2-4.
- MATZARAKIS A., DE FREITAS C. R. & D. SCOTT (2004): *Advances in Tourism Climatology*. Ber. Meteorol. Inst. Univ. Freiburg Nr. 12.
- MATZARAKIS, A., DE FREITAS, C. R. & D. SCOTT (EDS.) (2007): *Developments in Tourism Climatology*. ISBN 978-3-00-024110-9.
- MATZARAKIS, A., RUTZ, F. & H. MAYER (2007): Modelling Radiation fluxes in simple and complex environments – Application of the RayMan model. *International Journal of Biometeorology* 51, 323-334.
- MATZARAKIS, A., MÖLLER, A., KREILKAMP, E., CARSTENSEN, I., BARTELS, C., BURANDT, S. & C. ENDLER (2009): Anpassungsstrategien zum Klimawandel touristischer Pilotdestinationen in Küsten- und Mittelgebirgsregionen. In: Mahammad Mahammadzadeh, Hendrik Biebler, Hubertus Bardt (Hrsg.): *Klimaschutz und Anpassung an die Klimafolgen*. Köln: Institut der Deutschen Wirtschaft Köln Medien GmbH, 253-262.
- MATZARAKIS, A., HÄMMERLE, M., ENDLER, CH., MUTHERS, S. & E. KOCH (2012): Assessment of tourism and recreation destinations under climate change conditions in Austria. *Meteorologische Zeitschrift* 21, 157-165.
- OECD (2007): *Climate change in the European Alps*. Executive Summary. UNF (United Nations Foundation) (2007): *Confronting climate change: avoiding the unmanageable and managing the unavoidable*.
- RODEWALD, M. (1952): Auswirkung der Klimaschwankung auf die Badesaison an der See. *Heilbad und Kurort* 4, 112-113.
- ROECKNER, E., BÄUML, G., BONAVENTURA, L., BROKOPF, R., ESCH, M., GIORGETTA, M., HAGEMANN, S., KIRCHNER, I., KORNBLUEH, K., MANZINI, E., RHODIN, A., SCHLESE, U., SCHULTZWEIDA, U. & A. TOMPKINS (2003): The atmospheric general circulation model ECHAM5. Part I: Model description. Max-Planck-Inst. F. Meteor., Report No. 349. Hamburg.
- SCHMIDT, P., STEIGER, R. & A. MATZARAKIS (2012): Artificial snowmaking possibilities and climate change based on regional climate modeling in the Southern Black Forest. *Meteorologische Zeitschrift* 21, 167-172.
- TINZ, B. & P. HUPFER (2005): Thermal conditions during the summer season in the German Baltic coast in the 20th and 21st century. *Meteorologische Zeitschrift* 14/2, 291-296.
- TINZ, B. & P. HUPFER (2006): Die thermischen Verhältnisse im Bereich der deutschen Ostseeküste unter besonderer Berücksichtigung des Bioklimas und der Eisverhältnisse. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* 228, Offenbach, 114 S.
- ZANINOVIC, K. & P. MATZARAKIS (2009): The Biometeorological Leaflet as a means conveying climatological information to tourists and the tourism industry. *International Journal of Biometeorology* 53, 369-374.

Prof. Dr. Andreas Matzarakis
Professur für Meteorologie und Klimatologie
Universität Freiburg
andreas.matzarakis@meteo.uni-freiburg.de
Dr. Birger Tinz
Deutscher Wetterdienst, DWD, Hamburg
birger.tinz@dwd.de

Matzarakis, A. & B. Tinz (2014): Tourismus an der Küste sowie in Mittel- und Hochgebirge: Gewinner und Verlierer. In: Lozán, J. L., Grassl, H., Karbe, L. & G. Jendritzky (Hrsg.). Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. 2. Auflage. Elektron. Veröffent. (Kap.4.1) - www.warnsignale.uni-hamburg.de.