

HEIDELBERGER  
JAHRBÜCHER  
ONLINE  
Band 7 (2022)

Gesellschaft der Freunde  
Universität Heidelberg e.V.



# Die vier Elemente

Joachim Funke & Michael Wink (Hrsg.)

HEIDELBERG  
UNIVERSITY PUBLISHING

# **Mehr Sonne, mehr Hitze, mehr Regen, mehr Blitze – wie sehr der Klimawandel den Sport verändern wird und wie wir darauf reagieren können**

SVEN SCHNEIDER<sup>1</sup> & MICHAEL EICHINGER<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Zentrum für Präventivmedizin und Digitale Gesundheit (CPD), Medizinische Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg &

<sup>2</sup>Abteilung für Pädiatrische Epidemiologie, Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik, Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

## **Zusammenfassung**

Der Klimawandel verändert unsere Umwelt. Er hat deutliche Auswirkungen auf die Klimatelemente wie beispielsweise Sonnenschein, Lufttemperatur, Niederschlag, und Windgeschwindigkeit. Als interdisziplinär ausgebildete Mitglieder unserer Universität nutzen wir das Potenzial einer Volluniversität und betrachten am Beispiel Sport, welche mannigfaltigen gesundheitlichen Risiken mit dem Klimawandel verbunden sind. Dabei tragen wir aktuelle Befunde und Erkenntnisse aus Biologie, Medizin, Geowissenschaften, Physik, Psychologie, Soziologie und Sportwissenschaft zusammen. Da gerade der Standort der Universität Heidelberg, die Rhein-Neckar-Region, besonders von den prognostizierten Klimaveränderungen betroffen sein wird, gehen wir im Folgenden auch immer wieder explizit auf die regionale Risikolage ein. Gemäß dem Leitbild unserer Universität verfolgen wir das Ziel, den zahlreichen Sportlerinnen und Sportlern in unserer Gesell-

schaft praktische Hinweise und Empfehlungen zum Umgang mit diesen klimabedingten Gesundheitsrisiken zu geben.

## 1 Einleitung

Erde, Feuer, Wasser und Luft – diese vier „Elemente“ sind für jeden von uns jeden Tag ganz unmittelbar erfahrbar. Beim morgendlichen Spaziergang gehen wir durch den feuchten Frühnebel, nach der Gartenarbeit freuen wir uns über einen kurzen Sommerregen, der unsere Pflanzungen wässert, im Frühsommer genießen wir bei einer Radtour die wärmenden Sonnenstrahlen und beim Joggen im Wald lassen wir uns den kühlen Wind um die Nase wehen.

Die Meteorologie bezeichnet die hier beschriebenen Umweltfaktoren als Klimaelemente. Sie unterscheidet Sonnenscheindauer, Globalstrahlung, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag, Bewölkung, Luftdruck und Windgeschwindigkeit (Eis et al., 2010). Ob auch die kommende Generation die Natur noch so unbeschwert genießen können wird, ist höchst fraglich. Denn der Klimawandel hat deutliche Auswirkungen auf all diese Klimaelemente. Und diese Veränderungen wiederum wirken sich auf den Menschen in Form spezifischer Gesundheitsrisiken aus.

Als besonders gefährdet gegenüber den gesundheitlichen Folgen des Klimawandels gelten Pflegebedürftige, Kleinkinder, Seniorinnen und Senioren, Außenbeschäftigte sowie Sportlerinnen und Sportler (Hanna et al., 2011; Mücke & Matzarakis, 2019; Weltgesundheitsorganisation, 2019). Unter diesen Risikogruppen stellen Sportlerinnen und Sportler mit Abstand die größte Bevölkerungsgruppe dar. Nach aktuellen Erhebungen treibt hierzulande jede und jeder Zweite regelmäßig Freizeitsport (Statista, 2022). Hinzu kommen zum einen zahlreiche Leistungssportlerinnen und -sportler und zum anderen noch viel mehr Zuschauerinnen und Zuschauer bei Sportereignissen, die in Stadien und an den Wettkampfstätten das Geschehen oft stundenlang verfolgen. Deswegen stellen wir in diesem Buchbeitrag exemplarisch für den Sport die mannigfaltigen Gesundheitsrisiken dar, die der Klimawandel mit sich bringt.

Als interdisziplinär ausgebildete Mitglieder der Universität Heidelberg nutzen wir das Potenzial einer Volluniversität und betrachten unseren Gegenstand aus den Perspektiven der Biologie, der Medizin, der Geowissenschaften, der Physik, der Psychologie, der Soziologie und der Sportwissenschaft. Da gerade die Rhein-

Neckar-Region besonders von den prognostizierten Klimaveränderungen betroffen ist (Eis et al., 2010), gehen wir im Folgenden auch immer wieder explizit auf die regionale Risikolage ein. Gemäß dem Leitbild unserer Universität, „Forschungsergebnisse in die Gesellschaft zu tragen“ (Universität Heidelberg, 2011), nutzen wir diese interdisziplinäre Herangehensweise, um den zahlreichen Sportlerinnen und Sportlern in unserer Gesellschaft praktische Hinweise und Empfehlungen zum Umgang mit diesen klimabedingten Gesundheitsrisiken zu geben.

## **2 Klimabedingte Gesundheitsrisiken und sportspezifische Präventionsmöglichkeiten**

### **2.1 Hitzewellen**

Am häufigsten wird der Klimawandel als Anstieg der globalen Jahresmitteltemperatur beschrieben. In Deutschland ist die Jahresmitteltemperatur in den letzten 100 Jahren um etwa ein Grad Celsius gestiegen. Hierzulande wird bis Mitte des Jahrhunderts ein weiterer Anstieg um +1 bis +3 Grad Celsius und bis Ende des Jahrhunderts um +2 bis +4 Grad prognostiziert (Eis et al., 2010; Stamatakis et al., 2013). Diese mittlere Klimaerwärmung stellt aber nur einen Aspekt thermischer Veränderungen dar. Für den Sport wesentlich bedeutsamer ist in diesem Zusammenhang die Zunahme von kurz- bis mittelfristigen Lufttemperaturextremen im Sommer (z. B. sog. Hitzewellen), die bereits für die letzten beiden Dekaden nachgewiesen werden konnte (Schneider & Mücke, 2021). Es ist absehbar, dass sich in Deutschland die Zahl sog. „heißer Tage“ mit Temperaturen von über 30 Grad Celsius bis zum Ende dieses Jahrhunderts verdreifachen wird (Algesheimer, 2019; Eis et al., 2010). Besonders gefährdet sind in diesem Zusammenhang Tal- und Kessellagen, wofür insbesondere Heidelberg ein anschauliches Beispiel ist: Das Klima am Standort unserer Universität wird durch sehr warme Sommer, milde Winter und häufige Inversionswetterlagen bestimmt. Für Sportlerinnen und Sportler bedeutet dies eine belastende Schwüle im Sommer, längere Hitzewellen und erhöhte Luftverschmutzung bei bioklimatisch belastenden Inversionen in den Übergangszeiten und im Winter (Deutscher Rat für Landespflege, 1981).

Gesundheitsrelevante Folgen: Höhere Außentemperaturen belasten grundsätzlich das Herz-Kreislauf-, das Atmungssystem und den Stoffwechsel (Mücke & Matzarakis, 2017). Athletinnen und Athleten, die unter Hitze Sport treiben, setzen sich gesundheitsgefährdendem Hitzestress aus (Brotherhood, 2008; Kappas, 2009;

Townsend et al., 2003; Abbildung 1). Neben dem Outdoorsport (Fußball, Rugby, Leichtathletik, Tennis usw.) trifft dies auch den Indoorsport, etwa bei Training in unzureichend klimatisierten, überhitzten Sporthallen. Der menschliche Körper reagiert auf derartige thermophysiologische Belastungen mit einer Akklimatisation, indem das Plasmavolumen zunimmt, die Schweißrate ansteigt und die Schweißproduktion eher einsetzt (Maloney & Forbes, 2011). Zur Akklimatisation wäre ein Zeitraum erforderlich, der die – bisher typische – Dauer der meisten hiesigen Hitzewellen übertrifft. So wird eine schonende Gewöhnung durch regelmäßige Belastung über mindestens zwei Wochen empfohlen (Eis et al., 2010; Wonisch et al., 2017).

Wenngleich die Körperkerntemperatur nicht direkt von der Außentemperatur abhängt, ist die Thermoregulation bei großer körperlicher Belastung, gleichzeitig hoher Außentemperatur und hoher Luftfeuchtigkeit gefährdet (Brotherhood, 2008; Hanna et al., 2011). Da eine hohe Luftfeuchtigkeit die Schweißabgabe behindert, verbleibt die Hitze im Körper und erhöht die Körperkerntemperatur (Maloney & Forbes, 2011). Ohne intakte Hitzebalance kann die Thermoregulation des Körpers entgleisen und zu einer akuten Notfallsituation führen (Eis et al., 2010; Wonisch et al., 2017). Typische gesundheitliche Folgen einer Hyperthermie sind Hitzschlag, Sonnenstich, Hitzekollaps, Hitzeerschöpfung und Hitzekrämpfe (Brotherhood, 2008; Mücke & Matzarakis, 2019). Im Vergleich etwa zum Hitzschlag, welcher ein lebensbedrohliches Ereignis darstellt, und den übrigen oben genannten Risiken erscheinen weitere in der Literatur besprochene Hitzefolgen eher marginal: Als dermatologische Folgen sind Hitzeausschläge (Miliaria) und Hefepilzinfektionen (v.a. Pityriasis versicolor) bei übermäßigem Schwitzen und dem Tragen synthetischer Kleidung relevant (Karamfilov & Elsner, 2002).

Prävention: Präventiv werden bei anhaltenden thermischen Belastungen Verlagerung der Sportaktivität auf die Morgen- und Abendstunden, Anpassung der Trainingsumfänge, regelmäßiges Trinken vor, während und nach der Aktivität, wettergerechte und atmungsaktive Kleidung, strikte Sportkarenz bei gastrointestinalen oder fieberhaften Erkrankungen sowie die Vermeidung von Alkohol und von Medikamenten, die den Elektrolythaushalt beeinflussen (u. a. Diuretika, Anticholinergika, Neuroleptika), empfohlen (Weltgesundheitsorganisation, 2019; Wonisch et al., 2017).

## 2.2 Unwetter und weitere Extremwetterereignisse

Neben Hitzewellen ist eine Beschleunigung des Wasserkreislaufes mitsamt einer Erhöhung der Jahresniederschläge eine weitere Folge des Klimawandels. Die Zunahme der Niederschlagsmenge verteilte sich in der Rückschau allerdings nicht gleichmäßig über das Jahr. Vielmehr erhöhte sich in der Vergangenheit die Niederschlagsmenge in den Winterhalbjahren, in denen außerdem eine Entwicklung hin zu mehr Regen und weniger Schnee auffiel. Im Sommer waren dagegen häufiger Dürreperioden und Starkregenereignisse zu verzeichnen. Diese Entwicklung wird sich mit Fortschreiten der globalen Erwärmung fortsetzen (Algesheimer, 2019; Eis et al., 2010). Konkret werden künftig im Sommer einerseits mehr sommerliche Dürren und Niedrigwasser und andererseits mehr Unwetter mit Blitzschlag und Hochwasser erwartet (Schneider & Mücke, 2021). Gerade in Heidelberg wird der Neckar noch häufiger über die Ufer treten (Eis et al., 2010). Weitere Folgen der globalen Erwärmung sind abtauende Gletscher- und Permafrostgebiete, Bergstürze, Steinschläge, Gletscherspalten und Großlawinenlagen.

Gesundheitsrelevante Folgen: Extremwetterereignisse bergen unter anderem Risiken für den Berg- und Wassersport durch kurzfristige Starkregen, Hochwasser und gefährlich veränderte Pegel und Fließgeschwindigkeiten in Gewässern (Al-



**Abbildung 1:** Hitze und UV-Belastung werden durch den Klimawandel zunehmen (hier „Trail Marathon“ in Heidelberg, Copyright © PIX-Sportfotos/Michael Ruffler).

gesheimer, 2019). So stellt nicht nur Hochwasser, sondern auch Niedrigwasser durch kurzfristig veränderte Fließgeschwindigkeiten und gefährliche Begegnungen zwischen Kanus, Booten und anderen Wasserfahrzeugen auf der kleineren Wasserfläche ein Problem dar. Gesundheitsgefahren im Outdoorsport ergeben sich auch durch Blitzschlag, Sturm und Astbruch. Im Berg- und Skisport kommen häufigere Murenabgänge, Felsstürze, Steinschläge, Gletscherspalten und Lawinen hinzu (Algesheimer, 2019; Neuerburg & Quardokus, 2019).

Prävention: Vor gefährlichen Wetterlagen warnt in Deutschland das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, beispielsweise über die NINA-Warn-App. Erste Sportverbände reagieren auf diese Entwicklungen mit Regeländerungen und anderen strukturellen Maßnahmen. So warnt der Deutsche Golf Verband seine Mitglieder vor Blitzen und gibt Verhaltens- und Sicherheitshinweise, etwa zur Regelung von Spielunterbrechungen und zur Bereitstellung von Blitzschutzhütten. Ein Bündnis mehrerer Sportverbände, darunter die Deutsche Reiterliche Vereinigung (FN), der Deutsche Alpenverein (DAV) und der Deutsche Kanu-Verband (DKV), haben speziell für Kinder und Jugendliche eine App und einen Comic mit dem Titel „Gemeinsam geht’s“ herausgegeben, die über klimabedingte Risiken wie Starkregen, Überflutungen und Sturm aufklären (Deutscher Naturschutzring, 2019).

### 2.3 UV-Strahlung

Sportlerinnen und Sportler, die sich im Freien bewegen, setzen sich Strahlung vor allem in Form von UV-A- und UV-B-Strahlung aus. Der Klimawandel dürfte die Menge an aufgenommener Strahlung (die sog. UV-Exposition) für Sportlerinnen und Sportler mindestens aus drei Gründen erhöhen: Erstens führte die jahrzehntelange Emission von Treibhausgasen – wie Methan und Kohlendioxid – zum Abbau der Ozonschicht (sog. Ozonlöcher) in der Stratosphäre und damit zu einer Zunahme der bodennahen UV-B-Strahlung (Townsend et al., 2003). In der Folge hat die UV-Strahlung in höheren Lagen über die letzten 30 Jahre im Frühjahr um bis zu 25% und im Sommer immerhin um etwa 10% zugenommen. In Niederungen scheint die Zunahme aufgrund von Bewölkung und Luftschadstoffen etwas geringer ausgefallen zu sein (Jendritzky, 2007). Besonders gefährlich sind stratosphärische Niedrig-Ozonereignisse (sog. „Miniozonlöcher“), die in den gemäßigten Breiten der nördlichen Hemisphäre vor allem im Frühjahr auftreten. Diese kurzfristigen Phänomene werden auch in Deutschland verzeichnet

und belasten die insbesondere zu dieser Jahreszeit noch nicht an derart hohe UV-Bestrahlungsstärken adaptierte Haut – etwa beim Wintersport – besonders (Baldermann & Lorenz, 2019). Zweitens erhöht sich im Zuge des Klimawandels die Zahl sonniger Tage. So hat sich die mittlere Sonnenscheindauer in Deutschland in den letzten 50 Jahren um etwa 100 Stunden pro Jahr erhöht (Baldermann & Lorenz, 2019). Und drittens dürfte aufgrund milderer Winter und einer längeren Outdoorsaison die Aufenthaltsdauer im Freien und damit die UV-Jahresdosis von Sportlerinnen und Sportlern insgesamt zunehmen (Schneider & Mücke, 2021).

Gesundheitsrelevante Folgen: Akute Folge einer übermäßigen, ungeschützten UV-Exposition ist das UV-Erythem (Sonnenbrand, Dermatitis solaris) (Mücke & Matzarakis, 2019).

Da bei vielen Outdoorsportarten (wie Triathlon, Rudern, Golf, Leichtathletik, Fußball, Segeln, Langlauf) eine langjährige UV-Exposition üblich ist, können als chronische Folgen aktinische Keratosen, maligne Melanome und nicht-melanozytärer Hautkrebs (Basalzellkarzinome, Plattenepithelkarzinome, sog. „weißer Hautkrebs“) entstehen (Algesheimer, 2019; Diehl et al., 2020). Insbesondere die Entstehung des sog. weißen Hautkrebses wird durch eine langfristige Einwirkung der UV-Strahlung begünstigt. Langfristig kumulierte UV-Strahlung steht mit einem höheren Risiko für die Entstehung von Plattenepithelkarzinomen in Verbindung, während die Hauptrisikofaktoren für die Entstehung von Basalzellkarzinomen häufige Sonnenbrände sowie hohe intermittierende UV-Exposition sind. Letzteres gilt auch für die Entstehung von malignen Melanomen (Diehl et al., 2020). Darüber hinaus forciert eine verstärkte bzw. häufigere Exposition gegenüber UV-Strahlung die Lichtalterung der Haut (Photoaging). Neben dem Ausmaß der Sonnenexposition spielt hierbei die Hautpigmentierung eine Rolle, sodass Sportlerinnen und Sportler mit einer hellen Haut einem besonders hohen Risiko ausgesetzt sind (Diehl et al., 2020).

Vor allem im Wintersport (z. B. Ski alpin, Biathlon) kann die typische UV-Exposition unter hoher Schneereflexion zu rezidivierendem Herpes labialis führen. Die UV-Strahlung ist ein potenter Stimulus und führt regelmäßig zu einer Reaktivierung der latenten Herpes simplex-Infektion (Karamfilov & Elsner, 2002). Nicht nur die dermatologischen, sondern auch die ophthalmologischen Folgen übermäßiger Sonnenlicht-Exposition sind vielfältig. Sportlerinnen und Sportler, wie etwa Ruderinnen und Ruderer und Wintersportlerinnen und -sportler, die sich ungeschützt hoher UV-Strahlung exponieren, riskieren Erkrankungen der periorbi-



talen Region, der Bindehaut (Pterygium), der Kornea (Keratoconjunktivitis), der Linse (Katarakt) und der Retina (solare Retinopathie) (Eis et al., 2010; Schneider et al., 2019).

Prävention: Präventiv unterscheidet man verhaltenspräventive Maßnahmen (wie die Nutzung von Sonnenbrille, Sonnenschutzmittel, Lippencreme mit UV-Schutz, möglichst langärmeliger Kleidung samt Kopfbedeckung sowie – wo immer möglich – das Training außerhalb der Mittagszeit und das Aufsuchen von Schatten) von verhältnispräventiven Maßnahmen (wie Verfügbarmachen von Schattenplätzen, natürliche und künstliche Beschattung, Einsatz von Oberflächen mit geringer Albedo) (Schneider et al., 2019).

## 2.4 Luftschadstoffe

In den letzten Jahrzehnten sind deutschlandweit und auch in Heidelberg die Konzentrationen vieler Luftschadstoffe aufgrund technischer Entwicklungen flankiert von umweltpolitischen Maßnahmen deutlich zurückgegangen. Dies gilt allerdings nur eingeschränkt für das bodennahe – troposphärische – Ozon. Bodennahes Ozon ist ein Indikator für photochemische Sekundär-Luftschadstoffe, die aus den Vorläufersubstanzen Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen, die weit überwiegend vom Kraftfahrzeugverkehr emittiert werden, und unter Einwirkung der UV-Strahlung gebildet werden (Schweisfurth, 1994; Umweltbundesamt, 2016). Adverse bodennahe Ozoneffekte treten vor allem im Sommerhalbjahr auf (Eis et al., 2010; Mücke & Matzarakis, 2019). Weil bedingt durch die Klimaerwärmung eine Zunahme von stabilen Hochdruckwetterlagen und damit verbundenen Durchschnittstemperaturen sowie Perioden extremer Hitze erwartet werden, prognostizieren Klimamodelle auch eine Zunahme der Ozonbelastung in Deutschland (Brasseur et al., 2017).

Die Luftbelastung durch anthropogen erzeugten Feinstaub konnte in Deutschland über die letzten Dekaden deutlich reduziert werden. Technische Entwicklungen dürften einerseits die Gesamtemission auch in der Zukunft weiter verringern. Andererseits begünstigt der Klimawandel spezifische Wetterlagen (Hitzewellen und Dürren im Sommer, Inversionwetterlagen im Winter), die dann temporär zu einer signifikanten Zunahme der Feinstaubbelastung führen können (Brasseur et al., 2017; Eis et al., 2010). Zwischen Hitze, Ozon und Feinstaub bestehen im Übrigen starke synergistisch-additive Wechselwirkungen. Weitere Folgen des Klimawandels sind anhaltende Trockenphasen und Vegetationsbrände, die zum

Anstieg des natürlichen Feinstaubanteils beitragen (Eis et al., 2010; Hanna et al., 2011; Mathias, 2018).

**Gesundheitsrelevante Folgen:** Die Empfindlichkeit des Menschen gegenüber Ozon unterliegt starken individuellen Schwankungen. Gesundheitsrelevant ist Ozon deswegen, weil es in den Alveolen zu einem Entzündungsprozess führt und den Körper z. B. gegenüber Infektionen anfälliger macht und insbesondere bei körperlicher Belastung zu einer Verschlechterung der Lungenfunktion, Schleimhautreizungen, Husten, Müdigkeit und reduzierter Leistungsfähigkeit führen kann (Mathias, 2018; Mücke & Matzarakis, 2019). Eine Adaptation an höhere Ozonwerte ist möglich und tritt meist innerhalb von vier Tagen ein, um nach etwa einer Woche Expositionspause wieder auf das Ausgangsniveau zu sinken. Es dürfte sich bei dieser Gewöhnung aber eher um einen Verlust von Abwehrmechanismen handeln als um eine echte Adaptation. Sportlerinnen und Sportler gelten als Risikogruppe, da ihre Gesamtozonaufnahme bei erhöhtem Atemminutenvolumen steigt (Schweisfurth, 1994; Wonisch et al., 2017). Dies gilt auch für die Feinstaubbelastung (Eis et al., 2010). Besonders tückisch sind Feinstäube mit einer Partikelgröße unter 2,5 Mikrometer, da diese bis in die Alveolen vordringen können, wo sie zu einer Ausschüttung von entzündungsfördernden Botenstoffen, arteriosklerotischen Prozessen sowie chronischen Veränderungen der Atemwege führen können (Mathias, 2018). Feinstäube aus großflächigen Vegetationsbränden können ebenfalls gesundheitsrelevante Auswirkungen u. a. durch sich weit ausbreitende Verbrennungsprodukte haben (Brasseur et al., 2017).

**Prävention:** Ab einem Einstunden-Ozonwert von 180 Mikrogramm pro Kubikmeter muss hierzulande über die Gefährdung informiert werden. Das Umweltbundesamt empfiehlt, schon ab einem Einstunden-Ozonwert von 120 Mikrogramm pro Kubikmeter eine Teilnahme an Open-Air-Sportveranstaltungen zu überdenken. Die Richtlinien der einzelnen Bundesländer unterscheiden sich hinsichtlich der Art der Veranstaltung und der empfohlenen Maßnahmen (Umweltbundesamt, 2016). Generell sollten Sportaktivitäten an Sommertagen nicht in die besonders heißen und ozonhaltigen Stunden von 11 bis 18 Uhr gelegt werden (Mathias, 2018).

## 2.5 Allergene

Im Zuge des Klimawandels und der sich dabei einstellenden mildereren Witterung kommt es zu einem früheren Beginn und zu einem späteren Ende des Pollenflugs (Abbildung 2). Je nach Pflanzenart bewirkte dies in den letzten 20 Jahren bereits

eine Verlängerung der Pollensaison um 6 bis 19 Tage. Modellrechnungen für Deutschland zufolge ist bis zum Ende des Jahrhunderts eine Vorverlagerung des Pollenflugs um weitere 20 Tage zu erwarten (Eis et al., 2010). Neben der Länge der Pollensaison hat der Klimawandel auch Auswirkungen auf Pollenkonzentration und -allergenität (Beggs & Bambrick, 2005; Höflich, 2018; Katelaris & Beggs, 2018). So besteht unter anderem eine Korrelation zwischen Jahres- und Monats-temperatur und der Birkenpollen- sowie der Olivenpollenkonzentration (Höflich, 2018). Die Zunahme der Allergenität von Pollen ergibt sich durch eine veränderte Proteinzusammensetzung der Pflanzenpollen infolge von Luftschadstoffen wie Feinstaub oder Ozon (Stöver, 2015).

Die klimatischen Veränderungen der letzten Jahrzehnte begünstigen außerdem die Einbürgerung und Ausbreitung von Neophyten mit allergenem Potenzial. Neben dem Riesenbärenklau und der Goldrute ist in diesem Zusammenhang vor allem die beifußblättrige Ambrosia zu nennen (botanisch: *Ambrosia artemisiifolia*). Hierzulande sind bereits etwa 8% aller Erwachsenen gegen *Ambrosia sensibilisiert* (Eis et al., 2010).

Auch die Wespe ist eine wärmeliebende Art. Unklar ist noch, wie sich für sie Nahrungsspektrum, Fressfeinde und Parasiten im Zuge des Klimawandels verändern werden. Aufgrund milderer Winter könnten künftig statt lediglich der Königinnen auch ganze Völker überwintern und im Frühjahr sehr große Nester bilden (Eis et al., 2010).

Gesundheitsrelevante Folgen: Klimabedingte Veränderungen in Quantität und Qualität der Belastung durch allergene Pollen dürften künftig zu häufigeren und stärkeren Sensibilisierungen führen (Eis et al., 2010). Da die Exposition nicht auf den Zeitraum der Sportaktivität begrenzt ist, trifft diese Klimafolge in individuell unterschiedlichem Ausmaß Outdoor- ebenso wie Indoorsportlerinnen und -sportler. Die beschriebenen allergologisch relevanten Klimaeffekte werden für die in Industrienationen seit Jahrzehnten rasant zunehmenden Asthmaprävalenzen mitverantwortlich gemacht (Beggs & Bambrick, 2005). Hinsichtlich Neophyten wird innerhalb Europas insbesondere für Deutschland ein deutlicher Anstieg der Sensibilisierungen gegenüber *Ambrosia* erwartet (Lake et al., 2017). Bei einem Viertel aller betroffenen Pollenallergiker umfassen die allergischen Folgen neben Pollinosis auch Asthma bronchiale. Auch tierische Allergenproduzenten wie der Eichenprozessionsspinner können in Einzelfällen Asthma auslösen. Abgebrochene Spiegelhaare werden bei günstiger Witterung durch Luftströmungen verschleppt

und stellen deswegen u. a. in Ausdauer- und anderem Outdoorsport ein weiteres Risiko dar (Eis et al., 2010). Insbesondere der an Heidelberg angrenzende Oberrheingraben gilt bezüglich des Eichenprozessionsspinner als Problemgebiet (Eis et al., 2010).

Nicht zuletzt kann eine klimabedingte Zunahme von Outdooraktivitäten häufigere Begegnungen zwischen Betroffenen mit Insektengiftallergie und Wespen nach sich ziehen (Eis et al., 2010). Anekdotisch kann der Erstautor von einem als Trainer geleiteten Leichtathletiktraining in Nachbarschaft zum Gelände des Instituts für Sport und Sportwissenschaft der Universität Heidelberg berichten, bei dem ein Wespenschwarm ein Nest bis dahin unbemerkt in der dortigen Sprunganlage gebaut hatte und die jungen Sportlerinnen und Sportler während eines Hochsprungtrainings attackierte.

Prävention: Die Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention empfiehlt Pollenallergikern neben der etablierten medikamentösen Therapie (Antihistaminika, spezifische Immuntherapie) klassische Ausdauersportarten wie Laufen, Schwimmen, Radfahren oder Wandern, sofern es der individuelle Gesundheitszustand zulässt. Bei Sport im Freien sollte der Athlet sich moderat auf- und abwärmen, Spitzenbelastungen ebenso wie abrupte Wechsel zwischen Ruhe und Belastung vermeiden sowie das Training bei allergischen Reaktionen oder Asthma mit Atemnot abbrechen. Die medikamentöse Therapie sollte unter ärztlichem Rat unter Berücksichtigung der aktuellen Dopingregularien abgestimmt werden. Grundsätzlich stehen nämlich  $\beta$ 2-Agonisten, die normalerweise bei Asthma zum Einsatz kommen, auf der Liste verbotener Substanzen der Welt-Doping-Agentur WADA (Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention e.V., 2017). Vor Wespen schützen zum einen das Fernbleiben von Nestern und zum anderen Repellentien mit dem Wirkstoff Ethyl-Butylacetylaminopropionat.

## 2.6 Viren, Bakterien und Parasiten

Ein Vektor ist ein lebender Organismus, der Krankheitserreger von einem infizierten Tier auf einen Menschen oder ein anderes Tier überträgt. Die meisten Vektoren sind ektotherme Tiere, für die eine Klimaerwärmung grundsätzlich verbesserte Lebensbedingungen bedeutet (Eis et al., 2010). Reservoirorganismen sind Wirtstiere, in denen sich Krankheitserreger sammeln und vermehren und von denen eine erneute Infektion ausgehen kann. Im Zuge des Klimawandels wird eine stärkere Vermehrung und Ausbreitung von einigen Vektoren und Reservoirorganismen

diskutiert (Eis et al., 2010; Mücke & Matzarakis, 2017; Ogden & Lindsay, 2016; Townsend et al., 2003).

Besonders bedeutsam ist in diesem Zusammenhang die Zecke (Jendritzky, 2007). Milde Winter begünstigen bereits im Frühjahr eine hohe Dichte und Aktivität heimischer Zeckenarten (Schildzecken - *Ixodes ricinus* und Auwaldzecken - *Dermaceter reticulatus*). Sehr trockenheiße Sommer führen hingegen zu einer Reduktion der Population, sodass noch nicht abschließend geklärt ist, wie sich klimatische Veränderungen regional auswirken werden (Hemmer et al., 2018; Jendritzky, 2007; Mücke & Matzarakis, 2017). In den letzten Jahren wurden erste Funde einer neuen tropischen Zeckenart, der *Hyalomma marginatum*, berichtet, für die ein trockenheißes Klima kein Problem darstellt (Hemmer et al., 2018). Modellrechnungen zufolge ist der entscheidende Parameter für die Ausbreitung von Zecken die Zahl frostfreier Tage (Eis et al., 2010).

Prinzipiell bedeutet der Klimawandel auch günstigere Ausbreitungs- und Überlebensbedingungen für zahlreiche weitere Vektoren wie die Anopheles-Mücke, die Sandmücke und die Asiatische Tigermücke. Außerdem gehen mildere Winter und reichhaltigere Nahrungsangebote (u. a. Bucheckern) mit einer höheren Überlebenschance von Reservoirorganismen wie Brand-, Spitz-, Feld- und Rötelmäusen einher (Eis et al., 2010; Faulde et al., 2002; Reil et al., 2018; Stark et al., 2009).



**Abbildung 2:** Durch den Klimawandel verändern sich Quantität und Qualität der Pollenbelastung (Copyright © Alex Jones / Unsplash).

Der Klimawandel beeinträchtigt darüber hinaus die Wasserqualität von Bade- und Sportgewässern und begünstigt wasserbürtige Infektionen. Für den Kanu-, Ruder-, Surf- und sonstigen Wassersport sind hier zuvorderst Cyanobakterien zu nennen, die landläufig oft als Blaualgen bezeichnet werden. Eine starke Nährstoffbelastung der Gewässer kann zu einer Massenvermehrung von Cyanobakterien, sogenannten „Wasserblüten“, führen. Begünstigt werden diese Phänomene durch eine stabile thermische Schichtung des Gewässers, die vor allem bei hohen Temperaturen und stabilen Wetterlagen entsteht. Im Zuge des Klimawandels ist mit einer Zunahme derartiger Blaualgen-Blüten in den oberen Wasserschichten zu rechnen (Eis et al., 2010; Mücke & Matzarakis, 2017; Umweltbundesamt, 2019).

Deutlich gefährlicher sind Vibrionen, die natürlicherweise in Brack- und Meerwasser vorkommen. Als besonders gefährdet gelten salzarme Uferbereiche der Meere, die unter Süßwassereinfluss stehen, also etwa Flussmündungen (Baker-Austin et al., 2013). Bei hohen Wassertemperaturen ( $> 20^{\circ}\text{C}$ ), die im Zuge des Klimawandels insbesondere an Ost- und Nordsee über längere Zeiträume erreicht werden, kann sich die Konzentration von Vibrionen deutlich erhöhen (Eis et al., 2010; Mücke & Matzarakis, 2017). Abschließend sollen die insbesondere in warmen Sommern grundsätzlich zunehmenden Risiken durch Lebensmittelinfektionen nicht unerwähnt bleiben.

Gesundheitsrelevante Folgen: In Deutschland wurde in Zecken eine zweistellige Anzahl an Erregern nachgewiesen, die für den Menschen gefährlich sind. Darunter befinden sich die Erreger des Q-Fiebers, der Rickettsiosen und der Ehrlichiosen (Jendritzky, 2007; Kappas, 2009). Darüber hinaus gilt Deutschland insbesondere als Hochendemie-Gebiet für die Lyme-Borreliose, die häufigste durch Zecken übertragene Infektionskrankheit (Mücke & Matzarakis, 2017). Anders als für die Lyme-Borreliose existiert für die ebenfalls von Zecken übertragene Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME) eine Impfung (Eis et al., 2010). Eine besondere Risikogruppe für zeckenassoziierte Infektionen stellen Sportlerinnen und Sportler mit Aktivitäten im Freien (Mannschaftssport, Leichtathletik), ganz besonders in Wiesen und Wäldern (Jogging, Nordic Walking, Reiten, Wandern) dar (Karamfilov & Elsner, 2002). Baden-Württemberg gilt diesbezüglich als Endemiegebiet. Hier sind je nach Region bis zu 5% aller Tiere mit dem FSME-Virus infiziert (Eis et al., 2010).

Nicht zuletzt bedeuten mildere Winter, dass einheimische Mückenarten ebenso wie aus dem Mittelmeerraum vordringende Arten Vektorkompetenz für Erkranken-

kungen erlangen können, die in Deutschland bisher keine Rolle gespielt haben. Parallel verändert der Klimawandel die Flugrouten von Zugvögeln, die als Reservoirorganismen dienen. Neben *Aedes albopictus* (Asiatische Tigermücken) sind zuletzt auch Phlebotomen (Sandmücken), die die Leishmaniose-Parasiten übertragen, auch in der an Heidelberg angrenzenden Region des Oberrheingraben nachgewiesen worden (Jendritzky, 2007). Die Tropenmedizin erwartet auch für Deutschland – zunächst überschaubare – Ausbrüche von Dengue-, Zika-, West-Nil-Fieber und Malaria. Am ehesten dürfte sich das Chikungunya-Fieber in Deutschland etablieren (Hemmer et al., 2018).

Grundsätzlich schwanken die Inzidenzen für Infektionen durch Hantaviren, die durch Reserviertiere wie Brand- und Rötelmäuse übertragen werden, von Jahr zu Jahr stark. Gemäß serologischer Untersuchungen weisen etwa in unserem Bundesland Baden-Württemberg bis zu 30% aller Nager Hantavirus-Antikörper auf (Jendritzky, 2007). Da die Übertragung aber vor allem respiratorisch, seltener dagegen durch Bisse oder anderen Kontakt erfolgt, dürfte das Risiko im Outdoor-Sport eher begrenzt sein. Eine Ausnahme stellen Wanderer in Endemiegebieten dar, die dort durch Mäuse besiedelte Waldhütten nutzen (Eis et al., 2010).

Auch im Wassersport sind die Folgen des Klimawandels zunehmend zu spüren: Wegen ihrer Fähigkeit, verschiedenartige Toxine zu bilden, stellen Cyanobakterien einen Risikofaktor für den Wassersport (u. a. beim Kanufahren, Rudern, Windsurfen, Wasserskifahren) dar. Verschlucken von mit Cyanotoxinen belastetem Wasser äußert sich akut durch gastrointestinale Beschwerden, Hautkontakt mit dem Bakterienfilm durch allergische Reaktionen und Hautreizungen. Vibrionen können Durchfallerkrankungen, Wundinfektionen und Septikämien verursachen. Für Deutschland liegen vereinzelte Fallberichte über sehr schwere Verläufe bei vorerkrankten und älteren Badegästen an der Ostsee vor (Eis et al., 2010).

Auch lebensmittelassoziierte Infektionen durch Salmonellen und *Campylobacter jejuni* oder *coli* nehmen mit steigenden Außentemperaturen zu. Studien und Modellrechnungen prognostizieren, dass bei einem durchschnittlichen Anstieg der Jahresmitteltemperatur um 1 Grad die Inzidenzen bakterieller Gastroenteritiden um 5–15% zunehmen dürften (Eis et al., 2010).

Prävention: Sportlerinnen und Sportler können sich zur Prävention von Zeckenstichen an den aktuellen medizinischen Leitlinien orientieren, die das Tragen gut abschließender Kleidung, das Meiden von Unterholz, das Absuchen des Körpers nach Zecken sowie deren rasches Entfernen umfassen (Deutsche

Gesellschaft für Dermatologie, 2016; Kaiser et al., 2017). Darüber hinaus sind Repellentien erhältlich, die sowohl gegen Zecken als auch gegen Stechmücken wirken. Aus den Empfehlungen des Robert Koch-Instituts zur Prävention von Hantavirus-Infektionen erscheinen für Wanderer und andere Outdoorsportlerinnen und

-sportler vor allem die Vorschläge, Wasser, Lebensmittel und Abfälle luftdicht zu verschließen und für Nager unzugänglich zu machen, relevant (Robert Koch-Institut, 2019). Der Deutsche Kanu-Verband empfiehlt bei einer bekannten Gewässerbelastung durch Blaualgen auf das Rollentraining zu verzichten. Außerdem sollte bei Pausen und nach dem Paddeln auf eine ausreichende Händehygiene geachtet werden, insbesondere vor dem Kontakt mit Lebensmitteln. Zur Prävention wasserbürtiger Infektionen sollte ein Kontakt mit Wasser ganz vermieden oder offene Wunden gut abgeklebt werden (Deutscher Kanu-Verband e.V., 2018; Robert Koch-Institut, 2006). Lebensmittelassoziierte Infektionen lassen sich bspw. bei Sportveranstaltungen mit Bewirtung durch eine lückenlose Kühlkette und individuell durch risikoarmen Proviant vermeiden (Jendritzky, 2007; Stöver, 2015).

### **3 Klimabedingte Gesundheitsbenefits**

In einem Überblick zur Thematik dürfen auch die positiven Wirkungen des Klimawandels nicht fehlen. Grundsätzlich dürfte die Klimaerwärmung im Jahresdurchschnitt zu einer „Behaglichkeitszunahme“ führen (Stamatakis et al., 2013). Wenngleich eine abnehmende Schneesicherheit dem Wintersport zusetzt, so profitieren viele andere Outdoorsportarten von einem früheren Beginn und einem späteren Ende der Freiluftsaison (Eis et al., 2010; Kappas, 2009). Derzeit ist es Gegenstand erster Studien, ob der Klimawandel im Saldo eher zu einer Zunahme oder zu einer Abnahme sportlicher Aktivität führen wird (Heaney et al., 2019; Stamatakis et al., 2013). Neben den weiter oben beschriebenen gesundheitlichen Gefahren der UV-Strahlung wirkt eine höhere kumulative UV-Exposition präventiv gegen depressive Symptome („Winterdepression“), Vitamin-D-Mangelerscheinungen und Osteoporose (Algesheimer, 2019; Eis et al., 2010; Stöver, 2015).



#### 4 Weitere Klimafolgen und Handlungsansätze

Dieser Überblicksbeitrag behandelt lediglich die für individuelle sportspezifischen Folgen – und damit nur einen kleinen Teilaspekt – des globalen Klimawandels. Für die Zukunft der Menschheit noch viel bedeutsamer dürften beispielsweise die zunehmende Versauerung der Ozeane, das Abschmelzen der Landeismassen und der arktischen Meereisbedeckung, der Rückgang der Biodiversität, zunehmender Wasser- und Nahrungsmangel und klimabedingter Migrationsdruck sein (Eis et al., 2010; Neuerburg & Quardokus, 2019; Watts et al., 2019).

Die Fokussierung auf die individuelle Perspektive klammert ebenfalls sämtliche Folgen für die Sportorganisationen aus. Internationale und nationale Sportorganisationen (IOC, FIFA, DOSB) werden ebenso wie lokale Vereine auf Veränderungen des Klimas reagieren müssen, um Athleten ebenso wie Publikum, Offizielle, Trainerstab und Servicepersonal entsprechend zu schützen und mittel- und langfristig eine planbare Fortsetzung des Sportbetriebs zu gewährleisten (Abbildung 3). In einer weiterführenden Veröffentlichung haben wir an anderer Stelle die beiden in diesem Bereich zentralen Handlungsfelder beschrieben (Schneider et al., 2022): Erstens die Vermeidung klimaassoziierter Gesundheitsrisiken durch verhaltens- und verhältnispräventive Maßnahmen (z. B. Implementierung von Hitzewarnsystemen und Hitzeorientierungsplänen, temperaturabhängige Termin- und Zeitplanung, baulicher Sonnenschutz, albedogerechte Fassaden- und Flächengestaltung, natürliche Beschattung, energetische Sanierung von Sportstätten, Auswahl von Pflanzen mit geringem allergischen Potenzial, hygienegerechte Bewirtung bei Veranstaltungen). Und zweitens die Verringerung klimaassoziierter ökonomischer Risiken (z. B. klimasichere Planung und Durchführung von Großveranstaltungen, kompensatorische Wintersportangebote bei abnehmender Schneesicherheit, Schutz von Sportanlagen vor Dürre, Überschwemmung, Hagel und Sturm, Reaktion auf hitzebedingten Besucherrückgang im Sommer). Je nach Kontext stehen Sportorganisationen dabei vor der besonderen Herausforderung, dass bei vielen Sportveranstaltungen deutlich mehr Zuschauerinnen und Zuschauer als Aktive präsent und somit in der Obhut des Vereines sind (z. B. Olympische Spiele, Meisterschaften, Bundesligaspiele, Marathon- und Volksläufe).

## 5 Keine Klimaanpassung ohne Klimaschutz

Klimaschutz (Mitigation) beinhaltet alle Maßnahmen, die dazu geeignet sind, die Veränderungen des Klimas aufzuhalten, zu verlangsamen oder zu mindern. Zentral ist bei Klimaschutzmaßnahmen die Reduktion von Treibhausgasemissionen



**Abbildung 3:** Neben den Sportlerinnen und Sportlern sind auch Zuschauerinnen und Zuschauer, Offizielle, Trainerinnen und Trainer ebenso wie Servicepersonal vor klimabedingt zunehmenden Gesundheitsrisiken wie u. a. Hitze, UV-Strahlung, Extremwetter und Blitzschlag zu schützen (Copyright © Filip Mroz / Unsplash).

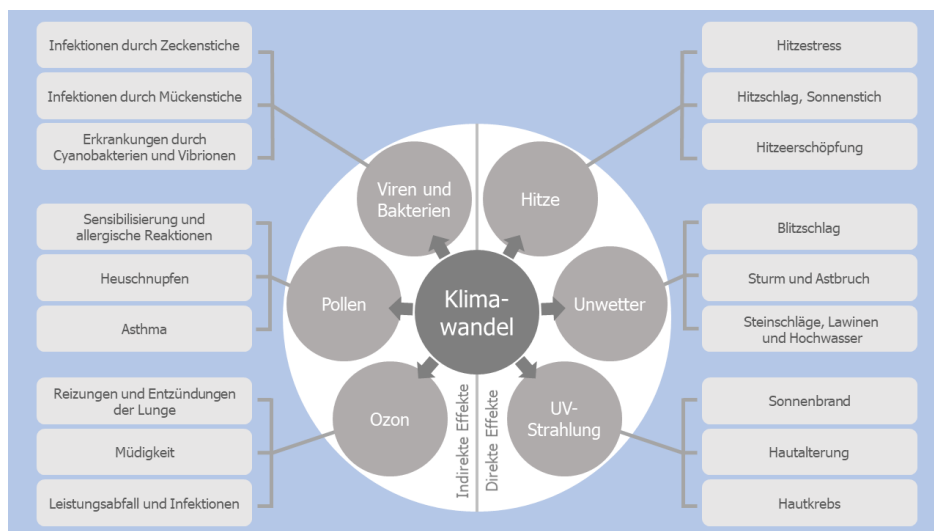
(Watts et al., 2019). Mitigation ist also ein Up-Stream-Ansatz (Eichinger, 2019). Demgegenüber handelt es sich bei der Adaptation um die Anpassung an die mannigfaltigen Folgen des Klimawandels (Jendritzky, 2007). Adaptation stellt also einen Down-Stream-Ansatz dar („End-of-Pipe-Technik“) (Algesheimer, 2019).

Dass sich der vorliegende Überblicksartikel ausschließlich um Maßnahmen zur Klimaanpassung dreht, bedeutet nicht, dass der Sport als Organisation sich neben Adaptation nicht auch der Mitigation widmen sollte. Im Gegenteil: Die Beziehung zwischen Klimawandel und Sport ist bidirektional (Orr & Inoue, 2019). Der Sport ist nicht nur Leidtragender, sondern auch Verursacher von Treibhausgasen. Großereignisse wie internationale und nationale Turniere, Meisterschaften und Ligen verursachen eine erhebliche, sportbezogene, CO<sub>2</sub>-relevante Mobilität (Neuerburg & Quardokus, 2019; Orr & Inoue, 2019). Sport greift in attraktive Naturräume wie Küsten, Wälder und Gebirge ein (Neuerburg & Quardokus, 2019). Sportstätten benötigen Energie für Klimatisierung und Unterhalt. Vereine kaufen Güter und produzieren Müll (u. a. Sportgeräte, Einrichtung, Technik, Papier, Catering). Der tägliche Sportbetrieb birgt also ein erhebliches Einsparungspotenzial für Rohstoffe und Energie.

## 6 Zusammenfassung und Fazit

Der Klimawandel geht vor allem mit folgenden gesundheitsrelevanten Risiken für Sportlerinnen und Sportler einher: Zunahme thermischer Belastungen, Zunahme von Unwettern und anderen Extremwetterereignissen, Zunahme der UV-Exposition, Zunahme an Luftbelastungen, Zunahme der Allergenbelastung sowie Ausbreitung von Vektoren und Reservoirorganismen. Abbildung 4 fasst die in der bisherigen Literatur diskutierten Herausforderungen synoptisch zusammen. Die Grafik unterscheidet direkte und indirekte gesundheitliche Folgen des Klimawandels (Eis et al., 2010; Mücke & Matzarakis, 2017). Direkte Folgen werden primär durch Temperatur- und andere Wetterextreme verursacht, während indirekte Folgen aus dem klimabedingt veränderten Ökosystem resultieren (Mücke & Matzarakis, 2017).

Aus erdgeschichtlicher Perspektive schreitet der globale Klimawandel rasend schnell voran. Aus individueller Perspektive zeigen sich nach und nach erste konkrete Auswirkungen auf den Sport. Diese mögliche Wahrnehmung als „Katastrophe in Zeitlupe“ mag erklären, warum bis dato noch wenig sportspezifische



**Abbildung 4:** Klimabedingte Gesundheitsrisiken im Sport (Grafik: © Sven Schneider).

Forschung zu dieser Herausforderung existiert. Der vorliegende Beitrag möchte die unterschiedlichen Disziplinen (u. a. Biologie, Medizin, Geowissenschaften, Physik, Psychologie, Soziologie, Sportwissenschaft) - auch unserer Universität - ermutigen, sich diesem aufkommenden Forschungs-, Interventions- und Präventionsfeld im Rahmen interdisziplinärer Zusammenarbeit zu widmen.

**Danksagung.** Für die Unterstützung bei der Recherche danken wir Bärbel Holzwarth und für die Hilfe bei der formalen Aufbereitung des Manuskriptes Nadine Wolber (Medizinische Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg, Zentrum für Präventivmedizin und Digitale Gesundheit – CPD).

## Referenzen

- Algesheimer, G. (2019). *Anpassung an die Folgen des Klimawandels bei Sportvereinen: Herausforderungen, Hemmnisse und Potentiale*. Universität Kassel.
- Baker-Austin, C., Trinanes, J. A., Taylor, N. G. H., Hartnell, R., Siitonen, A., & Martinez-Urtaza, J. (2013). Emerging Vibrio risk at high latitudes in response to ocean warming. *Nature Climate Change*, 3, 73-77.

- Baldermann, C., & Lorenz, S. (2019). UV-Strahlung in Deutschland: Einflüsse des Ozonabbaus und des Klimawandels sowie Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung. *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz*, 62, 639-645.
- Beggs, P. J., & Bambrick, H. J. (2005). Is the global rise of asthma an early impact of anthropogenic climate change? *Environmental Health Perspectives*, 113(8), 915-919.
- Brasseur, G. P., Jacob, D., & Schuck-Zöller, S. (2017). *Klimawandel in Deutschland - Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven*. Heidelberg: Springer.
- Brotherhood, J. R. (2008). Heat stress and strain in exercise and sport. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11(1), 6-19.
- Deutsche Gesellschaft für Dermatologie. (2016). *Leitlinie der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft - Kutane Lyme Borreliose*. AWMF online.
- Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention e.V. (2017). *Sport trotz Heuschnupfen - gesund oder schädlich?* online unter <https://www.dgsp.de/seite/376555/sport-trotz-heuschnupfen-%E2%80%94-gesund-oder-sch%C3%A4dlich.html> (Stand: 25.03.2022).
- Deutscher Kanu-Verband e.V. (2018). *Achtung: Hitze - Teil 5*. online unter <https://www.kanu.de/Achtung-Hitze-Teil-5-52258.html>: (Stand: 25.03.2022).
- Deutscher Naturschutzring. (2019). *Gemeinsam geht's*. Deutscher Naturschutzring.
- Deutscher Rat für Landespflege. (1981). Umweltprobleme im Rhein-Necker-Raum. *Schriftenreihe des deutschen Rates für Landespflege*, 37, 576-668.
- Diehl, K., Schneider, S., & Görig, T. (2020). UV-Exposition – Prävalenz, Bedeutung und Implikationen für die Prävention und Gesundheitsförderung. In M. Tiemann & M. Mohokum (Eds.), *Prävention und Gesundheitsförderung* (Vol. 1, pp. 511-519). Heidelberg: Springer.
- Eichinger, M. (2019). Transformational change in the Anthropocene epoch. *Lancet Planetary Health*, 3, e116-e117.
- Eis, D., Helm, D., Laußmann, D., & Stark, K. (2010). *Klimawandel und Gesundheit - Ein Sachstandsbericht*. Robert Koch-Institut.
- Faulde, M., Fock, R., Hoffmann, G., & Pietsch, M. (2002). Tiere als Vektoren und Reservoir von Erregern importierter lebensbedrohender Infektionskrankheiten. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 45(2), 139-150.
- Hanna, E. G., Kjellstrom, T., Bennett, C., & Dear, K. (2011). Climate change and rising heat: population health implications for working people in Australia. *Asia-Pacific Journal of Public Health*, 23(2), 14S-26S.

- Heaney, A. K., Carrión, D., Burkart, K., Lesk, C., & Jack, D. (2019). Climate change and physical activity: Estimated Impacts of ambient temperatures on bikeshare usage in New York City. *Environmental Health Perspectives*, *127*(3), 37002.
- Hemmer, C. J., Emmerich, P., Loebermann, M., Frimmel, S., & Reisinger, E. C. (2018). Mücken und Zecken als Krankheitsvektoren: der Einfluss der Klimaerwärmung. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, *143*(23), 1714-1722.
- Höflich, C. (2018). Klimawandel und Pollen-assoziierte Allergien der Atemwege. *Umwelt und Mensch - Informationsdienst*, *1*, 5-10.
- Jendritzky, G. (2007). Folgen des Klimawandels für die Gesundheit. In W. Endlicher & F. Gerstengarbe´ (Éds.), *Der Klimawandel* (pp. 108–118). Berlin: Humboldt-Universität. <http://dx.doi.org/10.18452/1981>
- Kaiser, R., Archelos-Garcia, J.-J., Jilg, W., Rauer, S., & Sturzenegger, M. (2017). Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME). *Aktuelle Neurologie*, *44*(3), 161-169.
- Kappas, M. (2009). *Klimatologie: Klimaforschung im 21. Jahrhundert — Herausforderung für Natur- und Sozialwissenschaften*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Karamfilov, T., & Elsner, P. (2002). Sport als Risikofaktor und therapeutisches Prinzip in der Dermatologie. *Der Hautarzt*, *53*(2), 98-103.
- Katellaris, C. H., & Beggs, P. J. (2018). Climate change: allergens and allergic diseases. *Internal Medicine Journal*, *48*(2), 129-134.
- Lake, I. R., Jones, N. R., Agnew, M., Goodess, C. M., Giorgi, F., Hamaoui-Laguél, L., Semenov, M. A., Solmon, F., et al. (2017). Climate change and future pollen allergy in Europe. *Environmental Health Perspectives*, *125*(3), 385-391.
- Maloney, S. K., & Forbes, C. F. (2011). What effect will a few degrees of climate change have on human heat balance? Implications for human activity. *International Journal of Biometeorology*, *55*(2), 147-160.
- Mathias, D. (2018). *Fit und gesund von 1 bis Hundert - Ernährung und Bewegung - Aktuelles medizinisches Wissen zur Gesundheit* (4th ed.). Heidelberg: Springer.
- Mücke, H.-G., & Matzarakis, A. (2017). Klimawandel und Gesundheit. In H. E. Wichmann & H. Fromme (Eds.), *Handbuch Umweltmedizin* (58 ed., pp. 1-38). ecomed
- Mücke, H.-G., & Matzarakis, A. (2019). *Klimawandel und Gesundheit - Tipps für sommerliche Hitze und Hitzewellen*. Umweltbundesamt, Deutscher Wetterdienst.
- Neuerburg, H.-J., & Quardokus, B. (2019). Sport in Zeiten der Energiewende – Herausforderungen, Chancen und Perspektiven. In A. Hildebrandt & W. Landhäußer (Eds.), *CSR und Energiewirtschaft* (pp. 329-343). Springer Gabler
- Ogden, N. H., & Lindsay, L. R. (2016). Effects of climate and climate change on vectors and vector-borne diseases: Ticks are different. *Trends in Parasitology*, *32*(8), 646-656.

- Orr, M., & Inoue, Y. (2019). Sport versus climate: Introducing the climate vulnerability of sport organizations framework. *Sport Management Review*, 22(4), 452-463.
- Reil, D., Binder, F., Freise, J., Imholt, C., Beyrer, K., Jacob, J., Krüger, D. H., Hofmann, J., et al. (2018). Hantaviren in Deutschland: Aktuelle Erkenntnisse zu Erreger, Reservoir, Verbreitung und Prognosemodellen. *Berliner und Münchner Tierärztliche Wochenschrift*, 131(11/12), 453-464.
- Robert Koch-Institut. (2006). Neuerungen in den aktuellen Empfehlungen der Ständigen Impfkommission (STIKO) am RKI vom Juli 2006. *Epidemiologisches Bulletin*, 32, 271-280.
- Robert Koch-Institut. (2019). *Informationen zur Vermeidung von Hantavirus-Infektionen*. Berlin: Robert Koch-Institut.
- Schneider, S., Görig, T., Schilling, L., Schuster, A., & Diehl, K. (2019). Die Nutzung von Sonnenbrillen in Freizeit und Beruf : Defizite in der Prävention sonnenbedingter Augenschäden. *Der Ophthalmologe*, 116(9), 865-871.
- Schneider, S., & Mücke, H.-G. (2021). Sport and climate change—how will climate change affect sport? *German Journal of Exercise and Sport Research*. <https://doi.org/10.1007/s12662-021-00786-8>
- Schneider, S., Winning, A., Grüger, F., Anderer, S., Hoffner, R., & Anderson, L. (2022). Physical activity, climate change and health - A conceptual model for planning public health action at the organizational level. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(8), 4664.
- Schweisfurth, H. (1994). Umweltschadstoff Ozon. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 119(10), 351-355.
- Stamatakis, E., Nnoaham, K., Foster, C., & Scarborough, P. (2013). The influence of global heating on discretionary physical activity: an important and overlooked consequence of climate change. *Journal of Physical Activity & Health*, 10(6), 765-768.
- Stark, K., Niedrig, M., Biederbick, W., Merkert, H., & Hacker, J. (2009). Die Auswirkungen des Klimawandels. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz, 52(7), 699-714.
- Statista. (2022). *Bevölkerung in Deutschland nach Häufigkeit des Sporttreibens in der Freizeit von 2017 bis 2021*. online unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/171911/umfrage/haeufigkeit-sport-treiben-in-der-freizeit/> (Stand: 16.03.2022).
- Stöver, B. (2015). *Gesundheit: Effekte des Klimawandels*. Osnabrück: Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforshung mbH.

- Townsend, M., Mahoney, M., Jones, J. A., Ball, K., Salmon, J., & Finch, C. F. (2003). Too hot to trot? Exploring potential links between climate change, physical activity and health. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6(3), 260-265.
- Umweltbundesamt. (2016). *Ozon bei Sportveranstaltungen*. online unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/umwelteinfluesse-auf-den-menschen/ozon-bei-sportveranstaltungen#ozon-bei-sportveranstaltungen> (Stand: 25.03.2022).
- Umweltbundesamt. (2019). *GE-I-5: Cyanobakterienbelastung von Badegewässern – Fallstudie - Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel*. online unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels/monitoring-zur-das/das-handlungsfelder-indikatoren/menschliche-gesundheit/ge-i-5-cyanobakterienbelastung-von-badegewaessern#ge-i-5-cyanobakterienbelastung-von-badegewaessern-fallstudie> (Stand: 25.03.2022).
- Universität Heidelberg (2011). *Leitbild und Grundsätze*. Heidelberg: Universität.
- Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Boykoff, M., Byass, P., Cai, W., et al. (2019). The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. *The Lancet*, 394(10211), 1836-1878.
- Weltgesundheitsorganisation (2019). *Gesundheitshinweise zur Prävention hitzebedingter Gesundheitsschäden*. Kopenhagen: WHO-Regionalbüro für Europa. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/341625/WHO-EURO-2021-2510-42266-58732-ger.pdf>
- Wonisch, M., Hofmann, P., Förster, H., Hörtnagl, H., Ledl-Kurkowski, E., & Pokan, R. (2017). *Kompendium der Sportmedizin - Physiologie, Innere Medizin und Pädiatrie*. Heidelberg: Springer.



## Über die Autoren

**Prof. Dr. phil. Sven Schneider** studierte Soziologie, Psychologie und Erziehungswissenschaften an der Universität Heidelberg, wo er im Jahr 2001 auch promoviert wurde. Seine interdisziplinäre Herangehensweise an Themen im Spannungsfeld zwischen Sozial- und Verhaltenswissenschaften und Gesundheit spiegelt sich auch in seiner anschließenden Habilitation an der Medizinischen Fakultät Heidelberg im Fach „Sozialmedizinische Epidemiologie“ im Jahr 2007 wider. Nach Führungspositionen in der Forschung an der Universitätsklinik Heidelberg und dem Deutschen Krebsforschungszentrum arbeitet er seitdem an der Medizinischen Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg. Sein Interesse gilt neben dem Klimawandel den sozialen und psychischen Bedingungen gesundheitsrelevanten Verhaltens. Zudem ist er Trainerausbilder für zahlreiche Sportverbände des Deutschen Olympischen Sportbundes und seit 1994 als Trainer für den DLV, den DTB und den DHB tätig.

**Dr. med. univ. Michael Eichinger** studierte Humanmedizin an der Medizinischen Universität Graz (Österreich) und Biostatistik an der London School of Hygiene and Tropical Medicine. Neben seiner Facharztweiterbildung für Kinder- und Jugendmedizin und seiner Tätigkeit als Leiter der Arbeitsgruppe für Pädiatrische Versorgungsforschung an der Universitätsmedizin Mainz initiierte er im Jahr 2020 das Forschungsprogramm Planetare Gesundheit am Zentrum für Präventivmedizin und Digitale Gesundheit Baden-Württemberg an der Universität Heidelberg, das er seither leitet. Sein wissenschaftliches Interesse gilt insbesondere der Entwicklung, Implementierung und Evaluation von Interventionen zu Klimaschutz und Klimafolgenanpassung, die mit positiven Effekten für die Gesundheit einhergehen, sowie der Nutzung von innovativen Governance-Elementen (z. B. deliberative Verfahren) und Forschungszugängen (z. B. Bürgerwissenschaften) für kommunale Nachhaltigkeitstransformationen.

### **Korrespondenzadresse:**

Medizinische Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg  
Zentrum für Präventivmedizin und Digitale Gesundheit (CPD)  
Ludolf-Krehl-Straße 7–11  
D-68167 Mannheim

E-Mail: [sven.schneider@medma.uni-heidelberg.de](mailto:sven.schneider@medma.uni-heidelberg.de)  
Homepage: <https://www.umm.uni-heidelberg.de/cpd>