



Klimawandelfolgen in Thüringen

Monitoringbericht 2017





Klimawandelfolgen in Thüringen

Monitoringbericht 2017



Vorwort

Der Klimawandel mit seinen komplexen Auswirkungen ist Realität. Er gehört zu den größten globalen Bedrohungen im 21. Jahrhundert und verursacht Unwetter und Hunger, nimmt Arten ihre Lebensräume, lässt den Meeresspiegel ansteigen. Die Folge sind politische, ökonomische und soziale Konflikte weltweit.

2014 und 2015 waren in Thüringen die beiden wärmsten Jahre seit Beginn der Messungen im Jahr 1881. Die durchschnittliche Oberflächentemperatur ist bei uns seit Beginn des 20. Jahrhunderts um 1,3 °C gestiegen. Tendenziell steigt die Sonnenscheindauer, insbesondere in den Monaten März, April und Mai. Die Entwicklung zeigt: Das Frühjahr wird trockener, Sommer und Herbst feuchter, im Winter fällt mehr Niederschlag in Form von Regen statt Schnee. Wir beobachten immer häufiger Extremwetterlagen und haben uns zukünftig auf noch stärkere Witterungsschwankungen einzustellen.

Deshalb erfordert Klimaanpassung heute Weichenstellungen und Entscheidungen mit Wirkungen über lange Zeithorizonte. Wir haben mit dem ersten Bericht zum Klimafolgenmonitoring für Thüringen die Voraussetzungen für eine zielgerichtete Planung, Entwicklung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen geschaffen. Erkennbar wird, dass damit in vielen Bereichen nicht nur Risiken, sondern auch Chancen verbunden sind.

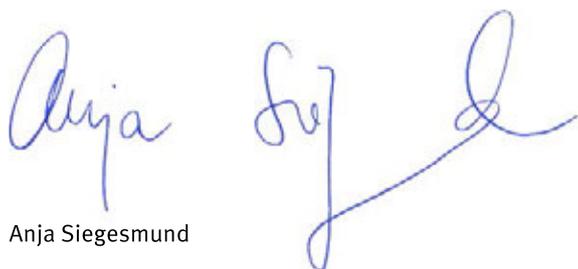
Das Indikatorenset wird regelmäßig aktualisiert oder ergänzt. Eine gleichzeitig stattfindende Trendschätzung unterstützt die Bewertung der Zeitreihen. Einzelne Datenerhebungen stehen noch am Anfang, so dass noch keine tiefer gehenden Interpretationen möglich sind.

Die ressortübergreifende Zusammenarbeit und Darstellung von möglichen Ursache-Wirkungs-Bezügen macht deutlich, dass Anpassungsmaßnahmen dynamischen Prozessen folgen. Vielfach ergeben sich Synergieeffekte für mehrere Handlungsfelder. Das Thüringer Landesprogramm Hochwasserschutz 2016 bis 2021 zeigt solche Synergien zum Beispiel zwischen der Wasserwirtschaft, dem Naturschutz und Katastrophenschutz.

Wir werden die Landkreise und Kommunen bei ihren Planungsprozessen mit landesspezifischen Daten und Erkenntnissen unterstützen. Der Umgang mit regionalen Klimafolgen braucht verlässliches Wissen über grundlegende Zusammenhänge. Praxisorientierung ist Grundlage dafür, konkrete Maßnahmen ausarbeiten, zu kommunizieren und umsetzen zu können.

Ich danke den beteiligten Ressorts und den Mitgliedern der Interministeriellen Arbeitsgruppe Klimaanpassung/Klimafolgenmonitoring für ihre Expertise und ihr engagiertes Mitwirken. Der jetzt vorliegende Bericht ist eine wichtige Arbeitsgrundlage für alle, die sich in Thüringen mit Klimaanpassung beschäftigen.

Thüringen stellt sich seiner Verantwortung und hat ein erstes Thüringer Klimagesetz vorgelegt. Das Klimafolgenmonitoring ist Teil dieses Gesetzes. Darüber wollen wir mit allen Beteiligten in einen intensiven Diskussionsprozess eintreten. Eine Möglichkeit dazu besteht im Klima-Pavillon auf der Landesgartenschau in Apolda, in den ich Sie herzlich einlade.



Anja Siegesmund

Thüringer Ministerin für Umwelt,
Energie und Naturschutz

Zusammenfassung

Im Jahr 2013 hat die Thüringer Landesregierung das Integrierte Maßnahmenprogramm zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels im Freistaat Thüringen erstellt. Das Programm sieht unter anderem auch den Aufbau eines Monitorings vor, auf dessen Grundlage eine regelmäßige Berichterstattung über Klimafolgen und Klimaanpassung in Thüringen erfolgen soll.

Das Klimafolgenmonitoring basiert auf einem Indikatorensystem und nutzt Daten aus bereits existierenden und laufenden Erhebungen behördlicher und nicht-behördlicher Einrichtungen. State-Indikatoren beschreiben die beobachtbaren Klimaveränderungen in Thüringen, Klimawandelfolgen werden in Form von Impact-Indikatoren dargestellt. Es ist geplant, das System nach Überarbeitung des Integrierten Maßnahmenprogramms zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels um weitere Indikatoren zu Anpassungsaktivitäten und -maßnahmen (Response-Indikatoren) zu ergänzen.

Die Thüringer Klimaagentur an der TLUG hat 12 State-Indikatoren ausgearbeitet. Sie beschreiben die Entwicklung von Temperatur und Sonnenscheindauer, Niederschlag und Schneedecke sowie zum Gewittergeschehen. Die 40 Impact-Indikatoren der zwölf Handlungsfelder des Integrierten Maßnahmenprogramms sind in Kooperation mit Vertreterinnen und Vertretern der Thüringer Fachbehörden und Ministerien entstanden. Alle Indikatoren sind in diesem Bericht dargestellt und die Zusammenhänge mit dem Klimawandel beschrieben. Die zeitliche Entwicklung wurde mit Hilfe von Trendanalysen interpretiert.

Die Indikatoren machen deutlich, dass die Auswirkungen des Klimawandels in Thüringen angekommen sind. So steigt die witterungsbedingte Waldbrandgefahr, die Böden werden im Herbst trockener, die Schneedecke geht vor allem in den höheren Lagen zurück und die Zusammensetzung von Artengemeinschaften verändert sich. Die Entwicklungen sind aber jeweils differenziert zu interpretieren und bewerten, da ökologische und sozio-ökonomische Prozesse stets von vielen unterschiedlichen Faktoren und nicht allein vom Klimawandel beeinflusst werden. Umso wichtiger sind eine langfristige Datenerhebung und Beobachtung der Indikatoren. Das Klimafolgenmonitoring soll regelmäßig fortgeschrieben werden.

Summary

In 2013 the Thuringian State Government developed the Integrated Programme of Measures to Adapt to the Effects of Climate Change in the Free State of Thuringia. The programme includes the setting up of a monitoring system. This will provide the basis for regular reports on climate effects and on measures and activities to adapt to climate change in Thuringia.

The monitoring of climate effects is based on an indicator system and uses data from existing and ongoing surveys of governmental and non-governmental agencies. State indicators describe the observable climate changes in Thuringia, and climate effects are presented in the form of impact indicators. It is planned to add further indicators on adaptation activities and measures (response indicators) after the revision of the Integrated Programme of Measures to Adapt to the Effects of Climate Change.

The “Thüringer Klimaagentur” at the TLUG has developed 12 state indicators. They describe the development of temperature and sunshine duration, precipitation and snow cover as well as thunderstorms. 40 impact indicators on the twelve fields of action of the Integrated Programme of Measures were developed in cooperation with representatives of the Thuringian specialist authorities and ministries. All indicators are presented in this report, and the relations to climate change are described. The temporal development was interpreted by means of trend analyses.

The indicators show that the effects of climate change have arrived in Thuringia. For instance, the risk of forest fire has increased, the soils have become drier in the autumn, the snow cover has declined in higher locations and the composition of species communities has changed. However, these developments require a differentiated interpretation and evaluation, since ecological and socio-economic processes are always influenced by many different factors and not by climate change alone. Against this background long-term data collection and observation of the indicators are necessary. It is intended to carry out the monitoring of climate effects continuously.

Inhalt

Einführung	9
Klimaentwicklung	15
Die Klimaentwicklung in Thüringen.....	16
Temperatur	18
Niederschlag	26
Gewitter	36
Klimafolgen	39
Menschliche Gesundheit	41
Hitzewarnungen	42
Höhere Belastung für Pollen-Allergiker	44
Gefährliche Raupe erreicht Thüringen.....	46
Fördert der Klimawandel das Auftreten von Infektionskrankheiten?	48
Wasserwirtschaft	51
Auswirkungen des Klimawandels auf die Grundwasserstände	52
Immer wieder Extremhochwasser	54
Häufen sich Niedrigwasserereignisse?	56
Trinkwassertalsperren haben nach wie vor ausreichend Zufluss	58
Wassertemperatur – zentrale Steuerungsgröße für den Gewässerzustand	60
Stabilere Schichtungsverhältnisse	62
Landwirtschaft	65
Klimatische Rahmenbedingungen verändern sich.....	66
Erträge – noch wenige klare Trends	68
Neue Anforderungen an den Pflanzenschutz.....	70
Boden	73
Engpässe bei der Bodenwasserversorgung vor allem im Frühjahr	74
Bodentemperaturen – im Herbst steigend	76
Wald und Forstwirtschaft	79
Fichte – häufigste Baumart gerät zunehmend unter Druck	80
Holzzuwächse könnten sich verändern	82
Winterstürme bisher Hauptverursacher für Schadholz	84
Schadinsekten profitieren von Wärme und Trockenheit	86
Trotz zunehmender Waldbrandgefahr nicht mehr Waldbrände	88
Waldzustand ist annähernd stabil	90
Naturschutz	93
Klimawandel verschiebt jahreszeitliche Zyklen	94
Artengemeinschaften verändern sich	96

Verkehrswesen	99
Sicherer Straßenverkehr bei jedem Wetter.....	100
Trotz Klimaerwärmung bleibt Winterdienst notwendig.....	102
Vom Winde verweht	104
Tourismus	107
Touristenklima – stabil mit Aussicht auf Sonne.....	108
Schneedecke nimmt in höheren Lagen des Thüringer Waldes ab	110
Keine Zuwächse mehr im Wintertourismus	112
Bauwesen	115
Mehr Gebäudeschäden durch Sturm und Hagel?.....	116
Hochwasser – trotz Vorsorge bleiben Risiken	118
Nehmen stadtklimatische Belastungen zu?	120
Energiewirtschaft	123
Mehr kühlen im Sommer, weniger heizen im Winter.....	124
Stromversorgung durch einzelne Extremereignisse schwer beeinträchtigt	126
Windkraft – bislang keine klimabedingten Auswirkungen auf den Stromertrag erkennbar.....	128
Katastrophenschutz	131
Hochwasser, Stürme & Co – Viel Arbeit für den Katastrophenschutz	132
Raumordnung und Landesplanung	135
Sorgsam mit der Ressource Fläche umgehen	136
Anhang	139
Literatur	140
Bildnachweis.....	143
Abkürzungen	144

Einführung

Einführung

Der globale Klimawandel und seine Folgen sind auch im Freistaat Thüringen angekommen. Deshalb hat die Thüringer Landesregierung, aufbauend auf dem seit 2009 bestehenden Thüringer Klima- und Anpassungsprogramm, im Jahr 2013 das Integrierte Maßnahmenprogramm zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels im Freistaat Thüringen erstellt. Hierzu wurden die zum damaligen Zeitpunkt für Thüringen vorliegenden Klimadaten ausgewertet, und es wurde anhand ausgewählter Klimamodelldaten die regionale Klimaentwicklung in Thüringen aufgezeigt.

Ziel des Maßnahmenprogramms ist, die sektorale Anpassungskapazität in den zwölf Handlungsfeldern Menschliche Gesundheit, Wasserwirtschaft, Landwirtschaft, Boden, Wald und Forstwirtschaft, Naturschutz, Verkehrswesen, Tourismus, Bauwesen, Energiewirtschaft, Katastrophenschutz sowie Raumordnung und Landesplanung zu erhöhen und deren Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel zu verringern.

Klimafolgenmonitoring und Indikatoren

Neben operativen Maßnahmen der Anpassung sieht das Integrierte Maßnahmenprogramm auch den Aufbau eines Monitorings von Klimafolgen- und Klimaanpassung vor. Dieses soll indikatorengestützt und prozessbegleitend Auskunft darüber geben, wie sich der Klimawandel tatsächlich in den jeweiligen Handlungsfeldern auswirkt und welche Handlungserfordernisse sich daraus ergeben. In Zukunft soll das Monitoring außerdem zum Stand der Maßnahmenumsetzung berichten. Die Indikatoren sollen die Grundlage für eine regelmäßige Berichterstattung des Landes liefern, die sich sowohl an die Entscheidungsträger in Politik und Gesellschaft als auch an die interessierte Öffentlichkeit richtet.

Das Monitoring setzt sich aus den folgenden Komponenten zusammen:

- „State-Indikatoren“ beschreiben anhand ausgewählter Kenngrößen die Veränderungen des Klimas in Thüringen. Angesprochen werden Veränderungen des Temperatur- und Niederschlagsregimes, der Schneedecke, der Sonnenscheindauer und des Gewittergeschehens – diese Indikatoren werden von der Thüringer Klimaagentur in der TLUG erarbeitet und werden im Berichtsteil „Klimaentwicklung“ präsentiert;
- „Impact-Indikatoren“ dienen der Darstellung und Bewertung der Klimawandelfolgen für alle Handlungsfelder – diese Indikatoren wurden mit Unterstützung eines externen

Beraters, der Bosch & Partner GmbH, in enger Zusammenarbeit mit den Ressorts erarbeitet; sie sind im Berichtsteil „Klimafolgen“ dargestellt und erläutert;

- „Response-Indikatoren“ sollen in Zukunft Auskunft über den Anpassungsprozess in den einzelnen Handlungsfeldern geben – die Ausarbeitung dieser Indikatoren soll auf der Grundlage einer Fortschreibung der handlungsfeldbezogenen Maßnahmenportfolios des Thüringer Integrierten Maßnahmenprogramms erfolgen. Response-Indikatoren sind daher noch nicht Bestandteil dieses Berichts.

Das Handlungsfeld Raumordnung und Landesplanung hat im Integrierten Maßnahmenprogramm wie auch in anderen Anpassungsstrategien ausschließlich Maßnahmen im regional- und landesplanerischen Kontext zum Inhalt. Unmittelbare Auswirkungen von Klimaveränderungen (Impacts) im gleichen Sinne wie bei den anderen Handlungsfeldern sind für die Raumordnung und Landesplanung nicht zu erwarten. Aus diesem Grund wurden für dieses Handlungsfeld auch keine Impact-Indikatoren entwickelt. Mit dem Response-Indikator „Siedlungs- und Verkehrsfläche“ ist bereits ein erster Schritt für den Aufbau eines Indikatorensets auch für dieses Handlungsfeld unternommen worden.

Die nachstehenden Tabellen zeigen eine Übersicht über alle in diesem Bericht enthaltenen State- und Impact-Indikatoren.

State-Indikatoren

Temperatur	
S-TP-1	Jahresmitteltemperatur
S-TP-2	Temperaturanomalien
S-TP-3	Hitze
S-TP-4	Kälte
Niederschlag	
S-NI-1	Jahresniederschlag
S-NI-2	Saisonale Niederschläge im Frühjahr und Sommer
S-NI-3	Saisonale Niederschläge im Herbst und Winter
S-NI-4	Starkniederschläge
S-NI-5	Trockenperioden
Schneedecke	
S-SN-1	Schneedeckentage
Sonnenschein	
S-SO-1	Sonnenscheindauer
Gewitter	
S-GW-1	Gewitter

Impact-Indikatoren

Handlungsfeld Menschliche Gesundheit	
I-GE-1	Hitzebelastung
I-GE-2	Pollensaison allergener Wildpflanzen
I-GE-3	Befall mit Eichenprozessionsspinner
I-GE-4	Vektor-übertragene Krankheiten
Handlungsfeld Wasserwirtschaft	
I-WW-1	Schwankung des Grundwasserstands
I-WW-2	Hochwasser
I-WW-3	Niedrigwasser
I-WW-4	Zufluss der Trinkwassertalsperren
I-WW-5	Wassertemperatur stehender Gewässer
I-WW-6	Stagnationsperiode in Talsperren
Handlungsfeld Landwirtschaft	
I-LW-1	Dauer der landwirtschaftlichen Vegetationsperiode
I-LW-2	Blüte von Winterraps
I-LW-3	Ertragsschwankungen
I-LW-4	Schaderregerbefall
Handlungsfeld Boden	
I-BO-1	Bodenwasservorrat
I-BO-2	Bodentemperatur

Impact-Indikatoren

Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft	
I-FW-1	Gefährdete Fichtenbestände
I-FW-2	Holzzuwachs
I-FW-3	Schadholzaufkommen nach Schadensursachen
I-FW-4	Schadholzaufkommen durch Borkenkäfer
I-FW-5	Waldbrandgefährdung und Waldbrand
I-FW-6	Waldzustand
Handlungsfeld Naturschutz	
I-NA-1	Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten
I-NA-2	Community Temperature Index für Libellen
Handlungsfeld Verkehrswesen	
I-VK-1	Streusalzverbrauch auf Bundesfernstraßen und Landesstraßen
I-VK-2	Windbedingte Einschränkungen des Straßenverkehrs
I-VK-3	Witterungsbedingte Straßenverkehrsunfälle
Handlungsfeld Tourismus	
I-TO-1	Tage mit „Touristenklima“
I-TO-2	Schneedeckentage im Thüringer Wald
I-TO-3	Wintertourismus im Thüringer Wald
Handlungsfeld Bauwesen	
I-BA-1	Hagel- und Sturmschäden in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung
I-BA-2	Elementarschäden in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung
I-BA-3	Wärmebelastung in Städten
I-BA-4	Sommerlicher Wärmeinseleffekt
Handlungsfeld Energiewirtschaft	
I-EW-1	Kühlgradtage und Heizgradtage
I-EW-2	Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung
I-EW-3	Wetterbedingte Nichtverfügbarkeit der Stromversorgung
I-EW-4	Potenzieller und realer Windenergieertrag
Handlungsfeld Katastrophenschutz	
I-KS-1	Wetter- und witterungsbedingte Einsätze des Brand- und Katastrophenschutzes
Handlungsfeld Raumordnung und Landesplanung	
R-RO-1	Siedlungs- und Verkehrsfläche

Die Entwicklung der Impact-Indikatoren orientiert sich an den Arbeiten, die auf Bundesebene zum Aufbau einer Berichterstattung zur Umsetzung der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) durchgeführt wurden und im Jahr 2015 in den ersten Monitoringbericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie mündeten. Das bundesweite Indikatorensystem wurde mit den Ländern abgestimmt und soll diese bei der Umsetzung landesspezifischer Indikatorensysteme unterstützen. Ausgehend von diesen Indikatoren wurde zusammen mit Vertre-

terinnen und Vertretern der Thüringer Ressorts geprüft, welche Indikatoren aus dem bundesdeutschen Set auch für Thüringen relevant sind und welche Daten zur Verfügung stehen, bzw. welche zusätzlichen Indikatoren für Thüringen sinnvoll und machbar sind.

Alle in diesem Bericht enthaltenen Indikatoren werden ausschließlich auf bereits vorhandenen Datensätzen generiert. Neue Datenerhebungen waren für die Berichterstattung nicht erforderlich, wohl aber teilweise neue Auswertungen der vorhandenen Daten. Im Wesentlichen wurden behördliche Daten genutzt, in einzelnen Fällen basieren die Indikatoren aber auch auf nicht-behördlichen Daten. Alle in diesem Bericht präsentierten Daten stellen – wenn nicht explizit anders bezeichnet – landesspezifische Entwicklungen dar. Grundsätzlich reichen alle Zeitreihen so weit zurück, wie Daten aus dem Monitoring zur Verfügung stehen. Nur in wenigen Fällen mussten die Zeitreihen gekürzt werden, um die Ablesbarkeit der Datenreihe zu erleichtern. Auch die Verfügbarkeit bisher nur weniger Datenpunkte verhindert nicht die Darstellung einer Zeitreihe. Entscheidend ist, dass die Fortführung der Datenreihe in Zukunft als gesichert gelten kann.

Die letzte Aktualisierung von Daten für diesen Monitoringbericht erfolgte im Juni 2016. Alle erst danach bereitgestellten Daten konnten nicht mehr berücksichtigt werden. Die Datenreihen enden aus diesem Grunde in den meisten Fällen im Jahr 2015, teilweise aber auch noch früher, da vor allem Daten aus statistischen Erhebungen erst mit größerer zeitlicher Verzögerung zur Verfügung gestellt werden können. Zur Vereinheitlichung der Darstellungen werden alle Zeitreihen bis einschließlich 2016 dargestellt, auch wenn die Datenreihe früher endet. Bei Indikatoren, die mit Daten aus niederfrequenten Erhebungen generiert werden, die sich nicht jährlich fortschreiben lassen, wird der Zeitpunkt der nächsten möglichen Fortschreibung auf der Zeitachse abgetragen.

Trendeschätzung und Bewertung

Da das Integrierte Maßnahmenprogramm – wie andere Anpassungsstrategien auch – bisher keine quantitativen Ziele benennt, sind die Möglichkeiten zur Interpretation und Bewertung der Daten begrenzt. Zur Unterstützung der Interpretation wurde eine Trendeschätzung für Zeitreihen mit mindestens sieben Datenpunkten durchgeführt, sofern die Datenpunkte nicht zeitlich zu weit auseinanderliegen oder die Erhebungen nur sehr unregelmäßig erfolgt sind. In die Trendeschätzung wurden dabei alle Datenpunkte der dargestellten Zeitreihe einbezogen. Die Analyse prüfte auf die Signifikanz von Trendverläufen, wobei sowohl auf lineare als auch quadratische Trends, also Verläufe mit Trendumkehr innerhalb der Zeitreihe, getestet wurde. Als

signifikant gelten alle Trendverläufe mit einem Signifikanzniveau (statistische Kenngröße p) von 5 %.

Für die Darstellung der Trends werden die nachstehend dargestellten Symbole verwendet. Für Zeitreihen, denen kein Symbol zugeordnet ist, wurde keine Trendeschätzung vorgenommen.

Trendsymbole:

-  linear steigender Trend
-  linear fallender Trend
-  kein signifikanter Trend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst steigend, dann fallend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst fallend, dann steigend

Die Ergebnisse der Trendeschätzung sind zunächst beschreibend. Eine Bewertung, ob die jeweils beschriebene Entwicklung im Kontext Klimaveränderung und Klimawandelfolgen günstig oder ungünstig ist, ist nicht in allen Fällen sinnvoll oder möglich, da die weiteren Konsequenzen der dargestellten Veränderungen nicht immer bekannt sind oder es stark auf den Blickwinkel ankommt, aus dem heraus bewertet wird. Während beispielsweise eine zunehmende Verlängerung der Stagnationsperiode in Trinkwassertalsperren mit Blick auf die Rohwasserqualität negativ zu bewerten ist, geben steigende Bodentemperaturen im Herbst zwar Hinweise darauf, dass der unerwünschte Klimawandel offensichtlich Auswirkungen auf die Bodentemperaturen und damit auch auf die Entwicklung landwirtschaftlicher Kulturen hat. Die Entwicklung lässt sich aber nicht eindeutig bewerten, weil es zumindest auf landwirtschaftlich genutzten Böden stark davon abhängt, welche Kulturen in welcher Entwicklungsphase auf den betroffenen Flächen stehen. So können warme Böden im Herbst das Auflaufen der Wintersaat begünstigen. Zu hohe Bodentemperaturen in Verbindung mit hohen Lufttemperaturen und Einstrahlung hingegen führen dazu, dass die Bestände vor Eintreten der Winterruhe bereits zu stark entwickelt sein können und damit das Risiko für Winterschäden steigt. Dass Waldbrandanzahl und -fläche trotz der steigenden meteorologisch bedingten Waldbrandgefahr nicht steigen und sich kein signifikanter Trend ermitteln lässt, ist zunächst als erfreulich zu bewerten. Allerdings ist jeder einzelne Waldbrand generell unerwünscht.

Grundsätzlich ist die Bewertung von Status Quo und Entwicklung der Impact-Indikatoren dadurch erschwert, dass einfache ursächliche Zusammenhänge mit dem Klimawandel in vielen Fällen nicht gegeben sind. Die dargestellten Größen sind in der Regel sehr komplex verursacht, und der Klimawandel ist meist nur ein beeinflussender Faktor unter mehreren anderen. Es wird davon ausgegangen, dass kontinuierliche und längerfristige Be-

obachtungen und Datenauswertungen zusätzliche Erkenntnisse bringen werden.

Im Falle der State-Indikatoren gilt generell, dass alle signifikanten Veränderungen Hinweise darauf geben, dass der Klimawandel voranschreitet. Sie legen nahe, dass gehandelt werden muss. Die Konsequenzen der Entwicklungen können aber ganz unterschiedlich sein, und eine Bewertung hängt stark davon ab, mit Blick auf welchen Ausschnitt der betroffenen natürlichen oder gesellschaftlichen Systeme bewertet wird. So kann sich weniger Schnee im Winter für den Verkehrsablauf als günstig erweisen, für den Wintersport ist eine solche Entwicklung hingegen negativ zu bewerten. Eine pauschale Bewertung ist daher auch für die State-Indikatoren nicht sinnvoll.

Bewertungen der dargestellten Entwicklungen werden aus den genannten Gründen, sofern sie überhaupt möglich sind, nur in den textlichen Erläuterungen zu den Indikatoren vorgenommen.

Weiterentwicklung des Indikatorensets

Das nun zur Verfügung stehende Indikatorenset zur Beschreibung von Klimawandelfolgen ist Ergebnis eines intensiven ressortübergreifenden Entwicklungs- und Abstimmungsprozesses, im Rahmen dessen die darzustellenden Sachverhalte priorisiert, geeignete Datenquellen erkundet und verschiedene Möglichkeiten der Datenauswertung diskutiert wurden. Durch die aktive und konstruktive Mitwirkung der unterschiedlichen Ressorts ist damit ein breites Fundament für die Berichterstattung entstanden.

Um der hohen Dynamik des Wissensfortschritts im Themenfeld Klimawandel und Anpassung gerecht zu werden, ist das Indikatorensystem als fortschreibbares System angelegt. Eine indikatorenbasierte Berichterstattung ist zwar grundsätzlich auf eine hohe Kontinuität angelegt und kann nur dann Wirkung entfalten, wenn die Zeitreihen wachsen und sich Entwicklungsrichtungen abzeichnen. Allerdings müssen die gewählten Indikatoren auch immer wieder daraufhin geprüft werden, ob die Zeitreihen tatsächlich im Klimawandelkontext interpretiert werden können. So könnte sich beispielsweise im Zuge des Monitorings herausstellen, dass sich Zeitreihen in eine Richtung entwickeln, die sich mit Bezug auf den Klimawandel nicht mehr erklären lässt, weil andere Einflussfaktoren außerhalb des Klimawandels die Entwicklung offensichtlich stärker überprägen. Außerdem könnte es zu Problemen bei der Datenverfügbarkeit kommen, weil Daten nicht mehr oder in einer (heute noch nicht absehbar) anderen Form erhoben werden und sich die Zeitreihen daher nicht fortschreiben lassen. Neben der zusätzlichen Entwicklung von Response-Indikatoren, die in Zukunft über die Fortschritte im Anpassungsprozess berichten sollen, werden im

Zuge der nächsten Neuauflage des Monitoringberichts auch die Impact-Indikatoren noch einmal auf den Prüfstand kommen.

Inzwischen wurde aufbauend auf den Darstellungen zu projizierten Klimaveränderungen im Integrierten Maßnahmenprogramm von 2013 mit einer Klimawirkungsanalyse für Thüringen begonnen. Diese Analyse projiziert Auswirkungen der künftigen Klimaveränderungen auf die Sektoren von Wirtschaft und Gesellschaft sowie die Umwelt. Sie ergänzt damit den in die Vergangenheit gerichteten Blick der Impact-Indikatoren um Zukunftsprojektionen. Auch aus den Ergebnissen dieser Klimawirkungsanalyse werden sich möglicherweise Anforderungen an weitere Impact-Indikatoren und eine Fortschreibung des Indikatorensets ergeben.

Alle Indikatoren sind mit technischen Details unter anderem zu den Datenquellen und relevanten inhaltlichen Hintergrundinformationen beispielsweise zu den Möglichkeiten und Grenzen einer Interpretation im Klimawandelkontext in Form von Indikator-Kennblättern ausführlich dokumentiert.

Klimaentwicklung

Die Klimaentwicklung in Thüringen

Die Folgen des globalen Klimawandels sind vielfältig und können an jedem Ort der Erde anders ausfallen. Auch im Freistaat Thüringen sind sie bereits sichtbar und spürbar.

Das Klima im Freistaat Thüringen ist stark von den orographischen Gegebenheiten, das heißt vom Relief und den Höhenlagen beeinflusst, die sich zwischen dem tiefsten Punkt auf 113 m ü. NN (Meter über Normalnull) und dem höchsten Punkt auf 983 m ü. NN erstrecken. Neben größeren Tieflandbereichen wie dem zentral gelegenen Thüringer Becken und dem Osterland (Altenburger Land) im Osten ist Thüringen auch von den Mittelgebirgen des Thüringer Waldes, des Thüringer Schiefergebirges, der Hohen Rhön und des südlichen Harzvorlandes geprägt. Den flächenmäßig größten Anteil nehmen allerdings die mittleren Höhenlagen zwischen 300 und 600 m ü. NN ein.

Die langjährige Jahresmitteltemperatur (1961-1990) in Thüringen liegt zwischen 4,5 und 6,5 °C in den höheren Lagen der Mittelgebirge und zwischen 8,0

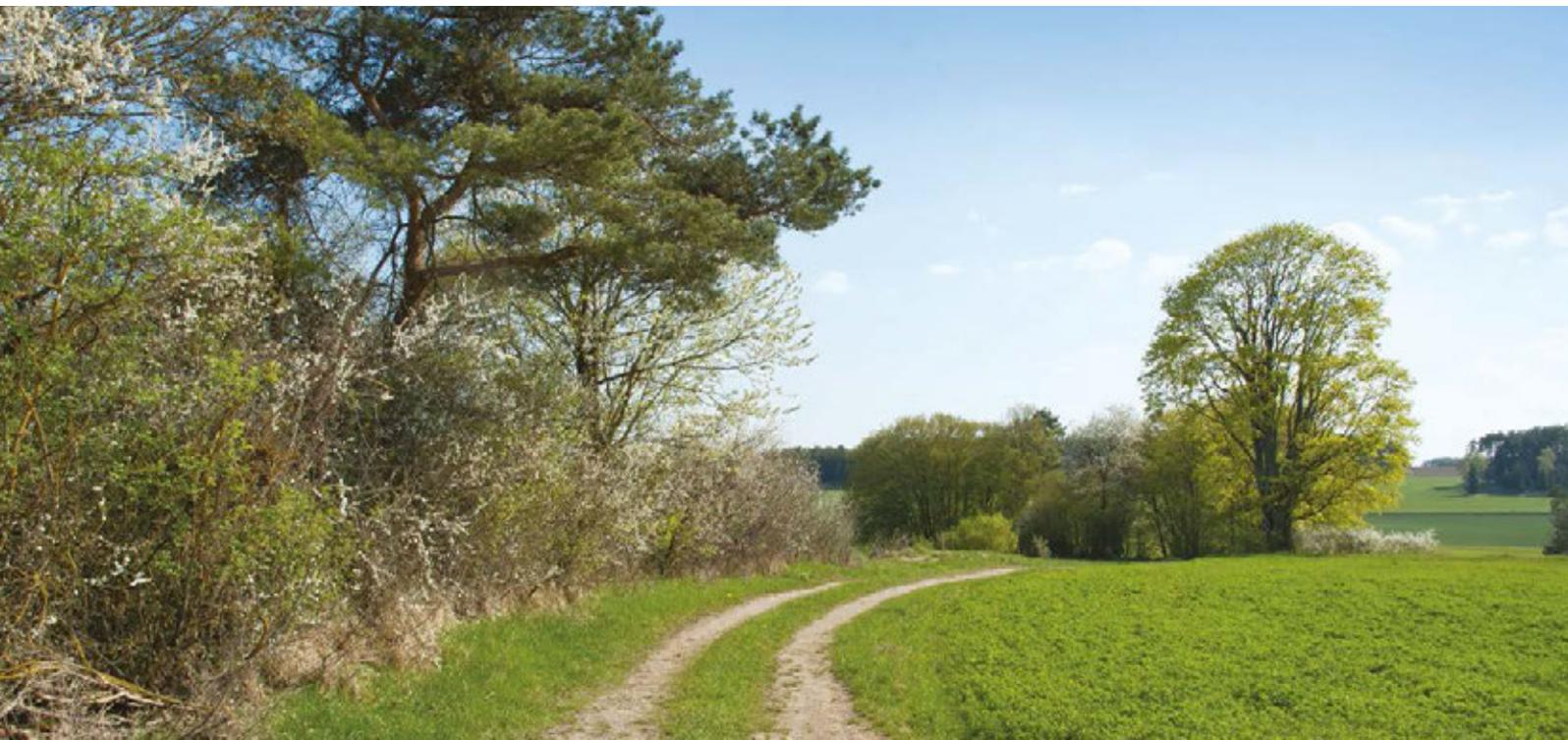
bis 10,0 °C in den tieferen Lagen. Im Thüringer Becken befinden sich auch die niederschlagsärmsten Gebiete Thüringens mit nur rund 500 mm Jahresniederschlagsmenge im langjährigen Mittel. Die niederschlagsreichsten Regionen sind die Kammlagen der Mittelgebirge, in denen bis zu 1.600 mm Niederschlag im Jahr (1961-1990) fallen.

Mittlere Klimaänderungen

Zur Bestimmung der langfristigen Veränderung der mittleren klimatischen Verhältnisse kann für die Basisgrößen Temperatur und Niederschlag auf Messreihen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zurückgegriffen werden, die bis in das Jahr 1881 zurückreichen. Diese an meteorologischen Messstationen kontinuierlich erfassten Daten wurden mit Hilfe geeigneter wissenschaftlicher Verfahren vom DWD zu Flächenmitteln für ganz Deutschland und die einzelnen Bundesländer aggregiert.

Um eine Veränderung des Klimas quantifizieren zu können, werden gemäß Standard der Klimakommission (CCI)

der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) die Anomalien zwischen der „Referenzperiode für die Bewertung des langfristigen Klimawandels“ von 1961 bis 1990 und der aktuellen Periode der „Klimatologischen Standardnormalwerte“ (Jahresreihe 1981-2010) analysiert. Da aber in Thüringen fünf der letzten zehn Jahre unter den acht wärmsten Jahren seit Beginn der flächendeckenden Temperaturmessung im Jahr 1881 waren und zudem die Jahre 2014 und 2015 die beiden Spitzenwerte lieferten, wurde zum Vergleich und zur Beurteilung der aktuellen Entwicklungen die 30-jährige Periode 1987-2016 herangezogen.



Temperatur

Mittlere Jahrestemperatur

In Thüringen war im langjährigen Mittel von 1987-2016 im Vergleich zur Periode 1961-1990 eine mittlere Temperaturerhöhung von 7,6°C auf 8,5°C zu verzeichnen. Das Jahresmittel der Lufttemperatur ist im Flächenmittel für Thüringen im gesamten bisherigen Messzeitraum von 1881 bis 2016 statistisch gesichert um 1,4°C angestiegen.

Das Jahr 2014 war mit einer Durchschnittstemperatur von 9,8°C im Flächenmittel des Freistaats das bisher wärmste Jahr seit Beginn der flächendeckenden Temperaturmessung 1881. Das Jahr 2015 nimmt dahinter mit 9,5°C den zweiten Rang ein. 2016 war mit 9,0°C das achtwärmste Jahr. Das bisher kälteste Jahr war 1940 mit nur 5,9°C.

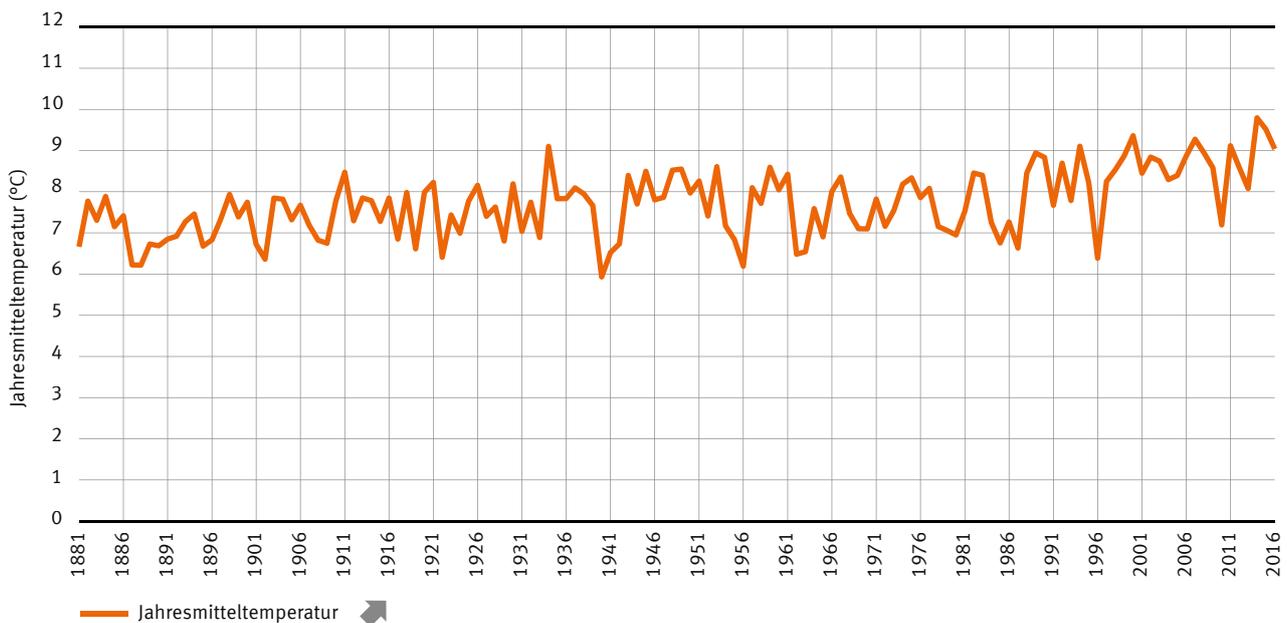
Betrachtet man den Temperaturanstieg saisonal differenziert, zeigen sich nur geringfügige Unterschiede in den meteorologischen Jahreszeiten. Die Temperaturerhöhungen im meteorologischen Frühling (März bis Mai) und im meteorologischen Winter (Dezember bis Februar) um jeweils 1,5°C sowie im meteorologischen Sommer (Juni bis August) um 1,3°C weichen um rund ein Zehntel Grad vom mittleren Anstieg des gesamten Jahres ab. Im meteorologischen Herbst (September bis November) wurde mit 1,1°C die geringste Temperaturerhöhung registriert.

Bei räumlich differenzierter Betrachtung stellt sich der beobachtete Temperaturanstieg in Thüringen relativ einheitlich dar. So ist im Tiefland die Temperatur im Vergleich der Perioden 1987-2016 und 1961-1990 um 0,8°C, in den mittleren Regionen ab 300 m ü. NN (Meter über Nor-

malnull) um 0,9°C und in den Höhenlagen ab 600 m ü. NN um 1,0°C angestiegen.

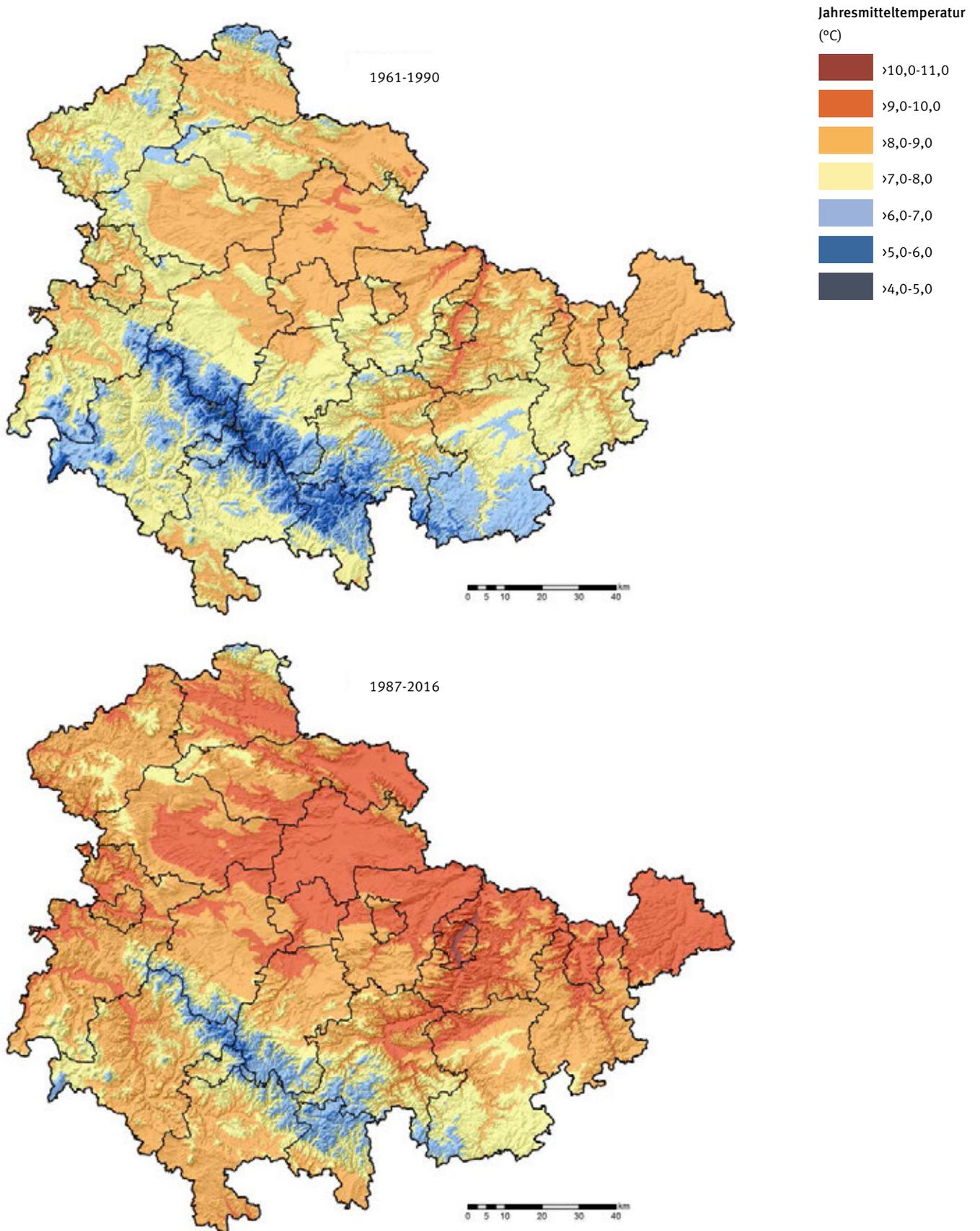
Temperaturanomalien

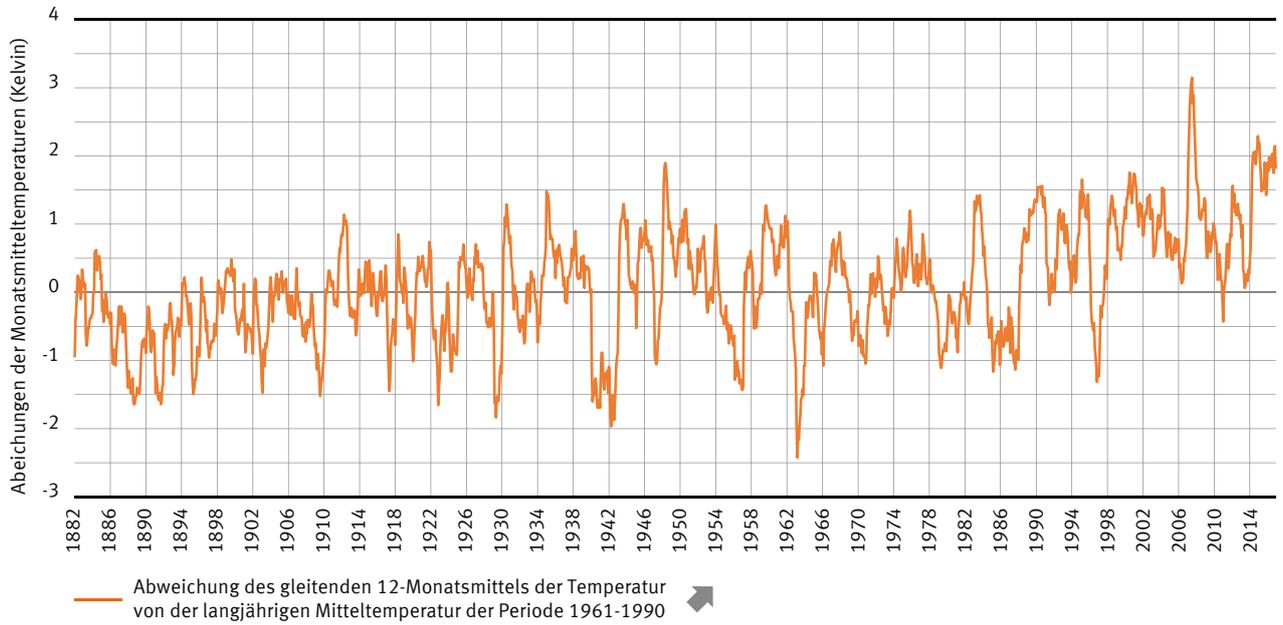
Am deutlichsten zeichnen sich die Temperaturveränderungen bei der Betrachtung von Temperaturanomalien ab. Die Berechnung geht von den Monatsmitteltemperaturen in den jeweiligen Jahren aus. Diese Werte werden jeweils monatlich gleitend für zwölf aufeinanderfolgende Monate gemittelt (zum Beispiel für März bis Februar, April bis März etc.). Aus der jeweiligen Abweichung vom Durchschnittswert der Periode 1961-1990 (7,6°C) entsteht eine Zeitreihe, die von typischen saisonalen Schwankungen bereinigt ist und einen echten Langzeittrend darstellt (s. Folgeseite). Der Trend ist nach den Ergebnissen einer statistischen Analyse signifikant steigend.



Datenquelle: DWD (meteorologische Daten)

S-TP-1: Jahresmitteltemperatur





Datenquelle: DWD (meteorologische Daten), TLUG (Datenprozessierung)

S-TP-2: Temperaturanomalien



Sonnenschein

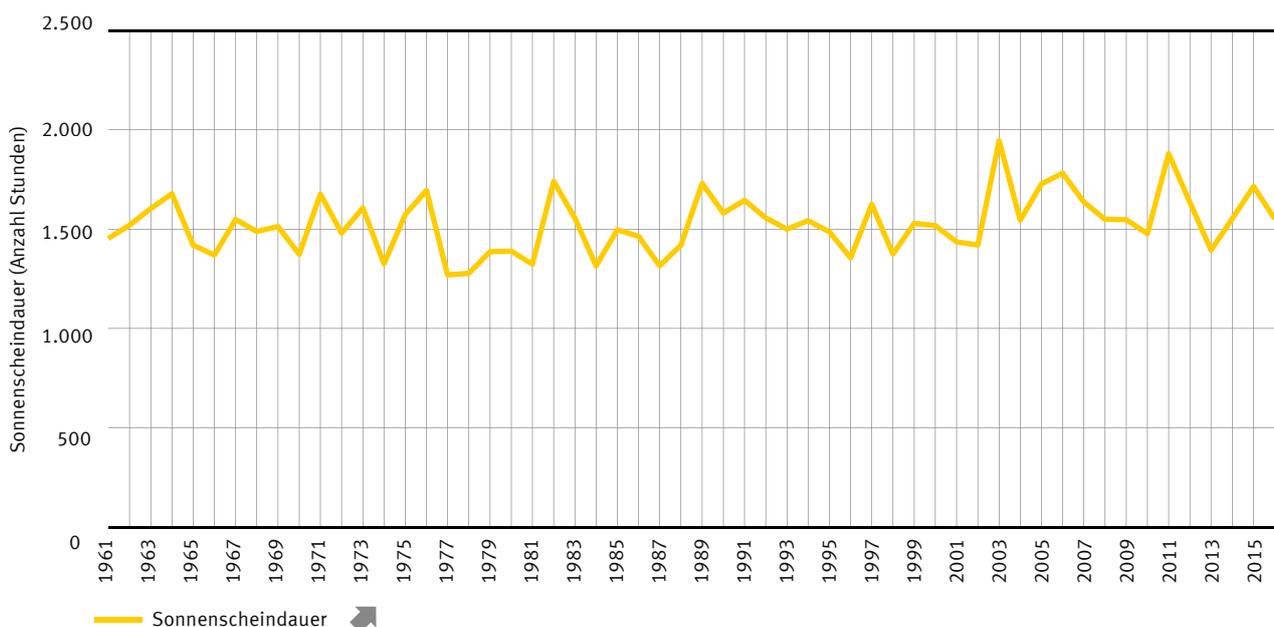
Sonnenschein und Temperatur stehen in einem engen Zusammenhang. So ist es bei wolkenlosem Himmel tagsüber einige Grad wärmer, an einem Tag unter dichten Nebelwolken bleibt es hingegen kälter, da die Sonne keine Möglichkeit hat, den Erdboden zusätzlich zu erwärmen. Die Sonneneinstrahlung ist außerdem – neben der Temperatur und dem Niederschlag – eine bestimmende Einflussgröße für das atmosphärische Energiedargebot, das die Wasserhaushaltsprozesse, vor allem die Verdunstung, wesentlich steuert. Dabei kommt es insofern zu Rückkoppelungsprozessen, als mit zunehmender Luftfeuchte und Bewölkung infolge von Verdunstung wiederum die Sonnenscheindauer zurückgehen kann. Aufgrund der engen Zusammenhänge zwischen Temperatur und Sonnenschein und der Bedeutung für die Wasserbilanz ist die Sonnen-

scheindauer wichtiger Gegenstand der Beobachtungen und Analysen von Klimaveränderungen.

Der Deutsche Wetterdienst misst deutschlandweit täglich die Dauer der direkten Sonnenstrahlung. Diese Tageswerte werden für Jahreszeiten oder ganze Jahre aufsummiert, und es werden Flächenmittel zur Verfügung gestellt.

Im dreißigjährigen Mittel von 1961-1990 gab es in Thüringen 1.486 Sonnenstunden im Jahr. Dieser Wert steigerte sich um 5,4 % auf eine mittlere Anzahl von 1.566 Sonnenstunden pro Jahr im Zeitraum von 1987-2016. Bei saisonaler Differenzierung ist erkennbar, dass vor allem der meteorologische Frühling mit einer Zunahme von 9,7% und der Winter mit einer Zunahme von 9,1% sonnenreicher geworden sind. Im meteorologischen Sommer und Herbst sind die Änderungen zwischen den beiden

Vergleichszeiträumen mit plus 3,7% bzw. plus 0,4 % nur geringfügig. Die Entwicklung der jährlichen Sonnenscheindauer zeigt zwischen 1961 und 2016 einen statistisch signifikant steigenden Trend. Es ist also in Thüringen insgesamt sonniger geworden.



Datenquelle: DWD (meteorologische Daten)

S-SO-1: Sonnenscheindauer

Hitze

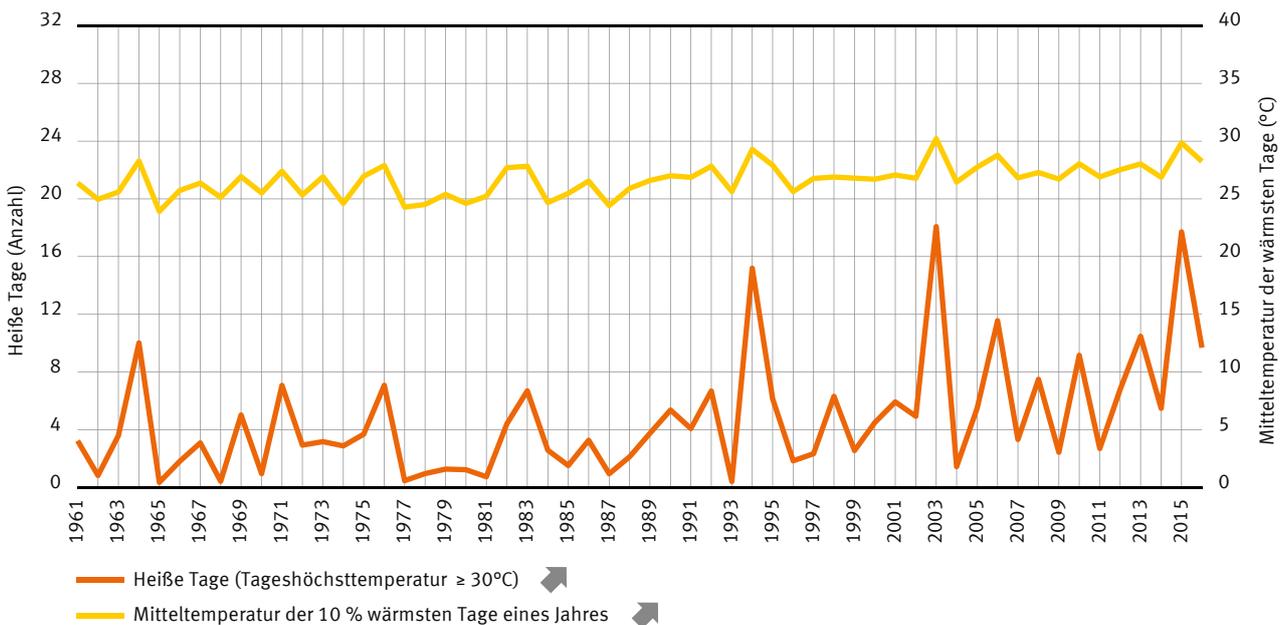
Jahresmitteltemperaturen oder auch die gleitenden 12-Monatsmittel, die dem Indikator Temperaturanomalien zugrunde liegen, vermitteln uns ein wenig fassbares Bild. Sehr viel unmittelbarer nehmen wir Extreme wie Hitze oder Kälte wahr. Solche Ereignisse bleiben uns auch länger im Gedächtnis. Einen geeigneten Ansatz zu diesbezüglichen Auswertungen und Darstellungen von Temperaturdaten liefern die sogenannten Temperaturkenn-tage. Mit ihrer Hilfe lassen sich besonders warme oder kalte Perioden eines Jahres charakterisieren, und es lässt sich ein Eindruck von der Wärmebelastung bzw. dem Kältereiz in einer bestimmten Region gewinnen.

Ein Heißer Tag ist die meteorologisch-klimatologische Bezeichnung für einen Tag, an dem die Tageshöchsttemperatur in zwei Metern Höhe über dem Erdboden den Wert von 30,0°C erreicht oder überschreitet. Berechnet wurde für die

Darstellung der Zeitreihe das thüringische Flächenmittel der Anzahl der Heißen Tage pro Jahr. Diese haben in den vergangenen 30 Jahren eine deutliche Zunahme erfahren. Im Landesmittel hat sich die Anzahl der Heißen Tage zwischen der Periode 1961-1990 und der Periode 1987-2016 von 3,0 auf 6,2 Tage mehr als verdoppelt. Ebenfalls in der Zeitreihe dargestellt sind die Mittelwerte der 10% wärmsten Tage der jeweiligen Jahre. Diese Größe kann als Intensitätsmaß eines Sommers interpretiert werden und ergänzt damit die Aussage zum Auftreten einzelner sehr heißer Tage. Für beide Größen ergibt sich im betrachteten Zeitraum ein signifikant steigender Trend. Am deutlichsten stiegen die Werte seit den 1990er Jahren.

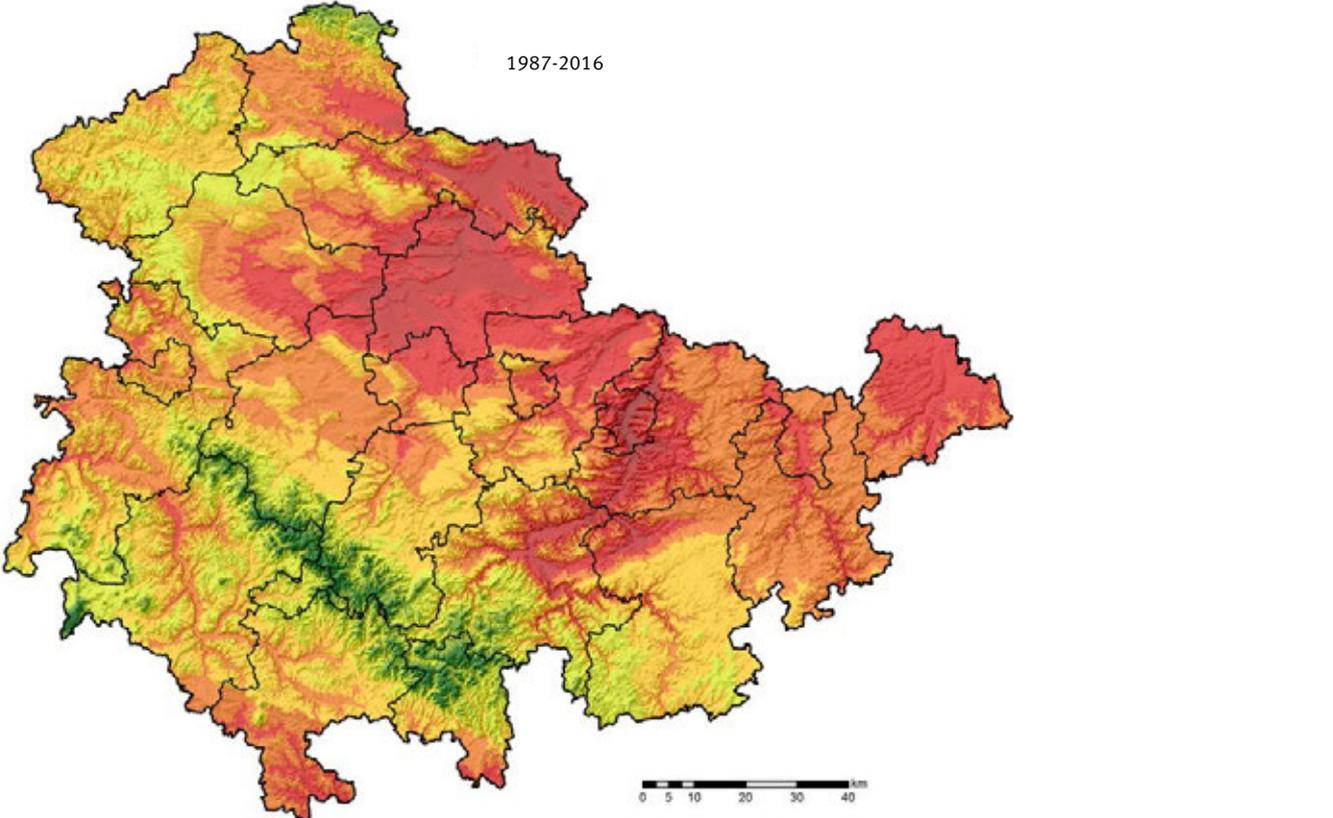
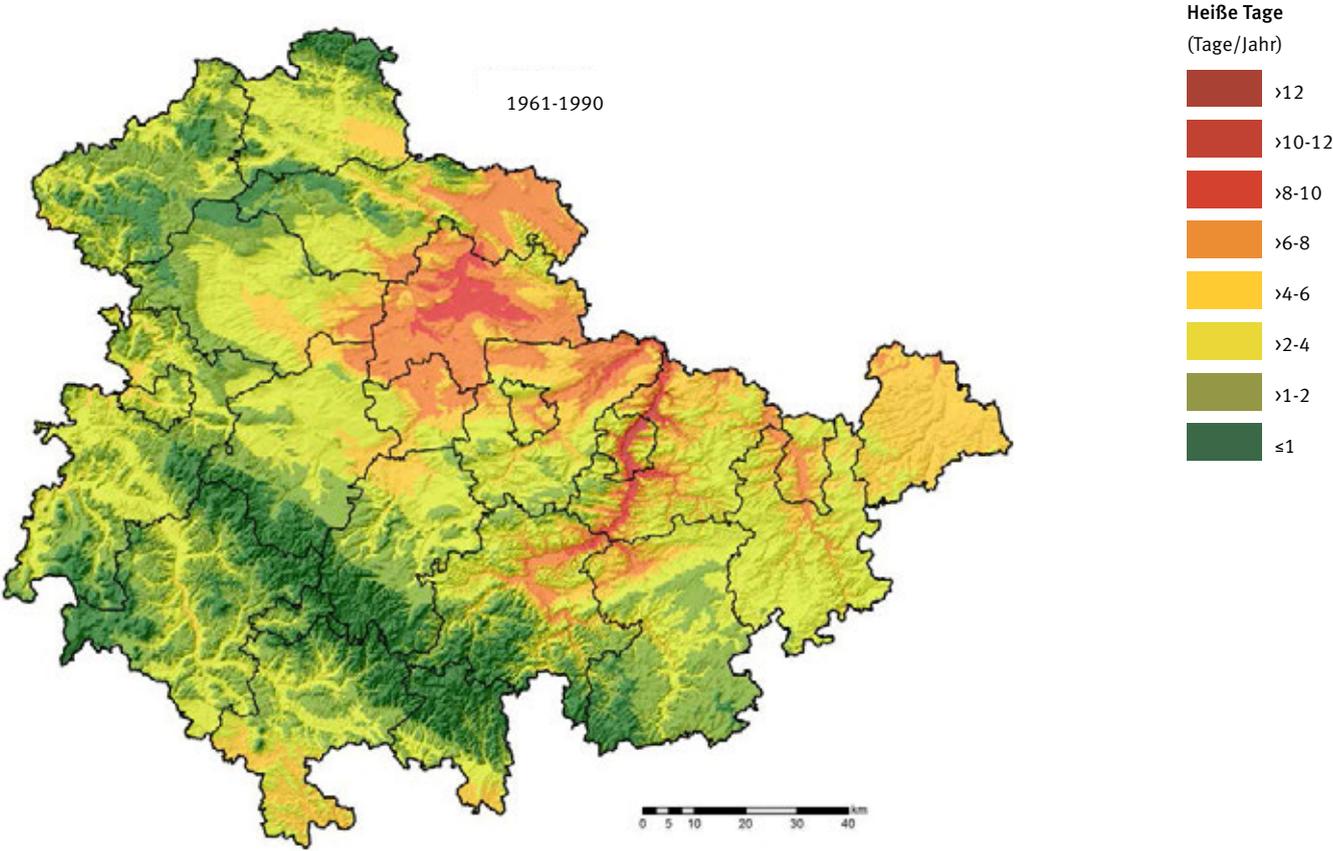
Für die regional differenzierte Darstellung wurde die Anzahl der Heißen Tage jeweils für die Perioden 1961-1990 und 1987-2016 gemittelt. Es wird deutlich, dass im betrachteten Zeitraum die Klassen mit einer höheren Anzahl Heißer Tage

vom Tiefland bis in die mittleren Lagen deutliche Flächenanteile hinzugewonnen haben. Inzwischen sind nur noch die höchsten Kammlagen des Thüringer Waldes, des Thüringer Schiefergebirges und der Hohen Rhön in der Regel frei von Heißen Tagen. In den tieferen Regionen bis 300 m ü. NN (Meter über Normalnull) gibt es im langjährigen Mittel von 1987-2016 einen Zuwachs von 3,5 Heißen Tagen gegenüber dem Zeitraum 1961-1990. In den mittleren Lagen zwischen 300 und 600 m ü. NN erhöhte sich die Anzahl um 3,1 Tage und in den Höhenlagen bis 750 m ü. NN um 1,4 Tage. Oberhalb von 750 m ü. NN spielen Heiße Tage bisher keine nennenswerte Rolle. Trotzdem stieg auch hier der Wert im Mittel um 0,7 Tage an.



Datenquelle: DWD (meteorologische Daten), TLUG (Datenprozessierung)

S-TP-3: Hitze



Kälte

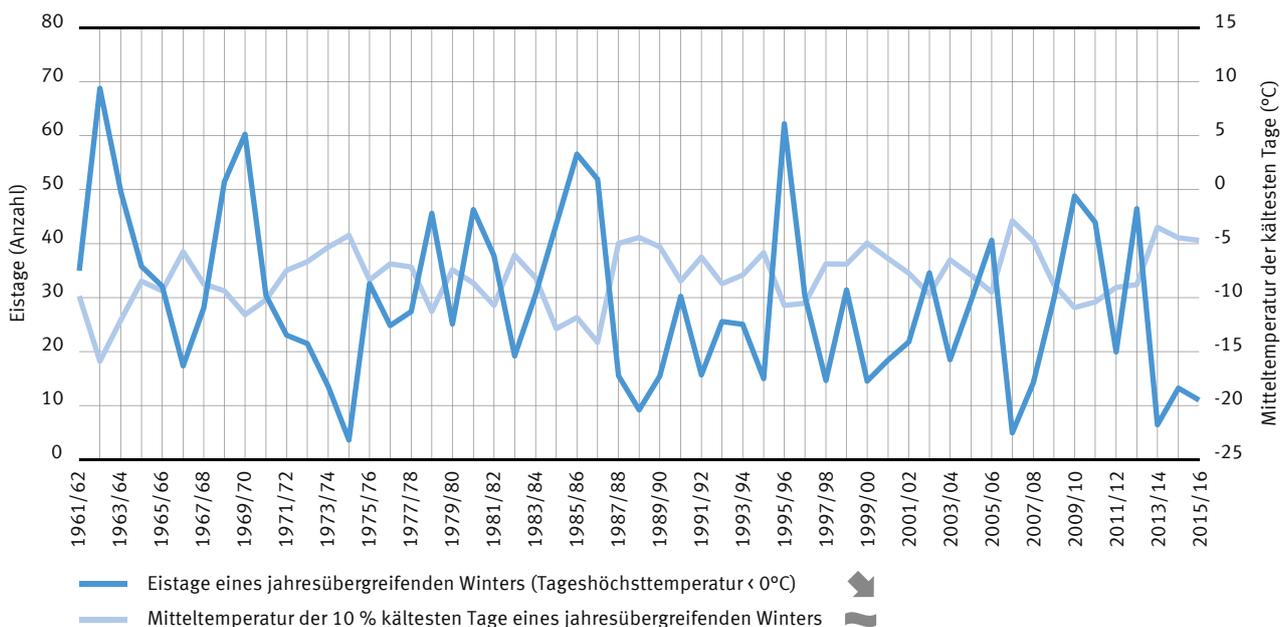
Ein Eistag ist die meteorologisch-klimatologische Bezeichnung für einen Tag, an dem die Tageshöchsttemperatur in zwei Metern Höhe über dem Erdboden den Gefrierpunkt von 0°C nicht erreicht oder diesen Wert übersteigt. Die Anzahl der jährlichen Eistage zeigt im langjährigen Mittel thüringenweit einen deutlichen Rückgang. Im Flächenmittel des Landes ergibt sich eine Abnahme der Anzahl von Eistagen zwischen den Perioden 1961-1990 und 1987-2016 um 7,7 Tage. Das entspricht einem Rückgang von 23,3%. Der Rückgang vom Winter 1961/62 bis zum Winter 2015/16 ist statistisch signifikant.

In Ergänzung zur Anzahl der Eistage wird auch hier, analog zur Bewertung der sommerlichen Hitzebelastung, der Mittelwert der 10% niedrigsten Tagestiefsttemperaturen der jeweils jahresübergreifenden Winter in der Zeitreihe dargestellt. Damit werden die extremen Nachtfröste

erfasst, und es lässt sich eine Aussage zur Intensität der Winter treffen. Im Zeitraum von 1987-2016 stieg der Mittelwert des Flächenmittels der 10% kältesten Tage der jahresübergreifenden Winter um 1,1°C von minus 8,7°C auf minus 7,6°C. Über die gesamte Zeitreihe vom Winter 1961/62 bis 2015/16 ist der Anstieg allerdings statistisch noch nicht signifikant.

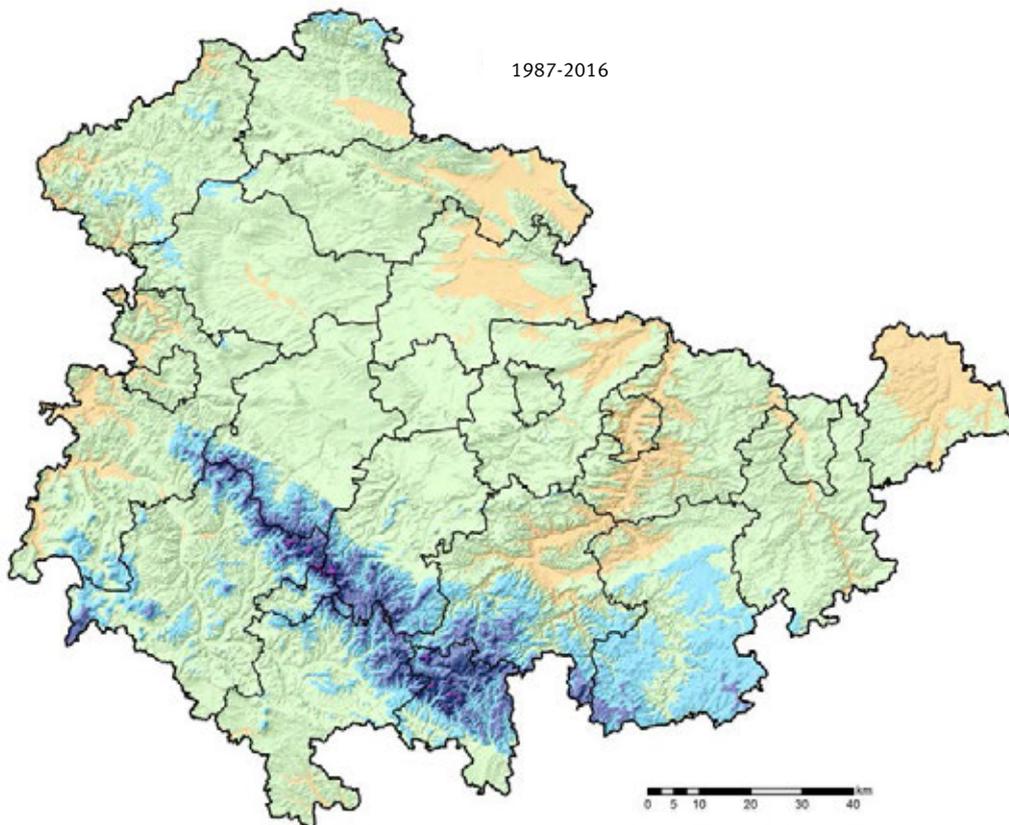
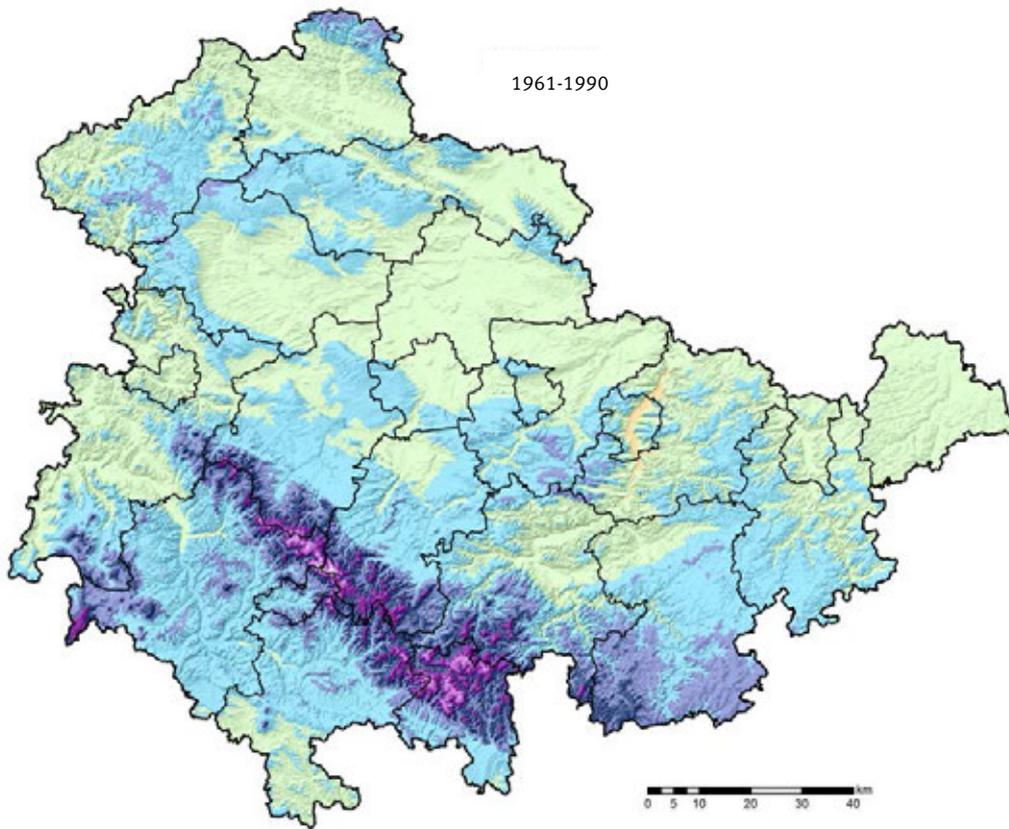
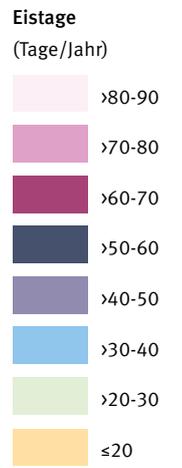
In der regionalen Differenzierung und im Vergleich der langjährigen mittleren Anzahl von Eistagen zwischen den Perioden 1961-1990 und 1987-2016 zeigt sich eine gegenläufige Entwicklung zur Anzahl der Heißen Tage. Die Flächenanteile der Klassen mit einer hohen Anzahl von Eistagen gingen deutlich zurück. Der Rückgang vollzog sich bis hinauf in die höheren Mittelgebirgsregionen. Im Tiefland bis 300 m ü. NN (Meter über Normalnull) gab es eine Abnahme von 5,7 Eistagen. In den mittleren Lagen zwischen 300 und 600 m ü. NN waren in der Periode 1987-2016 8,4 Eistage, in den Höhenlagen bis 750 m ü. NN 12,8 Eistage und oberhalb

von 750 m ü. NN 15,0 Eistage weniger als im Vergleichszeitraum 1961-1990 zu verzeichnen.



Datenquelle: DWD (meteorologische Daten), TLUG (Datenprozessierung)

S-TP-4: Kälte



Niederschlag

Jahresniederschlag

Der DWD bietet auf Basis der Messwerte seiner Klimastationen für den Zeitraum von 1881 bis 2016 für Deutschland und die einzelnen Bundesländer berechnete Flächenmittel für den Jahresniederschlag an. Diese Werte sind nicht um Einflüsse der Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit korrigiert. Aus der statistischen Analyse der gesamten Zeitreihe seit 1881 ergibt sich kein signifikanter Trend für eine Zu- oder Abnahme des Jahresniederschlags in Thüringen. Im Vergleich der beiden Perioden 1987-2016 und 1961-1990 erhöhte sich der Jahresniederschlag im Flächenmittel Thüringens von 700 mm auf 729 mm. Dies entspricht einer Zunahme von 4,1 %.

Die Jahresniederschlagsmengen sind innerhalb Thüringens sehr unterschied-

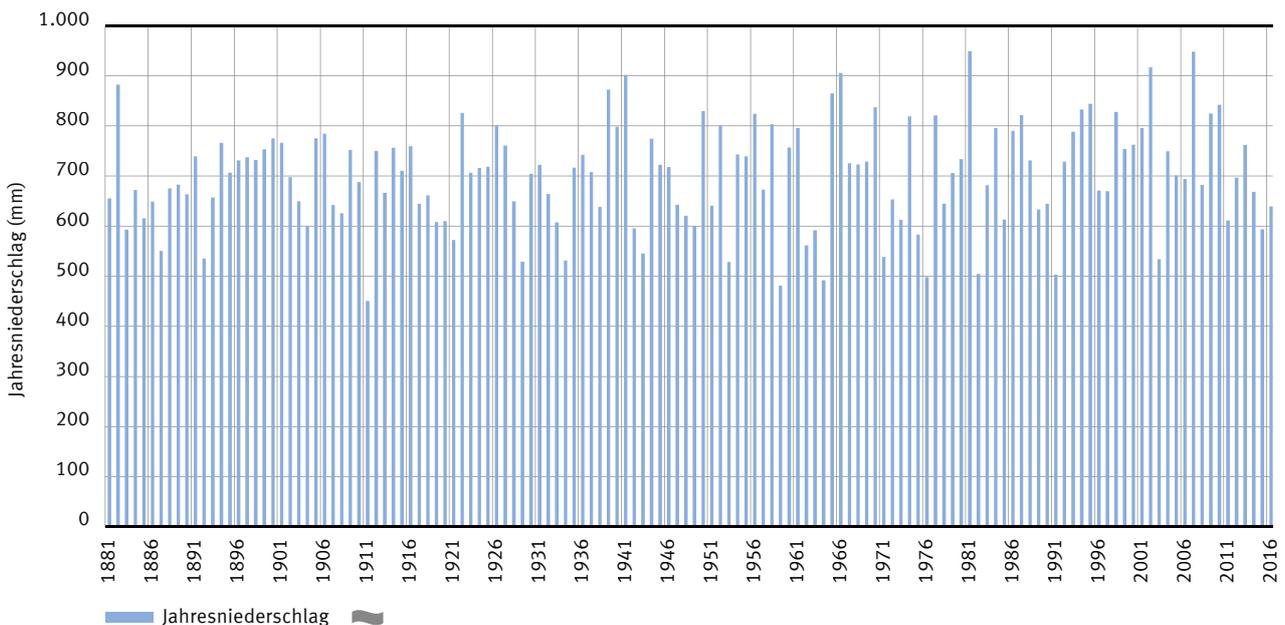
lich verteilt. Im Tiefland sind sie gering und steigen zu den Mittelgebirgen hin an. Ausgehend von diesen schon immer bestehenden regionalen Unterschieden lassen sich zwischen 1961 und 2016 keine größeren Zu- oder Abnahmen in den einzelnen Landesteilen erkennen. Das Verteilungsmuster ist annähernd gleich geblieben.

Saisonale Niederschläge im Frühjahr und Sommer...

Im Gegensatz zu der relativ geringen Zunahme der Jahresniederschlagsmenge gibt es bei einer saisonal differenzierten Betrachtung schon deutlichere Änderungssignale. Einem in der Tendenz trockeneren Frühjahr (März bis Mai) stehen ein feuchter Herbst und Winter gegenüber. Die Sommerniederschläge (Juni bis August) blieben nahezu unverändert. Allerdings

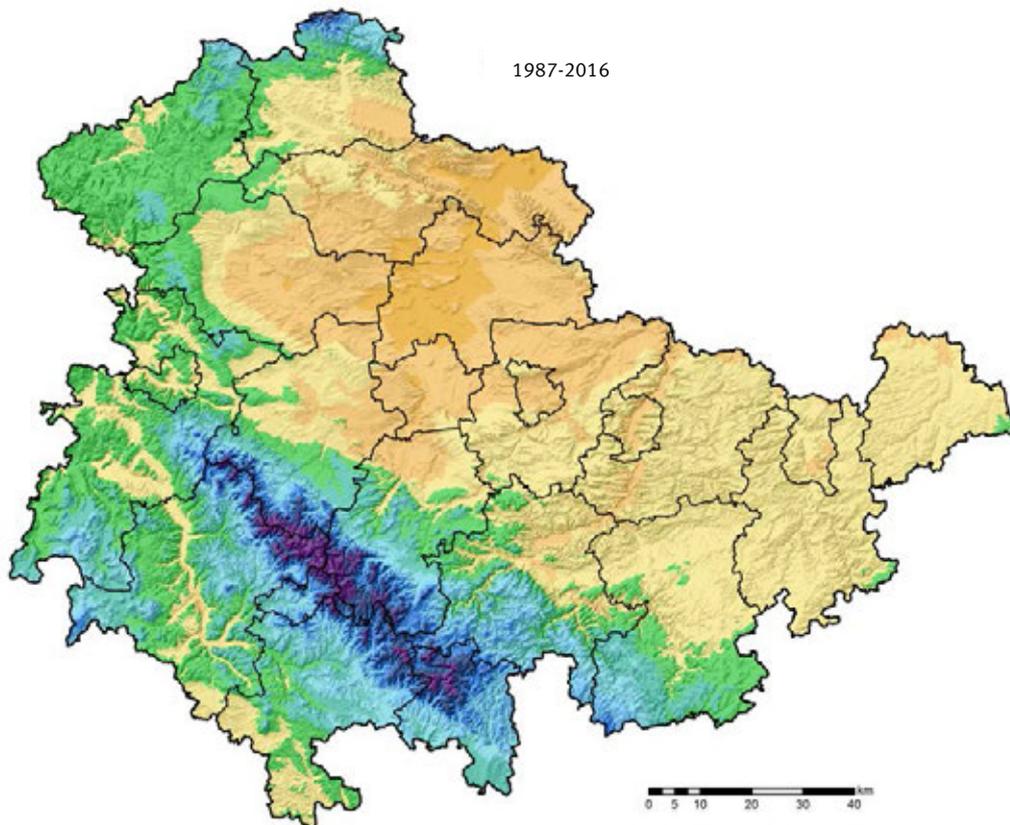
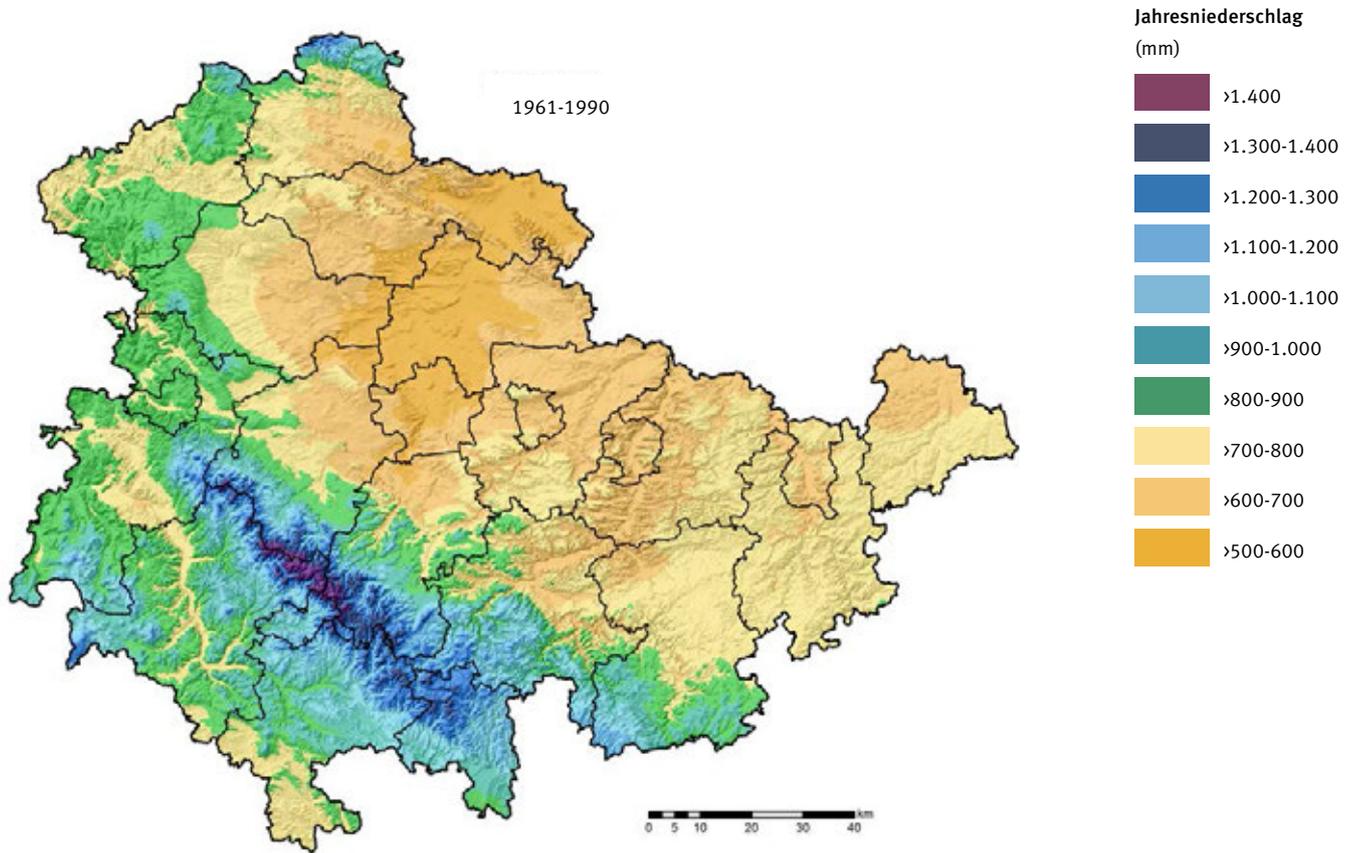
lässt sich auch für das Frühjahr bisher statistisch kein signifikanter Trend ermitteln.

Auch im Periodenvergleich 1961-1990 und 1987-2016 wird ein Rückgang der mittleren langjährigen Niederschlagsmenge im meteorologischen Frühjahr (März bis Mai) deutlich. Die mit Ausnahme des Jahres 2013 trockeneren Frühjahre der letzten Jahre brachten für den jüngeren Periodenzeitraum einen Rückgang der langjährigen Niederschlagsmenge um 7,2% gegenüber 1961-1990. Herausragend in der Bilanz sind die deutlich trockeneren April-Monate, die im Vergleich der beiden Perioden einen Rückgang der Niederschläge um 25% aufweisen. Die Mai-Monate blieben mit minus 1,6% nahezu konstant, während in den März-Monaten ein Niederschlagsplus von 5,8% nachweisbar war. Mit dem Rückgang der Niederschlagssummen von März bis Mai hat sich auch der



Datenquelle: DWD (meteorologische Daten)

S-NI-1: Jahresniederschlag



Anteil des Frühjahrsniederschlags an der Jahresniederschlagsmenge von 25,2% im Zeitraum 1961-1990 auf 22,4% in der Periode 1987-2016 verringert.

Im Gegensatz zum niederschlagsärmeren Frühling änderte sich das Niederschlagsmittel für den meteorologischen Sommer mit einer Zunahme von 3,1% zwischen den beiden Perioden nur geringfügig. Deutliche Änderungen zeigen aber auch hier einzelne Monate. Während die Juni-Monate mit minus 13,6% und die August-Monate mit minus 6,9% in der Periode 1987-2016 trockener ausfielen als noch 1961-1990, weisen die markant feuchteren Juli-Monate mit einem Plus von 34,8% das mit Abstand größte Änderungssignal aller Monate auf. Der Anteil der Sommerniederschläge am Jahresniederschlag blieb mit 29,7% in der Periode von 1987-2016 gegenüber 30,1% im Zeitraum 1961-1990 nahezu konstant.

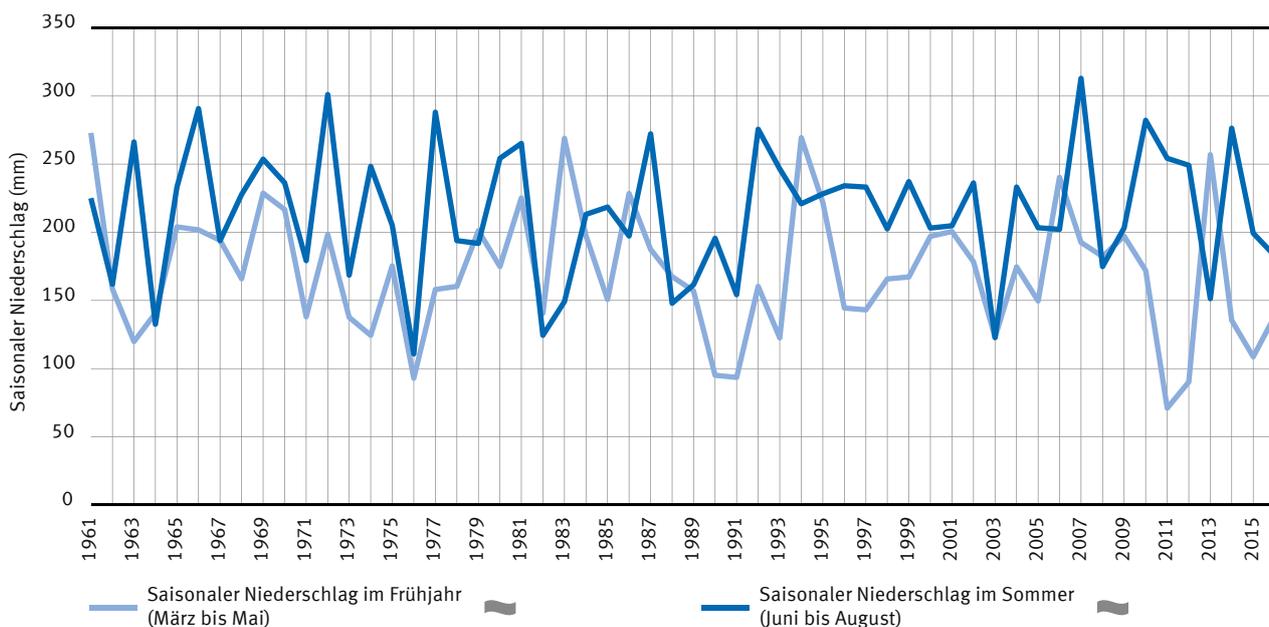
...und im Herbst und Winter

In den bisher grundsätzlich niederschlagsärmeren Jahreszeiten Herbst und Winter nehmen die Niederschläge in der Tendenz zu. Die Herbstniederschläge (September bis November) haben im Periodenvergleich zwischen 1961-1990 und 1987-2016 um 14,4% zugenommen. Damit hat sich im gleichen Periodenvergleich auch der Anteil der Herbstniederschläge an der Jahresniederschlagssumme von 22,2% auf 24,3% erhöht. Im meteorologischen Winter (Dezember bis Februar) fällt der Anstieg etwas geringer aus. Im Periodenvergleich stieg der Anteil am Gesamtjahresniederschlag von 22,6% um einen Prozentpunkt auf 23,6%.

Für die Herbstniederschläge ergibt sich über die Zeitreihe 1961 bis 2016 betrachtet ein signifikanter Trend zu

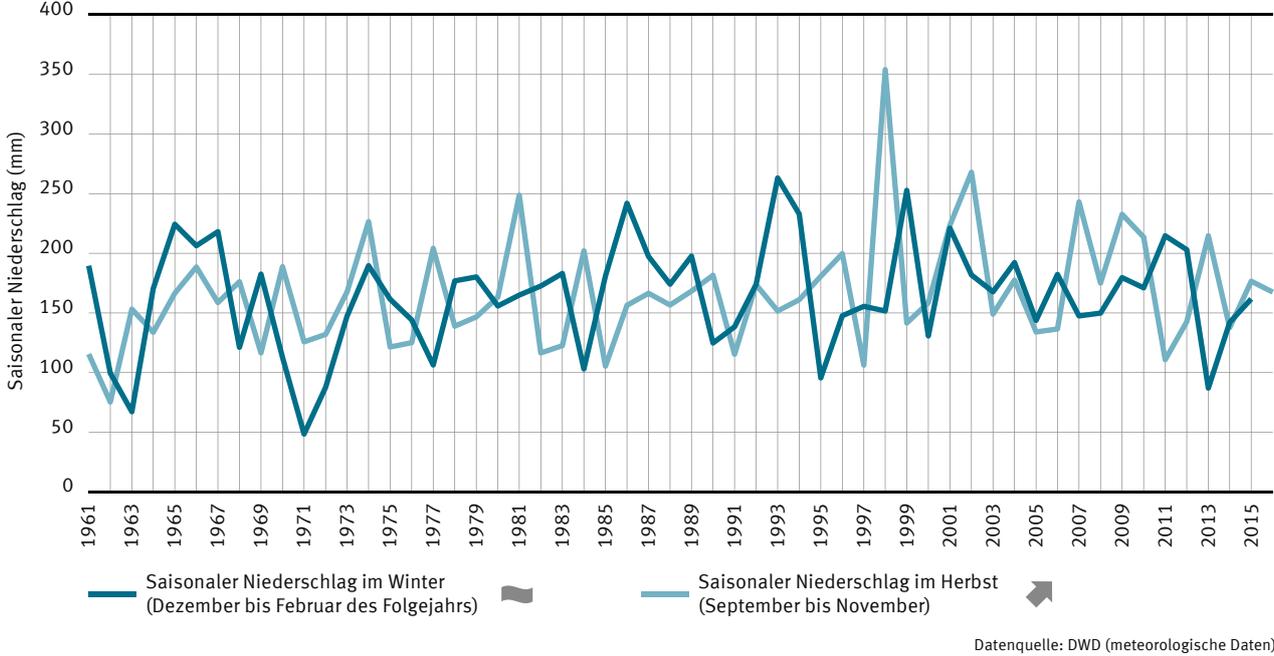
höheren Niederschlägen. Dabei verzeichneten alle drei Herbstmonate ein Niederschlagsplus. Herausragend ist die Zunahme der Niederschläge um 20,9% in den September-Monaten. Es folgen die um 14,2% niederschlagsreicheren November- und die um 7,8% feuchteren Oktober-Monate.

Für die Entwicklung der Winterniederschläge ergibt sich zwischen 1961 und 1990 kein statistischer Trend, auch wenn in allen drei Wintermonaten die Niederschläge zugenommen haben: in den Februarmonaten um 13,6%, den Januar-Monaten um 9,4% und in den Dezember-Monaten um lediglich 3,2%.



Datenquelle: DWD (meteorologische Daten)

S-NI-2: Saisonale Niederschläge im Frühjahr und Sommer



S-NI-3: Saisonale Niederschläge im Herbst und Winter



Schneedecke

Aus der Zunahme der Winterniederschläge ist kein unmittelbarer Rückschluss auf die Entwicklung der Schneedecke möglich, da der Schneefall stark von der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit abhängig ist. Sowohl die Temperatur als auch die Niederschlagssumme verändern sich in Abhängigkeit der Höhenlage im Zuge des Klimawandels unterschiedlich.

Schnee spielt im Freistaat Thüringen vor allem für die Mittelgebirgslagen des Thüringer Waldes, den Thüringer Teil des Harzes, das Thüringer Schiefergebirge und die Rhön eine bedeutende Rolle, in ökologischer Hinsicht für den Wasserhaushalt, in gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Hinsicht unter anderem für den Tourismus.

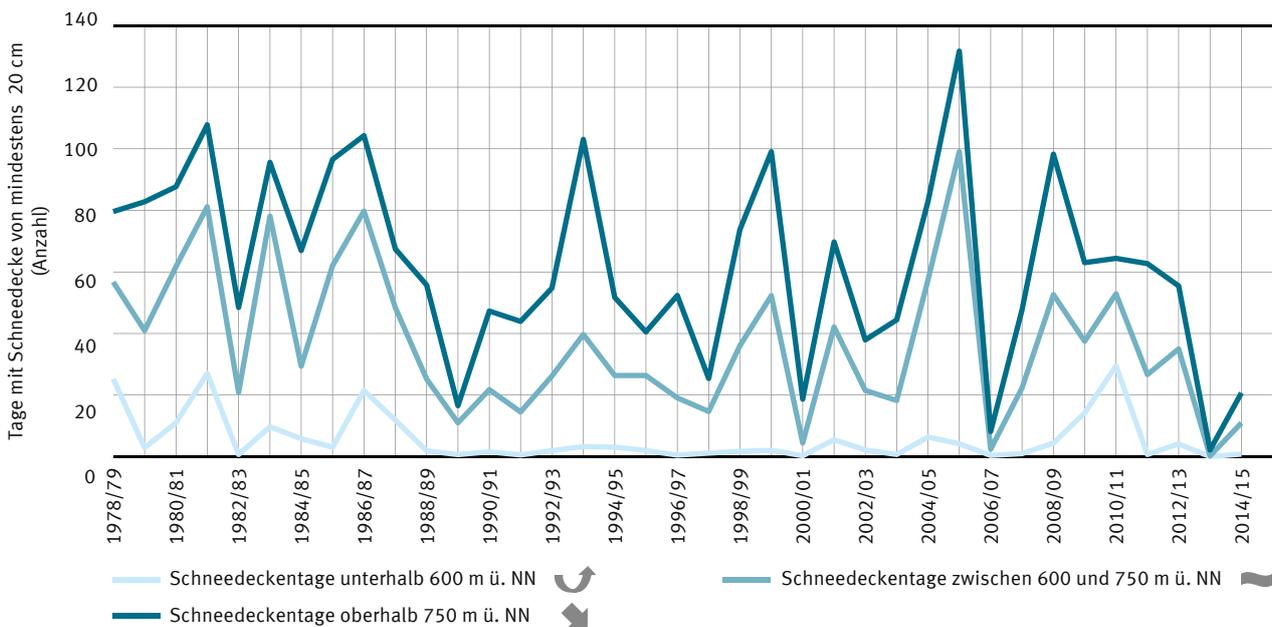
Die hier dargestellten Daten zur Schneehöhe resultieren aus Berechnungen, die mithilfe von Messdaten zur Tagesmittel-

temperatur, zur relativen Luftfeuchtigkeit, zum absoluten Luftdruck, zur Tagesniederschlagsmenge sowie zur Globalstrahlung und Windgeschwindigkeit (10 m über Grund) der DWD-Klimastationen durchgeführt wurden. In das Schneedeckenmodell gehen außerdem Informationen zur Landnutzung, Hangneigung und Hangausrichtung ein. Die Darstellungen beziehen sich auf eine Schneedeckenhöhe von 20 cm. Dies entspricht der unteren Grenze für die Ausübung nordischer Wintersportarten (Langlauf).

Betrachtet man die Entwicklung der Tage mit einer Schneedecke von mindestens 20 cm für die jahresübergreifenden Winter 1978/79 bis 2014/2015, so zeigen sich unterschiedliche Entwicklungen in Abhängigkeit von der Höhenstufe. Allerdings wird in allen Höhenstufen deutlich, welche Winter in der Vergangenheit besonders schneereich oder schneearm gewesen sind. So gab es im Winter 2005/2006 und in mehreren Wintern in den 1980er

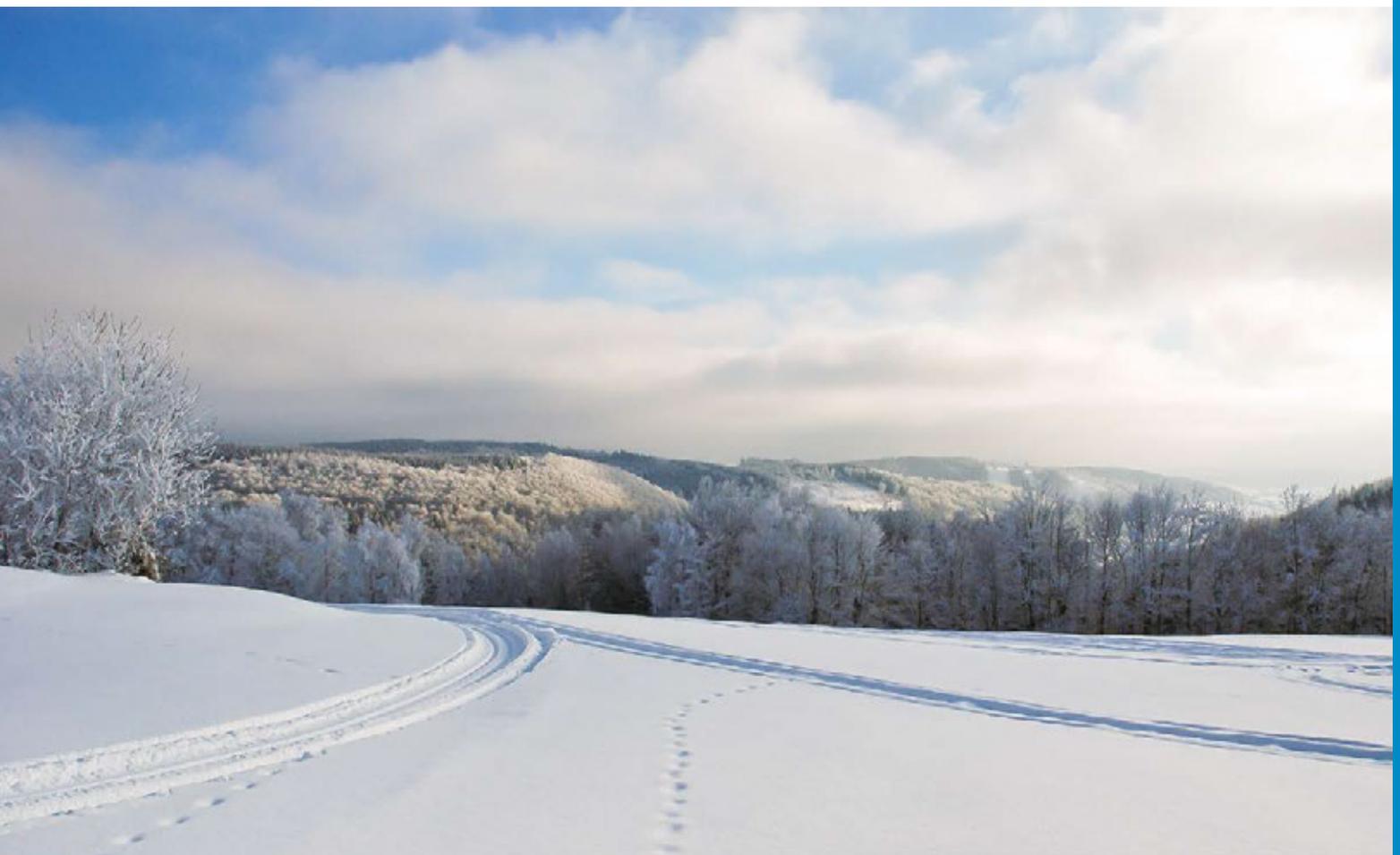
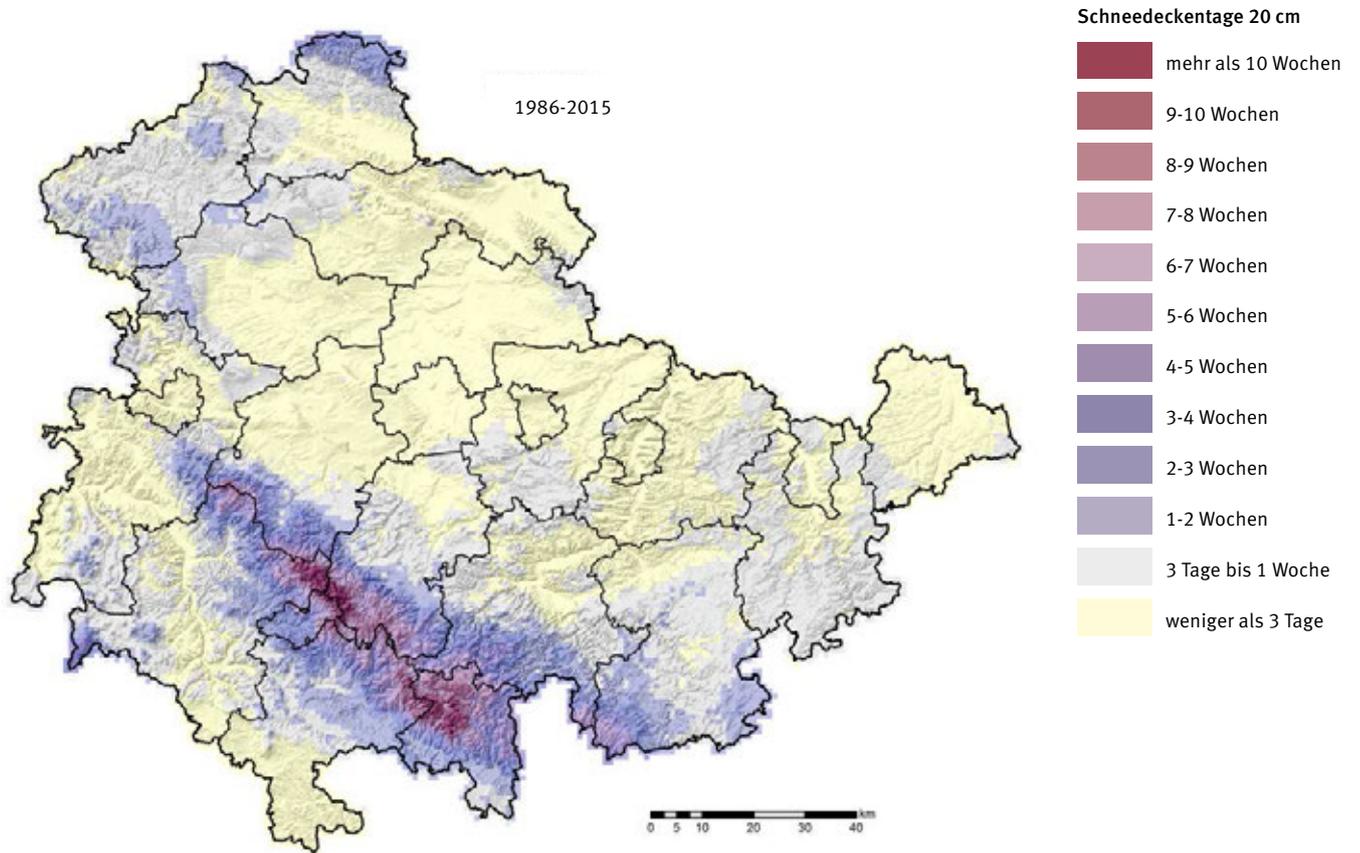
Jahren vergleichsweise viel Schnee. In den Wintern 2001/2002, 2006/2007 und 2013/2014 blieben hingegen nicht nur die tiefen, sondern auch die höheren Lagen nahezu schneefrei. Diese extreme Schneearmut bis hinauf in die Hochlagen von über 750 m ü. NN (Meter über Normalnull) ist ein neues Phänomen nach der Jahrtausendwende. Auch statistisch ist der Rückgangstrend in dieser Höhenlage signifikant. Zwischen 600 und 750 m ü. NN ergibt sich bislang hingegen kein klarer Trend. Unter 600 m ü. NN ist bis Mitte der 1990er Jahre eine Abnahme und danach ein Wiederanstieg zu beobachten. Diese Entwicklung ist allerdings noch nicht eindeutig interpretierbar, denn einzelne schneereiche Jahre nach der Jahrtausendwende prägen die Entwicklung stark.

Die räumliche Verteilung der Häufigkeit der Schneedeckentage ist im Wesentlichen ein Abbild der topographischen Gegebenheiten.



Datenquelle: DWD (meteorologische Daten), TLUG (Datenprozessierung)

S-SN-1: Schneedeckentage



Starkniederschläge

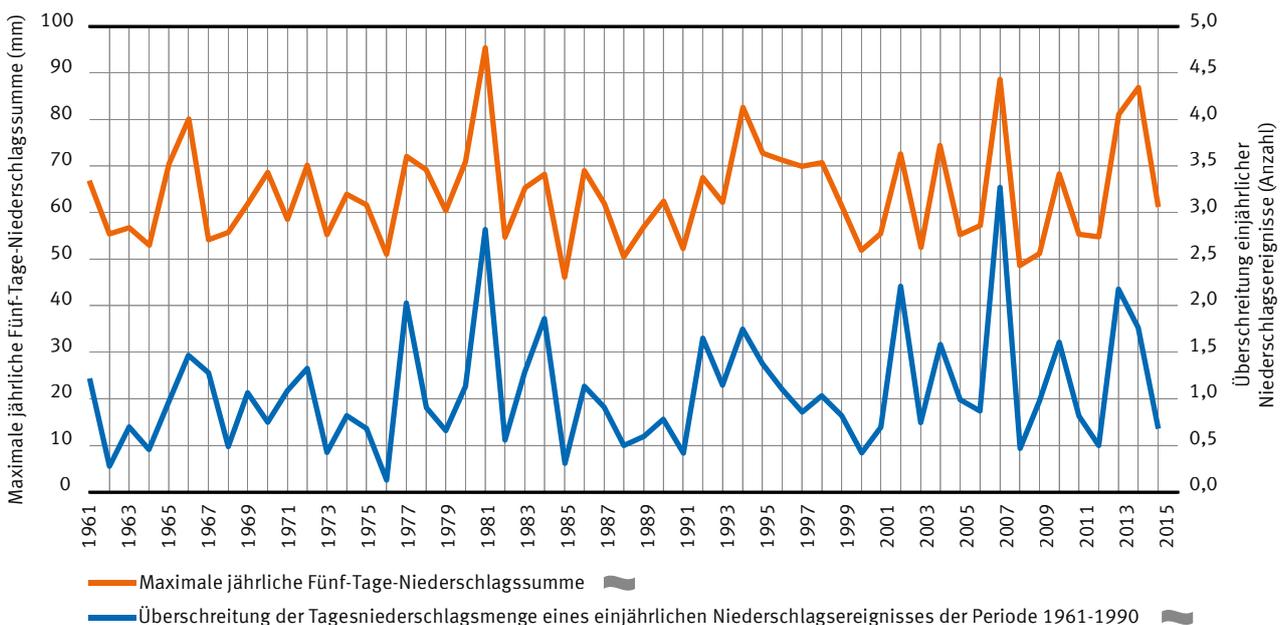
Neben den Jahresniederschlagssummen sind im Zusammenhang mit Klimaveränderungen auch Extremniederschläge von Interesse. Hierzu gehören sowohl einzelne besonders heftige Niederschlagsereignisse als auch extrem trockene Witterungsperioden.

Der Begriff des Starkniederschlags ist nicht eindeutig definiert. Im folgenden Kontext werden unter Starkniederschlägen Niederschlagsereignisse mit einem Wiederkehrintervall von einem Jahr, also sogenannte einjährige Ereignisse, verstanden. Solche Starkniederschlagsereignisse sind vor allem konvektiven Ursprungs. Das heißt, sie entstehen durch heftige vertikale Luftströmungen bei einer insgesamt instabilen Luftschichtung der Atmosphäre. Sie treten hauptsächlich in den Sommermonaten auf und sind zu meist auf relativ kleine Gebiete begrenzt. Für die Indikatorzeitreihe wurde zunächst für die Periode 1961-1990 das einjähri-

che Niederschlagsereignis für Thüringen ermittelt. Ausgehend von diesem Wert wurde in einem zweiten Schritt für die einzelnen Jahre der gesamten Zeitreihe und die einzelnen Flächenpixel die Häufigkeit von Überschreitungen dieses einjährigen Niederschlagsereignisses berechnet und über alle Pixel Thüringens gemittelt. Auf diese Weise treten Jahre mit einem besonders ausgeprägten Starkregenge-schehen hervor. In der Tendenz nehmen die Starkniederschlagsmengen zwar zu, aber statistisch ist der Trend nicht signifi-kant. Dies liegt auch daran, dass die Wer-te zwischen den Jahren stark schwanken.

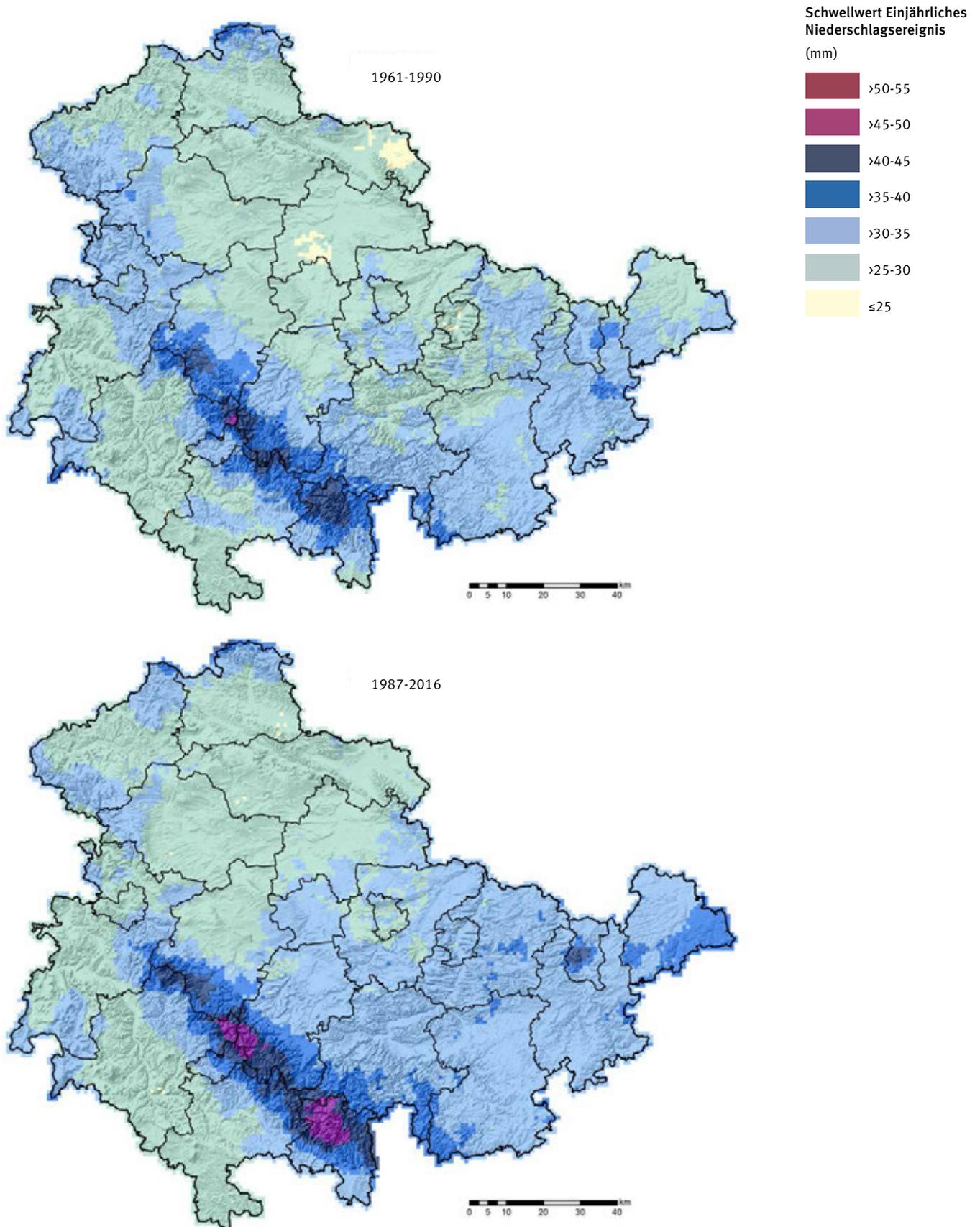
Bei der räumlich differenzierten Darstel-lung der Überschreitung des mittleren einjährigen Niederschlagsereignisses und dem Periodenvergleich zwischen 1961-1990 und 1986-2015 wird deut-lich, dass die Starkniederschläge vor allem in den Kammlagen des Thüringer Waldes und im Thüringer Schiefergebirge sowie in Ostthüringen und Teilen Mit-telthüringens heftiger geworden sind.

Neben den kurzen und heftigen som-merlichen Starkregeneignissen sind aber auch die länger anhaltenden und ergiebigen Niederschlagsereignisse von Interesse. Diese prägen vor allem in den Wintermonaten den Witterungs-verlauf. Nicht selten sind sie, oft auch in Verbindung mit Tauwetter, Auslöser für Winterhochwasser. Die Maxima der Fünf-Tage-Niederschlagssumme schwan-ken ebenfalls erheblich zwischen den Jahren. Einen statistisch abgesicherten Trend gibt es in der bisherigen Zeitreihe nicht. Auch diese außergewöhnlich nie-derschlagsreichen Witterungsereignisse haben vor allem im Thüringer Wald und im Thüringer Schiefergebirge in den letzten Jahrzehnten an Bedeutung gewonnen. Sie können in diesen Gebieten bis zu 115 mm Niederschlag bringen. Im Vergleich hierzu betragen die Regenmengen solcher Fünf-Tagesereignisse im Thüringer Becken in der Regel weniger als 55 mm.



Datenquelle: DWD (meteorologische Daten), TLUG (Datenprozessierung)

S-NI-4: Starkniederschläge



Trockenperioden

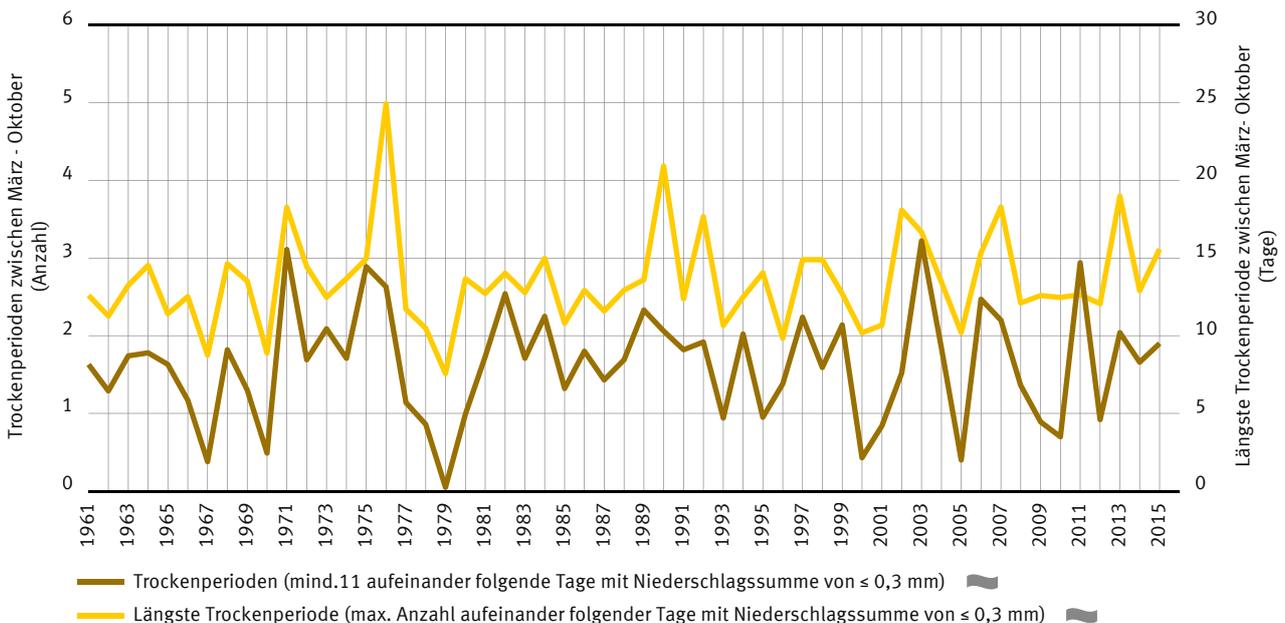
Länger anhaltende Trockenperioden können verheerende Auswirkungen für die Flora und Fauna haben. In besonderem Maße sind auch die Landwirtschaft, der Obst- und Gemüsebau, die Forstwirtschaft aufgrund steigender Waldbrandgefahr sowie die Wasserwirtschaft betroffen, da es zu Niedrigwasser in Flüssen und sinkenden Grundwasserständen kommen kann.

Auch für Trockenperioden gibt es keine einheitliche Definition. Hier wird unter Trockenperiode eine Periode verstanden, in der an mindestens elf aufeinanderfolgenden Tagen die Tagesniederschlags-summe jeweils geringer als 0,3 Millimeter ist. Die Auswertungen für Thüringen wurden auf die Monate der Hauptvegetationsperiode von März bis Oktober beschränkt, in denen auch in relevantem Umfang Verdunstung stattfindet. Von Relevanz sind sowohl die jährliche Anzahl von Trockenperioden als auch die Dauer der längsten Trockenperiode eines Jahres.

Über die gesamte Zeitreihe betrachtet ist für keinen der beiden Parameter ein signifikanter Trend feststellbar. Die Werte schwanken deutlich zwischen den Jahren. Im Periodenvergleich 1961-1990 und 1986-2015 hat sich die mittlere jährliche Anzahl der Trockenperioden nicht verändert. Die längste Trockenperiode verlängerte sich im Landesmittel unwesentlich zwischen den beiden Vergleichsperioden von 13,4 Tagen auf 13,8 Tage.

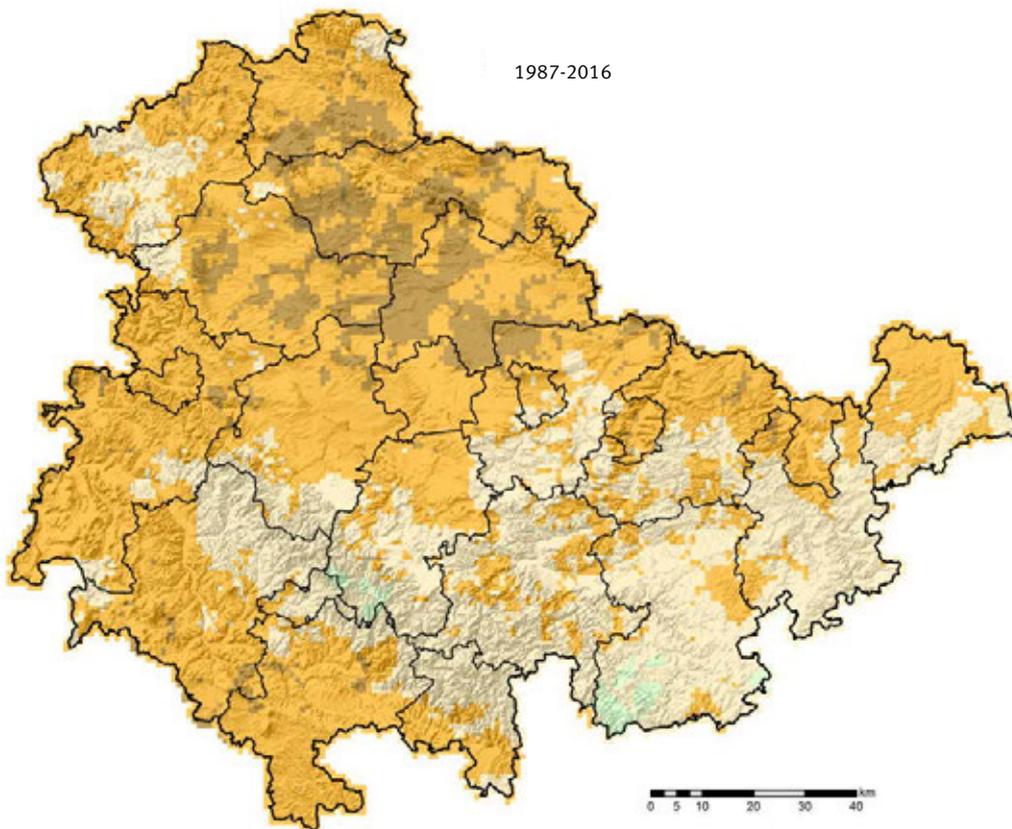
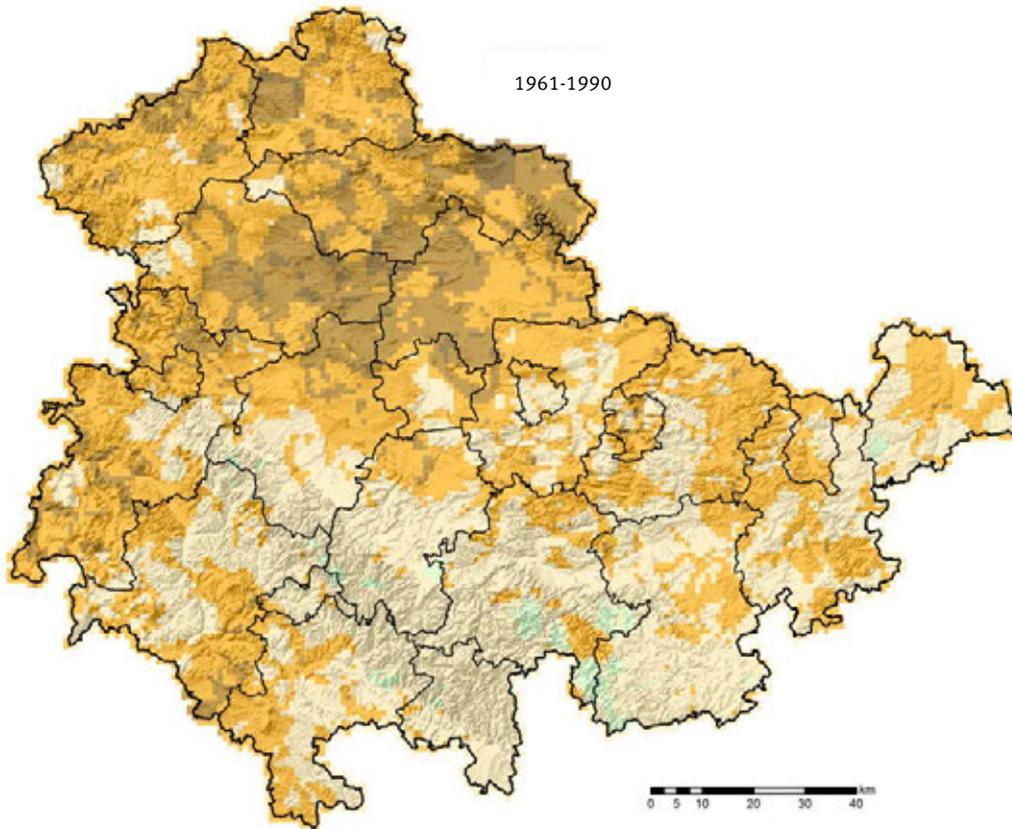
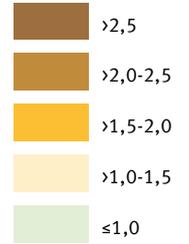
Mit Ausnahme der Höhenlagen im Thüringer Wald und im Thüringer Schiefergebirge kommt es in ganz Thüringen in der Regel mindestens einmal pro Jahr zu einer Trockenperiode. Im Thüringer Becken sind es im langjährigen Mittel bis zu drei zeitlich voneinander unabhängige Trockenperioden. Im Periodenvergleich 1961-1990 und 1986-2015 hat vor allem die Kategorie „1,5 bis 2 Trockenperioden“ in der Flächenausdehnung zugenommen. Diese Ausdehnung vollzog sich vor allem südwestlich des Thüringer Waldes. Die im Mittel längsten

Trockenperioden mit 15 bis 17 Tagen treten im Thüringer Becken, aber auch im Saale-Holzlandkreis, dem nördlichen Landkreis Greiz und im Altenburger Land auf. Im Thüringer Wald und im Schiefergebirge sind die Trockenperioden in der Regel nicht länger als die Mindestdauer von elf Tagen, die definitionsgemäß als Untergrenze für eine Trockenperiode gesetzt ist.



Datenquelle: DWD (meteorologische Daten), TLUG (Datenprozessierung)

Trockenperioden von
März-Oktober
(Anzahl/Jahr)



Gewitter

Gewitterhäufigkeit und -intensität

Gewitter sind komplexe meteorologische Erscheinungen, die mit luftelektronischen Entladungen, den Blitzen und dem Donner, einhergehen. Oftmals werden sie von kräftigen, wolkenbruchartigen Regen- oder Hagelschauern und starken Fallböen begleitet. Gewitter werden durch lokal auftretende konvektive Ereignisse hervorgerufen oder stehen im Zusammenhang mit großräumigen Gewitterfronten. Ersterer treten vornehmlich im Sommer auf. Zu Sommergewittern kommt es wesentlich häufiger als zu Wintergewittern. Letztere können auch mit kräftigen Schneeschauern verbunden sein.

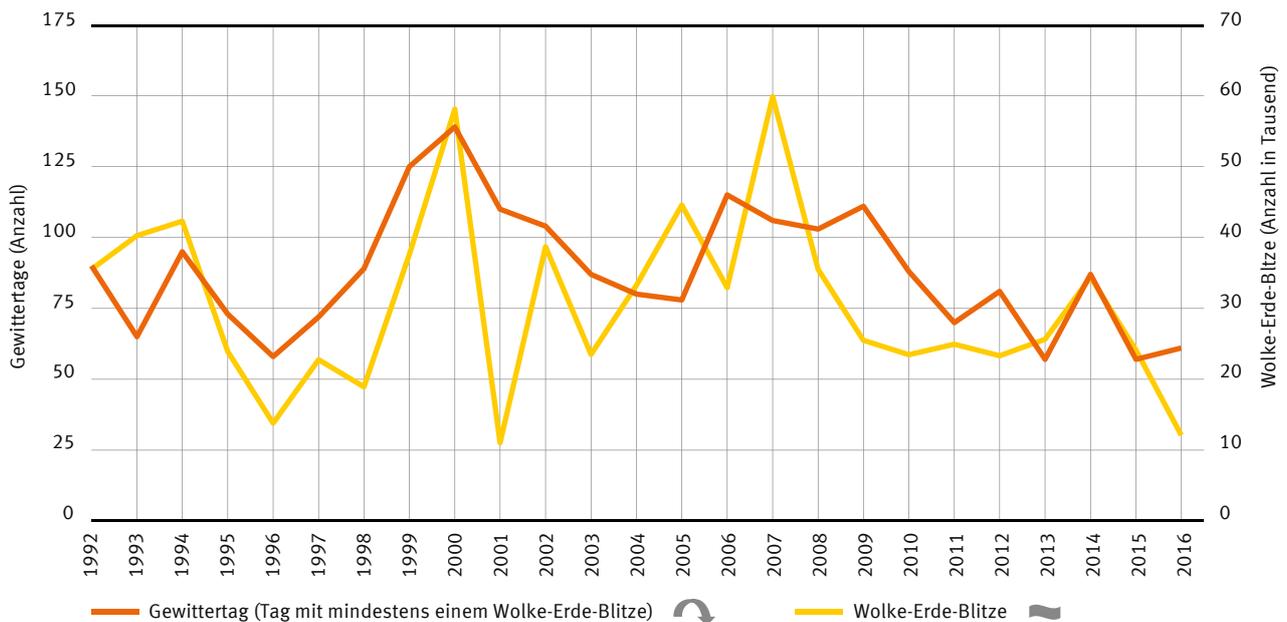
Die Firma Siemens unterhält ein europaweites Messnetz von über 155 Stationen, die jeden Blitz über Deutschland erfassen und bis zu 100 Metern genau

verorten. Basierend auf diesen seit 1992 verfügbaren Daten lässt sich zunächst die Entwicklung der mittleren jährlichen Anzahl von Gewittertagen darstellen. Ein "Gewittertag" ist dabei jeder Tag, an dem mindestens ein Wolke-Erde-Blitz auf dem Gebiet des Freistaats Thüringen erfasst wurde. Über den Zeitraum 1992-2016 betrachtet zeigt die statistische Analyse der Zeitreihe einen quadratischen Trend, das heißt bis zur Jahrtausendwende nahm die Zahl der Gewittertage zu, danach vollzog sich wieder ein Rückgang. Die Zusammenhänge dieser Entwicklung mit dem Klimawandel lassen sich noch nicht erklären.

Bei räumlich differenzierter Betrachtung und einer Mittelung der Werte für den Zeitraum 1992-2016 wird deutlich, dass die meisten Gewittertage im Altenburger Land, im südöstlichen Weimarer Land und im Saale-Holzland-Kreis, im südli-

chen Ilmkreis sowie in der Vorderrhön und der Hohen Rhön aufgetreten sind. Im Norden Thüringens und im Thüringer Becken hingegen gab es weniger Gewittertage. Die beiden in der Karte sichtbaren „Hotspots“ sind der Große Inselsberg mit einer Höhe 911 m ü. NN (Meter über Normalnull) im westlichen Thüringer Wald und der Blesberg (867 m ü. NN) im Thüringer Schiefergebirge. Zusätzlich zur exponierten Höhenlage sind auf den Gipfeln hohe Sendemasten installiert, an denen sich die Energie der Gewitterwolken besonders häufig in Form von Wolke-Erde-Blitzen entlädt.

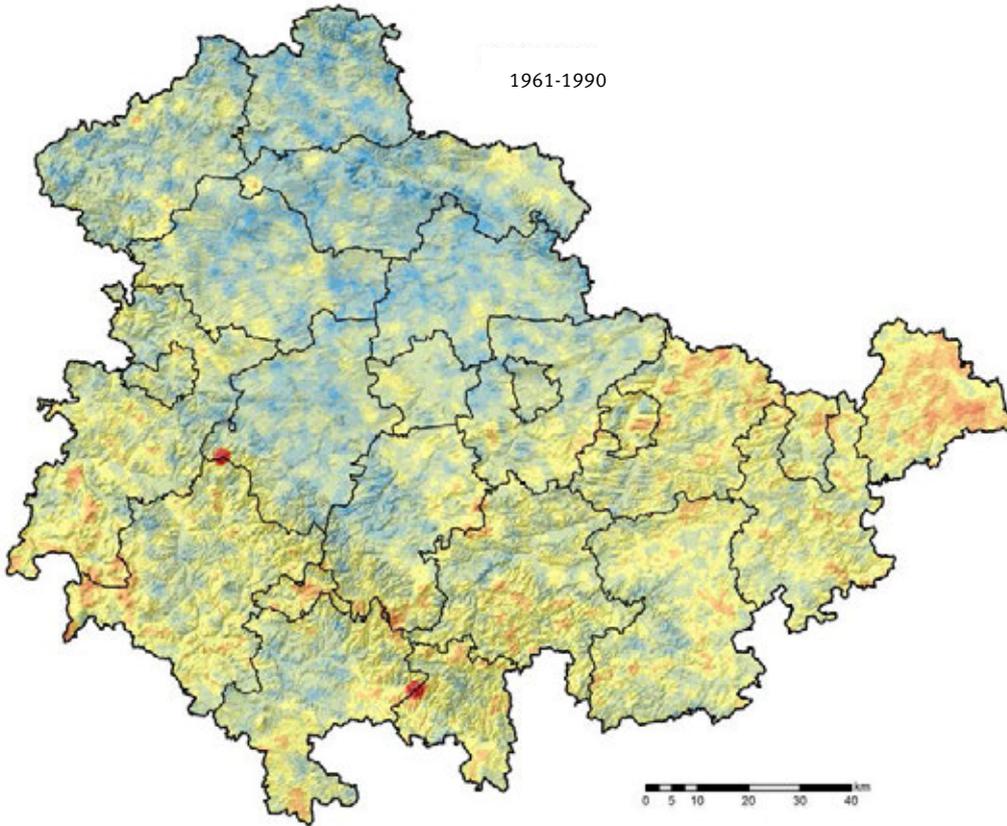
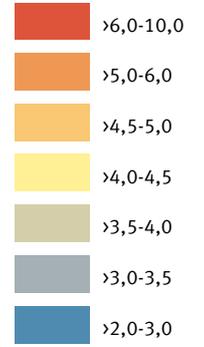
Aus der Betrachtung der absoluten Anzahl der erfassten Wolke-Erde-Blitze seit 1992 ergibt sich kein statistisch signifikanter Trend. Auch die über den Gesamtzeitraum gemittelte Anzahl von Blitzen lässt sich räumlich differenziert darstellen.



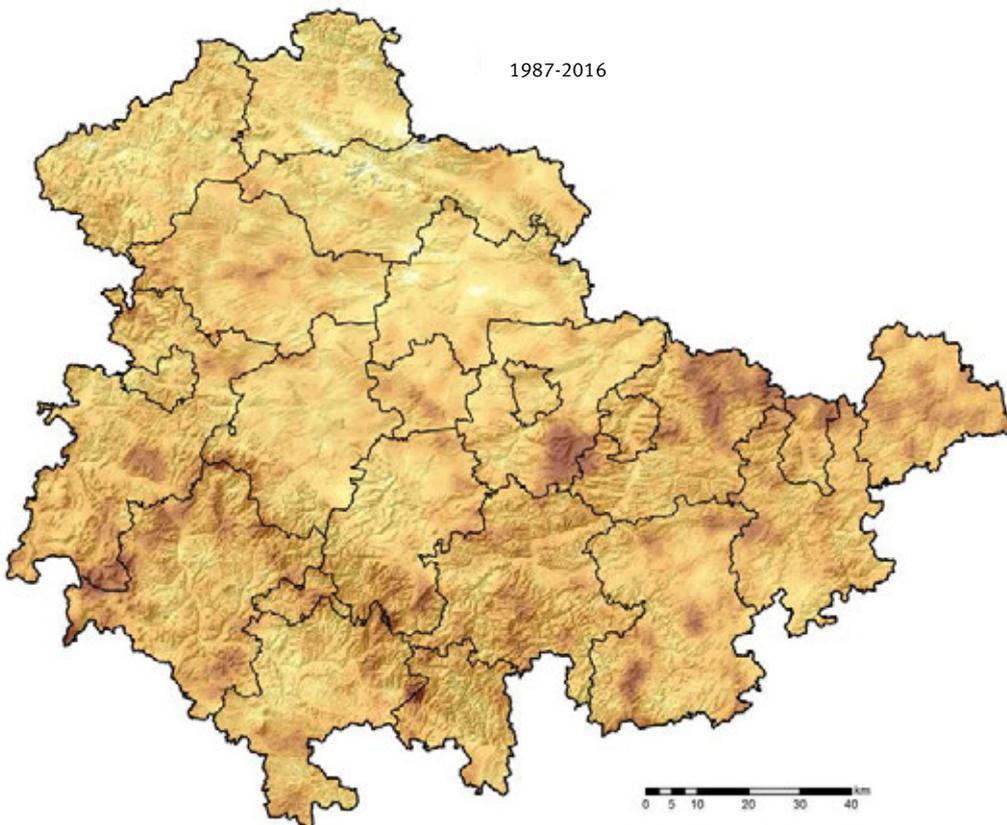
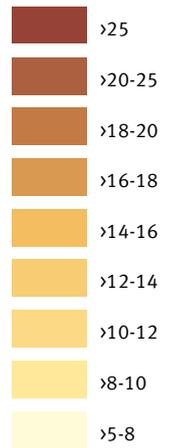
Datenquelle: Siemens (Blitz-Informationsdienst), TLUG (Datenprozessierung)

S-GW-1: Gewitter

Gewittertage (Tage/Jahr)



Blitzdichte (Blitze/km²/Jahr)



Klimafolgen



Menschliche Gesundheit

Die Gesundheit ist das höchste Gut des Menschen. Der Klimawandel bringt vielfältige klima- bzw. witterungssensitive Gesundheitsrisiken mit sich, die bei den Betroffenen entweder direkt oder indirekt zu Verletzungen, Folgeerkrankungen bis hin zu Todesfällen führen können. Allerdings wird die menschliche Gesundheit neben dem Klimawandel von vielen weiteren Faktoren beeinflusst, und Entwicklungen werden von allgemeinen sozio-ökonomischen Trends wie dem demographischen Wandel überlagert. Das Zusammenwirken all dieser Fakto-

ren ist komplex, und einfache Ursachenzuweisungen sind fast unmöglich.

Ziel ist es, auch unter den Bedingungen des Klimawandels die Gesundheit der Bevölkerung durch eine hohe Leistungsfähigkeit und Bedarfsgerechtigkeit des Gesundheitswesens und eine angemessene Eigenvorsorge der Menschen zu erhalten. Gesundheitliche Risiken und Schäden, die mit dem Klimawandel einhergehen können, müssen frühzeitig erkannt und minimiert werden.

Legende für die Trendsymbole

-  linear steigender Trend
-  linear fallender Trend
-  kein signifikanter Trend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst steigend, dann fallend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst fallend, dann steigend

Hitzewarnungen

Die für Thüringen seit der Einrichtung des bundesweiten Hitzewarnsystems ausgesprochenen Hitzewarnungen schwanken von Jahr zu Jahr in Abhängigkeit der sommerlichen Witterungsverhältnisse. Noch lässt sich ein Trend nicht erkennen. Die Entwicklung ist aber weiter zu beobachten, denn starke Hitze bzw. vermehrte Hitzewellen können ein erhebliches Gesundheitsrisiko bedeuten.

Zu den unmittelbarsten Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit gehört zunehmende Hitze. Der eine oder andere mag sich über höhere Sommertemperaturen freuen, denn eine Garantie auf sommerliche Wärme bietet unser Klima bislang nicht. Dennoch kann zu große und zu lang andauernde Hitze auch zu einer Belastung für den menschlichen Organismus werden. Betroffen sind vor allem ältere Menschen, chronisch Kranke, Kinder und isoliert lebende Personen. So führte die große sommerliche Hitzewelle des Jahres 2003 in Deutschland zu einem deutlichen Anstieg der Todesfälle. Allerdings ist es schwierig, Todesfälle direkt auf Hitze zurückzuführen. Zu hitzebedingten Todesfällen kommt es in der Regel aufgrund von Herz-Kreislauf-Versagen. Dieses kann jedoch sehr unterschiedliche Ursachen haben und lässt sich daher nicht einfach mit zu großer Hitze

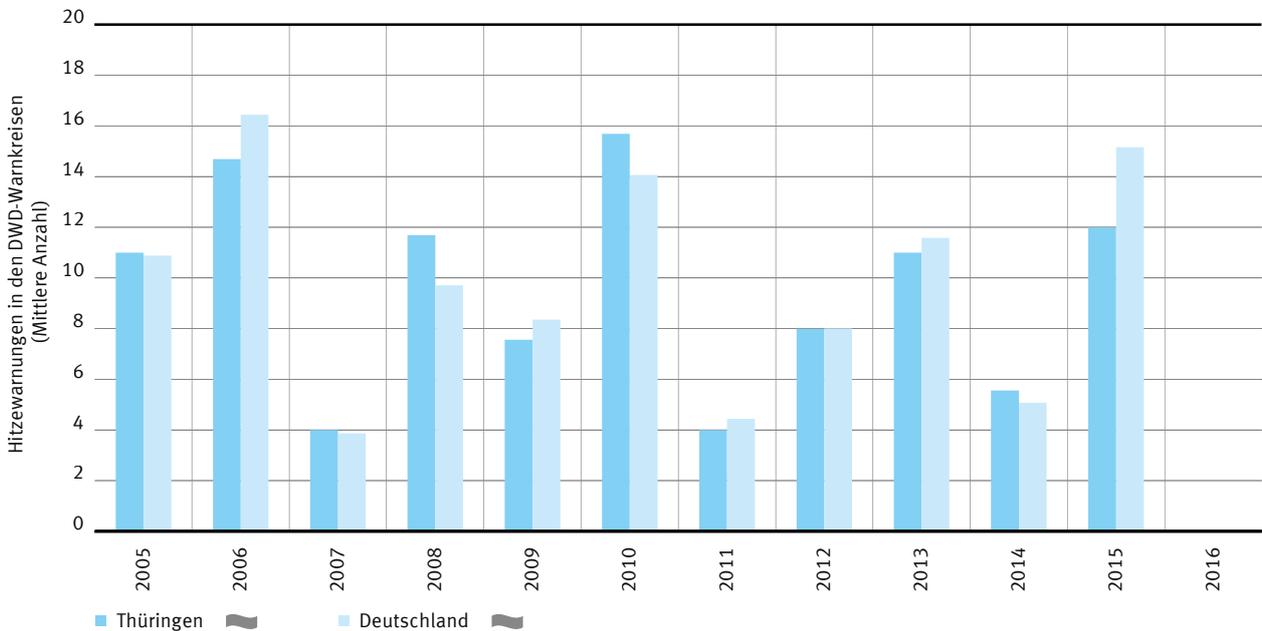
in Verbindung bringen. Um hitzebedingte Übersterblichkeiten festzustellen, bedarf es vergleichsweise aufwändiger statistischer Verfahren, und es gibt noch zahlreiche methodische Unsicherheiten. Verlässliche Zahlen zu Hitzetoten in Thüringen stehen nicht zur Verfügung.

Die Ereignisse des Hitzesommers 2003 haben den Deutschen Wetterdienst (DWD) dazu veranlasst, bundesweit ein Hitzewarnsystem einzurichten. Auf der Ebene sogenannter Warnkreise, die sich an den Landkreisen orientieren, aber zusätzlich noch Höhenstufen berücksichtigen, werden bei Erreichen definierter Schwellenwerte Hitzewarnungen ausgesprochen. Ausschlaggebend für die Hitzewarnung ist eine zu erwartende Wärmebelastung über 38 °C. Relevant ist dabei die gefühlte Temperatur, für deren Ermittlung neben der Temperatur auch die Luftfeuchtigkeit eine Rolle

spielt. Außerdem wird gewarnt, wenn an zwei aufeinander folgenden Tagen eine mindestens „starke Wärmebelastung“ (32 - 38 °C) vorhergesagt wird und in der Nacht keine ausreichende Abkühlung mehr stattfindet. Letztere ist für die Erholung nach besonders heißen Tagen eine wichtige Voraussetzung. Der DWD verbreitet die Hitzewarnungen über das Internet oder eine Android App. Einrichtungen des Gesundheitswesens werden direkt informiert, sodass entsprechende Schutzmaßnahmen für die Heimbewohnerinnen und -bewohner oder Patientinnen und Patienten ergriffen werden können.

Die Hitzewarnungen sagen nichts darüber aus, ob es an den betreffenden Tagen tatsächlich zu einer extremen oder starken Wärmebelastung gekommen ist. Untersuchungen des DWD zeigen aber, dass die Warnungen sehr zuverlässig





Datenquelle: DWD (Hitzealarme)

I-GE-1: Hitzebelastung

sind. Rückschlüsse auf hitzebedingte Erkrankungen oder Todesfälle sind ebenfalls nicht möglich, aber es muss an Hitzewarntagen von einem erhöhten Risiko ausgegangen werden.

Die durchschnittliche Anzahl von Tagen, für die Hitzewarnungen für die 23 Warnkreise innerhalb Thüringens ausgesprochen werden, schwankte bisher zwischen vier und knapp 16. Die meisten Warnungen gab es im Jahr 2010, einem Jahr, das deutschlandweit nicht zu den wärmsten Jahren gehört hat. Alle Warnungen wurden im Juni und Juli ausgesprochen, der August war eher kühl und verregnet. Die Aufzeichnung der in Thüringen gemessenen heißen Tage mit einer Maximaltemperatur von 30°C und mehr zeigt hiervon etwas abweichende Werte. Die meisten heißen Tage gab es bisher in den Jahren 2006, 2013 und 2015. Möglicherweise haben sich in diesem Falle nicht alle Warnungen bewährt, oder besondere Konstellationen wie hohe Luftfeuchte oder eine enge Aufeinanderfolge von

Tagen mit hohen Temperaturen haben die Warnungen ausgelöst.

Im deutschlandweiten Vergleich liegt Thüringen mit der Anzahl seiner Hitzewarnungen pro Warnkreis leicht unter dem bundesdeutschen Durchschnitt. Dies liegt daran, dass in den deutschlandweiten Durchschnitt auch die Daten der besonders heißen Regionen wie des Oberrheintals eingeflossen sind. Selbst im Thüringer Becken, das innerhalb Thüringens zu den wärmebegünstigten Regionen gehört, wird es in der Regel nicht so heiß.

Für die bisherigen elf Jahre, in denen das Hitzewarnsystem eingerichtet ist, lässt sich für Thüringen kein signifikanter Trend zu einer erhöhten Anzahl von Warntagen und damit einem erhöhten Hitzesrisiko feststellen. Die Entwicklungen müssen aber weiter beobachtet werden, denn die Zeitreihen der heißen Tage zeigen in Thüringen seit 1961 einen deutlich steigenden Trend.

Siehe auch:
S-TP-3 Hitze

Höhere Belastung für Pollen-Allergiker

Beginn, Dauer und Intensität des Pollenflugs stehen in engem Zusammenhang mit der Witterung bzw. dem Klima. Infolge des Klimawandels kann es zu einer Erhöhung der Pollenbelastung und einer Verlängerung der Pollensaison und infolgedessen zu einer höheren Belastung von Allergikern kommen. In Thüringen blühen Hasel und Birke heute bereits signifikant früher als in den 1980er und 1990er Jahren.

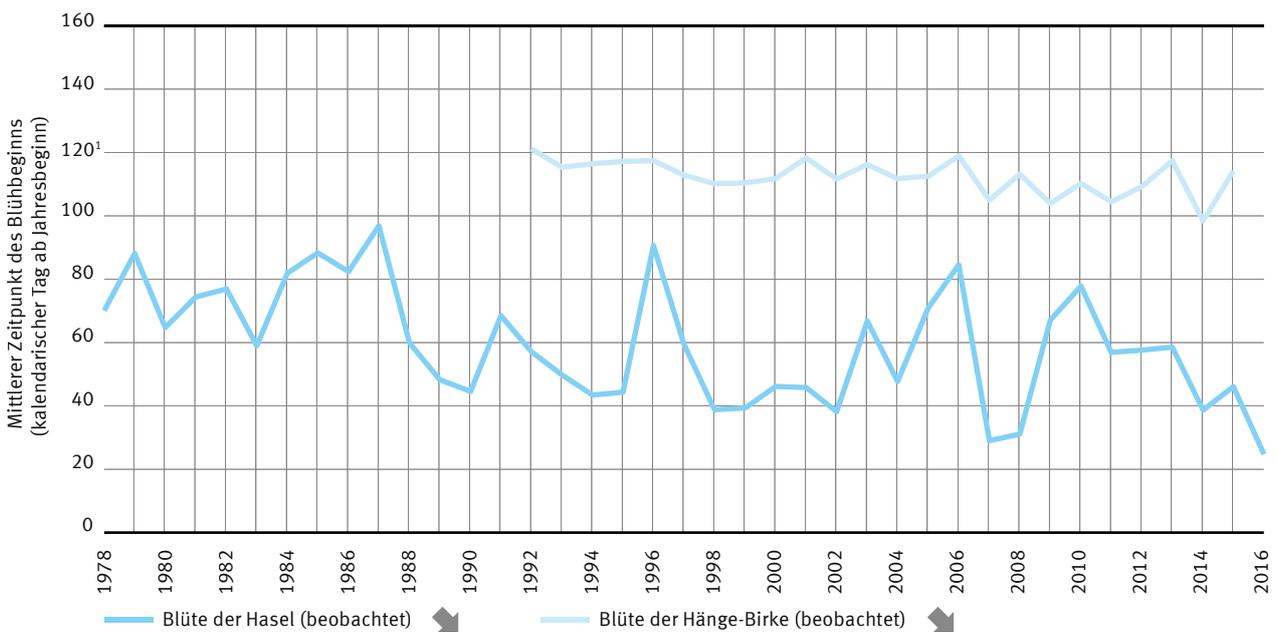
In Deutschland leiden rund 18 Millionen Menschen unter allergischen Erkrankungen. Der sogenannte Heuschnupfen, der durch eine allergische Reaktion auf Pollen ausgelöst wird, ist dabei die am stärksten verbreitete Allergieform. Mehr als 15 % der Bevölkerung in Deutschland sind Pollenallergiker, und die Tendenz ist weiter zunehmend.

Ob, wann und in welchem Umfang Pollen fliegen, ist stark von der Witterung bzw. dem Klima beeinflusst. Wärmere Bedingungen und eine längere Vegetationsperiode begünstigen einen früheren Start des Pollenflugs und längere

Pollenflugzeiten. In Verbindung mit dem Düngereffekt durch die höheren Kohlendioxid-Konzentrationen kann es auch zu höheren Pollenkonzentrationen kommen. Außerdem wird diskutiert, dass durch die Wechselwirkungen zwischen Luftschadstoffen und höheren Temperaturen die Wirksamkeit von Pollenallergenen erhöht sein kann, da es zu einer stärkeren Freisetzung von Antigenen kommt.

Mit höheren Temperaturen können im Zuge des Klimawandels wärmeliebende Pflanzenarten, die bisher in der Region nicht heimisch waren und ein hohes allergenes Potenzial haben, einwandern.

Im Fokus steht in diesem Zusammenhang unter anderem die Beifuß-Ambrosie, die ursprünglich aus Nordamerika stammt und sich seit Anfang der 1990er Jahre in Deutschland ausbreitet. Als eine der Ursachen für diese Ausbreitung gilt der Klimawandel mit milderen Herbsttemperaturen, die der einjährigen Pflanze die zur Verbreitung erforderliche Samenreife ermöglichen. Durch die hoch allergenen Pollen der Ambrosie verlängert sich die Pollensaison weit in den Herbst hinein. Auch in Thüringen sind bereits vereinzelte Pflanzen an verschiedenen Standorten gefunden worden. Einer aktuellen europäischen Studie zufolge könnte sich die



¹ Der 120. Tag eines Jahres ist der 30. April bzw. in einem Schaltjahr der 29. April.

Datenquelle: DWD (Phänologisches Beobachtungsnetz)

Zahl der Menschen, die wegen Ambrosia-Pollen an Heuschnupfen leiden, in 35 Jahren mehr als verdoppeln.

Unter den heimischen Arten gelten die Pollen von Hasel, Birke, Gräsern, Erle, Gemeinem Beifuß und Roggen als besonders allergen. Grundsätzlich wird beobachtet, dass Allergien auf Baumpollen verglichen mit Allergien auf Gräserpollen immer wichtiger werden. Die Birke ist unter den Baumpollen die von der Pollenmenge her bedeutendste Art. Etwa 40% der Allergien gehen auf Birkenpollen zurück. Die Hasel ist eine extrem früh blühende Art und markiert damit den Start der Pollensaison. In Thüringen lässt sich in den zurückliegenden vier Jahrzehnten eine signifikante Verfrühung des Blühbeginns feststellen. Während bis in die 1990er Jahre hinein die Blüte in der Regel zwischen Ende Februar und Anfang März einsetzte, gibt es nun auch Jahre mit einem Blühbeginn bereits Ende Januar und Anfang Februar. Im Jahr 2016 setzte die Blüte im Durchschnitt aller

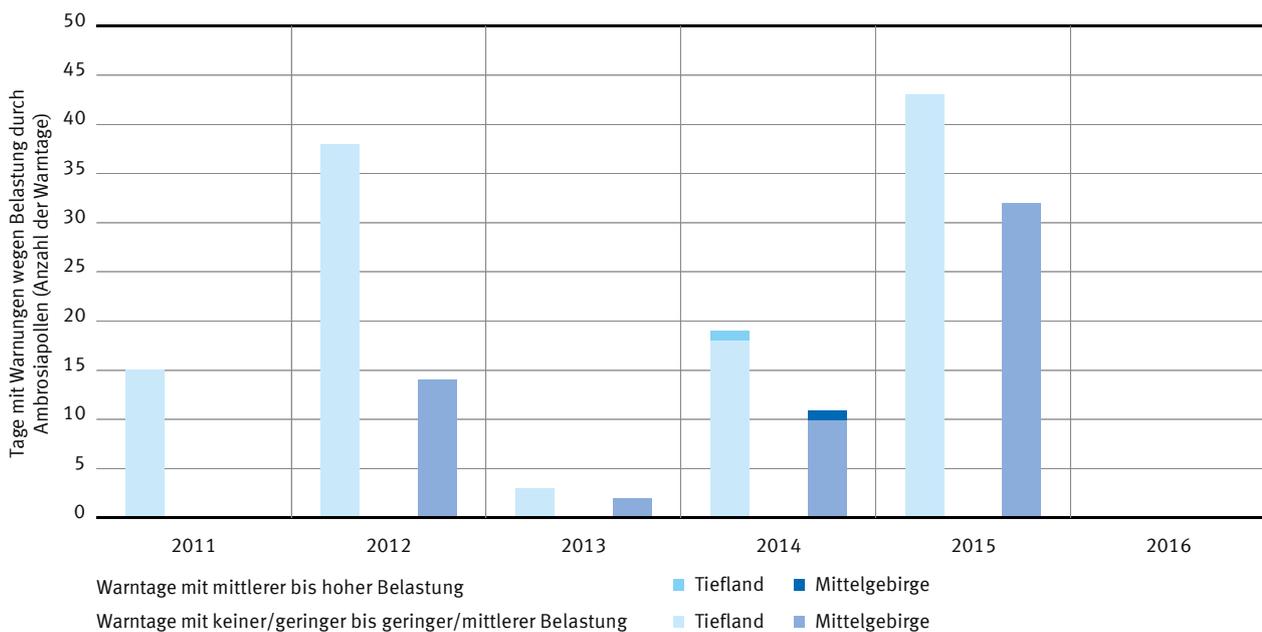
berücksichtigten Stationen Thüringen bereits am 25. Januar ein. Dies ist der bisherige Rekord aller seit den 1950er Jahren beobachteten Jahre. Eine ähnliche Entwicklung zeichnet sich bei der Birke ab. Auch hier ist der Trend der verfrühten Blüte signifikant.

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) veröffentlicht während der Pollensaison für die allergologisch wichtigsten Pollen in Deutschland täglich den Pollenflug-Gefahrenindex. Grundlage der Vorhersagen des Pollenflug-Gefahrenindex sind die regionalen kurz- und mittelfristigen Wettervorhersagen des DWD sowie die von der Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst gemessenen und ausgewerteten Pollenkonzentrationen aus Pollenflugmessungen. Aus der relativ kurzen Zeitreihe für die Beifuß-Ambrosie lässt sich noch kein Trend ermitteln, es ist aber ersichtlich, dass das Belastungsniveau noch relativ gering ist. Lediglich im Jahr 2014 kam es kurzzeitig in der Tieflandregion zu einer etwas höheren

Belastung. Sollte sich die hoch allergene Ambrosie weiter in Thüringen ausbreiten, so wird sich dies in einer größeren Anzahl von Warntagen mit höheren Belastungen niederschlagen.

Siehe auch:

- I-NA-1 Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten
- I-LW-1 Dauer der landwirtschaftlichen Vegetationsperiode
- I-LW-2 Blüte von Winterraps
- I-GE-3 Befall mit Eichenprozessions-spinner



Datenquelle: DWD (Pollenwarndienst)

I-GE-2: Allergene Wildpflanzen – Ambrosia

Gefährliche Raupe erreicht Thüringen

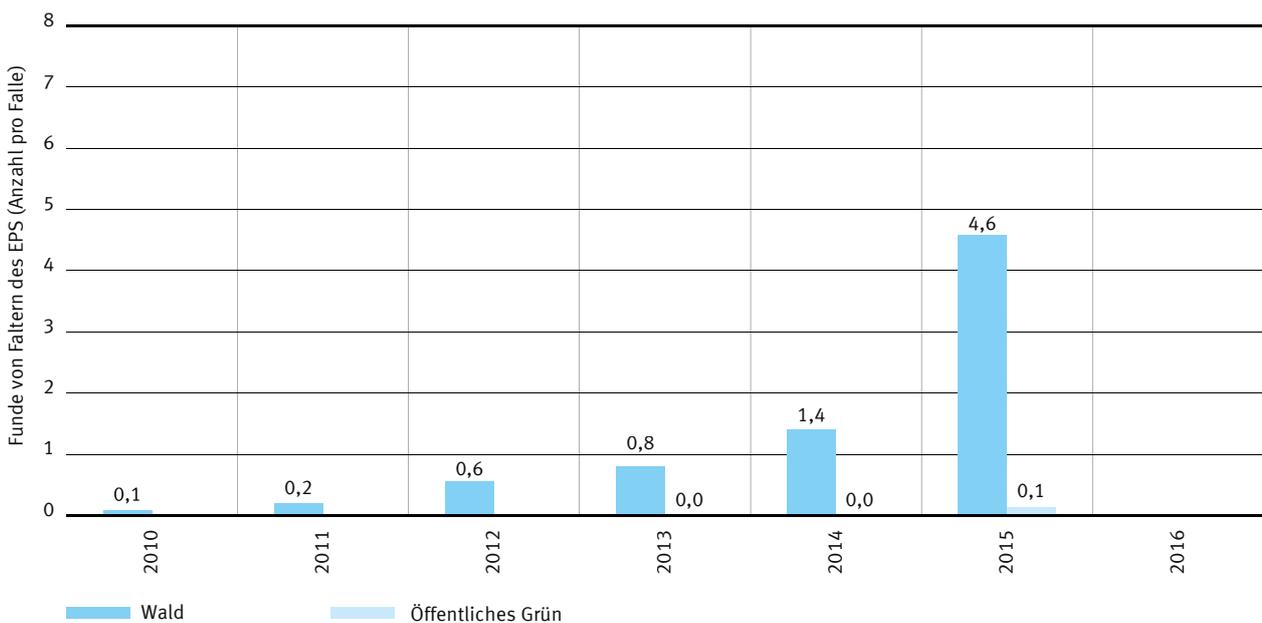
Der Eichenprozessionsspinner profitiert von wärmeren und trockeneren Bedingungen und ist auch in Thüringen in der Ausbreitung begriffen. In Südthüringen gibt es inzwischen auch größere Befallsflächen. Aufgrund der stark allergenen Wirkung der Brennhaare von Raupenstadien des Insekts gehen von den befallenen Gebieten relevante gesundheitliche Gefährdungen aus.

Der Klimawandel wirkt sich mit höheren Temperaturen und trockenerer Witterung auf viele Insektenarten positiv aus. Zu den Tierarten, die von mehr Wärme profitieren, gehören auch Arten, deren weitere Ausbreitung mit gesundheitlichen Risiken verbunden sein kann. In Deutschland steht unter anderem der Eichenprozessionsspinner, kurz EPS, unter Beobachtung. Der EPS ist ein unscheinbarer heimischer Nachtfalter, dessen Raupen sich bevorzugt von Eichenblättern ernähren. Er kommt vor allem in den süddeutschen Weinbaugebieten und im Nordostdeutschen Tiefland vor, bevorzugt aber generell lichte Eichenbestände und besonnte Waldränder. Er breitet sich derzeit mit steigenden Temperatu-

ren in ganz Deutschland zunehmend aus. Die Populationen erreichen dabei auch höhere Individuendichten.

Massenvermehrungen des Forstschädlings können für Eichenwälder bestandsgefährdend werden, vor allem wenn es zu wiederholtem Kahlfraß kommt, der die Vitalität der betroffenen Bäume stark schwächt. Problematischer ist der Befall allerdings aus gesundheitlicher Sicht. Die Raupen des Schmetterlings schützen sich mit einem Flaum aus giftigen Härchen vor Fressfeinden. Bei Berührung oder wenn die Tiere beunruhigt werden, brechen die extrem feinen Härchen ab und werden mit der Luftströmung auch über größere

Entfernungen verbreitet. Die Haare wirken toxisch-irritativ, da sie ein Eiweißgift (Thaumetopoein) enthalten. Eingeatmet reizen sie Hals und Bronchien und können zu Halsschmerzen, Husten und bronchitisähnlichen Beschwerden führen. Auf der Haut können sich die Haare mit ihren feinen Widerhaken festhalten, und Berührungen der Raupen und Raupennester hinterlassen eine sogenannte Raupen-Dermatitis mit Hautrötungen, schmerzhaften Quaddeln und Bläschen. In den Augen kann das Nesselgift Bindehautentzündungen hervorrufen. Gefährdet sind vor allem Waldarbeiter sowie Waldbesucher und Spaziergänger. Da diese Wirkungen der Brennhaare bis zu



Datenquelle: TLL, FFK von ThüringenForst-AöR (Monitoring des Falterflugs von EPS)

I-GE-3: Befall mit Eichenprozessionsspinner

zwölf Jahre erhalten bleiben können, geht von den Häutungsresten und Gespinsten der Raupen auch Jahre nach dem Befall noch eine Gefährdung aus.

In Thüringens Wäldern wird der Falterflug des EPS seit 2007 mit Fallen überwacht, seit 2010 in systematischer Form mit einheitlichen Lockstoffen (sogenannten Pheromonpräparaten). Ab 2013 findet eine Überwachung auch im Bereich des öffentlichen Grüns statt. Nach zufälligen Funden von älteren Gespinstnestern im Raum Heldburg (Südthüringen) im Jahr 2014 wurden 2015 von ThüringenForst im gleichen Gebiet erstmals lebende Raupen und frische Gespinste registriert, die Hinweise auf eine beginnende Massenvermehrung geben. Bei der intensivierten Schädlingsüberwachung in diesem Raum im Jahr 2016 stellten die zuständigen Experten der Landesforstanstalt dann einen ausgedehnten EPS-Befall fest. Die Befallsfläche erstreckte sich auf rund 1,5 Hektar, dies entspricht etwa der Fläche zweier Fußballfelder. Offensichtlich wan-

dert der Falter von Süden her kommend nach Thüringen ein, reproduziert sich erfolgreich und entwickelt nun auch Raupenstadien und Gespinste in Thüringen. Da die systematischen Beobachtungen im öffentlichen Grün erst im Jahr 2013 gestartet wurden, lässt sich hier zur Entwicklung noch keine Aussage treffen.

Ein hinreichender Gesundheitsschutz durch Bekämpfung des EPS kann derzeit nicht in jedem Fall gewährleistet werden. Eine physikalische oder mechanische Bekämpfung wie beispielsweise das Absaugen von Raupennestern und -haaren ist nur punktuell oder kleinräumig durchführbar, bedarf aber eines hohen Sachverstands und ist außerdem nur zeitlich begrenzt wirksam, mitunter auch unzureichend. Je nach Belaubungszustand und Witterungsverlauf ist eine zielgerichtete chemische Bekämpfung des EPS nicht unter allen Umständen möglich. Vorrübergehend werden zum Schutz von Waldbesuchern Hinweisschilder aufgestellt. So hat auch das zuständige

Thüringer Forstamt Heldburg die bislang noch überschaubare betroffene Eichenfläche zunächst mit Schildern versehen und den Waldbesuchern eine alternative Routenführung empfohlen, bevor eine Bekämpfung erwogen wird.

Der Befall in Südthüringen macht deutlich, dass die Ausbreitung und erfolgreiche Reproduktion des EPS auch für Thüringen ein zunehmendes Problem darstellt und die sorgfältige Überwachung in den kommenden Jahren auch weiterhin erforderlich ist, um gesundheitliche Beeinträchtigungen und Schäden am Wald gleichermaßen zu vermeiden.

Siehe auch:

- I-GE-2 Allergene Wildpflanzen
 - I-NA-2 Community Temperature Index für Libellen
 - I-FW-4 Schadholzaufkommen durch Borkenkäfer
-



Fördert der Klimawandel das Auftreten von Infektionskrankheiten?

Die Zusammenhänge von Klimawandel, dem vermehrten Auftreten von Krankheitserregern und deren Überträgern sowie der Häufigkeit diagnostizierter Infektionskrankheiten sind komplex und noch nicht abschließend erwiesen. Es treten immer wieder Jahre auf, in denen es zu erhöhten Infektionsraten kommt. Weitere Forschung und achtsame Beobachtung sind erforderlich.

Unter vektorübertragenen Krankheiten werden Krankheiten verstanden, deren Erreger durch tierische Überträger, sogenannte Vektoren übertragen werden. Vektoren können unter anderem Stechmücken, Zecken, Wanzen oder Nagetiere sein. Die Bedingungen, unter denen es beim Menschen zu einer Infektion kommen kann, sind komplex: Es müssen geeignete Vektoren einerseits und Krankheitserreger andererseits vorhanden sein, die Vektoren müssen sich mit den Krankheitserregern assoziieren und dann mit dem Menschen in Kontakt kommen. Als noch komplizierter gelten die Zusammenhänge mit dem Klimawandel. Noch fehlt es an eindeutigen Beweisen für den Einfluss des Klimawandels auf die Ausbreitung und das Auftreten vektorassoziierter Krankheiten, auch wenn die Ergebnisse zahlreicher Einzeluntersuchungen inzwischen auf Zusammenhänge hindeuten: Als Folge der Klimaerwärmung ist – mit Blick auf die Vektoren – mit einer zunehmenden und schnelleren Vermehrung durch kürzere Generationsdauern, einer Verlängerung von jährlichen Aktivitätsperioden und höheren Überlebensraten durch mildere Winter sowie mit Veränderungen der Nahrungsverfügbarkeit zu rechnen.

Viele Fragen zu den möglichen Einschleppungswegen von Vektoren und Erregern sowie zu den Voraussetzungen ihrer Etablierung und Ausbreitung sind noch ungeklärt. Dies liegt unter anderem auch daran, dass es in Deutschland noch kein großflächig angelegtes Monitoring zum Vorkommen und zur Verbreitung von

Vektorarten und deren Durchseuchung mit Krankheitserregern gibt. Systematische Untersuchungen beschränken sich derzeit noch auf den Oberrheingraben im Südwesten von Baden-Württemberg, der als besonders wärmebegünstigte Region Eintrittspforte vor allem für wärmeliebende Mücken wie die Asiatische Tigermücke nach Deutschland ist. Sie kann Krankheiten wie das Dengue-Fieber oder das Chikungunya-Fieber übertragen.

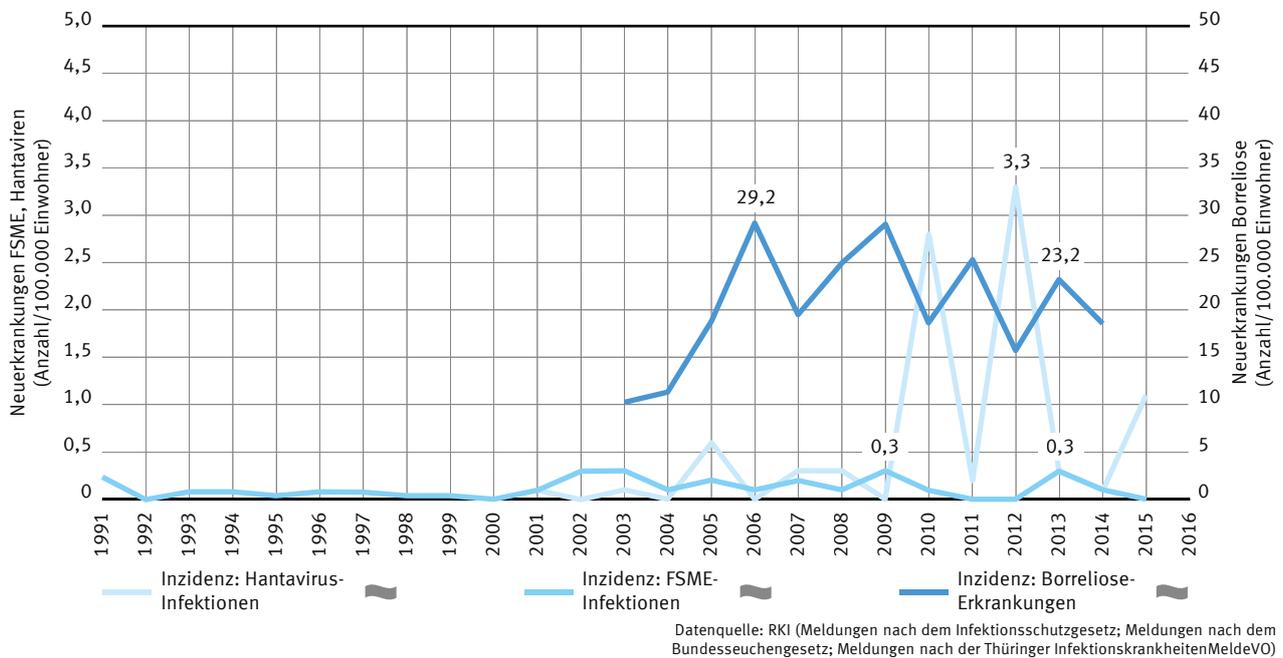


Die Anzahl der dort gefangenen Tigermücken hat in den letzten Jahren signifikant zugenommen. In Thüringen gibt es bislang nur Einzelbeobachtungen im Rahmen zeitlich begrenzter Forschungsarbeiten, die Aussagen zur mehrjährigen Entwicklung nicht zulassen.

Deutlich besser ist die Datengrundlage mit Blick auf die von den Vektoren

übertragenen Infektionskrankheiten. So beinhaltet das bundesweite Infektionsschutzgesetz Meldepflichten für vektorübertragene Krankheiten wie die von Zecken übertragene Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME) und die von Rötel- und Brandmäusen übertragene Hantavirus-Infektion. Die Meldepflicht für die ebenfalls von Schildzecken übertragene Lyme-Borreliose ist in den Bundesländern unterschiedlich geregelt. Nach der Thüringer Infektionskrankheitenmeldeverordnung müssen Ärzte diagnostizierte Borreliose-Erkrankungen melden. Allerdings gelten die diesbezüglichen Daten noch nicht als vollständig belastbar, da noch immer Unsicherheiten bei der Diagnostik bestehen.

Die Ausbreitung von durch Zecken übertragenen Krankheiten wird deshalb unter anderem mit dem Klimawandel in Verbindung gebracht, weil höhere Temperaturen verbunden mit hoher Luftfeuchtigkeit die Entwicklung und Vermehrung der Zecken begünstigen. Bei milderem Winter verlängert sich außerdem die Zeit, in der die Zecken aktiv sind. Ferner muss davon ausgegangen werden, dass sich durch die milderen Winter auch die Anzahl der Kleinsäuger als Reservoir für die Borrelien erhöht. Einen indirekten Zusammenhang mit dem Klimawandel gibt es auch dahingehend, dass sich die Menschen bei wärmeren Temperaturen vermehrt im Freien aufhalten und infolgedessen für einen Kontakt mit Zecken stärker exponiert sind.



I-GE-4: Vektor-übertragene Krankheiten



Bundesweit lässt sich derzeit eine nach Norden gerichtete Ausbreitung der FSME beobachten. Baden-Württemberg wurde aufgrund aufgetretener Erkrankungen bereits vollständig vom Robert-Koch-Institut als Risikogebiet eingestuft, Bayern zu einem Großteil. In Thüringen galten 2016 die südöstlichen Landkreise

Hildburghausen, Saalfeld-Rudolstadt, Saale-Orla-Kreis, Greiz, Gera, Saale-Holzland-Kreis und Jena als Risikogebiete. Noch sind die Inzidenzraten, das heißt die Anzahl der Erkrankungen pro 100.000 Einwohner mit Höchstwerten von 0,3 gering. Deutlich häufiger tritt die Borreliose auf. Aber auch in diesem Falle lässt sich in Thüringen für die letzten zwölf Jahre kein eindeutiger Trend feststellen.

Im Falle der von infizierten Nagetieren übertragenen Hantaviren werden Zusammenhänge mit dem Klimawandel diskutiert, weil es zu Massenvermehrungen von Rötelmäusen vor allem nach Jahren kommt, in denen Buche und Eiche besonders stark gefruchtet haben und daher ein außerordentlich üppiges Nahrungsangebot für die Mäuse besteht. Entstehung und Häufigkeit solcher Mastjahre von Buche und Eiche werden vom Vorkommen warmer Sommer beeinflusst. Höhere Rötelmaus-Populationsdichten wiederum gehen mit einem Trend

zur stärkeren Durchseuchung dieser Populationen mit dem Hantavirus sowie einer erhöhten Zahl an Infektionen des Menschen einher. Auch wenn es in den zurückliegenden zehn Jahren auffallend häufig zu hohen Inzidenzen gekommen ist, lässt sich ein statistisch abgesicherter Trend aber nicht feststellen.

Eindeutige Belege für die Zusammenhänge von Klimawandel und einem vermehrten Auftreten von vektorübertragenen Infektionskrankheiten fehlen zwar noch, dennoch oder gerade deshalb sind die weiteren Entwicklungen aber sorgfältig zu beobachten.



Wasserwirtschaft

Wasser ist das wichtigste Lebensmittel des Menschen. Darüber hinaus ist es aber auch für viele wirtschaftliche Aktivitäten unverzichtbar: Es ist Roh- und Betriebsstoff in der Industrie und Kühlmittel in der Energiewirtschaft. In der Landwirtschaft und im Gartenbau wird Wasser zur Bewässerung eingesetzt. Wasserstraßen sind wichtige Verkehrswege, und auch für Erholung und Freizeit spielen Wasser und Gewässer eine bedeutende Rolle. Nicht zuletzt ist die Verfügbarkeit von ausreichend Wasser in guter Qualität auch entscheidend für gesunde Ökosysteme.

Die Risiken durch den Klimawandel liegen vor allem in häufigeren und länger andauernden Trockenpe-

rioden oder extremeren Hochwasserereignissen. Aber auch kontinuierliche Veränderungen wie eine jahreszeitliche Verschiebung der Niederschläge stellen neue Anforderungen an die Wasserwirtschaft und generell alle Wassernutzer. Auch wenn die Qualität von Grund- und Oberflächenwasser von einer Vielzahl von Faktoren abhängig ist, so nimmt doch auch der Klimawandel vor allem auf indirektem Wege Einfluss auf die Entwicklungen. Am direktesten sind dabei noch die Folgen veränderter Wassertemperaturen auf den Stoffhaushalt. Indirekt sind die Auswirkungen einer veränderten Landnutzung und stoffliche Einträge in Gewässer unter anderem durch verstärkte Erosion.

Legende für die Trendsymbole

-  linear steigender Trend
-  linear fallender Trend
-  kein signifikanter Trend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst steigend, dann fallend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst fallend, dann steigend

Auswirkungen des Klimawandels auf die Grundwasserstände

Unter anderem ausgelöst durch eine sich verändernde innerjährliche Niederschlagsverteilung kommt es in einzelnen Jahren zu ausgeprägten Schwankungen des Grundwasserspiegels. Ein eindeutiger Trend ist aber nicht erkennbar. Ebenfalls gibt es bisher keine statistisch nachweisbare Entwicklung zu höheren oder niedrigeren Grundwasserständen.

In Thüringen werden knapp 60% des benötigten Trinkwassers über Grundwasserbrunnen bezogen. Zusätzlich verfügen einige Unternehmen über nicht unerhebliche Grundwasserförderrechte. Der Grundwasserschutz ist daher für die Wasserversorgung der Thüringer Bevölkerung und der regionalen Wirtschaft von großer Bedeutung.

Gemäß der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie sind die europäischen Mitgliedsstaaten verpflichtet, für die Grundwasserkörper einen guten mengenmäßigen Zustand des Grundwassers zu sichern bzw. zu erreichen. Das bedeutet, die Grundwasserneubildung muss deutlich über der für verschiedene Nutzungen entnommenen Wassermenge liegen. Eine über die Grundwasserneubildungsrate hinausgehende Nutzung von Grundwasservorkommen führt langfristig zu niedrigeren Grundwasserspiegeln. Dies gilt insbesondere bei kleinen Grundwasserkörpern. Auch bei gerade ausgeglichener Verhältnis von entnommenem Grundwasser und Grundwasserneubildungsrate kommt es durch den natürlichen Abfluss des Grundwassers zu einer Absenkung des Grundwasserspiegels. In Thüringen gilt derzeit für 100% der Grundwasserkörper, dass sie in einem guten mengenmäßigen Zustand sind.

Die natürliche Grundwasserneubildung sowie der Verlauf des Grundwasserstands zeigen in der Regel jahreszeitliche Schwankungen, die oft von mehrjährigen Fluktuationen überlagert und von verschiedenen Faktoren beeinflusst werden.

So werden beispielsweise Grundwasserkörper, aus denen Trink- oder Brauchwasser (beispielsweise für Bewässerungszwecke) gewonnen wird, in erheblichem Maße von der Intensität dieser Nutzung beeinflusst.

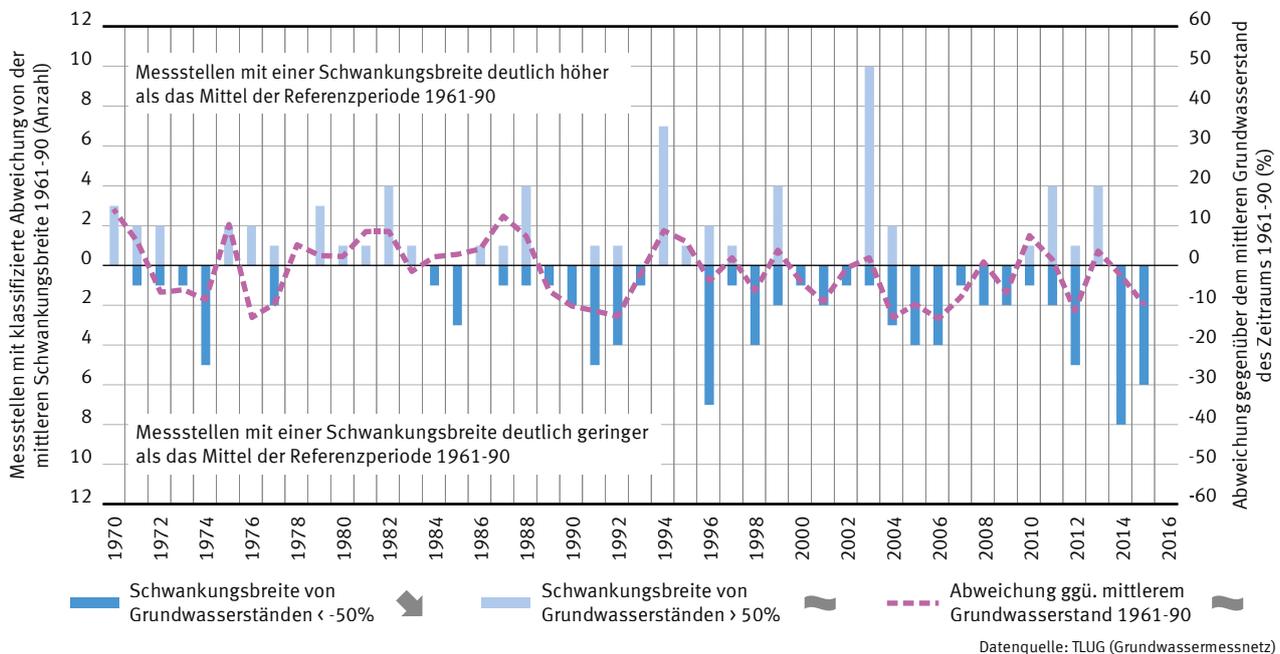
Der Klimawandel wirkt über veränderte Temperaturen und Niederschläge auf die Grundwasserneubildung: Bei steigenden Temperaturen erhöht sich die Verdunstung, und es verringern sich in der Folge Versickerung und Grundwasserneubildung. Nehmen die sommerlichen Niederschläge in Zukunft ab, führt dies zu einer Verringerung der Grundwasserneubildungsrate. Hingegen folgt aus vermehrten Niederschlägen in den Wintermonaten eine vermehrte Grundwasserneubildung, vorausgesetzt die Niederschläge fallen so gleichmäßig, dass das Wasser versickern kann und nicht oberflächlich zum Abfluss gelangt. Im Vergleich zu Oberflächengewässern reagieren Grundwässer langfristig auf die Verschiebung von Niederschlagsmengen, wodurch beispielsweise Jahre mit einer geringen Gesamtniederschlagsmenge kompensiert werden können.

Im Zusammenhang mit dem Klimawandel ist zu berücksichtigen, dass sich auch die Nutzung des Grundwassers verändern kann. Der Anstieg der Lufttemperaturen bzw. der Häufigkeit und Dauer von Hitzeperioden kann zu verstärkten Wasserentnahmen für Trink- und Brauchwasserzwecke führen.

In Thüringen ist die Situation einer deutlichen Übernutzung der natürlichen Grundwasserressourcen in DDR-Zeiten seit 1995/1996 überwunden. Mit dem Bau von Talsperren, der Verbesserung des Managements und einer deutlichen Reduzierung des Verbrauchs gibt es inzwischen kein Mengenproblem mehr. Der aufgebaute Puffer wird derzeit bei Weitem nicht ausgeschöpft und lässt auch in den nächsten Jahren kein Versorgungsproblem erwarten. Dennoch ist es wichtig, die mengenmäßige Entwicklung der Grundwasserkörper weiter zu beobachten.

Ermittelt man für 20 Messstellen, die unterschiedliche Grundwasserkörper Thüringens repräsentieren, den jährlichen mittleren Grundwasserstand und berechnet die Abweichung vom mittleren Grundwasserstand der Referenzperiode 1961-1990, so wird deutlich, dass sich – neben den zu erwartenden Schwankungen zwischen den Jahren – kein signifikanter Trend zu größeren negativen oder positiven Abweichungen abzeichnet. Diese Betrachtung stützt die Aussage, dass derzeit der mengenmäßige Grundwasserzustand grundsätzlich als stabil zu bewerten ist.

Betrachtet man die Verläufe innerhalb eines Jahres jedoch differenzierter, so wird deutlich, dass die Schwankungsbreite des Grundwasserstands zwischen dem höchsten und niedrigsten in einem Jahr gemessenen Grundwasserstand von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich sein kann. Bedingt durch eine sich verändernde Niederschlagsverteilung im Jahresverlauf



I-WW-1: Schwankung des Grundwasserstands

und möglicherweise häufigere Wechsel zwischen Trocken- und Feuchtperioden könnte es zu stärkeren innerjährlichen Schwankungen im Grundwasserhaushalt kommen.

Im Jahr 2003 beispielsweise war die ermittelte innerjährliche Schwankungsbreite an der Hälfte aller berücksichtigten Grundwassermessstellen außerordentlich hoch. Dies ist zum einen mit den deutlich unterdurchschnittlichen Niederschlägen im Frühjahr und Sommer sowie hohen Temperaturen verbunden mit hoher Verdunstung zu erklären. Im Januar des gleichen Jahres kam es in Thüringen aber auch zu Hochwasser, und dies nach einem ohnehin eher niederschlagsreichen Herbst und Winter 2002, in dem die Grundwasservorräte gut aufgefüllt worden waren. Ähnlich begründen sich auch die hohen Schwankungen in den Jahren 2011 und 2013, in denen es zum einen zu Hochwasserereignissen im Freistaat kam, zum anderen aber auch zu starken Niederschlagsschwankungen. So fielen

in 2011 im Frühjahr und Herbst die Niederschläge deutlich unterdurchschnittlich, im Sommer hingegen überdurchschnittlich aus. 2013 war die Situation mit unterdurchschnittlichen Sommerniederschlägen und überdurchschnittlichen Frühjahrs- und Herbstniederschlägen umgekehrt. Im Jahr 1994 waren in den Frühlingsmonaten die Niederschläge außerordentlich hoch, während diese im Sommer und Herbst eher durchschnittlich ausgefallen sind. Dies führte in der Überlagerung mit der Schneeschmelze lokal auch zu Überschwemmungen.

Ein Trend zu vermehrt auftretenden erhöhten Schwankungsbreiten lässt sich statistisch bisher nicht beschreiben. Demgegenüber treten im Vergleich zur Referenzperiode 1961 bis 1990 besonders geringe Grundwasserschwankungen – entgegen der oben genannten Hypothese – an zunehmend vielen Messstellen auf. Eine eindeutige Bewertung der Entwicklung bleibt jedoch weiteren Beobachtungen vorbehalten.

Siehe auch:

- S-NI-1 Jahresniederschlag
- S-NI-2 Saisonale Niederschläge im Frühjahr und Sommer
- S-NI-3 Saisonale Niederschläge im Herbst und Winter
- I-WW-2 Hochwasser
- I-LW-1 Bodenwasser

Immer wieder Extremhochwasser

In den letzten gut 20 Jahren haben verschiedene große Hochwasserereignisse sowohl im Winter als auch im Sommer in Thüringen zu massiven Überschwemmungen mit verheerenden Schäden geführt. Ursache hierfür waren lange anhaltende großräumige Niederschläge ebenso wie starke Regenfälle während der Schneeschmelze.

Großräumige heftige und lange anhaltende Regenfälle waren die wesentliche Ursache für die Jahrhunderthochwasser im April 1994 und im Mai/Juni 2013. In beiden Jahren waren die Böden nach vorangegangenen ergiebigen Niederschlägen bereits wassergesättigt, sodass die großen Niederschlagsmengen nicht langsam versickern und zeitverzögert in Bäche und Flüsse abgegeben werden konnten. Vielmehr flossen die Wassermassen unmittelbar oberirdisch ab und ließen die Pegel von Bächen und Flüssen schnell und teilweise auf Rekordhöhen ansteigen. Die Folge waren ausgedehnte Überschwemmungen, die teils verheerende Schäden anrichteten.

Hochwasser sind Ereignisse, die zum natürlichen Abflussgeschehen von Gewässern gehören und meist zu bestimmten Jahreszeiten auftreten. Von Hochwasser spricht man in der Wasserwirtschaft dann, wenn der Wasserstand oder der Durchfluss an einem Pegel einen bestimmten Schwellenwert erreicht oder überschreitet. In der Regel werden diese Schwellenwerte an der Jährlichkeit von Hochwasserereignissen festgemacht, also an dem Turnus, in dem sie üblicherweise auftreten (zum Beispiel jährliches oder hundertjährliches Hochwasser). Im Jahr 2013 gab es die meisten Überschwemmungsschäden in Gebieten, die statistisch betrachtet eigentlich nur alle hundert oder gar zweihundert Jahre überflutet werden.

Hochwasser treten je nach Entstehungsursache jahreszeitlich und räumlich in unterschiedlicher Ausprägung auf. Neben ergiebigen und großräumigen

Niederschlägen wie bei den Jahrhunderthochwasserereignissen 1994 und 2013 können beispielsweise sommerliche Starkniederschlagsereignisse Hochwasser auslösen. Diese sind aber in der Regel auf das Umfeld von Bächen und kleineren Flüssen begrenzt. Im ausgehenden Winter und im Frühjahr steigt die Hochwassergefahr, wenn starke Regenfälle die Schneeschmelze nach einem schneereichen Winter beschleunigen.

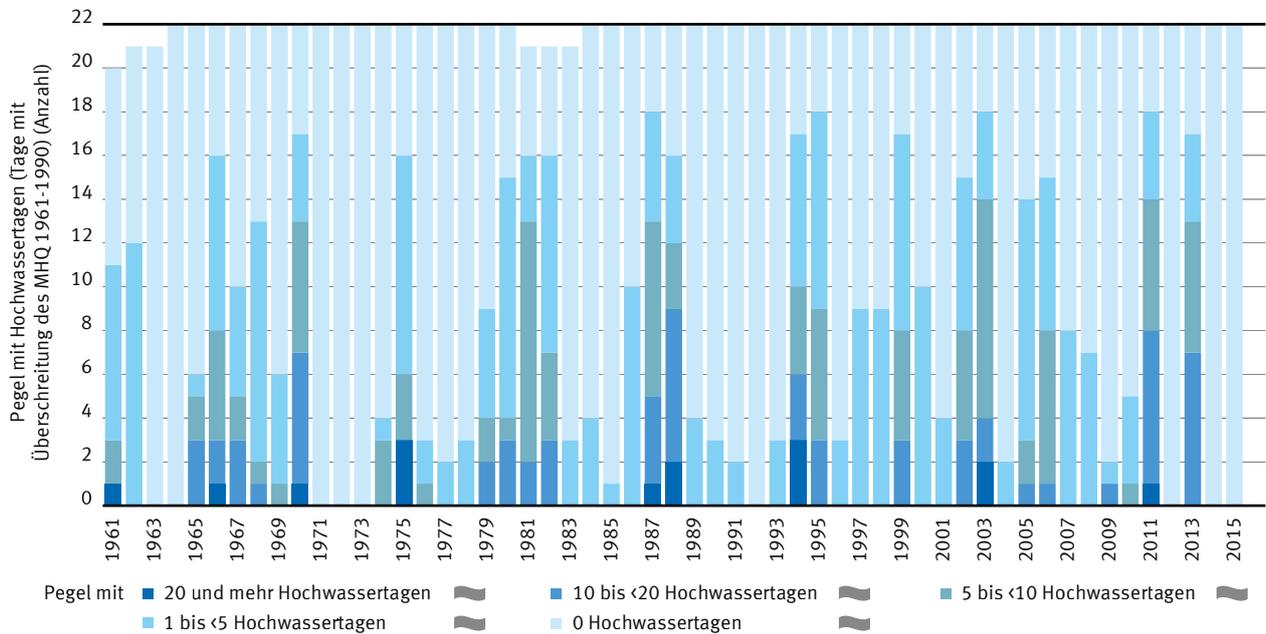


Der Klimawandel kann dazu führen, dass sich Häufigkeit und Schwere von Hochwasserereignissen verändern. Für Thüringen zeigen Projektionen, dass sommerliche Starkniederschlagsereignisse langfristig sowohl häufiger als auch mit steigender Intensität auftreten werden. Auch ist davon auszugehen, dass die jährlichen Niederschlagsmengen künftig stärker in den Wintermonaten fallen. Wie sich diese ändernden Niederschläge auf die Bildung von Hochwasser auswirken,

hängt zusätzlich in großem Maße davon ab, ob die Niederschläge als Schnee oder als Regen fallen.

Der Indikator basiert auf den Messwerten von 22 ausgewählten repräsentativen Pegeln und wertet diese danach aus, wie viele Hochwassertage dort in einem hydrologischen Jahr, das heißt von November des Vorjahres bis einschließlich Oktober, auftreten. Hochwassertage sind Tage, an denen der Tagesabfluss den mittleren Hochwasserabfluss des Zeitraums 1961-1990 am jeweiligen Pegel überschreitet. Die Anzahl der betroffenen Pegel gibt dabei einen Hinweis darauf, wie die räumliche Verbreitung der Hochwasser in Thüringen im jeweiligen Jahr war. Die Klassifizierung nach der Anzahl der aufgetretenen Hochwassertage zeigt zudem, in welchem Umfang die jeweiligen Pegel durch Hochwasser betroffen waren. Es wird allerdings keine Aussage getroffen, wie gravierend das Hochwasser war, also welche Pegelstände erreicht wurden.

Die Zeitreihe wird vor allem von den Jahren geprägt, in denen es an vielen Pegeln zu zahlreichen Hochwassertagen kam. Statistisch signifikante Entwicklungstrends sind bisher nicht nachweisbar. Neben den schon genannten Jahren 2002 und 2013 waren beispielsweise auch die Jahre 2003 und 2011 Hochwasserjahre. Anders als bei den genannten Jahrhundertfluten kam es in diesen Jahren jeweils zum Jahresanfang zu bedrohlichen Hochwasserereignissen. Im Jahr 2003 war davon vor allem der Norden des Freistaats betroffen, im Jahr 2011 umfasste das Hochwasser alle Landes-



Datenquelle: TLUG (Pegelmessnetz)

I-WW-2: Hochwasser

teile. Im letztgenannten Jahr leisteten die Thüringer Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken einen wichtigen Beitrag zur Hochwasserminderung, indem sie rund 155 Millionen Kubikmeter Wasser zurückhielten.

Als Jahrhunderthochwasser wurden rückblickend auch die Überschwemmungen entlang der Saale im Jahr 1994 bezeichnet. Sie wurden durch starke Regenfälle in Verbindung mit der Schneeschmelze im Thüringer Wald ausgelöst. Trotz der zeitweise kompletten Schließung der Saaletalsperren kam es aufgrund der enormen Wassermengen der Saaletalflüsse unterhalb der Talsperren, wie der Schwarza und der Loquitz, zu weiträumigen Überschwemmungen im Saaletal, die unter anderem auch Jena massiv betrafen.

Die Schäden, die Hochwasser auslösen können, hängen neben Scheitelhöhe, Dauer und Abflussvolumen des Hochwassers auch wesentlich von der Nutzung

der ufernahen Bereiche ab. In den vergangenen Jahrzehnten ist das Hochwasserrisiko gestiegen, da hochwassergefährdete Gebiete eine immer stärkere Nutzung erfahren haben. Das Wachstum von Siedlungs- und Verkehrsflächen hat vielerorts dazu geführt, dass Flächen versiegelt wurden und infolgedessen kein Wasser mehr versickern kann. Retentionsräume, in denen Wasser zurückgehalten werden kann und die zur Verzögerung des Abflusses beitragen, wurden sukzessive verkleinert. Hier können Maßnahmen ansetzen, um Hochwasserspitzen künftig wieder zu verringern. Zusätzlich können auch technische Maßnahmen wie die Thüringer Talsperren und Wasserrückhaltebecken oder gesteuerte Polder einen Beitrag leisten.

Siehe auch:
S-NI-4 Starkniederschläge
I-WW-3 Niedrigwasser

Häufen sich Niedrigwasserereignisse?

In einzelnen Jahren wie zuletzt in 2015 treten in vielen der Thüringer Flusseinzugsgebiete sehr ausgeprägte Niedrigwasserphasen auf, die sowohl die Lebensbedingungen der gewässerbewohnenden Tiere und Pflanzen als auch die Nutzungsmöglichkeiten der Gewässer stark beeinträchtigen. Klimaprojektionen lassen erwarten, dass das Risiko extremer Niedrigwasserperioden zukünftig zunehmen wird. Bislang lässt sich aber kein signifikanter Entwicklungstrend festzustellen.

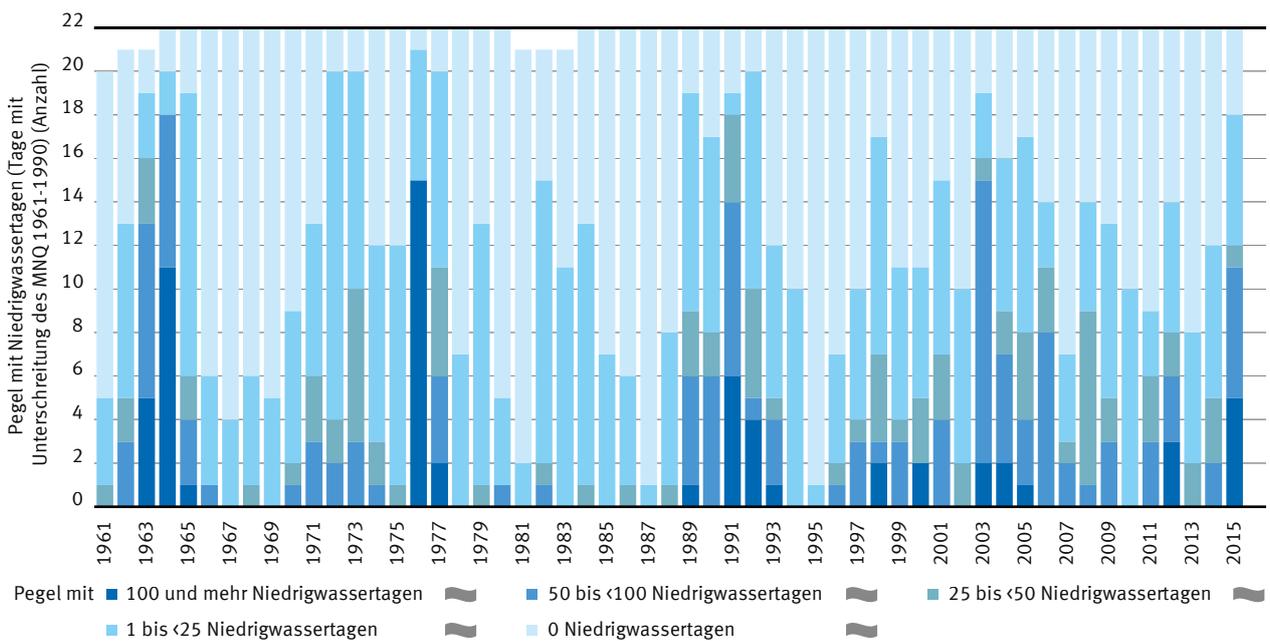
Wie Hochwasser sind auch Niedrigwasserphasen Teil des natürlichen Abflussgeschehens von Gewässern. Von Niedrigwasser spricht man, wenn das an einem Pegel gemessene Wasservolumen, das heißt der Abfluss, über mehrere Tage oder auch Wochen einen definierten Vergleichswert unterschreitet. In Thüringen, wo Mittelgebirge die Abflusssituation in den Flussgebieten prägen, treten Niedrigwasser vor allem im Sommer und Frühjahr auf, wenn viel Wasser verdunstet wird und – anders als im Frühjahr – kein Schmelzwasser aus höheren Lagen mehr die Gewässer speist. Diese jährlichen Niedrigwasserperioden können sich

verschärfen, wenn über einen längeren Zeitraum Niederschläge ausbleiben und hohe Temperaturen sowie eine starke Sonneneinstrahlung die Verdunstung verstärken.

Durch den Klimawandel werden sich verschiedene Faktoren verändern, die das Niedrigwassergeschehen beeinflussen. Von Relevanz ist vor allem, dass es zukünftig vermehrt zu Trockenperioden kommen soll, die in ihrer Intensität voraussichtlich extremer ausfallen und länger andauern werden. Treten diese Klimaänderungen wie erwartet ein, wird

sich auch das Risiko von extrem niedrigen Pegelständen erhöhen.

Die Auswirkungen von länger andauerndem und intensiverem Niedrigwasser sind vielfältig. In Niedrigwasserperioden verringert sich die Fließgeschwindigkeit und das Wasser erwärmt sich deutlich stärker. In der Folge leidet die biologische Qualität der Gewässer: Es kommt zu erhöhtem Biomassewachstum, der Sauerstoffgehalt im Wasser wird schneller aufgebraucht, Schad- und Nährstoffe reichern sich an. Letztlich verschlechtern sich die Lebensbedingungen für die ansässigen Tier- und Pflanzenarten,



Datenquelle: TLUG (Pegelmessnetz)

unter ganz ungünstigen Bedingungen kann es sogar zu Fischsterben kommen. Auch Nutzungseinschränkungen der Gewässer können die Folge sein. So ist beispielsweise die Wasserkraftnutzung auf ausreichende Abflussmengen angewiesen. Teile von Industrie und Gewerbe benötigen Frischwasser in ausreichender Menge und Qualität für ihre Produktionsprozesse oder als Kühlwasser. Ebenso sind einige touristische Nutzungen, beispielsweise Wasserwandern oder Baden, nur mit ausreichenden Wasserständen komfortabel möglich.

Der Indikator zeigt anhand der Messwerte von 22 ausgewählten repräsentativen Pegeln, wie weit Niedrigwasserereignisse in Thüringen verbreitet sind und stellt zudem – differenziert in fünf Klassen – dar, an wie vielen Tagen die Pegel von diesen Situationen betroffen sind. Als Niedrigwassertag zählt dabei jeder Tag eines hydrologischen Jahres (November des Vorjahres bis Oktober), an dem am jeweiligen Pegel der mittlere Niedrig-

wasserabfluss (MNQ) des Referenzzeitraums 1961-1990 unterschritten wurde. Das Ausmaß, in dem dieser Mittelwert unterschritten wird, wird dabei nicht berücksichtigt.

In der bisherigen Zeitreihe wird deutlich, dass sich in der Vergangenheit Phasen mit wenigen Niedrigwassertagen pro Jahr mit sehr ausgeprägten Niedrigwasserjahren abwechselten. Sehr lange Niedrigwasserperioden an vielen Pegeln traten zum Beispiel in den Jahren 1963 und 1964, 1976, 1991 und in den Jahrhunderts Sommern 2003 und 2015 auf. Im Jahr 1976, das als europäisches Dürrejahr gilt, wurde der MNQ1961-1990 an 15 Pegeln an über hundert Tagen unterschritten. Im Jahr 2003 waren 15 Pegel länger als 50 Tage von Niedrigwasser betroffen. Das andere Ende der Skala bilden die Jahre 1987 und 1995, in denen es jeweils nur an einem einzigen Pegel zu Niedrigwassertagen kam. Insgesamt ist der Indikator von starken Ausschlägen gekennzeichnet. Auch deswegen lässt

sich ein statistisch signifikanter Trend in der Zeitreihe bislang nicht ermitteln.

Siehe auch:

S-NI-5 Trockenperioden

I-WW-2 Hochwasser



Trinkwassertalsperren haben nach wie vor ausreichend Zufluss

Die Trinkwassertalsperren in Thüringen leisten einen bedeutenden Beitrag zur öffentlichen Wasserversorgung im Freistaat. Den derzeitigen Erkenntnissen zufolge kann die Trinkwasserversorgung für die Zukunft auch unter Bedingungen des Klimawandels als gesichert gelten. Aus den bisherigen Beobachtungen lässt sich nicht ableiten, dass es über die Jahre zu einer signifikanten Veränderung des Zuflusses aus den Einzugsgebieten der Trinkwassertalsperren gekommen ist.

In Thüringen gibt es 182 Stauanlagen, die zu unterschiedlichen Zwecken betrieben werden. Dies sind neben der Trinkwasserversorgung auch die Stromerzeugung, der Hochwasserschutz, die Niedrigwasseraufhöhung und die Brauchwasserbereitstellung (unter anderem zur Bewässerung). Die größte Talsperre Thüringens ist die Bleilochtalsperre im oberen Saalelauf. Sie ist mit 215 Millionen Kubikmeter Stauinhalt zugleich die größte Talsperre in Deutschland. Die Bleilochtalsperre dient der Stromerzeugung und dem Hochwasserschutz.



Von der Thüringer Fernwasserversorgung werden 42 Talsperren zur Trink- und Brauchwasserbereitstellung betrieben. In Thüringen spielen die Trinkwassertalsperren eine herausragende Rolle für die öffentliche Wasserversorgung, denn etwa

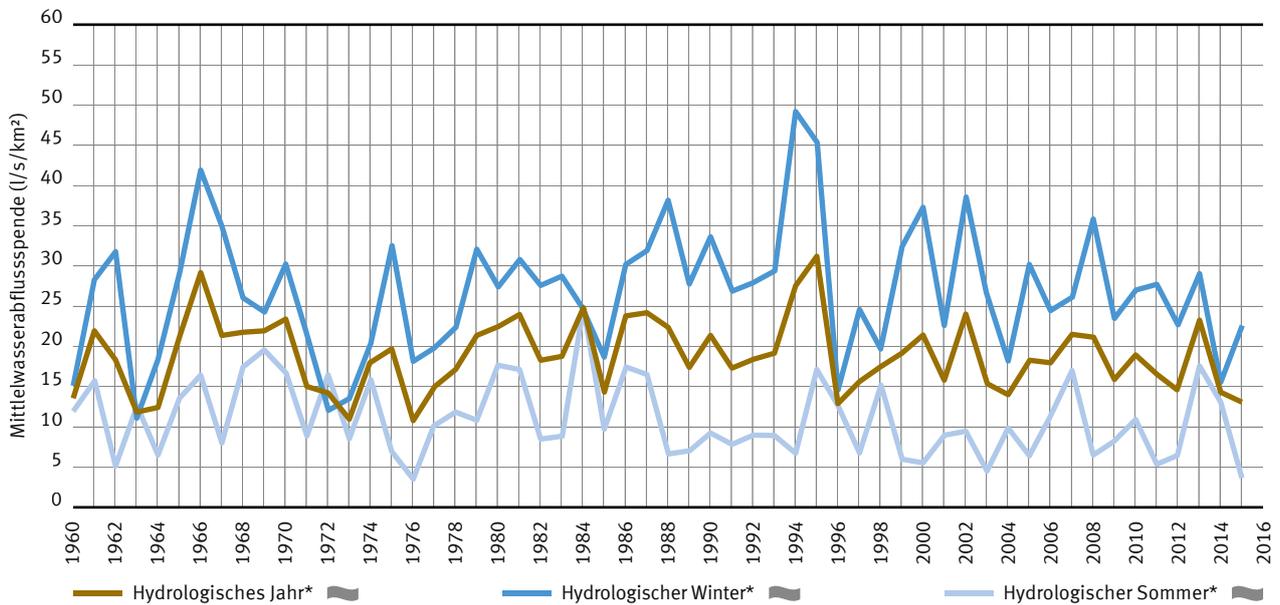
45 % des Trinkwasserbedarfs werden aus Fernwasserversorgungssystemen und hier vorwiegend aus den drei wichtigsten Talsperren Ohra, Leibis-Lichte und Schönbrunn gedeckt. Leibis-Lichte, die größte Trinkwassertalsperre mit einem Gesamtstauraum von fast 40 Millionen Kubikmeter und einer Wasseroberfläche von 166 Hektar staut die Lichte, einen Zufluss der Schwarza in Ostthüringen. Ihr werden jährlich circa 16 Millionen Kubikmeter Rohwasser zur Trinkwassergewinnung entnommen. Die Talsperre Schönbrunn im südlichen Thüringer Wald staut die Schleuse, Tanne und Gabel mit einem Stauvolumen von rund 23 Millionen Kubikmeter und liefert jährlich circa 12 Millionen Kubikmeter Rohwasser. Die Ohra-Talsperre an der Nordseite des Thüringer Waldes ist mit etwas mehr als 18 Millionen Kubikmeter Gesamtstauraum zwar kleiner als Leibis, mit einer jährlichen Entnahme von rund 22 Millionen Kubikmeter trägt sie aber am meisten zur Trinkwasserbereitstellung bei.

Der Klimawandel hat in mehrerer Hinsicht Auswirkungen auf die Talsperren und deren Bewirtschaftung. Talsperren sind wichtige regionale Wasserspeicher, die Phasen des Wassermangels und -überschusses abpuffern können oder auch gezielt zu diesem Zweck eingesetzt werden. Mit Blick auf die Aufrechterhaltung der Versorgungsaufgaben der Trinkwassertalsperren ist vor allem von Relevanz, dass die Speicher auch in Zukunft genug Wasser aus ihren Einzugsgebieten erhalten. Projektionen für die oben genannten

drei großen Thüringer Talsperren haben gezeigt, dass es zwar einen moderaten Trend abnehmender Werte der klimatischen Wasserbilanz in den Einzugsgebieten der Talsperrenzuflüsse gibt, den Talsperren aber sowohl aktuell als auch in Zukunft ausreichend Wasser zufließt, sodass die vorgegebenen Bereitstellungssicherheiten gewährleistet werden können. Zur Versorgungssicherheit tragen auch vorhandene technische Vorkehrungen wie Überleitungsstollen in die Talsperren bei. Zusätzlich wird der demografische Wandel zu einer Reduzierung des Wasserverbrauchs beitragen.

Trotz dieser grundsätzlich positiven Diagnose wird mittelfristig eine Berücksichtigung des Klimawandels bei der Aufstellung der Bewirtschaftungspläne für die Talsperren als erforderlich erachtet. Die Grundlage hierfür bilden kontinuierliche Messungen der Abflusspende der Talsperren. Sie liefern die Information, ob der Wasserzufluss aus den Einzugsgebieten zu- oder abnimmt. Eine Differenzierung der Daten in das hydrologische Winter- und Sommerhalbjahr ist sinnvoll, um zu erkennen, ob sich in Abhängigkeit von jahreszeitlichen Verschiebungen der Niederschlagsverteilung Veränderungen beim Talsperrenzufluss ergeben.

Um auch die Situation der kleineren Talsperren berücksichtigen zu können, werden in die Betrachtung auch die beiden Talsperren Scheibe-Alsbach und Neustadt einbezogen. Die Talsperre Neustadt im Harz, im äußersten Norden des

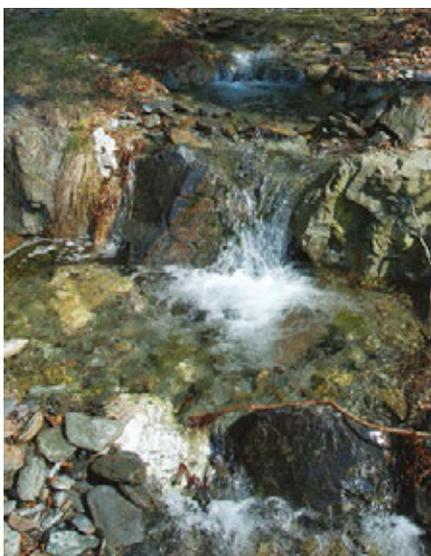


* Hydrologisches Jahr: 01.11. (Vorjahr) - 31.10.;
 Hydrologischer Winter bzw. Sommer: 01.11. (Vorjahr) bis 30.04 bzw. 01.05. bis 31.10.

Datenquelle: Thüringer Fernwasserversorgung (Pegelaufzeichnungen)

I-WW-4: Zufluss der Trinkwassertalsperren

Freistaats gelegen, staut mit der ältesten Staumauer in Thüringen den Krebsbach und hat einen Gesamtstauraum von 1,2 Millionen Kubikmeter. Scheibe-Alsbach bei Neuhaus am Rennweg im Süden Thüringens dient ebenfalls der Trinkwasserversorgung und hat einen Gesamtstauraum von 2,1 Millionen Kubikmeter.



Unter Berücksichtigung ihrer unterschiedlich großen Einzugsgebiete lassen sich die Abflussspenden für die fünf betrachteten Talsperren mitteln. Bislang sind Trends nicht erkennbar. Dies gilt sowohl mit Blick auf das hydrologische Jahr als auch die Differenzierung in das hydrologische Winter- und Sommerhalbjahr. Es wechseln sich Jahre mit einer hohen und Jahre mit einer niedrigen Abflussspende ab. Parallelen zur jeweiligen Witterung sind erkennbar. Jahre mit heißem und trockenem Frühjahr und Sommer wie 1976, 1982, 2003 und 2015 oder niederschlagsarmen Wintern wie 1971/1972 und 1995/1996 schlugen sich in niedrigen Abflussspenden nieder. Umgekehrt führten niederschlagsreiche Jahre zu positiven Abweichungen. Setzt man die Situation im Sommer- und Winterhalbjahr ins Verhältnis lässt sich ebenfalls noch keine statistisch signifikante Veränderung erkennen. Eine Gefährdung der Trinkwasserversorgung ist aus den bisherigen Beobachtungen nicht ableitbar.

Siehe auch:

- S-NI-1 Jahresniederschlag
- S-NI-2 Saisonale Niederschläge im Frühjahr und Sommer
- S-NI-3 Saisonale Niederschläge im Herbst und Winter

Wassertemperatur – zentrale Steuerungsgröße für den Gewässerzustand

Die Wassertemperatur ist einer der wesentlichen Steuerungsgrößen des physikalisch-chemischen und biologischen Gewässerzustands. In fünf für Thüringen repräsentativ ausgewählten Trinkwassertalsperren lässt sich aus den bisherigen Messungen noch keine eindeutige Entwicklung der sommerlichen Temperaturen ableiten. In einzelnen besonders heißen Sommern stiegen aber in der Vergangenheit auch die Wassertemperaturen deutlich an.

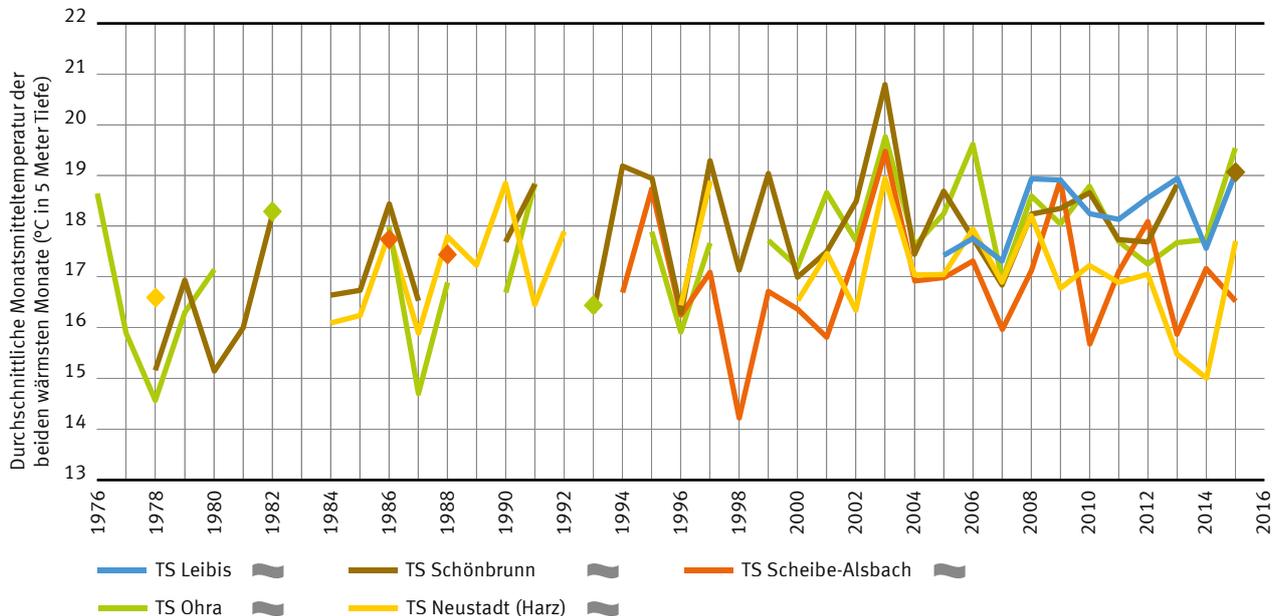
Die Wassertemperatur stehender Gewässer wird schnell und unmittelbar von der Lufttemperatur beeinflusst, und sie steuert in der Folge wichtige Faktoren wie die Dauer der Eisbedeckung, die Durchmischungs- bzw. Schichtungsverhältnisse, die Wasserchemie sowie Strukturen und Funktionen von Nahrungsnetzen. Mit steigenden Temperaturen erhöht sich die Reaktionsgeschwindigkeit vieler chemischer und biochemischer Prozesse, viele Stoffe lösen sich leichter, Gase wie Sauerstoff hingegen schwerer. Die meisten der in Gewässern vorkommenden Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen sind an bestimmte Gewässertemperaturen gebunden. Änderungen der Wassertemperatur gehen daher in der Regel auch mit Veränderungen der Artenzusammensetzung einher.

Bei den stehenden Gewässern in Thüringen handelt es sich deutlich überwiegend um Talsperren, die abhängig von ihrem primären Nutzungszweck von großer wirtschaftlicher Bedeutung sind. An den Trinkwassertalsperren in Thüringen werden regelmäßig Wassertemperaturen gemessen, da diese unter anderem Einfluss auf den Jahresverlauf der thermischen Schichtung haben und hiervon wiederum – vor allem in Trinkwassertalsperren – die Nutzung abhängig ist. Die Untersuchungen an den Trinkwassertalsperren in Thüringen haben gezeigt, dass die größten Temperaturanstiege an der Wasseroberfläche zu verzeichnen sind. Hier treten aber erwartungsgemäß auch die größten Schwankungen auf. In tieferen Schichten wirkt die Temperatur indirekt auf andere ökologische Parame-

ter, indem sie die thermische Schichtung beeinflusst. Die Tiefentemperatur ist daher von besonderer Relevanz. Bei der Interpretation von Temperaturdaten aus tieferen Schichten der Talsperren muss allerdings die Bewirtschaftung berücksichtigt werden, weil durch die Entnahme von Tiefenwasser die Temperaturbilanz verändert wird.

Datenauswertungen wurden für die grafische Darstellung der Temperaturentwicklung beispielhaft für fünf Thüringer Trinkwassertalsperren durchgeführt, die bezogen auf ihre geographische Lage, ihre Höhenlage und ihre Größe ein breites Spektrum unterschiedlicher Verhältnisse repräsentieren. Die Neustädter Talsperre und die Talsperre Scheibe-Alsbach stehen für die kleineren Talsperren





Datenquelle: Thüringer Fernwasserversorgung (Überwachungs- und Steuerprogramm Trinkwassertalsperren)

I-WW-5: Wassertemperatur stehender Gewässer

Thüringens. Scheibe-Alsbach ist – auf 662 Meter über dem Meeresspiegel gelegen – außerdem die am höchsten gelegene der hier betrachteten Talsperren. Die Talsperren Leibis, Ohra und Schönbrunn repräsentieren hingegen die großen Talsperren. Die größte, Leibis, ist mit 436 m ü. NN (Meter über Normalnull) die tiefstgelegene der fünf Talsperren.

Für die Darstellung von Temperaturentwicklungen bedarf es kontinuierlicher und mindestens zweiwöchentlicher Messungen. Diese Messkontinuität war an mehreren Talsperren bis Ende der 1990er Jahre noch nicht gegeben. Dargestellt ist der Temperaturdurchschnitt als arithmetisches Mittel der jeweils beiden wärmsten Monate im Jahr. In der Regel handelt es sich dabei um die Monate zwischen Juni und September. Das bedeutet, zum Temperaturregime im Frühjahr, späteren Herbst und Winter trifft die Auswertung keine Aussage.

Grundsätzlich wird bei Betrachtung der Zeitreihen deutlich, dass die Abweichungen zwischen den Jahren erheblich sein können und sich die Talsperren auch sehr unterschiedlich, in manchen Jahren sogar gegenläufig verhalten. Sommer wie in den Jahren 2003, 2006, 2015, in denen die Lufttemperaturen außergewöhnlich hoch waren, schlugen sich – mit Ausnahme des Hitzesommers 2003 mit kontinuierlich sehr hohen Temperaturen – auch nicht durchgängig bei allen Talsperren nieder. Relevant für die Wassertemperaturen sind grundsätzlich eher längerfristige Temperaturverläufe. So wirken sich wenige Stunden am Tag mit großer Hitze von über 30 °C auf die Temperatur des Wasserkörpers weniger stark aus als beispielsweise dauerhaft milde Nachttemperaturen von über 20 °C. Außerdem spielt die Intensität der Durchmischung des oberflächennahen Bereichs eine Rolle: Hohe Temperaturen mit viel Wind sorgen insgesamt für eine stärkere Erwärmung als Hitze bei Windstille. Die Analyse der jeweiligen

Ursachen für hohe Wassertemperaturen erfordern also eine sehr differenzierte Betrachtung. Einen klaren Trend, der sich mit dem Klimawandel in ursächlichen Zusammenhang bringen ließe, gibt es bisher nicht.

Siehe auch:
S-TP-2 Temperaturanomalien

Stabilere Schichtungsverhältnisse

Die Temperaturschichtung in Talsperren hat erheblichen Einfluss auf gewässerökologische Prozesse. Verlängert sich die Sommerstagnation, kann Sauerstoff in tiefen Wasserschichten möglicherweise aufgezehrt werden, bevor es zur Zirkulation des Wasserkörpers kommt. Dies kann die Trinkwassernutzung beeinträchtigen. Für die Talsperre Scheibe-Alsbach lassen sich ein früherer Beginn und eine größere Dauer der Stagnation bereits feststellen.

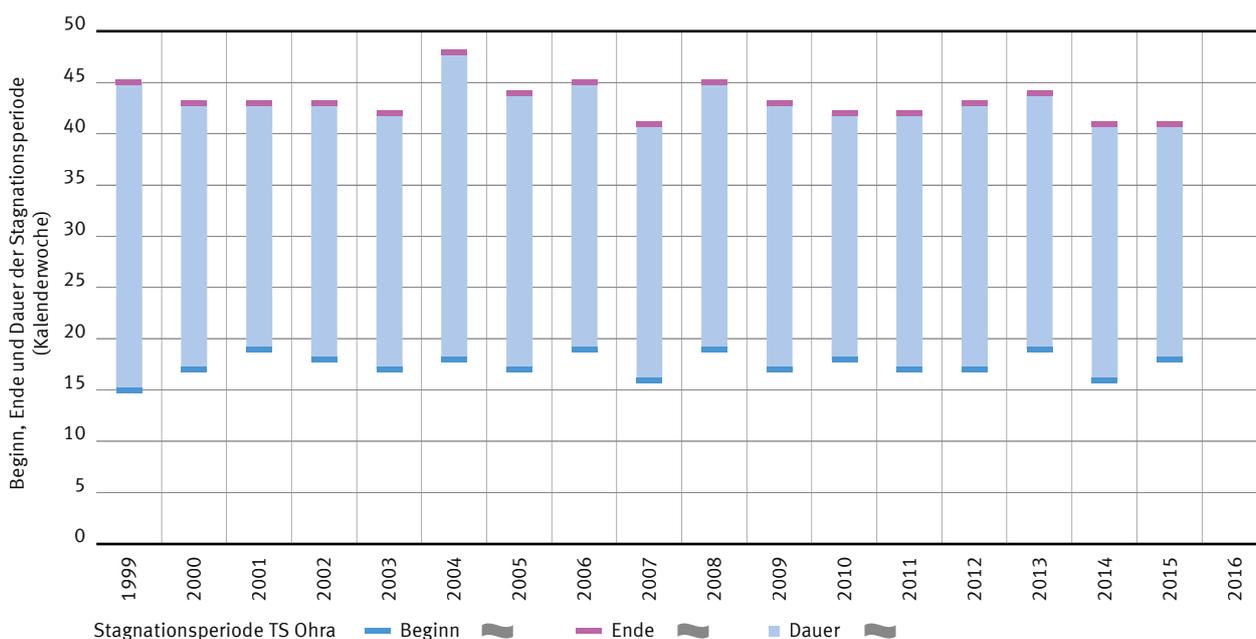
In engem Zusammenhang mit der Wassertemperatur stehen die Schichtungsverhältnisse in Seen. Vor allem in tiefen Gewässern, und hierzu gehören die thüringischen Talsperren, bildet sich in den warmen Monaten des Jahres eine stabile Temperaturschichtung aus. Ursache hierfür ist, dass die sommerliche Sonneneinstrahlung das Oberflächenwasser, nicht aber die tiefen Wasserschichten erwärmt. Diese Schichtung des Wasserkörpers, die als Sommerstagnation bezeichnet wird, ist so stabil, dass der Austausch von Sauerstoff und Nährstoffen zwischen den Schichten verhindert wird. Wenn im Herbst die Wassertemperaturen an

der Oberfläche wieder sinken, setzt die Zirkulation ein und die Schichten durchmischen sich wieder. Ein vergleichbarer Prozess vollzieht sich nach der winterlichen Abkühlung des Oberflächenwassers und dem Einstellen einer stabilen Schichtung, wenn sich im Frühjahr das Oberflächenwasser wieder erwärmt und sich mit den tieferliegenden Wasserschichten mischen kann.

Veränderungen im jahreszeitlichen Temperaturregime können die Durchmischungsverhältnisse verändern. Mit einer früheren Erwärmung im Frühjahr setzt die Zirkulation früher ein, oder es kommt

aufgrund milderer Wintertemperaturen zu einer dauerhaften Durchmischung des Gewässers von Herbst bis Frühjahr. Besonders warme Frühsommertemperaturen führen dazu, dass sich die sommerliche Schichtung früher im Jahr einstellt. Warme Herbstwetterlagen bedingen ein verspätetes Ende der Stagnation im Herbst. Die Dauer der stabilen Schichtung erhöht sich infolgedessen.

Das hat Auswirkungen auf die Qualität des aus den Talsperren gewonnenen Rohwassers, das während der Sommerstagnation in der Regel aus tieferen Horizonten entnommen wird. Die Qualität



Datenquelle: Thüringer Fernwasserversorgung (Überwachungs- und Steuerprogramm Trinkwassertalsperren)

I-WW-6: Stagnationsperiode in Talsperren – Ohra

dieses Rohwassers wird entscheidend von der Dauer der Schichtung mitbestimmt, denn bei stabiler Schichtung gelangt kein sauerstoffhaltiges Oberflächenwasser mehr in tiefere Schichten. Der Abbau von biologischem Material wie Plankton, das in die tiefen Schichten absinkt, erfolgt unter Zehrung von Sauerstoff. Gehen die Sauerstoffgehalte zurück, können Stoffe wie Eisen-, Mangan- und Phosphorverbindungen, die die Rohwasserqualität nachteilig beeinflussen, gelöst werden. Dies kann einen erhöhten Aufbereitungsaufwand für das Rohwasser zur Folge haben. Grundsätzlich gilt, dass die Wasserqualität in flachen Talsperren durch die Temperaturerhöhung stärker beeinflusst wird und die Folgen in nährstoffreichen Talsperren gravierender sind.

Den beschriebenen klimabedingten Problemen kann mit verschiedenen Maßnahmen zur Sicherung einer guten Wasserqualität begegnet werden. Neben Maßnahmen zur Minimierung der Phosphoreinträge und der Erosion in den

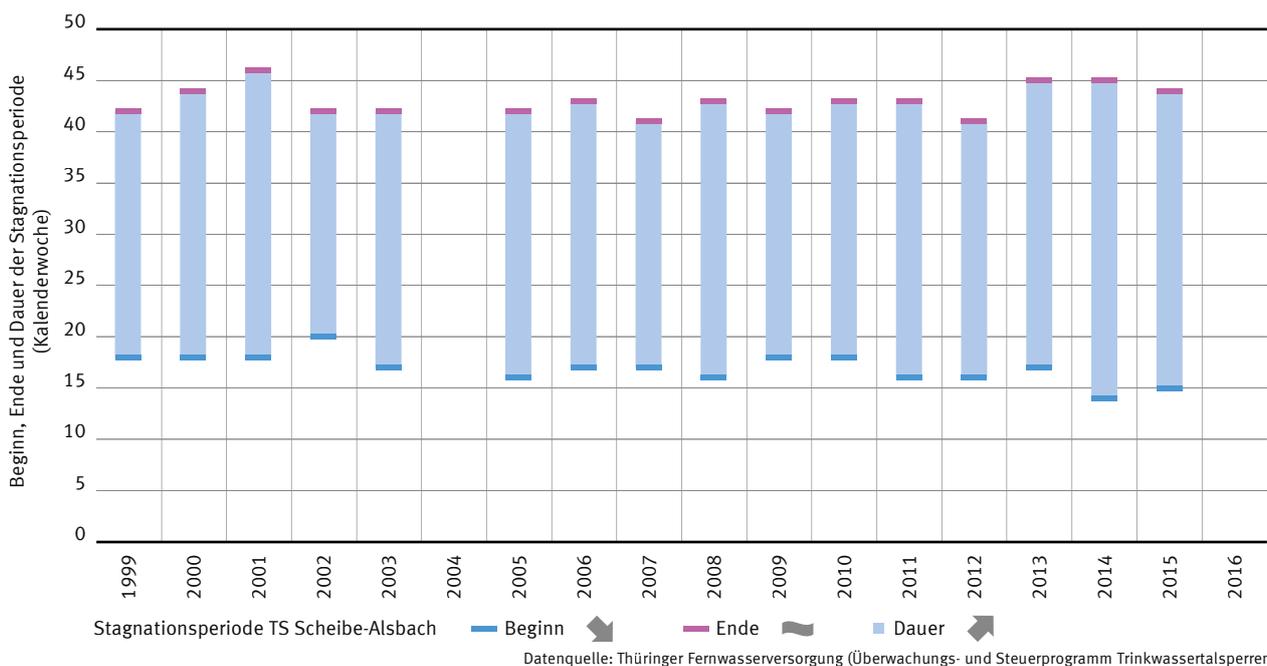
Einzugsgebieten, die in Verantwortung der Behörden liegen, können die Talsperrenbetreiber mit einer Verlagerung der Rohwasserentnahmetiefen, einer Regulierung der Wasserentnahmemenge, mit Tiefenwasserbelüftungen, Sauerstoffbegasungen und schließlich einer aufwändigeren Wasseraufbereitung reagieren. Die letztgenannten Maßnahmen sind allerdings mit erheblichen Betriebs- und Investitionskosten verbunden, während die Vermeidung von Stoffeinträgen effektiver und sicherer ist. Im Hinblick auf eine ökologische Gesamtbilanz ist der Gewässerschutz immer einer Wasseraufbereitung mit hohem Energie- und Chemikalienaufwand vorzuziehen.

Die Datenlage für die Trinkwassertalsperren in Thüringen ist unterschiedlich, sodass Aussagen zu den jährlichen Verläufen von Stagnation und Zirkulation nicht in gleicher Weise für alle Talsperren möglich sind. Zur Feststellung der Schichtung sind neben ausreichend häufigen Temperaturmessungen auch Messungen über

die unterschiedlichen Tiefenstufen des Wasserkörpers erforderlich. Der Zeitpunkt von Beginn und Ende der Stagnation wird anhand des gemessenen Temperaturgradienten gutachterlich bestimmt.

Für die große Talsperre Ohra und die deutlich kleinere Talsperre Scheibe-Alsbach lassen sich seit 1999 Aussagen zu Beginn und Ende und damit auch zur Dauer der Stagnation treffen. Für die Talsperre Ohra lässt sich bisher kein eindeutiger Trend für Beginn, Ende und Dauer der Stagnation statistisch nachweisen. Anders stellt sich die Situation für die Talsperre Scheibe-Alsbach dar. Hier setzte die Sommerstagnation im Frühjahr zunehmend früher ein, wodurch sich die Dauer der Stagnation verlängert. Für das Ende der Stagnation ist auch für Scheibe-Alsbach die Entwicklung bisher nicht eindeutig.

Aufgrund der inzwischen differenzierten Temperaturmessungen werden in den nächsten Jahren valide Aussagen zur weiteren Entwicklung möglich sein.



I-WW-6: Stagnationsperiode in Talsperren – Scheibe-Alsbach



Landwirtschaft

Die Landwirtschaft spielt im ländlich geprägten Thüringen traditionell eine wichtige Rolle. Rund 56 % der Landesfläche werden landwirtschaftlich genutzt. Während im Thüringen Becken und im Altenburger Land bevorzugt Ackerbau betrieben wird, dominiert in den Mittelgebirgslagen der Rhön und des Thüringer Waldes die Grünlandnutzung. Aufgrund der unterschiedlichen natürlichen, unter anderem durch die Böden und die Höhenlage vorgegebenen Standortbedingungen wirkt sich der Klimawandel regional sehr unterschiedlich aus. Betroffen sind aber grundsätzlich alle landwirt-

schaftlichen Betriebszweige, neben der Pflanzenproduktion also auch die Tierhaltung.

Von landwirtschaftlichen Dauerkulturen und langfristigen betriebsstrukturellen Festlegungen abgesehen hat die Landwirtschaft die Möglichkeit, relativ kurzfristig auf Veränderung der Klimabedingungen zu reagieren. Seit jeher widmet sich die Rassen- und Sortenzüchtung der Verbesserung und Anpassung der Produktion unter den jeweils gegebenen standörtlichen und wirtschaftlichen Bedingungen. Auch der Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln lässt sich weiter optimieren.

Legende für die Trendsymbole

-  linear steigender Trend
-  linear fallender Trend
-  kein signifikanter Trend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst steigend, dann fallend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst fallend, dann steigend

Klimatische Rahmenbedingungen verändern sich

Die Landwirtschaft ist wesentlich von den Klimaverhältnissen am Standort abhängig. Daher hat der Klimawandel sehr unmittelbare Auswirkungen auf diese Landnutzungsform. In Thüringen hat sich die Vegetationsperiode in den letzten Jahren verlängert. Viele landwirtschaftliche Kulturen blühen und fruchten früher im Jahr. Darauf müssen die Landwirte reagieren: mit der Fruchtarten- und Sortenwahl und ihren Bewirtschaftungsabläufen. Die Veränderungen bringen Vor- und Nachteile.

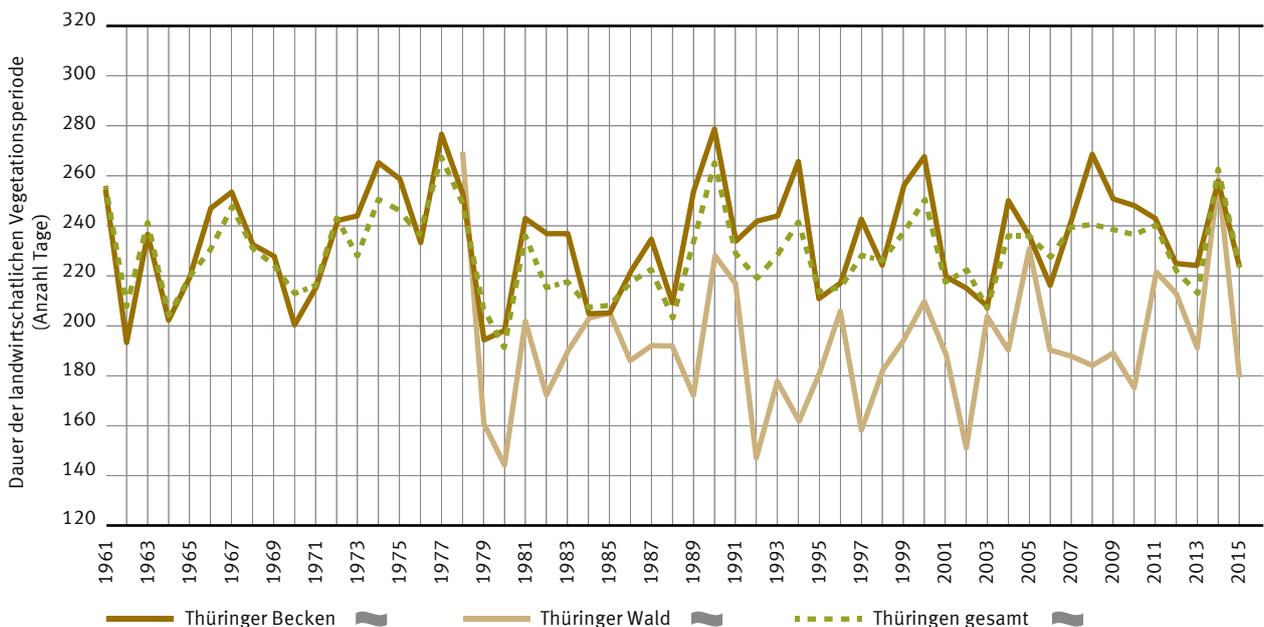
Mit ihren Bewirtschaftungsweisen reagieren die Landwirte seit jeher auf die Klima- und Witterungsverhältnisse. Das Klima ist bestimmend für die kultivierten Fruchtarten, die Sortenwahl und die Fruchtfolgen. Die Witterung im jeweiligen Jahr hat Einfluss auf die Abläufe im landwirtschaftlichen Betrieb, beispielsweise auf die Festlegung der Termine für Bodenbearbeitung, Aussaat, Düngung und Pflanzenschutz sowie die Ernte. Veränderungen der Witterung, die mit dem Klimawandel verbunden sind, können sich vorteilhaft oder auch nachteilig auf die Bewirtschaftung und die Kulturen auswirken. Höhere Wärmesummen för-

dern bei zugleich ausreichender Wasserversorgung das Wachstum bestimmter Kulturarten. Zu hohe Temperaturen oder Trockenheit wiederum können dazu führen, dass bestimmte Wachstums- und Entwicklungsphasen landwirtschaftlicher Kulturen wie die Kornfüllungsphase beim Getreide zu schnell durchlaufen werden. Aufgrund der frühen Abreifung kommt es dann zu Ertragseinbußen.

Von einer Verlängerung der Vegetationsperiode, also einer Verlängerung der Zeit im Jahr, in der die Pflanzen aufgrund ausreichender Temperaturen photosynthetisch aktiv sind, profitieren

insbesondere das Grünland und mehrjährige Kulturen, die auch nach Erreichen der Reifephase weiter wachsen können. Außerdem bietet eine Verlängerung der Vegetationsperiode in bisher benachteiligten Höhenlagen zunehmend günstige klimatische Rahmenbedingungen für den Anbau bislang nicht geeigneter Arten und Sorten. Perspektivisch birgt sie für klimatisch begünstigte Räume grundsätzlich die Möglichkeit, auch zwei Kulturen anzubauen, vorausgesetzt die Wasserversorgung ist ausreichend.

Für die Festlegung der Vegetationsperiode gibt es unterschiedliche Verfahren,



Datenquelle: DWD (Meteorologisches Messnetz)

I-LW-1: Dauer der landwirtschaftlichen Vegetationsperiode

bei denen verschiedene, die Vegetationsperiode begrenzende Faktoren berücksichtigt werden. Der hier dargestellte Indikator ist mit seiner Berechnungsmethode auf die landwirtschaftliche Praxis ausgerichtet. Die Vegetationsperiode startet demnach an dem Tag, an dem erstmalig im jeweiligen Jahr sieben aufeinanderfolgende Tage mit Tagesmitteltemperaturen von über 4,5 °C auftraten. Sie endet, wenn erstmalig im Herbst oder Winter negative Tagesmitteltemperaturen auftreten.

An sieben repräsentativ für Thüringen ausgewählten Stationen verlängerte sich die Vegetationsperiode seit den 1960er bzw. 1970er Jahren, allerdings ist der Trend nur für Nordthüringen (Station Artern) und Südthüringen (Station Meiningen) signifikant steigend. Das Thüringer Becken und der Thüringer Wald markieren dabei die Extreme innerhalb Thüringens. Im klimatisch begünstigten Thüringer Becken dauerte die Vegetationsperiode im Schnitt der letzten zehn

Jahre 240 Tage, im raueren Klima des Thüringer Walds hingegen nur 199 Tage.

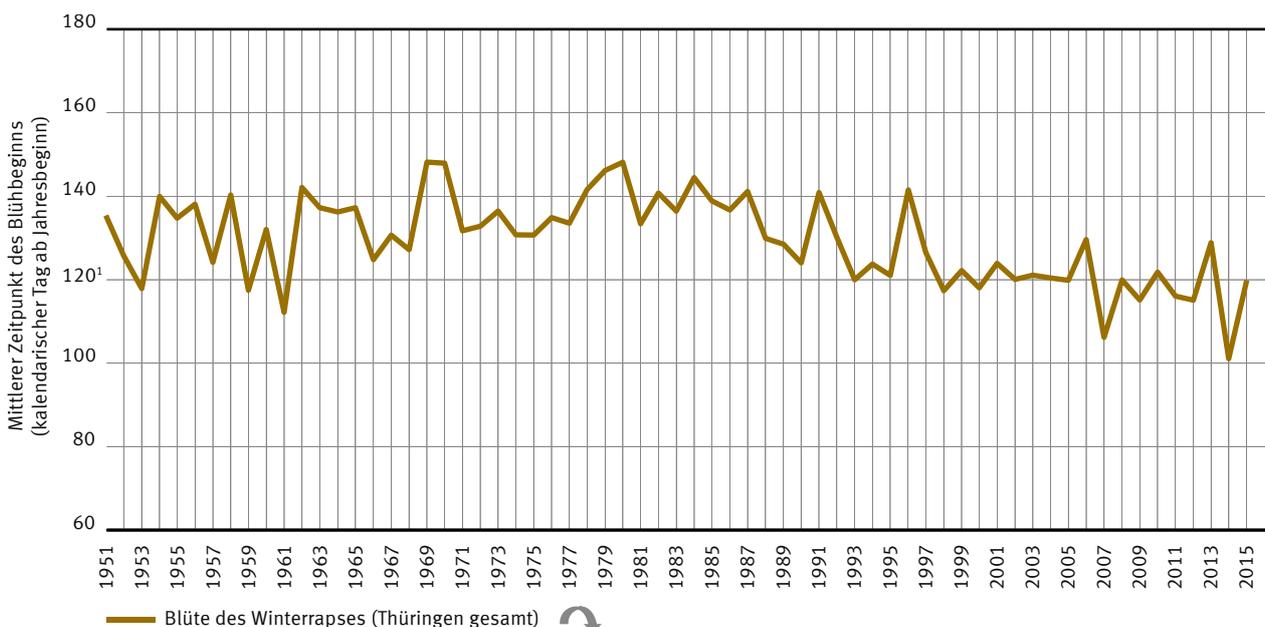
Die Verlängerung der Vegetationsperiode entsteht in größerem Maße durch die Vorverlegung ihres Beginns und weniger durch ihre Verlängerung am Ende des Jahres. Dies wird auch anhand phänologischer Daten deutlich. Vom Deutschen Wetterdienst wird in seinem phänologischen Beobachtungsnetz das Eintreten bestimmter periodisch wiederkehrender biologischer Erscheinungen wie Blatt- und Knospenaustrieb, Blüte, Fruchtreife oder Blattfall erfasst. Betrachtet man beispielsweise die Blüte von Winterraps, einer weit verbreiteten landwirtschaftlichen Kulturpflanze, wird deutlich, dass sich im thüringischen Mittel die Blühzeiten im Jahr deutlich nach vorne verlagert haben. Dies gilt zumindest für den Zeitraum seit den 1980er Jahren. Damals blühte der Raps noch in der zweiten Maihälfte, heute mehr als 20 Tage früher bereits in der ersten Aprilhälfte. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, dass die frühere Blüte

teilweise auch Ergebnis züchterischer Erfolge hin zu frühblühender Rapsorten ist. Diese werden von den Landwirten bevorzugt, da die frühe Blüte mit mehreren Vorteilen für das Schaderregermanagement und die Fruchtfolge verbunden ist.

Für andere Kulturen kann eine frühere Entwicklung im Jahr aber auch von Nachteil sein. Frühblühende Kulturen wie etwa der Apfel, können durch Spätfröste geschädigt werden. Auch für Böden kann diese Entwicklung nachteilig sein, wenn mit der Bodenbearbeitung zu einem Zeitpunkt begonnen wird, zu dem die Böden noch besonders druckempfindlich sind.

Siehe auch:

- I-GE-2 Pollensaison allergener Wildpflanzen
- I-NA-1 Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten



¹ Der 120. Tag eines Jahres ist der 30. April bzw. in einem Schaltjahr der 29. April.

Datenquelle: DWD (Phänologisches Beobachtungsnetz)

I-LW-2: Blüte von Winterraps

Erträge – noch wenige klare Trends

Die Stagnation der Ertragshöhen unter anderem bei bedeutenden Kulturen wie Winterweizen und Silomais nach der Jahrtausendwende hat viele Ursachen. Dennoch bereiten zunehmend trockene und heiße Witterungsbedingungen den Landwirten Sorge. Eine sukzessive Anpassung an diese Bedingungen ist beispielsweise durch die Züchtung und Nutzung neuer Sorten möglich. Schwieriger ist es, sich auf starke Witterungsschwankungen zwischen den Jahren einzustellen. Extreme Witterungsbedingungen seit der Jahrtausendwende haben in Thüringen sowohl beim Weizen und Mais zu deutlichen Unterschieden der Ertragshöhe zwischen den Jahren geführt.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Entwicklung der Erträge sind differenziert zu bewerten. Einerseits steigern eine verlängerte Vegetationsperiode und höhere Temperatursummen verbunden mit CO₂-Düngeeffekten die Erträge, andererseits führen Trockenstress oder Extremereignisse wie Stürme, Starkregen, Hagel oder auch Überschwemmungen dazu, dass Ertragsersparungen nicht erfüllt werden. Neben den Witterungseinflüssen sind aber auch zahlreiche andere Faktoren ertragsbestimmend. Züchterische und technische Fortschritte haben in den letzten fünfzig Jahren die landwirtschaftlichen Erträge bei den wichtigen Kulturarten in Deutschland generell ansteigen lassen. Allerdings sind diese Trends in jüngerer Zeit bei mehreren Kulturen auch gebrochen. Betrachtet man die Entwicklung der

Weizenerträge in Thüringen in den letzten 35 Jahren, so stiegen die Erträge bis zur Mitte der 1990er Jahre deutlich an, danach setzte sich der positive Ertrags-trend nur noch in abgeschwächter Form fort. Der Klimawandel kann für diese Stagnation eine Rolle spielen, vor allem zunehmenden Sommertemperaturen wirken sich nachteilig auf die Ertragsbildung aus. Bedeutend sind aber auch die aktuell erzielbaren Produktpreise und die Förderbedingungen, denn sie entscheiden darüber, wie viele ertragssteigernde oder ertragsichernde Betriebsmittel pro Hektar eingesetzt werden. Außerdem ist im Falle Thüringens zu berücksichtigen, dass sich in der Zeit nach der politischen Wende deutlich bessere Möglichkeiten bezüglich Technik, Pflanzenschutz- und Düngemittel sowie Sortenauswahl boten, die für einen Ertragsprung in der ersten Hälfte der der 1990er Jahre sorgten.

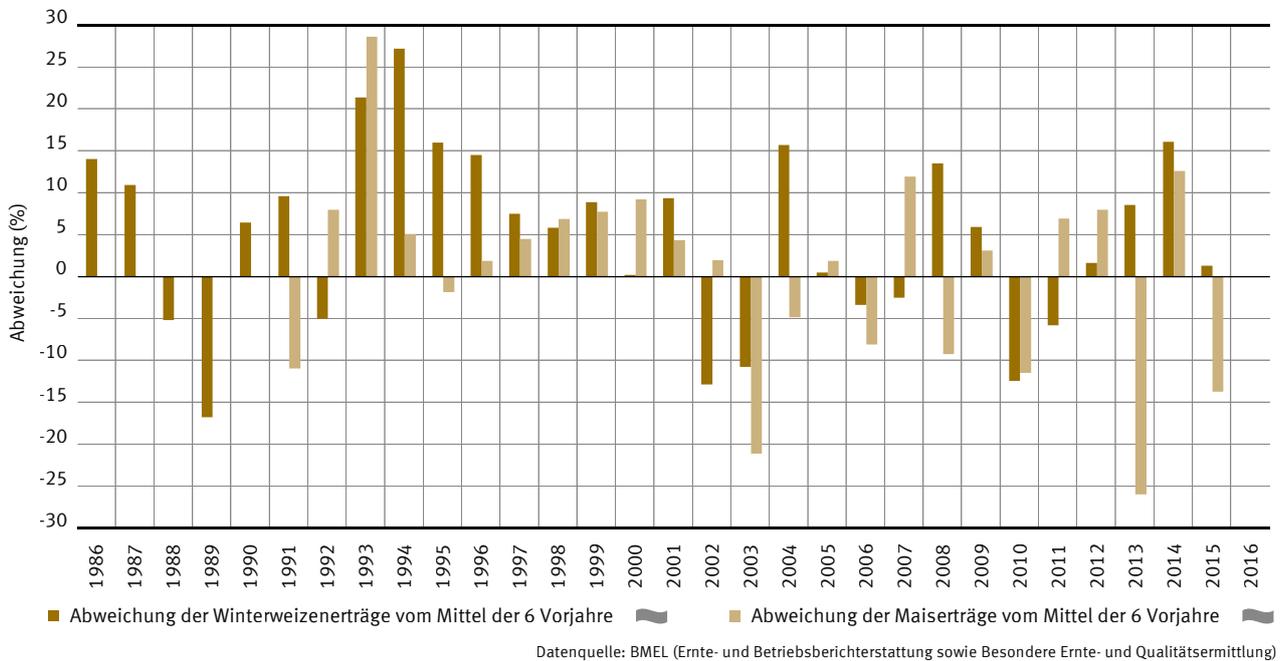
langjährigen Ertragstrends. Die Ursachen für Ertragseinbrüche können wiederum sehr verschiedene Ursachen haben: Kahlfröste im Winter, Dürre im Frühjahr oder Sommer, zu hohe Feuchtigkeit oder Überschwemmungen während der Reife-phase oder der Erntezeit.

Winterweizen ist einer der wichtigsten landwirtschaftlichen Kulturen und wurde 2015 auf rund 36% der Ackerfläche in Thüringen angebaut. Silomais, dessen Anbaufläche in den zurückliegenden 15 Jahren stark angestiegen ist, wurde 2015 immerhin auf etwas mehr als 9% der Ackerfläche kultiviert. Betrachtet man die Abweichungen der Erträge vom Mittel der jeweils sechs Vorjahre, wird deutlich, in welchen Jahren es zu besonders hohen positiven und negativen Abweichungen gekommen ist. Auch wenn seit der Jahr-



Grundsätzlich geht man davon aus, dass Witterungsschwankungen die Landwirtschaft in Zukunft vor größere Herausforderungen stellen als die langfristigen Klimatrends. Auf Letztere können sich die Landwirte über eine allmähliche Umstellung der Betriebsführung und Produktionstechniken wie beispielsweise der Saat- und Pflanzzeitpunkte und Sortenwahl verhältnismäßig gut einstellen. Eine Anpassung an stark wechselnde Witterungsbedingungen ist hingegen deutlich schwieriger. Dies führt auch dazu, dass sich Klimafolgewirkungen in Ertragsschwankungen zwischen den Jahren deutlicher niederschlagen als in





I-LW-3: Ertragsschwankungen

tausendwende das Bild entsteht, dass es häufiger zu deutlichen Ertragsschwankungen zwischen den Jahren gekommen ist, lässt sich dies statistisch noch nicht nachweisen. Dennoch lassen sich die Abweichungen mit Witterungsanomalien gut erklären.

Im Falle des Weizens begrenzt vor allem eine hitze- und trockenheitsbedingte Verkürzung der Kornfüllungsphase während der strahlungsreichen Periode im Juni deutlich das Ertragsvermögen. So haben die überdurchschnittlichen Juni-Temperaturen in den Jahren 2002 und 2003 zu deutlichen Ertragseinbußen geführt. In 2002 kam es außerdem durch starke Niederschläge im August infolge von Lager und Auswuchs zu Ernteverlusten beim Getreide. Für den Mais waren die hohen Niederschläge im August hingegen eher günstig. Im Jahr 2003 waren beim Winterweizen regionale Auswinterungsschäden durch Kahlfröste zusätzlich ertragsbeeinflussend. Die besonders heiße und trockene Witterung im Juli und August

2003 war auch für den Mais kritisch und hat vielerorts die Notreife ausgelöst und frühzeitige Erntetermine erzwungen. Das Jahr 2005 war ein günstiges Getreidejahr mit ausreichenden Niederschlägen vor allem im Mai und Juli mit durchschnittlichen Temperaturen, vor allem der August fiel auffällig warm aus und erwies sich für die Abreife als günstig. In 2010 war es im Juni für den Winterweizen zu trocken, und in der ersten Julihälfte wurden Temperaturen von deutlich über 35 °C erreicht. Dies hat sich auch nachteilig auf die Maiserträge ausgewirkt. Für den Mais fällt auch das Jahr 2013 durch im Vergleich zu den Vorjahren niedrigere Erträge auf. Ende Mai gab es Hochwasser und Spätfröste Ende Mai, es kam zu einer verspäteten Blüte und Problemen bei der Unkrautregulierung, und Anfang August haben teilweise Hagel und stürmische Starkregen zu Ertragseinbußen geführt.

Siehe auch:

I-BO-1 Bodenwasservorrat

I-LW-1 Dauer der landwirtschaftlichen Vegetationsperiode

Neue Anforderungen an den Pflanzenschutz

Klimaveränderungen haben Einfluss auf das Auftreten von Schaderregern, aber es gibt noch viele Unsicherheiten, welche Arten in ihrer Entwicklung letztendlich begünstigt und welche beeinträchtigt werden, und welche neuen Arten sich ggf. nach Einschleppung etablieren können. Der Klimawandel verlangt den Landwirten ab, angemessen auf ein verändertes Schaderregerspektrum zu reagieren. In Zukunft ist vor allem eine gute Überwachung erforderlich.

Die Entwicklung von Schaderregern in der Landwirtschaft, im Obst-, Wein- und Gartenbau ist stark vom Klima und vom Witterungsverlauf des Jahres abhängig. Veränderungen der Witterung führen daher zu veränderten Mustern des Schädlingsauftretens. Einige Arten profitieren von den Auswirkungen des Klimawandels, für andere Arten werden die Bedingungen ungünstiger. Viele Pilzarten, die auf ausreichende Feuchtigkeit angewiesen sind, werden mit verringerten Niederschlägen im Frühjahr und Sommer an Bedeutung verlieren. Allerdings könnten gleichzeitig Pilze mit geringem Feuchtebedarf wie Rostpilze größere Schäden verursachen.

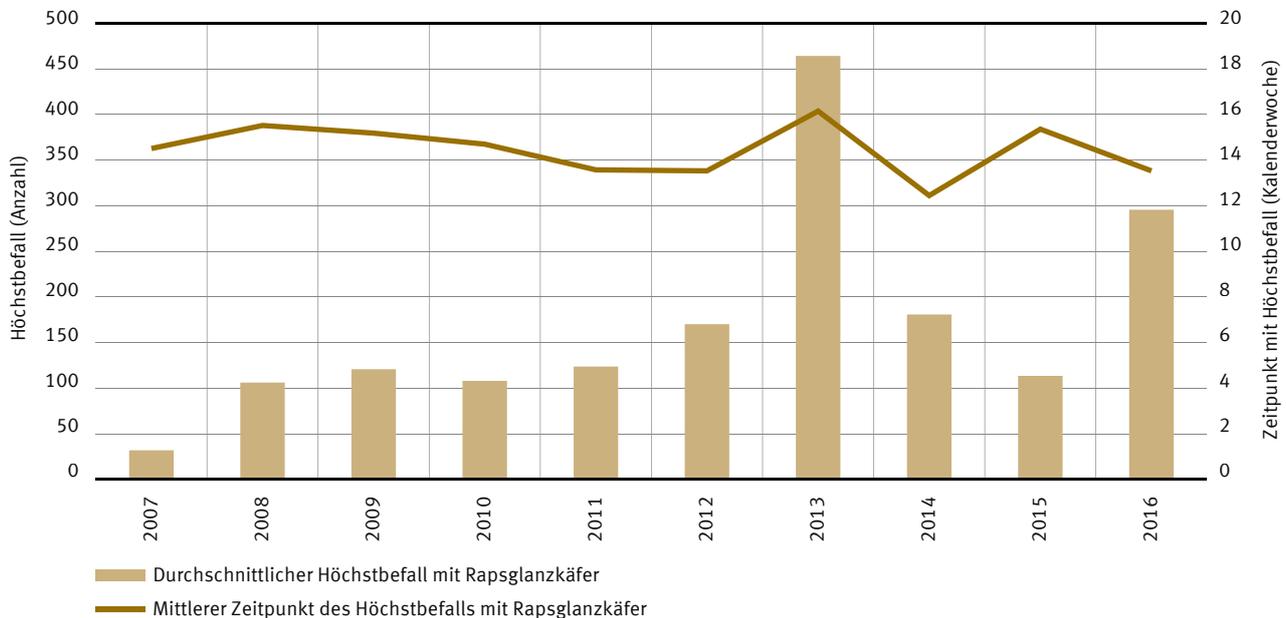
Bei den Unkräutern begünstigen längere Trockenperioden im Frühjahr und Sommer Pflanzen mit unterirdischen Speicher- und Überdauerungsorganen wie Disteln und Winden. Milde Winter

fördern Arten, die im Herbst keimen, wie den Acker-Fuchsschwanz oder das Klettenlabkraut. Wärmeliebende Arten wie Hirsen, Franzosenkraut oder Gänsefuß profitieren in ihrer Entwicklung vom erhöhten Wärmeangebot im Frühjahr. Außerdem steigt das Risiko, dass sich auch bisher nicht heimische Arten und nur schwer bekämpfbare Unkräuter aus dem Mittelmeerraum wie die Beifuß-Ambrosie stärker ausbreiten.

Bei allen pflanzenschädigenden Insekten, deren Überwinterungsstadien nur bedingt kältetolerant sind oder die mehrere Generationen im Jahr bilden, führt ein zunehmendes Wärmeangebot zu verbesserten Vermehrungsbedingungen und damit zu vermehrten Schäden. Zu den Profiteuren gehört beispielsweise der Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus*). Er ernährt sich neben Raps auch von den

Blüten anderer Pflanzen mit meist gelben Blütenblättern. Nach wärmeren Wintern sowie einem trockeneren und wärmeren Frühjahr kann es zu Massenvermehrung des Käfers kommen. Das Vorkommen des Rapsglanzkäfers wird seit 2007 durch den Pflanzenschutzdienst an wechselnden Standorten erfasst. Die Entwicklung ist bisher noch nicht eindeutig. Es treten aber einzelne Jahre wie 2013 hervor, in denen sich der während eines Jahres ermittelte Höchstbefall durch eine besonders hohe Käferdichte auszeichnet, oder wie das Jahr 2014, in dem der Höhepunkt des Befalls im Mittel aller Beobachtungsstandorte bereits Ende März erreicht wurde. Mit Witterungsanomalien allein lassen sich diese Ereignisse allerdings nicht erklären. Fortgesetzte Beobachtungen können in Zukunft zur Klärung der Zusammenhänge beitragen.





Datenquelle: BMEL (Ernte- und Betriebsberichterstattung sowie Besondere Ernte- und Qualitätsermittlung)

I-LW-4: Schaderregerbefall

Steigende Temperaturen verbessern die Entwicklungsbedingungen und Ausbreitungsmöglichkeiten auch für Insekten, die bisher nicht in unseren Breiten heimisch waren und ein hohes Schadenspotenzial haben. Für Aufregung sorgte im April 2016 das erstmalige Auftreten des Feuerbakteriums innerhalb Deutschlands. Es wurde in einem Gartenbaubetrieb in Sachsen entdeckt. Da es sich um eine auf europäischer Ebene als Quarantäne-Schadorganismus eingestufte Art handelt, mussten umfangreiche Vorkehrungen getroffen werden, um die Verschleppung zu verhindern. Unter anderem wurde eine großflächige Pufferzone um den Fundort eingerichtet. Diese umfasste wegen des grenznahen Befallsortes auch Teile des thüringischen Landkreises Zeulenroda-Triebes. Mögliche Wirtspflanzen dürfen aus diesen Pufferzonen nicht herausgebracht werden, und es muss eine besonders intensive Überwachung stattfinden. Wie das Bakterium in den Gartenbaubetrieb gekommen

ist, ist unklar. Die zuständigen Behörden sind alarmiert, denn die kälteempfindliche Art könnte unter Klimawandelbedingungen bessere Bedingungen vorfinden und sich weiter ausbreiten. Das Feuerbakterium kann viele unterschiedliche Nutz- und Zierpflanzenarten befallen und immense Schäden verursachen.

Auch die Mittelmeerfruchtfliege ist eine wärmeliebende Art, die verschiedene Obstkulturen befallen kann. Vor allem sind Pfirsiche und viele südländische Fruchtarten betroffen, aber es kommt auch zu Schäden bei Aprikose, Birne und Apfel. Optimale Bedingungen für die Vermehrung herrschen zwischen 25° und 30°C. Wenn hierzulange die Temperaturen steigen, werden sich die Entwicklungszeiten verkürzen. Da es sich ebenfalls um einen Quarantäne-Schaderreger handelt, steht die Art seit 2015 in Thüringer unter systematischer Beobachtung. In den neun bisher aufgestellten Fällen wurden drei Individuen gefunden.

Zusätzlich zum veränderten Schaderregerauftreten und -spektrum wird die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln witterungsbedingt unsicherer. Fehlende Bodenfeuchte kann zu Wirkungseinschränkungen bei Bodenherbiziden führen. Durch verstärkte UV-Strahlung werden Wirkstoffe in den Pflanzenschutzmitteln schneller abgebaut.

Um den verstärkten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu verhindern, müssen die Vorhersagen zum Insektenauftreten verbessert, Methoden der Ausbringung verfeinert und optimiert sowie die Züchtung resistenter Sorten ausgeweitet werden.

Siehe auch:

I-FW-4 Schadholzaufkommen durch Borkenkäfer



Böden erfüllen eine Vielzahl von Funktionen für den Naturhaushalt und die Gesellschaft. Sie sind Lebensgrundlage und Lebensraum für Tiere, Pflanzen und Mikroorganismen und spielen aufgrund ihrer Eigenschaften als Filter- und Puffermedium sowie als Motor für die Stoffumwandlung eine zentrale Rolle in Wasser- und Nährstoffkreisläufen. Als Standorte für land- und forstwirtschaftliche Nutzungen sind gesunde und leistungsfähige Böden außerdem für die Produktion von Lebensmitteln und Gebrauchsgütern von herausragender Bedeutung. Gleichzeitig sind Böden leicht zerstörbar und nicht vermehrbar.

Mit dem Klimawandel sind vielfältige Risiken für die Böden verbunden. Neben Veränderungen des Bodenwasserhaushalts wird für Thüringen vor allem von einer steigenden Gefährdung durch Wassererosion ausgegangen, da erosionswirksame Starkniederschläge zunehmen können. Die Gefahr von Bodenschadverdichtungen steht in engem Zusammenhang mit dem Bodenwassergehalt. Vor allem für die landwirtschaftlich genutzten Flächen im Ostthüringer Buntsandsteingebiet, in den Randlagen des Thüringer Beckens und in Südwestthüringen wird von einer erhöhten Verdichtungsgefährdung ausgegangen. Eine hohe Bodenwassersättigung in Zeiten, in denen Böden intensiver bearbeitet werden, erhöht das Risiko.

Legende für die Trendsymbole

-  linear steigender Trend
-  linear fallender Trend
-  kein signifikanter Trend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst steigend, dann fallend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst fallend, dann steigend

Engpässe bei der Bodenwasserversorgung vor allem im Frühjahr

Sowohl für Wild- als auch für Nutzpflanzen ist eine ausreichende Bodenwasserversorgung entscheidend für die Entwicklung. Bei landwirtschaftlichen Kulturen können in Abhängigkeit der Wuchsphase sowohl Trockenheit als auch Nässe die Erträge nachteilig beeinflussen. In Thüringen zeichnen sich Engpässe in der Wasserverfügbarkeit vor allem im Frühjahr ab. Für den Sommer lässt sich ein klarer Trend noch nicht erkennen. Im Herbst kam es bis vor wenigen Jahren ebenfalls zu einer Abnahme des Bodenwasservorrats, hier zeichnet sich aber eine Trendwende ab.

Das gesamte Wasser der Erde bewegt sich in einem ständigen Kreislauf von Verdunstung, Kondensation, Niederschlag, Abfluss und erneuter Verdunstung. Eine wichtige Komponente im Wasserkreislauf sind die Böden. Niederschlagswasser kann im Boden gespeichert werden oder den Boden durchfließen und dann das Grundwasser anreichern. Die meisten auch stofflichen Prozesse im Boden laufen nur in Anwesenheit von Wasser ab.

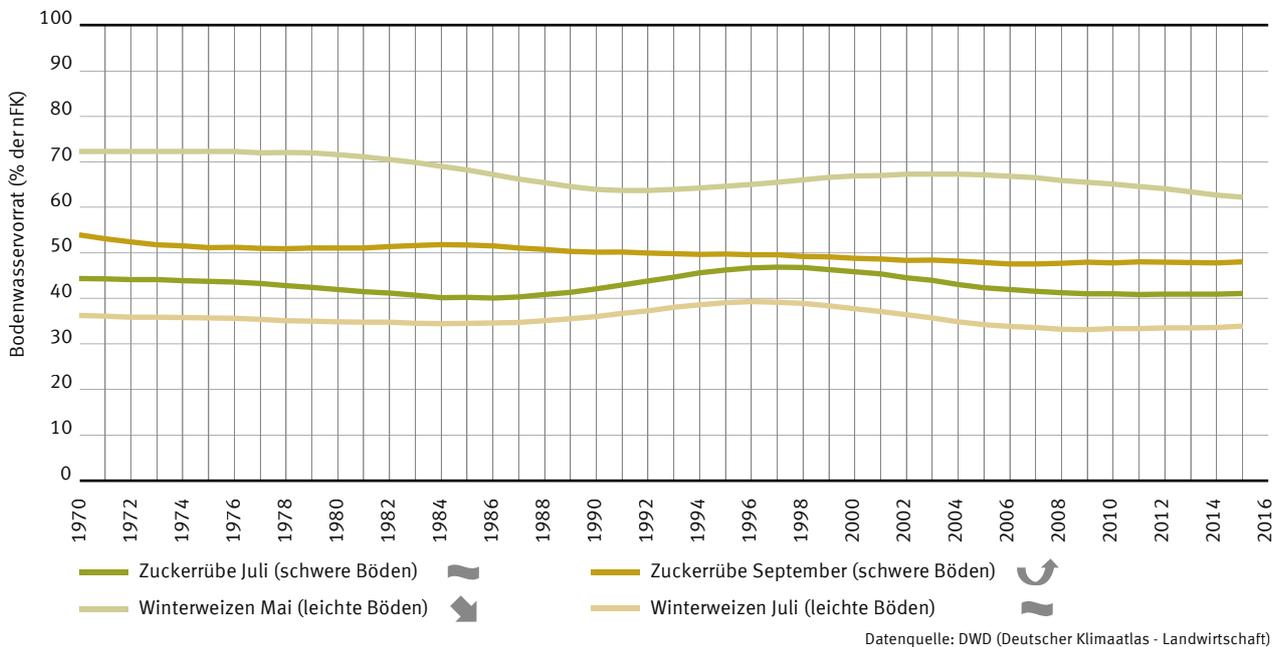
Wenn sich im Zuge des Klimawandels Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse ändern, so wirkt sich das direkt auf die im Boden gespeicherten Bodenwasservorräte und deren jahreszeitlichen Verlauf aus. So führen steigende Tem-

peraturen im Frühling und Sommer zu höherer Verdunstung und damit zu einer verstärkten Austrocknung der Böden. Für die Niederschläge wird vor allem eine jahreszeitliche Verschiebung erwartet, weniger eine Veränderung der Jahresniederschlagssumme. Seit 1961 zeigen die Zeitreihen zum Gesamtniederschlag und den jahreszeitlichen Niederschlägen für Thüringen keine signifikanten Trends. Dies gilt mit Ausnahme des Herbstniederschlags, der bereits zugenommen hat. Für den Winterniederschlag lässt sich über die gesamte bisherige Zeitreihe ab 1881 betrachtet ein signifikant steigender Trend erkennen. Verschieben sich die Niederschläge wie projiziert vom Sommer stärker in den Winter, können sich während der Vegetationsperiode Engpässe

in der Wasserversorgung ergeben. Dies wird sowohl Wild- als auch Nutzpflanzen betreffen. Zugleich kann es im Winter bei zunehmenden Niederschlägen, vor allem wenn diese weniger in Form von Schnee als vielmehr von Regen fallen, zu verstärkten Stoffausträgen oder auch Bodenabtrag kommen, da die Pflanzen während der Vegetationsruhe Nährstoffe weniger gut zurückhalten können und die Böden nur unzureichend durch Vegetation geschützt sind.

Ergebnisse aus regelmäßigen Erhebungen zum Bodenwasservorrat gibt es für Thüringen nicht. Aber der Deutsche Wetterdienst berechnet für zwei standardisierte Bodenformen und für zwei wichtige landwirtschaftliche Fruchtarten,





I-BO-1: Bodenwasservorrat

den Winterweizen und die Zuckerrübe, aus gemessenen Klimadaten die Entwicklung der Bodenwasservorräte in einer ausreichenden räumlichen und zeitlichen Auflösung, sodass auch Aussagen für Thüringen möglich sind.

Bei den landwirtschaftlichen Kulturen spielt es eine große Rolle, in welcher Wuchsphase Trockenstress auftritt. So ist Frühjahrstrockenheit in den Monaten April bis Juni vor allem für die Getreidearten schädlich, da sich die Pflanzen dann in der Aufwuchsphase befinden. Demgegenüber weisen eher trockene Böden in der Erntezeit darauf hin, dass die Verhältnisse für das Abreifen des Getreides günstig sind. Bei der Zuckerrübe ist hingegen eine gute Wasserversorgung bis in den September hinein günstig, da sich das Wachstum bis zum Erntezeitpunkt fortsetzt.

Für Wildpflanzen hängen die Auswirkungen von Wasserstress stark vom jeweiligen Biotoptyp ab. Vor allem

Feuchtlebensräume leiden unter sommerlichem Niederschlagsmangel und dies insbesondere dann, wenn gleichzeitig die Verdunstung aufgrund hoher Temperaturen erhöht ist. Für Wälder ist es günstig, wenn die Bodenwasservorräte im durchwurzelten Bereich im Winter und Frühjahr gut aufgefüllt werden. Dann gehen die Bäume in vitalem Zustand in die trockenen und warmen Sommermonate.

Die Entwicklung der Bodenwasservorräte in Thüringen seit 1970 zeigt einen abnehmenden Trend für Winterweizen auf leichten, das heißt sandhaltigen und durchlässigen Böden im Mai. Dies ist ungünstig, da dann Biomassezuwachs und Ährenbildung des Getreides beeinträchtigt werden. Die Bodenwasservorräte im Juli zeigen hingegen bisher keine signifikante Entwicklung, dies gilt sowohl für die leichten als auch die schweren Böden. Die Bodenwasservorräte auf schweren, eher ton- und lehmhaltigen Böden, sind im September zurückgegangen, wobei sich der Rückgang in den

letzten Jahren abgeschwächt hat, bzw. sich eine Trendwende andeutet.

In der Landwirtschaft ist es grundsätzlich möglich, auf Veränderungen bei der Wasserversorgung zu reagieren. So lassen sich bei Wassermangel vermehrt wasser-effiziente Kulturen in die Fruchtfolge einbinden oder die Feldberegnung ausweiten. Auch mit einer bodenschonenden Bewirtschaftung wie dem Verzicht auf den bodenwendenden Pflugeinsatz lassen sich Verdunstungsverluste reduzieren und ein stabiles, wenig verschlämungsanfälliges Bodengefüge erhalten.

Siehe auch:

- S-NI-1 Jahresniederschlag
- S-NI-2 Saisonale Niederschläge im Frühjahr und Sommer
- S-NI-3 Saisonale Niederschläge im Herbst und Winter
- I-LW-3 Ertragsschwankungen

Bodentemperaturen – im Herbst steigend

Die Entwicklung der Bodentemperatur steht in engem Zusammenhang mit der Lufttemperatur, aber folgt doch eigenen Gesetzmäßigkeiten in Abhängigkeit von der Bodenstruktur und der Bodenwasserversorgung. Einzelne Trends zeichnen sich bereits ab, so beispielsweise ein Anstieg der Bodentemperaturen im Herbst sowie an Stationen über 400 m ü. NN. Zunehmende Bodentemperaturen haben vielfältige Einflüsse auf unterschiedliche Bodennutzungen und die Bodenfunktionen.

Die Bodentemperatur ist neben dem Bodenwasser eine wesentliche Steuerungsgröße für den Ablauf chemischer und biologischer Prozesse im Boden. Da die mikrobielle Aktivität in erheblichem Maße von Temperatur und Bodenfeuchte abgänglich ist, nimmt auch der Klimawandel unmittelbaren Einfluss auf die Bodenlebewesen und die Aktivität unter anderem von Mikroorganismen.

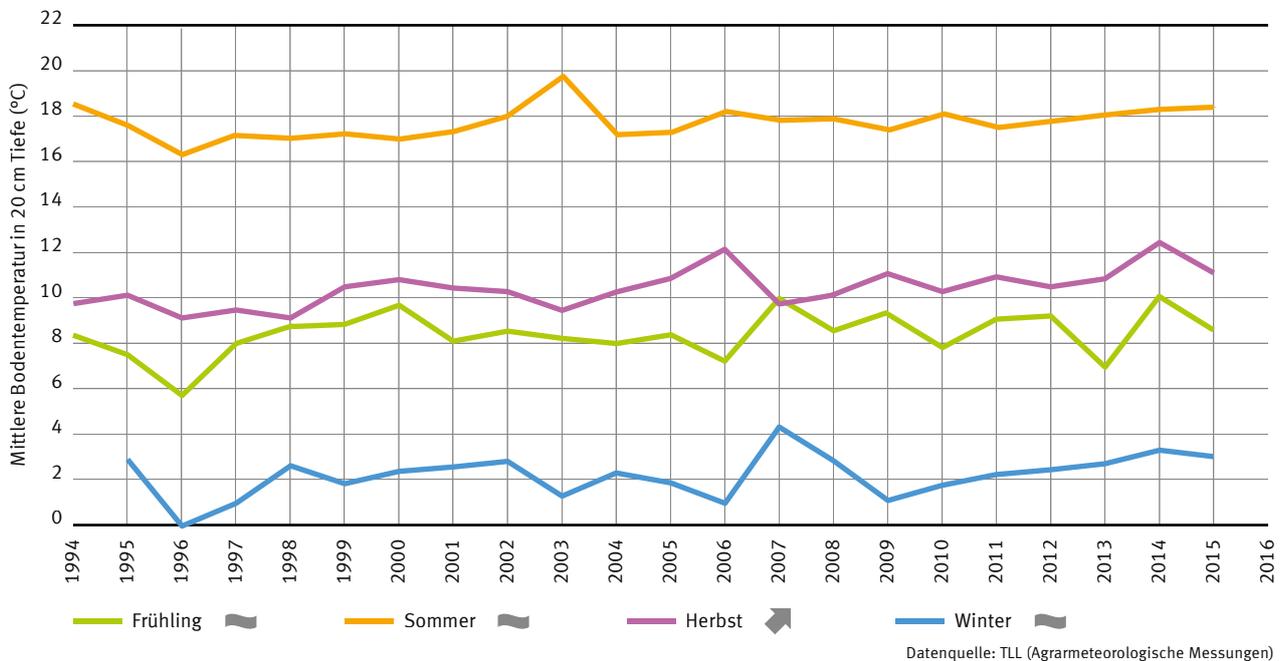
Die tages- und jahreszeitliche Entwicklung der Bodentemperatur steht in enger Abhängigkeit vom Tages- und Jahresgang der Lufttemperatur. Sehr unmittelbar ist der Zusammenhang mit der Temperatur der Bodenoberfläche. Die Bodentemperaturen in den tiefer gelegenen Bodenschichten sind stark von der Wärmekapazität und der Wärmeleitfähigkeit abhängig. Die Wärmekapazität wird primär durch den Wassergehalt des Bodens bestimmt,

denn die Wärmekapazität von Wasser ist deutlich höher als die von Luft sowie von mineralischen und organischen Bodenbestandteilen. Feuchte Böden erwärmen sich zwar langsamer als trockene, können die Wärme aber besser speichern und kühlen entsprechend langsamer aus. Die Wärmeleitfähigkeit ist vor allem von der Luftmenge in den Bodenporen abhängig. Je weniger Luft, die Wärme schlecht leitet, sich in den Poren befindet, desto höher ist die Wärmeleitfähigkeit.

Messungen der Bodentemperatur werden in Thüringen an den Stationen des Agrarmeteorologischen Messnetzes durchgeführt. Die Erhebungen dienen vor allem Zwecken der landwirtschaftlichen Beratung. Bodentemperaturen sind insofern für die Landwirtschaft von großer Bedeutung, als unter anderem die Keimung von Saaten und die Entwicklung von

Winterungen im Frühjahr in erheblichem Maße von der Bodentemperatur gesteuert werden. Eine raschere Bodenerwärmung im Frühjahr führt zu einer früheren und intensiveren Vegetationsentwicklung, vorausgesetzt die Wasserversorgung ist ausreichend. Warme Böden im Herbst sichern das Auflaufen der Wintersaat, zu hohe Bodentemperaturen in Verbindung mit hohen Lufttemperaturen und Einstrahlung hingegen führen dazu, dass die Bestände vor Eintreten der Winterruhe bereits zu stark entwickelt sein können und damit das Risiko für Winterschäden steigt. Darüber hinaus werden – über die unmittelbare landwirtschaftliche Beratung hinaus – weitere relevante Zusammenhänge zwischen Bodentemperatur einerseits sowie Bodenfruchtbarkeit und Anbaubedingungen andererseits diskutiert. Bei steigenden Bodentemperaturen, die in der Regel zu einer erhöhten





I-BO-2: Bodentemperatur

biologischen Aktivität führen, kann es bei ausreichender (aber nicht zu hoher) Feuchtigkeit und Verfügbarkeit von Sauerstoff beispielsweise zu einem verstärkten Humusabbau kommen.

Für die Darstellung des Indikators wurden die Daten von acht Messstellen gemittelt. Die Messstellen sind repräsentativ für unterschiedliche Agrarräume Thüringens. Das Mittel lässt keine differenzierten Aussagen für einzelne Teilräume oder Bodentypen zu, gibt aber einen thüringenweiten Überblick zur Entwicklung. Statistisch lassen sich für das Frühjahr, den Sommer und Winter von 1994 bis heute keine Trends ermitteln. Im Herbst hingegen sind die Bodentemperaturen signifikant angestiegen.

Fasst man die Ergebnisse der acht Messstellen nach Höhenstufen zusammen und mittelt die Werte über das ganze Jahr, zeichnen sich für die tieferen Lagen bis 400 m ü. NN (Meter über Normalnull) noch keine Trends ab, an den Messstellen

über 400 m ü. NN hingegen stiegen die Bodentemperaturen signifikant an.

Extreme der Lufttemperatur in einzelnen Jahren schlagen sich auch in den Bodentemperaturen nieder. So war der Winter 2006/2007 bundesweit der wärmste seit Beginn der flächendeckenden Wetteraufzeichnungen im Jahre 1901. Der Hitzesommer 2003 führte auch bei den Bodentemperaturen zu außergewöhnlich hohen Werten. Die Herbstmonate 2014 und 2006 gingen als die wärmsten Herbstmonate in die bisherige Klimageschichte ein. Lange Zeit dominierten in diesen Jahren westliche, südwestliche oder südliche Strömungen, die warme Luftmassen nach Thüringen transportierten; die Nachtfroste ließen auf sich warten.

Die auf den landwirtschaftlich genutzten Böden erzielten Messergebnisse lassen keine unmittelbaren Rückschlüsse auf Böden anderer Nutzungen zu. Tendenzen lassen sich aber möglicherweise übertragen. Neben der landwirtschaftlichen

Nutzung sind die Entwicklungen der Bodentemperatur für zahlreiche andere Belange von Interesse. Eine Zunahme der Bodentemperaturen hat Einfluss auf Stoffausträge in das Grund- und Oberflächengewässer, auch aus nicht landwirtschaftlich genutzten Böden. Ist die Wasserversorgung ausreichend (wovon jedoch nicht immer ausgegangen werden kann), führen höhere Temperaturen zu einem gesteigerten Pflanzenwachstum und damit zu einer erhöhten Stoffaufnahme durch die Pflanzen aus dem Boden. Auch für das Bauwesen sind Bodentemperaturen etwa mit Blick auf die Frosttiefe und -dauer bedeutsam. Diskutiert wird außerdem ein Zusammenhang zwischen der Bodentemperatur und der Qualität des Trinkwassers innerhalb der Leitungssysteme.

Siehe auch:

I-BO-1 Bodenwasservorrat

S-TP-1 Jahresmitteltemperatur



Wald und Forstwirtschaft

Thüringen gehört mit rund 550.000 Hektar Wald zu den walddreichen Bundesländern. Die Waldverteilung ist dabei sehr unterschiedlich: Neben den walddreichen Mittelgebirgen sind die landwirtschaftlichen Gunstlagen insbesondere des Thüringer Beckens schon seit Langem walddarm. Wälder finden sich historisch begründet häufig auf Standorten, die von den Boden- und Wasserverhältnissen, dem Klima oder der topographischen Situation für Siedlungen und Landwirtschaft nicht geeignet sind. Häufig werden diese Standortbedingungen durch den Klimawandel auch für Wälder noch kritischer.

Die aktuelle Baumartenverteilung ist das Ergebnis jahrhundertelanger und seit mehr als 200 Jahren nachhaltiger Waldbewirtschaftung. Sie wurde stets wesentlich von den jeweiligen Anforderungen und Erwartungen der Gesellschaft an den Wald sowie vom Kenntnisstand der Forstpraxis geprägt. So ist der immer noch hohe Fichtenanteil in den Wäldern aller Eigentumsformen in Thüringen ebenso Ergebnis dieses Wechselspiels wie die Dominanz relativ strukturarmer, häufig einschichtiger Altersklassenwälder.

Der fortschreitende Klimawandel stellt nun neue Anforderungen an den Wald und fordert zu einer

angepassten Waldbehandlung und einem Walddumbau auf, an dessen Ende strukturierte, artenreiche, standortangepasste und gemischte Wälder erreicht sein sollen. Diese sollen, auch unter den geänderten Bedingungen des Klimawandels, die vielfältigen Waldfunktionen, das heißt den Schutz von Wasser und Boden, die Verbesserung des lokalen und regionalen Klimas, die Produktion von Holz und anderen Waldprodukten sicherstellen und den Lebensraum für eine vielfältige Tier- und Pflanzenwelt sowie den wichtigen Erholungsraum für den Menschen erhalten.

Wald und Forstwirtschaft sind in ganz besonderem Maße abhängig von den einwirkenden Umweltbedingungen in der jeweiligen Region, und zwar über die Jahrzehnte hinweg, die der einzelne Baum im Walddbestand bis zur Ernte im reifen Stadium oder bis zum natürlichen Zerfallsprozess durchlebt. Damit beruhen auch alle Investitionen in den Wald wie beispielsweise die Pflanzung der nächsten Bestandsgeneration oder Eingriffe zur Walddpflege auf langfristigen Entscheidungen und müssen gut abgewogen werden. Die künftigen Klimaverhältnisse sind daher in allen forstlichen Planungsprozessen eine entscheidende zu berücksichtigende Größe.

Legende für die Trendsymbole

-  linear steigender Trend
-  linear fallender Trend
-  kein signifikanter Trend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst steigend, dann fallend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst fallend, dann steigend

Fichte – häufigste Baumart gerät zunehmend unter Druck

Fichtenreinbestände sind infolge des Klimawandels einem besonders hohen Risiko ausgesetzt, da sie vielerorts schon heute nicht standortgerecht sind. Zwischen 2002 und 2012 hat sich die Fichtenfläche, die einem erhöhten bis sehr hohen Klimarisiko durch zu trockene und warme Bedingungen ausgesetzt ist, trotz Waldumbau ausgeweitet. Die Fichtenfläche hat zwar insgesamt abgenommen, die klimatischen Veränderungen wirken momentan aber rascher als forstliche Klimaanpassungsmaßnahmen.

Wälder sind sehr langlebige Ökosysteme, und die Forstwirtschaft hat es aus diesem Grund mit langen Produktionszeiten zu tun. Dies erfordert eine vorausschauende Planung und die Berücksichtigung künftiger Änderungen der Umwelt- und Anbaubedingungen bereits bei heutigen Entscheidungen. Bäume, die heute in unseren Wäldern aufwachsen, werden im Verlauf ihrer Lebenszeit mit veränderten klimatischen Verhältnissen konfrontiert. Je nach Baumart und Waldtyp werden die Bedingungen innerhalb des komplexen Waldökosystems prinzipiell günstiger oder ungünstiger. Baumarten, die mit dem heutigen Klima gut zurechtkommen, sind möglicherweise künftig nicht mehr die richtige Wahl und können an Vitalität und Wuchskraft verlieren und zuletzt anfälliger für Schadereignisse sein. Gleichzeitig können andere Baumarten, die derzeit an einem Standort keine für sie günstigen Verhältnisse vorfinden, an ebendiesem Standort in Zukunft bei veränderten Witterungsbedingungen höhere Überlebensraten und Wuchsleistungen erzielen.

Die Fichte ist eine Baumart, auf die sich Klimaveränderungen eher nachteilig auswirken werden, wenn Trockenheit und Wärme in risikoreichen Anbaugebieten zunehmen. Sie ist mit 38,4 % die häufigste Baumart in den Thüringer Wäldern. Die Fichte ist von zentraler Bedeutung für die Forst- und Holzwirtschaft.

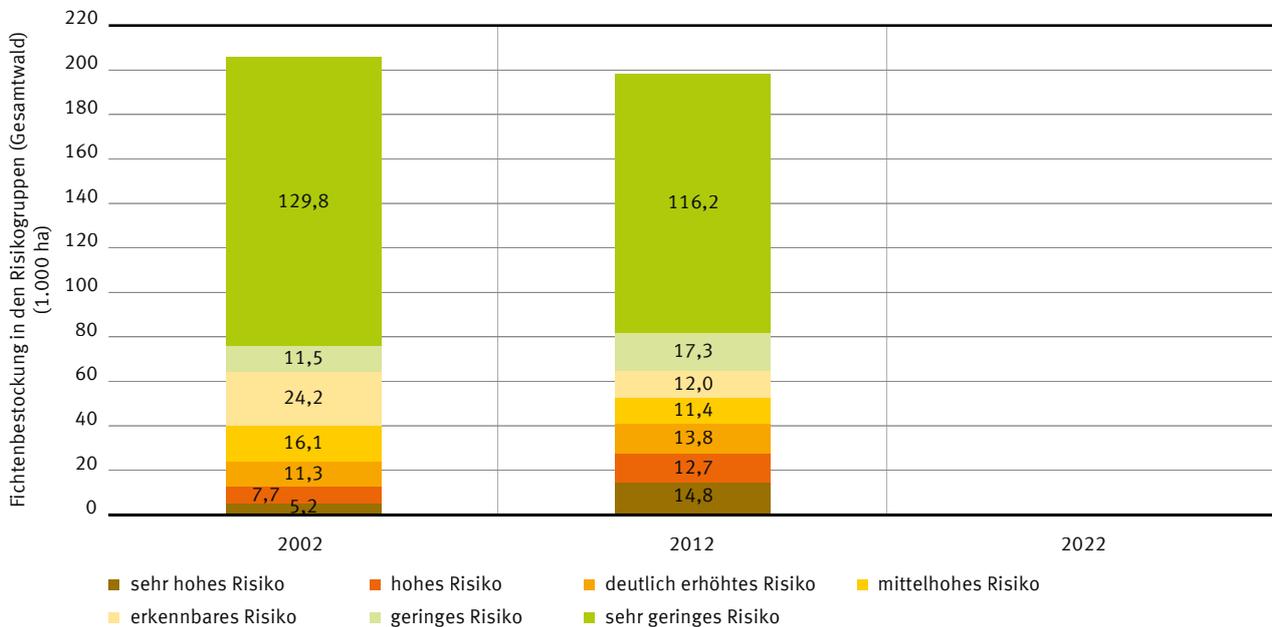


Die Ausdehnung der heutigen Fichtenfläche ist noch immer stark von den historischen Entwicklungen ab dem Ende des 18. Jahrhunderts geprägt. Nach großflächigen Waldübernutzungen und einer Verarmung der Standorte wurde die Fichte damals wegen ihrer relativ unkomplizierten Pflanzung, der hohen Wuchskraft und kurzen Produktionszeiten sowie den geringen Ansprüchen an Klima und Nährstoffversorgung häufig in Reinbeständen auch auf Standorten etabliert, die ihren Ansprüchen an eher kühle und feuchte Bedingungen nicht gerecht werden. Auf flachgründigen Böden mit schlechtem Bodenwasserhaushalt und in trocken-warmen Regionen außerhalb der Thüringer Gebirge verschärft sich die Situation der Fichtenbestände heute infolge des schrittweisen Klimawandels

zunehmend. Diese Standorte wären natürlicherweise vor allem von Buchen oder Eichen dominiert.

Auch im 20. Jahrhundert führten insbesondere die Folgen zweier Weltkriege, ein stark schematisierter forstlicher Anbau und der ansteigende Holzbedarf der Wirtschaft zur Bevorzugung des Nadelholzes. In Folge der verheerenden Orkankatastrophe am 13. Juni 1946 und der sich daran anschließenden Borkenkäferkalamität von 1946 bis 1949 wurde – wie beispielsweise im Raum Oberhof am Kamm des Thüringer Waldes – vor allem mit Fichte aufgeforstet, und es entstanden großflächige Fichtenreinbestände. Hinzu kam, dass in Anbetracht der immensen Schadflächen von etwa 21.000 Hektar Ausmaß und unter den Bedingungen der Nachkriegsjahre Mangel an standortgerechtem Pflanzenmaterial herrschte. So wurden anstelle der Fichten-Kronentypen, die einst gut an die Höhenlagen des Thüringer Waldes angepasst waren, in großem Umfang breitkronige Fichten aus dem Tiefland gepflanzt. Dies wirkt sich bis heute – zusätzlich zu den Nachteilen der Reinbestandswirtschaft – negativ auf die Wälder aus, weil diese Fichtenkronentypen weniger gut an Schneeeinlagen, Eisenschlag und Sturm angepasst sind.

Der zunehmende Witterungsstress äußert sich bei der Fichte unter anderem darin, dass die Bäume gegenüber Schädlingen anfälliger sind. Regional gilt die Fichte



Datenquelle: Thünen-Institut für Waldökosysteme (Modellierung auf der Basis der Bundeswaldinventur)

I-FW-1: Gefährdete Fichtenbestände

daher schon heute als risikoreiche Wirtschaftsbaumart. Der Klimawandel wird – selbst bei moderatem Temperaturanstieg – dieses Anbaurisiko weiter verstärken. Probleme, die jetzt nur Randregionen des Fichtenanbaus betreffen, werden zukünftig wohl auch in Gebieten auftreten, die bislang als ertragreiche Anbaugelände mit beherrschbarem oder zumindest tolerierbarem Risiko galten.

Mit der Bundeswaldinventur werden seit 2002 alle zehn Jahre thüringenweit die Wälder erfasst. Überlagert man die kartierten Fichtenreinbestände mit den Klimaverhältnissen des jeweiligen Erfassungszeitraums, dann lassen sich diejenigen Bestände identifizieren, die in besonders warmer und trockener Umgebung aufwachsen und als nicht mehr standortgerecht einzustufen sind. Die Bodenverhältnisse, die ebenfalls eine wichtige Rolle für diese Beurteilung spielen, können allerdings noch nicht berücksichtigt werden. An dieser methodischen Verbesserung wird gearbeitet.

Die Entwicklung zwischen 2002 und 2012 zeigt, dass es infolge gezielter Waldumbaumaßnahmen und gelegentlich auch infolge des Ausfalls von Waldbeständen zu einer Verkleinerung der Fläche mit Fichtenreinbestockung gekommen ist. Gleichzeitig wird aber auch deutlich, dass eine größere Fichtenfläche in höhere Klimarisikostufen geraten ist. Bezogen auf die jeweils aktuelle Fichtenfläche haben sich die Flächen mit geringem und sehr geringem Risiko um 1,3 Prozentpunkte verringert, die mit deutlich erhöhtem, hohem und sehr hohem Risiko hingegen um 9,0 Prozentpunkte vergrößert. In diesen sich ausdehnenden Risikogebieten besteht eine besondere Notwendigkeit, die Bestände an den Klimawandel anzupassen und beispielsweise die Fichte im Rahmen des Waldumbaus zumindest teilweise durch standortgerechte Baumarten zu ersetzen oder sie im Bewusstsein des höheren Risikos andersartig zu bewirtschaften. Die bisherige Entwicklung des Indikators weist darauf hin, dass im Freistaat die

Bestrebungen zum Fichten-Waldumbau nicht mit dem sich vollziehenden Klimawandel schritthalten können.

Siehe auch:

I-FW-3 Schadholzaufkommen nach Schadensursachen

I-FW-4 Schadholzaufkommen durch Borkenkäfer

Holzzuwächse könnten sich verändern

Aussagen zu Veränderungen der Zuwachsraten lassen sich auf der bisherigen Datengrundlage für Thüringen noch nicht treffen. Bundesweite Entwicklungen liefern jedoch Hinweise auf einen Zuwachsrückgang bei fast allen Baumarten im Vergleich der Perioden 2002-2008 und 2008-2012. Unter anderem wird hierfür die Zunahme von Trockenjahren verantwortlich gemacht.

Der Klimawandel hat Auswirkungen auf den Holzzuwachs der Waldbäume und nimmt damit Einfluss auf eine der zentralen forstwirtschaftlichen Größen. Die Richtung der Produktivitätsveränderung hängt allerdings stark vom Standort des jeweiligen Bestands ab. So kann sich der Zuwachs bei Baumarten, die an ihren aktuellen Standorten durch Kälte limitiert sind, bei Temperaturzunahme erhöhen. Auch düngende Effekte durch eine erhöhte Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre und vermehrten Stickstoffeintrag können sich positiv auf die Zuwachsraten auswirken. Produktivitätseinbußen sind dagegen auf Standorten zu erwarten, an denen es für die Baumarten

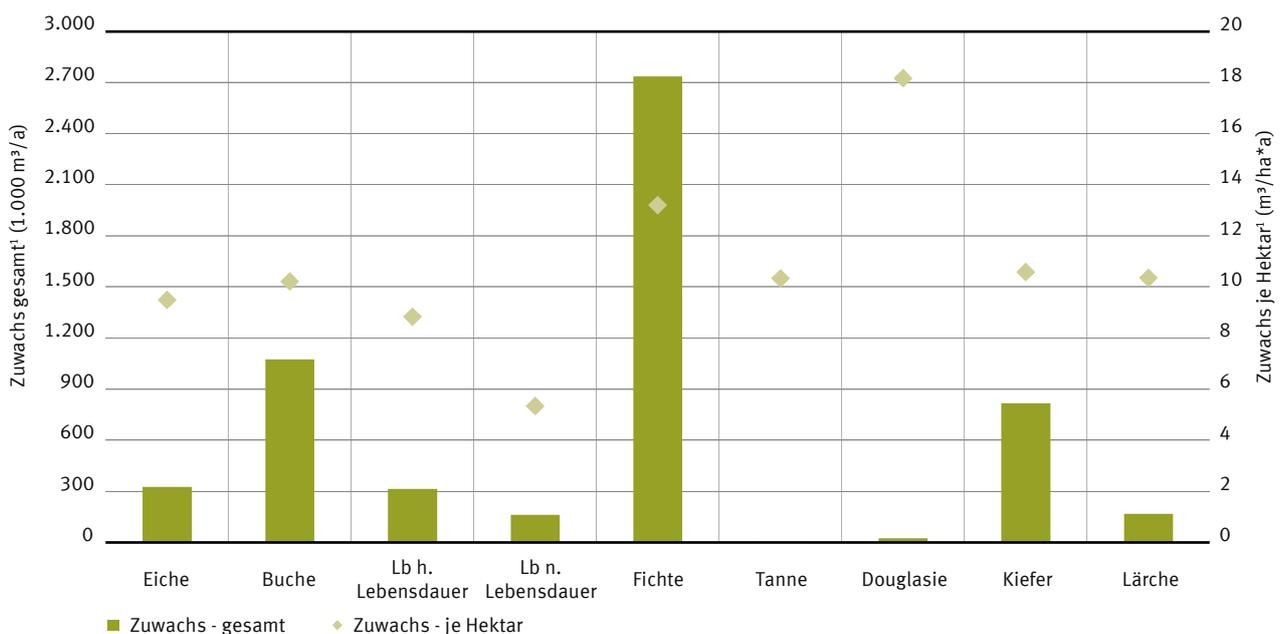
schon heute zu trocken und zu warm ist. Auch Stürme oder erhöhter Schädlingsbefall führen dazu, dass Zuwächse nicht realisiert werden können.

Neben direkten und indirekten witterungsbedingten Einflüssen auf den Zuwachs ist zu berücksichtigen, dass auch zahlreiche andere Faktoren die Zuwachsraten beeinflussen. Zuwächse variieren beispielsweise in Abhängigkeit von Baumart, Waldtyp, Baumalter sowie Nährkraft und Wasserverfügbarkeit des Bodens. Die Entwicklung der Zuwachsraten wird daher auch von der Altersklassenstruktur der Bestände abhängen.

Auch Einflüsse der Bewirtschaftung der Wälder spielen eine große Rolle.

Aussagen zum Zuwachs bei den einzelnen Baumarten in Thüringen lassen sich auf der Grundlage von Erhebungen im Rahmen der Bundeswaldinventur treffen. Da bisher nur zwei Erhebungen durchgeführt wurden, sind Auswertungen nur zu den Zuwächsen zwischen 2002 und 2012, noch nicht aber zur Veränderung von Zuwachsraten möglich. Erst die nächste Inventur im Jahr 2022 wird hierzu Aussagen zulassen.

In Thüringen gehört die Fichte zu den zuwachsstärksten Baumarten. Dies



¹Zeitraum: 2002-2012

Datenquelle: ThüringenForst-AöR (Bundeswaldinventur)

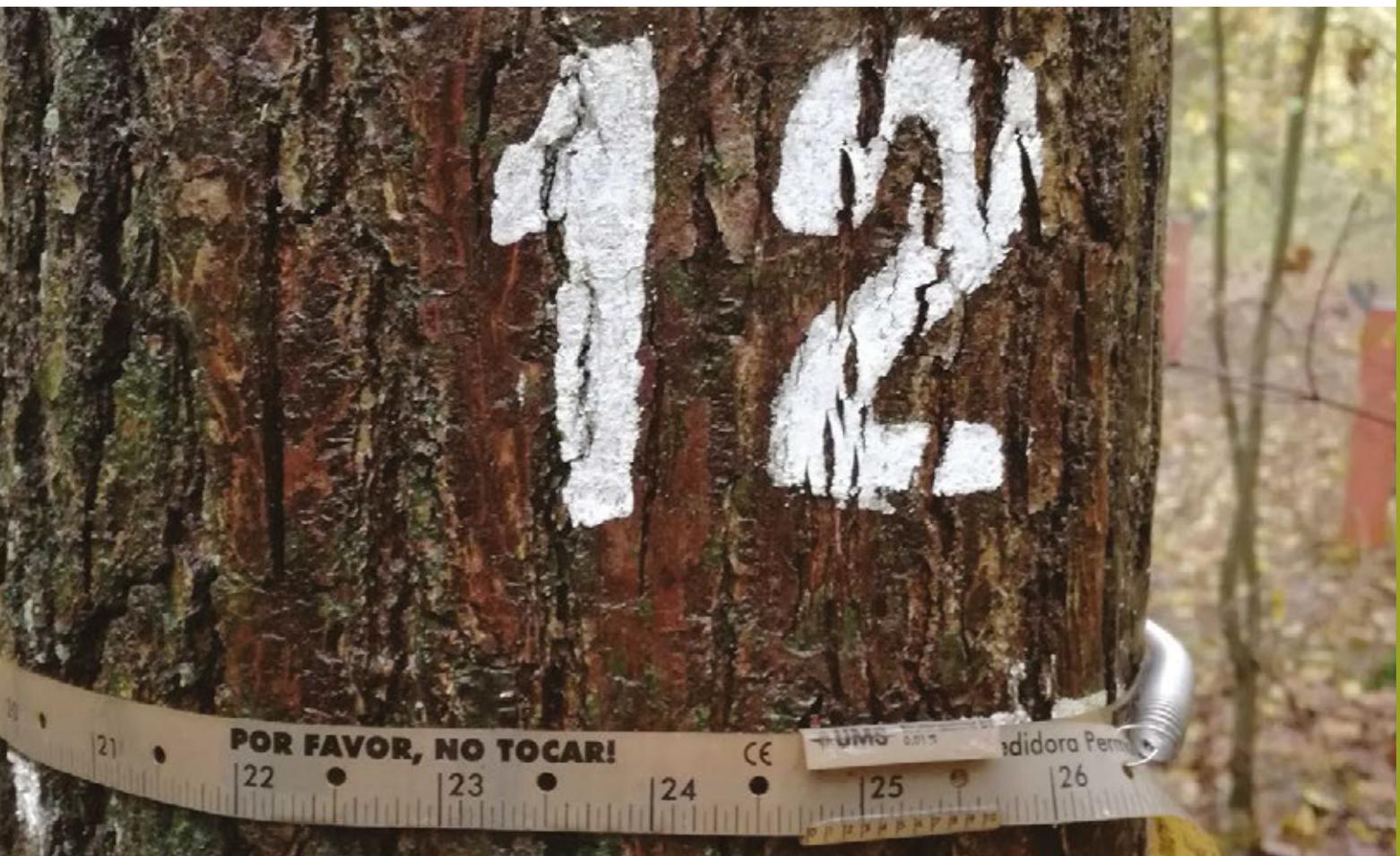
gilt sowohl für den jährlichen Zuwachs pro Hektar als auch für den insgesamt erzielten Zuwachs. Insbesondere Letzterer ist wesentlich von der noch immer ausgedehnten Fichtenfläche bestimmt. Als noch flächenproduktiver erweist sich die Douglasie, die in der Forstwirtschaft Europas auch vermehrt als Alternative zur Fichte und Buche diskutiert wird, da sie gut mit wärmeren und trockeneren Verhältnissen zurechtkommt. Ihr Anbau wird aber aus naturschutzfachlicher Sicht vielfach auch kritisch gesehen, da es sich um eine Baumart handelt, die natürlicherweise bisher in Thüringen nicht heimisch war. Als Hoffnungsträger gilt, neben Buche und Eiche mit mittlerem und vermutlich stabilem Zuwachsvermögen, auch die Tanne. Sie wurzelt tiefer als die Fichte und regeneriert sich nach Trockenheit schneller. Als waldbaulich besonders wertvolle Baumart könnte sie künftig in Thüringen wieder eine größere Rolle spielen. Mit Blick auf die Zuwachsdaten von Douglasie, Tanne und anderer seltener vorkommender Baumartengrup-

pen (die in der Kategorie der Laubbäume hoher bzw. niedriger Lebensdauer zusammengefasst sind) muss allerdings einschränkend darauf hingewiesen werden, dass die Stichprobenerhebungen in der Bundeswaldinventur weniger sichere Ergebnisse zum Zuwachs liefern als für die weit verbreiteten Baumarten.

Die bloße Betrachtung der aktuellen Zuwachsraten darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass eine allein an aktuell hohen Produktivitäten ausgerichtete Forstwirtschaft den umfassenden Nachhaltigkeitsanforderungen nicht genügen kann. Die Gewährleistung sehr unterschiedlicher Waldfunktionen, wie Naturschutz, Lärmschutz und Erholung erfolgt durch zielgerichtete Gestaltung geeigneter Waldbilder mit unterschiedlichen Baumarten und -anteilen. Auch eine stärkere Risikostreuung durch eine intensivere Baumartenmischung ist ein wichtiges aktuelles forstliches Bewirtschaftungsziel.

Siehe auch:

I-LW-3 Ertragsschwankungen



Winterstürme bisher Hauptverursacher für Schadh Holz

Stürme, Schneebruch, Trockenheit sowie Insekten- und Pilzbefall können zu ungeplanten Holznutzungen in Wäldern führen. In Thüringen haben in den letzten zwei Jahrzehnten Stürme die umfangreichsten Zwangsnutzungen verursacht. Solche Extremereignisse können als Folge des Klimawandels zunehmen und eine geregelte, nachhaltige Forstwirtschaft erschweren. Ein unmittelbarer statistischer Zusammenhang zwischen Schadh Holz mengen verschiedener Ursachen und dem zunehmenden Klimawandel ließ sich in der Zeitreihe 1993-2015 nicht nachweisen.

Wald und Forstwirtschaft sind gegenüber dem Klimawandel anfällig und exponiert. Der Einfluss beispielweise durch Stürme, Nassschnee oder Insektenbefall kann erheblich sein und die Wirtschaftsführung im Forstbetrieb stark beeinflussen. Durch solche Schadereignisse kann es zu einem erhöhten Anfall von Wurf-, Bruch- und Schadh Holz kommen. Bäume, die eigentlich nicht für die zeitnahe Nutzung vorgesehen waren und im Waldbild langfristig Funktionen erfüllen sollten, müssen gefällt oder entnommen werden. Man spricht in diesem Falle von Zwangsnutzungen oder zufälligen Nutzungen.

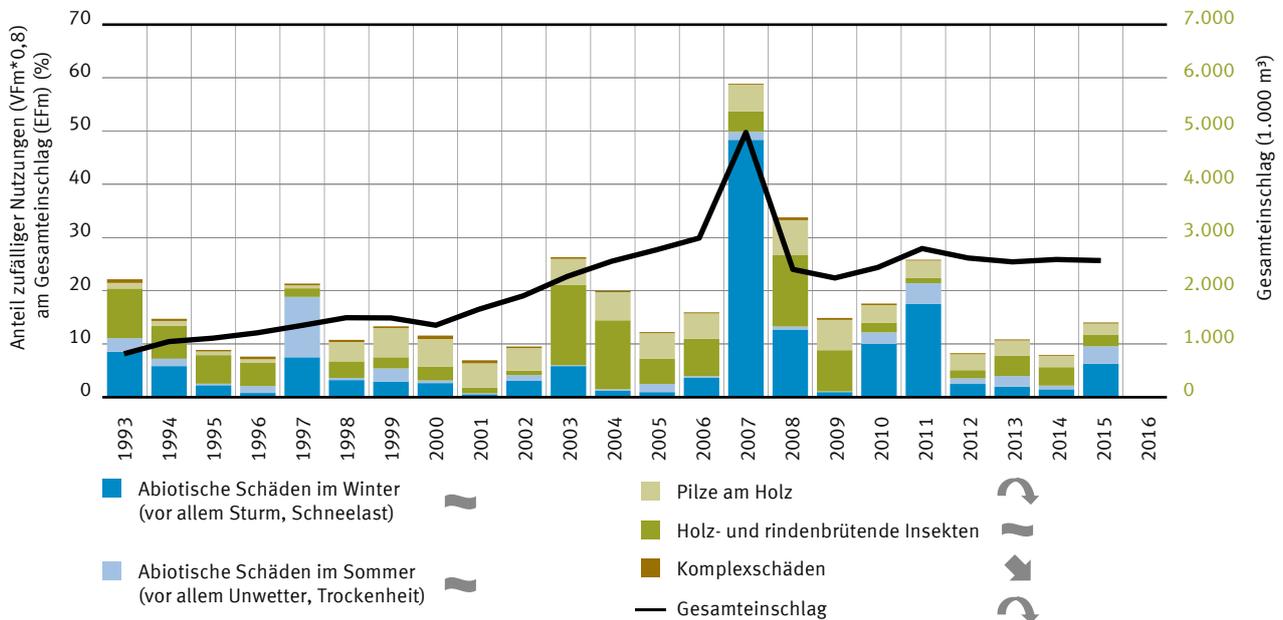
Solche zufälligen Holznutzungen können – insbesondere nach regionalen Groß-

schadensereignissen – erhebliche Kapazitäten in den Forstbetrieben binden und die Umsetzung geplanter Maßnahmen einer nachhaltigen Waldnutzung und -bewirtschaftung behindern, verzögern oder sogar für längere Zeit vereiteln. Häufig ist der Holzverkaufspreis von Kalamitätsholz geringer oder der Holzmarkt insgesamt durch große Mengenzufuhren über längere Zeiträume destabilisiert. Hinzu kommt, dass die Aufarbeitungskosten in geschädigten Beständen deutlich höher sind. Auch die gesetzliche Pflicht zur Wiederaufforstung von Schadh Flächen im Wald hat finanzielle Belastungen für die Forstwirtschaft zur Folge, weil Mehrkosten für zeitnahe Pflanzungen und Waldpflegen entstehen, wo sonst natürliche

Waldverjüngung eine preiswerte und naturnahe Option gewesen wäre.

Betrachtet man die Entwicklung der letzten zwei Jahrzehnte, so wird deutlich, dass Zwangsnutzungen in den thüringischen Wäldern einen erheblichen, in einzelnen Jahren einen über 25 %igen Anteil am Gesamteinschlag ausmachen können. Berücksichtigt man zusätzlich, dass in Forstwirtschaftsjahren mit besonders großen Schadereignissen der Gesamteinschlag bedingt durch das Schadh geschehen überdurchschnittlich hoch ist, können die in diesen oder auch nachfolgenden Jahren realisierten Zwangsnutzungen auch deutlich mehr als 100 % des üblichen, geplanten,





Datenquelle: ThüringenForst-AöR (Waldschutzmeldewesen), Agrarstatistik (Holzeinschlag)

I-FW-3: Schadholzaufkommen nach Schadensursachen

nachhaltigen Gesamtein Schlags entsprechen. In Thüringen war dies im Jahr 2007 aufgrund des Orkans Kyrill der Fall.

Abhängig von der Situation im jeweiligen Jahr können die Dimensionen und Ursachen für zufällige Nutzungen unterschiedlich sein. Über die zurückliegenden 23 Jahre hinweg betrachtet hatten abiotische Schäden im Winter, also Schäden durch Winterstürme, Schnee- und Eislasten, einen Anteil von fast 50% am Schadholzaufkommen. Die Problematik könnte sich in Zukunft noch verschärfen, unter anderem wenn sich als Folge des Klimawandels in den Wintermonaten Sturmintensitäten und -häufigkeiten steigern oder Schnee- und Regenfälle bzw. Kalt- und Warmphasen schneller abwechseln und Probleme durch Nassschneeauflagen und Eis- oder Reifanhang zunehmen. An zweiter Stelle stehen Insektenschäden, die in der Betrachtungsperiode für ein Viertel des Schadholzes verantwortlich waren. Häufig treten Insektenschäden auch als Folge

von Sturmschäden auf, wenn Bäume durch diese Vorschädigung besonders anfällig für Schädlingsbefall sind und sich einzelne Würfe und Brüche auf großer Fläche so unübersichtlich verteilen, dass eine rechtzeitige Beseitigung stark erschwert ist. Auch wenn Sommerstürme bisher nur einen vergleichsweise geringen Anteil an den Schäden haben, ist zu beobachten, dass diese Stürme aufgrund der veränderten klimatischen Verhältnisse vermehrt auftreten. Hier bedarf es einer weiteren Beobachtung der Auswirkungen. Sommerliche Trockenschäden werden häufig nicht explizit angesprochen, da sie sich von anderen Schadensbildern nur wenig klar abgrenzen lassen.

In der vorliegenden Zeitreihe lässt sich für die unterschiedlichen Ursachen kein Trend zu ansteigenden Schadholzmen gen statistisch belegen. Die Zeitreihe ist stark durch einzelne größere Extremereignisse geprägt. So hat der Orkan Kyrill im Januar 2007 in Thüringen auf rund 11.000 Hektar Fläche Windbruchschäden

verursacht. Es sind in der Folge fast drei Millionen Kubikmeter Holz angefallen. Vor allem im Jahr danach kam es dann zu einem verstärkten Befall durch Insekten und Pilze. Auch der Hitzesommer 2003 verursachte relativ hohe Schadholzmen gen durch Insekten. Typisch für Schäden durch Insekten ist, dass sich deren Massenvermehrung über mehrere Folgejahre hinziehen kann und anschließend nur langsam abklingt, sofern erfolgreich Maßnahmen des Waldschutzes zur Anwendung kommen.

Siehe auch:

I-FW-4 Schadholzaufkommen durch Borkenkäfer

Schadinsekten profitieren von Wärme und Trockenheit

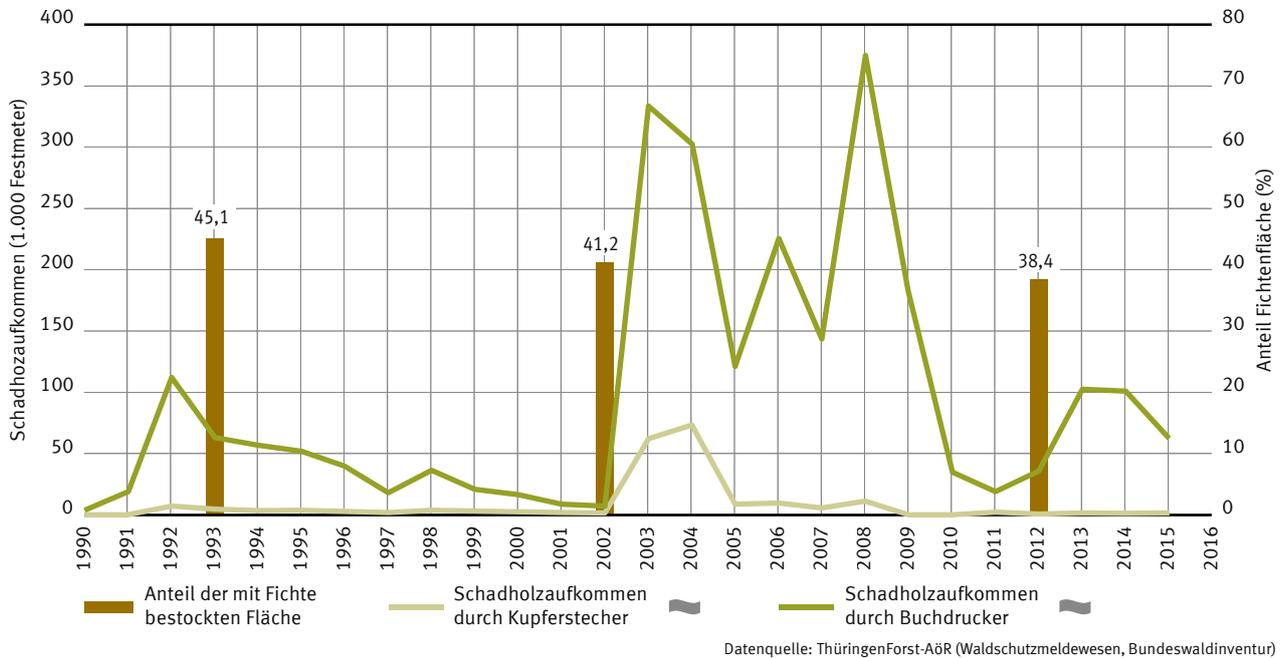
Buchdrucker und Kupferstecher sind derzeit die bedeutendsten Schadinsekten in den Fichtenwäldern Thüringens. Vor allem von 2003 bis 2009 hatte es die Forstwirtschaft in Thüringen mit einem starken Befall durch beide Fichtenborkenkäferarten zu tun. Die Folgen der Winterstürme sowie heiße und trockene Sommer gaben den Anstoß zu diesen Massenvermehrungen, weil Bäume dadurch vorgeschädigt waren und Brutmaterial für die Käfervermehrung boten. Ein statistisch gesicherter Trend zu allgemein zunehmenden Borkenkäferschäden liegt in der Zeitreihe 1990-2015 aber nicht vor.

Während viele Bäume und Wälder durch veränderte Witterungsbedingungen, insbesondere Sommertrockenheit, an Vitalität verlieren können, können einige Schädlinge und Krankheitserreger von den veränderten Umweltbedingungen profitieren. Da Insekten wechselwarme Tiere sind, werden sie bei Wärme aktiver und vermehren sich auch schneller. Dies gilt auch für viele Schadinsekten in den Wäldern Thüringens. Die günstigeren Bedingungen für die Insekten müssen aber nicht immer zum Nachteil der Wälder sein. So können ebenso auch Nützlinge profitieren, oder es könnte zu einer günstigen zeitlichen Entkoppelung vom Blattaustrieb und der Entwicklung blattfressender Insektenstadien kommen.

Unter den holz- und rindenbrütenden Schadinsekten spielen die Borkenkäfer eine bedeutende Rolle. In Europa gibt es über hundert Borkenkäferarten. In Thüringen geht die größte Bedrohung von den auf die Fichte spezialisierten Rindenbrütern Buchdrucker und Kupferstecher aus. Dabei ist das Schadholzaufkommen durch den Buchdrucker insgesamt deutlich höher als das durch den Kupferstecher. Dies liegt unter anderem am zunehmenden Alter der Fichtenbestände, denn der Buchdrucker befällt vorzugsweise ältere, dickere Bäume. In älteren Beständen konzentriert sich der Kupferstecher auf den bei der Schadansprache von den Forstpraktikern nur schwer einsehbaren Kronenraum. Er ist aber auch in der Lage, jüngere Bestände zum Absterben zu bringen.

Für den Buchdrucker gilt inzwischen als gesichert, dass höhere Temperaturen dazu führen, dass die Käfer früher im Jahr schwärmen können und infolgedessen über die zwei üblichen Generationen hinaus noch eine zusätzliche dritte Generation im Jahr ausbilden. Hinzu kommt, dass höhere Temperaturen und Trockenstress das Harzvermögen der Bäume und damit eine entscheidende Abwehrreaktion des Baumes gegenüber Einbohrversuchen schwächen. Dies erleichtert den Käfern das Eindringen in die Rinde und ihre Vermehrung. Die umfangreichen Schäden durch Borkenkäfer im Jahr 2003 sind auf die besonders heiße und trockene Witterung zurückzuführen. Demgegenüber sichern ein feuchtes Frühjahr und ein regenreicher Frühsommer die Wasserver-





I-FW-4: Schadholzaufkommen durch Borkenkäfer

sorgung der Bäume und das Harzvermögen und verbessern damit deren Abwehrvermögen gegen Buchdruckerangriffe.

In Wäldern, die durch Stürme oder auch Schneelasten geschädigt sind, haben die Borkenkäfer ebenfalls leichtes Spiel. Sie nutzen zunächst den üppigen Brutraum der Schadhölzer und vermehren sich dort so stark, dass der Befall in der Fläche kaum kontrollierbar ist und auch benachbarte (noch) stehende Bäume befallen werden können. Damit begründet sich auch das hohe Schadensniveau in 2008. Nach dem Sturm Kyrill Anfang 2007 waren durch den hohen Anfall an Wurf- und Bruchholz auf großer, verstreuter Fläche sehr günstige Bedingungen für eine Massenvermehrung der Borkenkäfer gegeben.

Über die dargestellte Zeitreihe hinweg betrachtet lassen sich keine statistischen Trends ermitteln. Dies gilt sowohl für die betrachteten Schadholzmengen als auch für die Anzahl von Befallsstellen. Wie im Falle des Indikators zum Schad-

holzaufkommen durch verschiedene Schadensursachen ist auch die Entwicklung dieses Indikators stark von Extremereignissen und deren Folgejahren geprägt und daher statistisch kaum belastbar.

Eine weitere Verringerung der Anbaufläche der Fichte und die Beschränkung auf für die Baumart günstige Böden und Klimabereiche werden zu einer Verringerung des Befalls in Zukunft beitragen. Gleichzeitig ist es wichtig, den Borkenkäferflug, die Reproduktionsfolge, befallene Bestände und Rundholzlager sowie die Witterung sorgfältig zu überwachen und befallenes Holz so schnell wie möglich zu entfernen, um die Vermehrung und Ausbreitung der Käfer zu verhindern. Hierbei ist die Präsenz von forstlichen Fachkräften auf der ganzen Waldfläche in Thüringen besonders wichtig, um Regelungen des Thüringer Waldgesetzes zum Waldschutz anwenden zu können.

Neben den Borkenkäfern, zu denen auch der Lärchenborkenkäfer, der

Nadelnutzholzbohrer sowie der zwei-, sechs- und zwölfzählige Kiefernborckenkäfer gehören, werden in Thüringen auch Schäden durch nadelfressende Insekten festgestellt. Auch im Falle der Laubbäume ist eine Vermehrung von Schädlingen und Krankheitserregern zu befürchten. Auf Eichen spezialisiert sind Schwammspinner, die Frostspannerarten, Grüner Eichenwickler, Eichenprozessionsspinner und Eichenprachtkäfer, wobei der Letztergenannte häufig Bestände angreift, die bereits vorher in Mitleidenschaft gezogen worden sind. Durch den Klimawandel sind grundsätzlich neue Schadinsekten, Pilze und Läuse an Bäumen auf dem Vormarsch.

Siehe auch:

I-FW-3 Schadholzaufkommen nach Schadensursachen

I-FW-1 Gefährdete Fichtenbestände

S-TP-3 Hitze

Trotz zunehmender Waldbrandgefahr nicht mehr Waldbrände

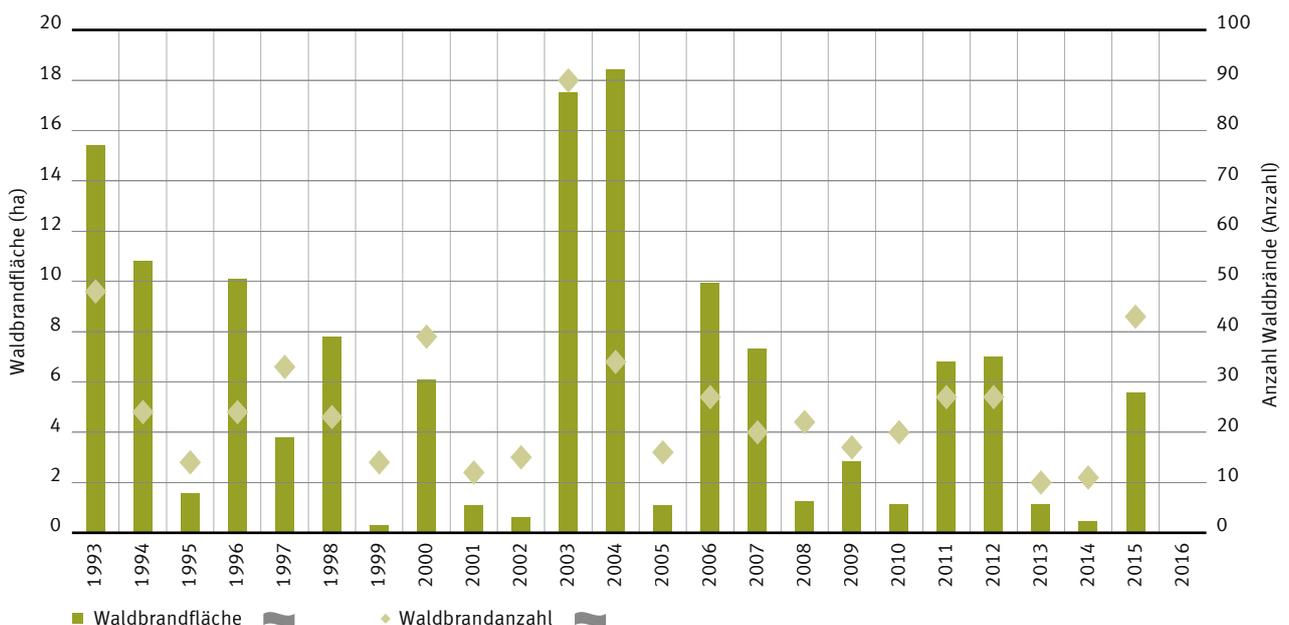
Die jährliche Anzahl von Waldbränden und die Waldbrandfläche sind in Thüringen bisher gering. Allerdings zeigte die witterungsbedingte Waldbrandgefährdung in den zurückliegenden 50 Jahren einen signifikant ansteigenden Trend. Gute Prävention sowie die frühe Erkennung und abgestimmte Bekämpfung von Waldbränden sind daher wichtige Voraussetzungen, um die Wälder auch in Zukunft effektiv zu schützen.

Für das Waldbrandgeschehen sind vor allem zwei Faktoren wichtig: Dies ist zum einen das menschliche Handeln, denn viele Waldbrände entstehen durch Brandstiftung oder Fahrlässigkeit. Zum anderen sind die Witterungsverhältnisse entscheidend. Vor allem in heißen und niederschlagsarmen Perioden steigt die Waldbrandgefahr. Wie schnell sich Feuer im Wald ausbreitet und Schaden verursachen kann, ist von der Waldstruktur, der Baumartenzusammensetzung und vom Vorhandensein brennbaren Materials im Wald abhängig. Bedeutsam ist außerdem,

wie frühzeitig Brände entdeckt und wie effektiv sie bekämpft werden. Vor allem die vermehrte Nutzung von Mobiltelefonen hat in den letzten Jahren dazu beigetragen, dass Waldbrände schon in einem frühen Stadium gemeldet und die Einsatzkräfte alarmiert werden konnten. Ein gutes Waldwegenetz und umfangreiche, auch digitale Karten helfen Einsatzkräften heute, möglichst schnell und direkt an Brandherde und Feuerfronten zu gelangen.

Grundsätzlich verändern sich das Verhalten potenzieller menschlicher Brand-

verursacher, die Struktur und Artenzusammensetzung des Waldes sowie die Feuerüberwachungs- und Feuerlöschkapazitäten eher langsam und kontinuierlich, sodass sich größere Unterschiede im Brandgeschehen zwischen den Jahren in der Regel nicht auf diese Faktoren zurückführen lassen. Demgegenüber variieren die Witterungsbedingungen sowie Menge und Qualität des brennbaren, trockenen Materials stärker von Jahr zu Jahr. Ein besonders intensives Brandgeschehen in einzelnen Jahren lässt sich daher zumeist auf den spezifischen Witterungsverlauf



Datenquelle: ThüringenForst-AöR (Waldbrandfläche und -anzahl), DWD (FWI)

I-FW-5: Waldbrandgefährdung und Waldbrand – Waldbrandanzahl und -fläche

im jeweiligen Jahr zurückführen. So treten in den zurückliegenden Jahren vor allem die Jahre 2003 und 2004 deutlich hervor. Der heiße und trockene Sommer 2003 führte zu einer im Jahresvergleich deutlich höheren Anzahl von Waldbränden in Thüringen, wobei die mittlere Fläche der einzelnen Brände im Durchschnitt der betrachteten 23 Jahre liegt. Die auffallend große Waldbrandfläche in 2004 bei einer gleichzeitig durchschnittlichen Anzahl von Waldbränden kam vor allem durch drei polizeilich verfolgte Brandstiftungen im ehemaligen Forstamsbereich Mühlhausen zustande, denen innerhalb von nur elf Tagen insgesamt zwölf Hektar Wald zum Opfer fielen. Seit 1993 zeichnet sich aber kein Trend im tatsächlichen Waldbrandgeschehen ab. Es gibt weder eine Zu- noch eine Abnahme der Waldbrandanzahl und -fläche. Thüringen gilt nach wie vor auch im bundesweiten Vergleich als Gebiet mit geringer Waldbrandgefahr.

Anders stellt sich die Situation bei Betrachtung der witterungsbedingten

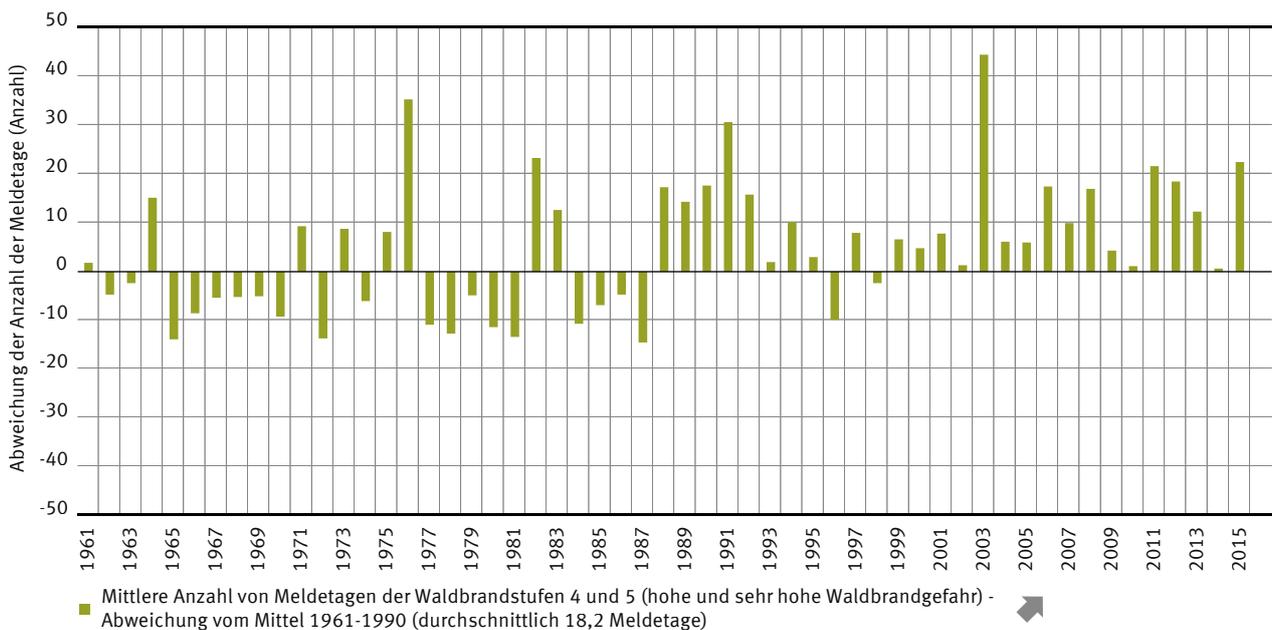
Waldbrandgefährdung dar. Die aus meteorologischen Größen ermittelte Gefährdung wird jährlich für die Waldbrandsaison von Anfang März bis Mitte Oktober ermittelt. Die Tage, an denen witterungsbedingt eine hohe oder auch sehr hohe Waldbrandgefahrstufe gemeldet wurde, haben in den letzten 50 Jahren signifikant zugenommen. Innerhalb der Zeitreihe erhöhte sich die Anzahl der Meldetage mit Waldbrandwarnstufe 4 und 5 um 3,8 Tage pro Dekade. Ermittelt man die Abweichung vom Mittel der 30-Jahresperiode 1961 bis 1990, dann war seit Ende der 1990er Jahre mit Ausnahme von 1996 und 1998 in allen Jahren die Anzahl der Meldetage hoher und sehr hoher Waldbrandgefahr größer als im Mittel dieser Vergleichsperiode. Auch bei dieser Betrachtung wird die hohe Gefährdung im Jahr 2003 augenscheinlich. Den Klimaprojektionen folgend wird sich die Waldbrandgefährdung bereits kurz- bis mittelfristig weiter erhöhen, wobei die tatsächliche Brandgefahr in den Wäldern einzelner Landesteile Thüringens unterschiedlich ausfallen kann. Vor allem die

Ostthüringer Region mit ihren Kiefernbeständen und den relativ trockenen Böden gilt als besonders gefährdet.

Ungeachtet des inzwischen erreichten relativ hohen Niveaus der Waldbrandprävention und der Abstimmung der Waldbrandbekämpfung könnten die steigende klimatische Waldbrandgefährdung und die zunehmende Inanspruchnahme des Naturraumes Wald durch Erholungssuchende künftig zu einer Zunahme von Brandereignissen führen. Weitere Maßnahmen der Prävention von Waldbränden erscheinen vor diesem Hintergrund erforderlich. Sie sollten in Relation zu anderen, gravierenderen Klimarisiken für den Wald jedoch maßvoll und weniger prioritär sein.

Siehe auch:

- S-TP-3 Hitze
- S-NI-1 Jahresniederschlag
- S-NI-5 Trockenperioden



Datenquelle: ThüringenForst-AöR (Waldbrandfläche und -anzahl), DWD (FWI)

I-FW-5: Waldbrandgefährdung und Waldbrand – Waldbrandgefährdung

Waldzustand ist annähernd stabil

Witterungseinflüsse haben Einfluss auf den Waldzustand. Vor allem der nachteilige Einfluss extrem heißer und trockener Witterung kann über mehrere Jahre nachwirken. Dennoch kann aus derzeitiger Sicht noch nicht von einem witterungsbedingten Dauerstress für die Wälder Thüringens gesprochen werden.

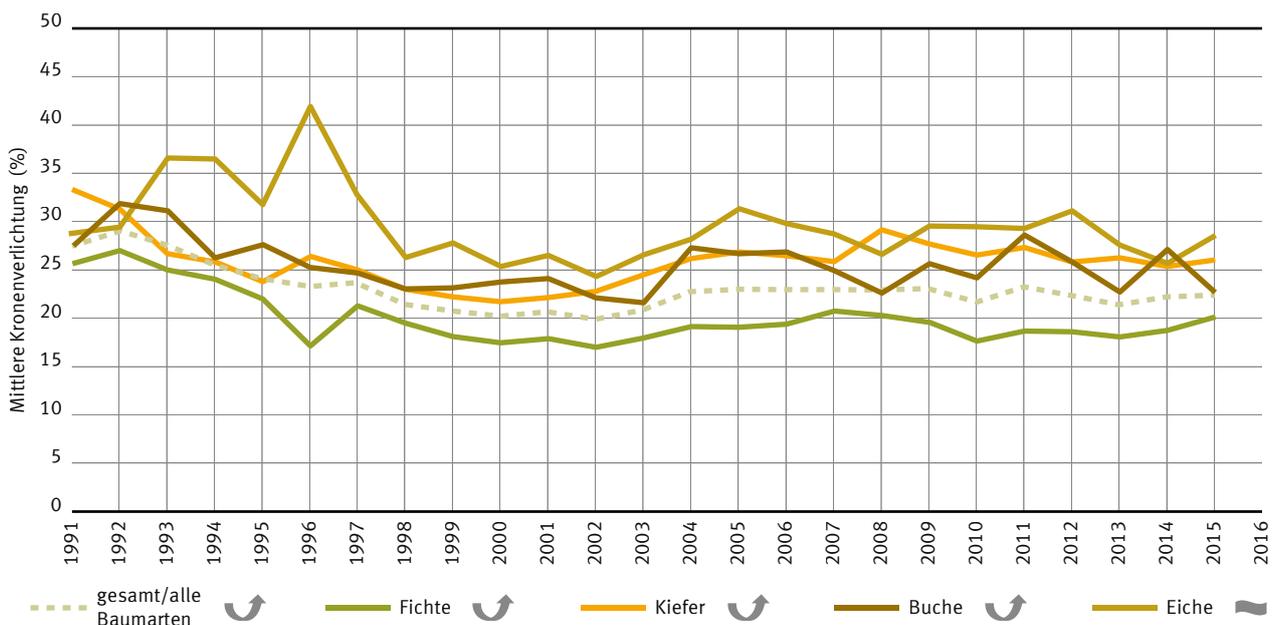
Der Zustand des Waldes wird von vielen Faktoren beeinflusst. Neben den Standortverhältnissen, dem Stoffeintrag und der Nutzung durch den Menschen spielen insbesondere auch die klimatischen Bedingungen eine entscheidende Rolle.

Seit 1991 hat sich der Zustand des Waldes in Thüringen insgesamt verbessert. Das zeigen die jährlich wiederkehrenden Beurteilungen der Kronen ausgewählter Bäume. Der Zustand der Waldbäume verbesserte sich im landesweiten Durchschnitt um rund 4%. Verfärbungen bzw. Vergilbungen im Kronenraum werden heute seltener beobachtet als noch zu Beginn der 1990er Jahre. Der Anteil

deutlich geschädigter Bäume ist um rund 20% gesunken. Bei genauerer Betrachtung der Zeitreihe wird allerdings klar, dass dem Rückgang der Schäden und der Kronenverlichtung von 1991 bis 2002 ein erneuter Wiederanstieg in den anschließenden Jahren folgte.

Die Verbesserung des Gesundheitszustands des Waldes seit den 1990er Jahren ist insbesondere Ergebnis einer gezielten Luftreinhaltepolitik, mit der die Schwefeldioxid-Emissionen erfolgreich reduziert werden konnten. Sie stellten über viele Jahre mit der damit verbundenen Versauerung eine große Belastung für den Wald dar. Faktoren, die heute

den Waldzustand negativ beeinflussen, sind die klimatischen Veränderungen, die Ausbreitung bislang nicht relevanter Schadinsekten und -pilze sowie die hohe Stickstoffbelastung. Es ist davon auszugehen, dass die Häufung von überdurchschnittlich warmen Witterungsperioden und Niederschlagsdefiziten inzwischen einen maßgeblichen Anteil an der Entwicklung des Waldzustands hat. Allerdings gibt es noch keine Hinweise auf einen nennenswerten klimatischen Dauerstress für den Wald, der sich in einem langfristig verstärkten Nadel- bzw. Blattverlust niederschlägt. Aber die Folgen von Jahren mit extremer Witterung, vor allem mit Hitze und Trockenheit,



Datenquelle: FFK Gotha (Waldzustandserhebung)

I-FW-6: Waldzustand

zeigen sich deutlich in der Kronenverlichtung. Besonders klar war der Einfluss des trockenen und heißen Jahres 2003, das in den beiden Folgejahren bei allen vier Hauptbaumarten zu einer Zunahme der Kronenverlichtung geführt hat.

Für die Bewertung des Waldzustands ist einschränkend darauf hinzuweisen, dass eine Kronenverlichtung zumindest bei den Laubbäumen nicht immer als Schaden zu interpretieren ist oder zwangsläufig Schäden nach sich zieht. Sie ist auch eine angemessene Anpassungsreaktion vitaler Bäume, die in Zeiten knapper Wasserressourcen ihre Blattmasse reduzieren, um Verdunstungsverluste zu begrenzen. Problematisch wird es allerdings dann, wenn diese Situationen in dichter zeitlicher Folge immer wieder auftreten. Dann kann es zu einer nachhaltigen Minderung der Vitalität und Produktivität bis hin zum Absterben des Baumes kommen. Nadelbäume reagieren hingegen weniger spontan mit Nadelverlusten, da sie mehr in ihre dauerhafteren

Nadeln investieren müssen. Daher ist bei einer Verlichtung der Nadelbaumkrone in der Regel von einer Schädigung der Bäume auszugehen.

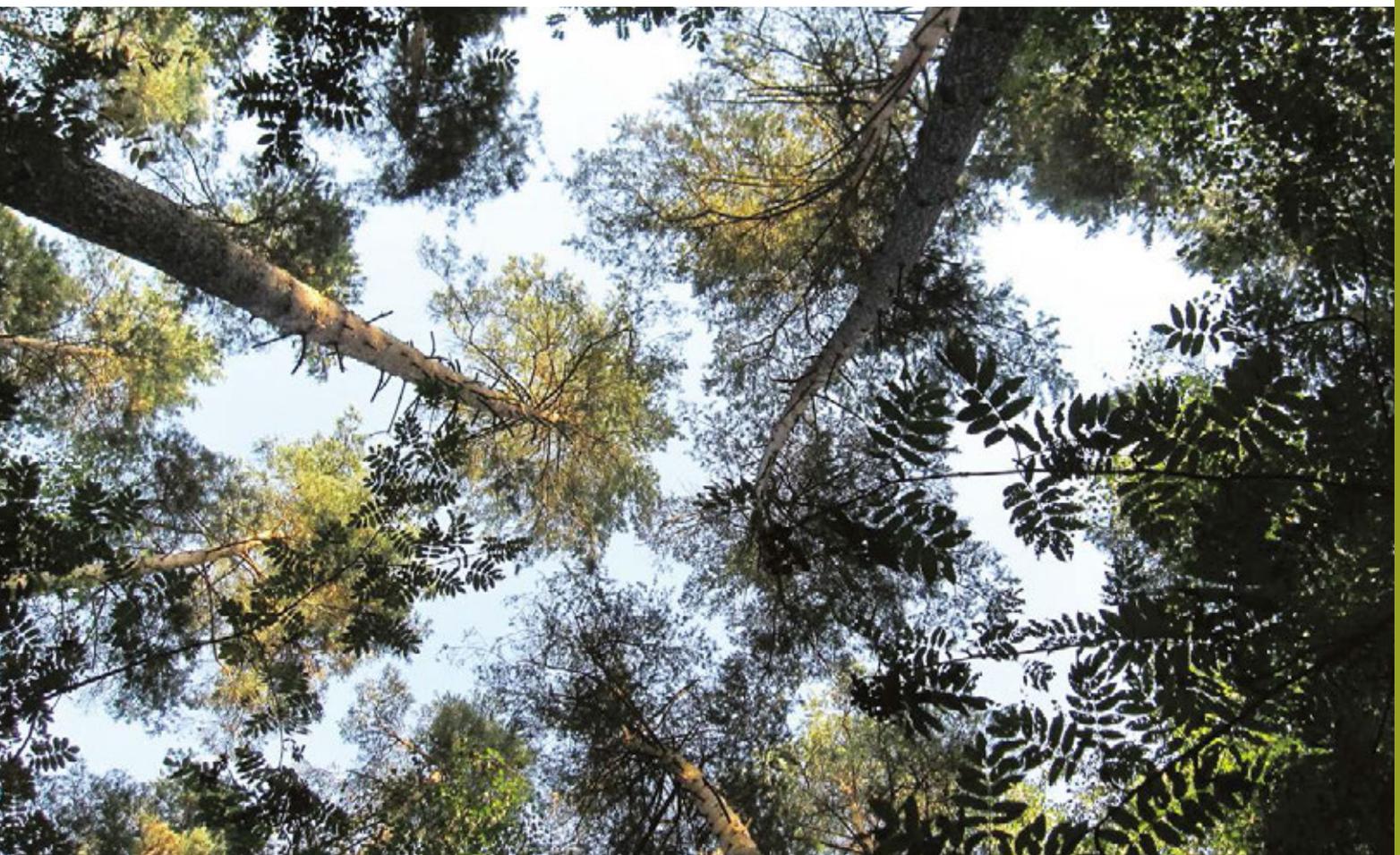
Einfluss auf die Belaubung und Bena-delung hat auch die Fruktifikation der Bäume, da die Investition des Baumes in Blüte und Fruchtbildung aufwändig ist und zu Lasten der Bildung der Nadel- und Blattmasse erfolgt. Die Blüte und Fruchtbildung von Waldbäumen ist in zunehmendem Maße Ausdruck von Stress, ist also als eine Notfruktifikation einzustufen.

Regional stellt sich die Situation inner-halb Thüringens unterschiedlich dar. Im ostthüringischen Hügelland stocken die von Kiefern und Fichten dominierten Wäl-der auf meist nährstoffarmen und zum Teil trockenen Standorten. Hinzu kommt, dass der überwiegende Teil beobachteter Bestände in der Zeitreihe inzwischen hohe Baumalter erreicht hat. Seit 2008 hat sich in diesem Bereich der Anteil

gesunder Bäume auffallend verringert. Ähnlich verläuft die Entwicklung im Süd-thüringisch-Oberfränkischen Hügelland. Demgegenüber zeichnet sich beispiels-weise im nordthüringischen Hügelland, wo Buche und Eiche dominieren, eine leichte positive Tendenz ab. Hier hat der Anteil gesunder Bäume in den letzten Jahren wieder leicht zugenommen. Dies gilt auch für die Fichtengebiete des Thü-ringer Gebirges und des Vogtlandes.

Siehe auch:

I-FW-2 Holzzuwachs





Zielsetzung des Naturschutzes in Thüringen ist es, die biologische Vielfalt zu erhalten und gleichzeitig die Leistungs- und Funktionsfähigkeit sowie die nachhaltige Nutzungsfähigkeit der Naturgüter zu sichern. Die Natur ist dabei nicht statisch, sondern unterlag natürlicherweise schon immer einer gewissen Dynamik. Diese gilt es auch im Naturschutz zu akzeptieren. Die Empfindlichkeit von Arten, Artengemeinschaften und Ökosystemen gegenüber klimawandelbedingten Veränderungen ergibt sich vor diesem Hintergrund weniger durch eine Klimaveränderung an sich, sondern vielmehr durch die Geschwindigkeit, in der sich diese vollzieht, und durch zusätzliche Belastungen wie beispielsweise die Intensität der Landnutzung, den Flächenverbrauch

und die Zerschneidung von Lebensräumen sowie den Eintrag von Nähr- und Schadstoffen. Arten und Artengemeinschaften von Tieren und Pflanzen müssen die Möglichkeit haben, sich allmählich an veränderte Standortbedingungen anzupassen oder andere Räume aufzusuchen, die ihren Ansprüchen besser entsprechen.

Der Klimawandel vollzieht sich derzeit so schnell, dass der natürlichen Anpassung von Arten und Artengemeinschaften deutliche Grenzen gesetzt werden. Dies führt zum Verlust von Arten und Lebensräumen, die bisher den Charakter der thüringischen Landschaft und Artenausstattung ausgemacht haben.

Legende für die Trendsymbole

-  linear steigender Trend
-  linear fallender Trend
-  kein signifikanter Trend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst steigend, dann fallend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst fallend, dann steigend

Klimawandel verschiebt jahreszeitliche Zyklen

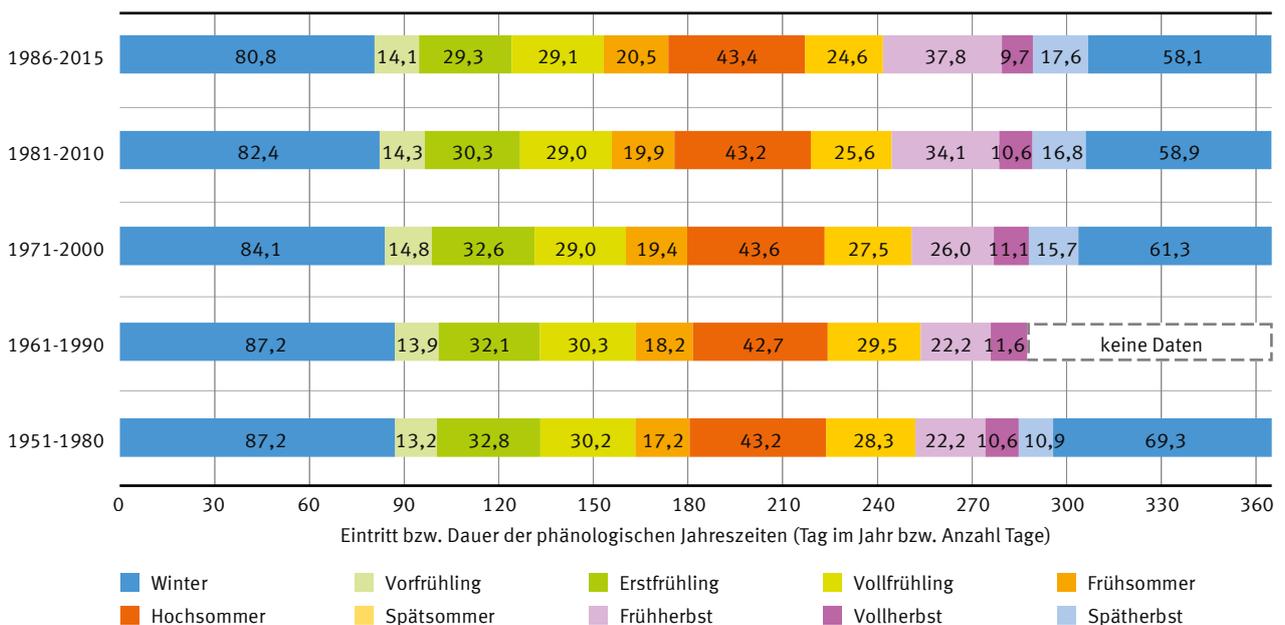
Im Verlauf eines Jahres verändern Tiere und Pflanzen in charakteristischer Weise ihr Erscheinungsbild und ihre Lebensvorgänge. Sie folgen damit den Veränderungen der Witterung und der Länge der Tagezeiten. Langfristige Klimaveränderungen drücken sich in entsprechenden zeitlichen Verschiebungen dieser phänologischen Abläufe aus. Sie lassen sich darüber auch besser beschreiben als über einfache Veränderungen des Temperatur- und Niederschlagsregimes. Der Winter ist seit Mitte des vorigen Jahrhunderts in Thüringen kürzer geworden. Der Frühling kommt früher und der Herbst wird länger.

Wie sich Tieren und Pflanzen im Jahresverlauf entwickeln und verhalten, ist in erheblichem Maße vom Jahresgang der Temperatur und des Niederschlags abhängig. Die zeitliche Aufeinanderfolge dieser jahreszeitlichen Entwicklungsphasen ist Gegenstand sogenannter phänologischer Beobachtungen, die unter anderem erfassen, wann Pflanzen blühen und fruchten oder wann der Kuckuck zum ersten Mal im Jahr ruft und der Vogelzug einsetzt. Diese Beobachtungen erfolgen seit vielen Jahren systematisch in einem

bundesweiten phänologischen Beobachtungsnetz des Deutschen Wetterdienstes. Zu einem erheblichen Teil werden die Daten von ehrenamtlichen Beobachtern übermittelt. In Thüringen umfasst das Netz rund 700 Meldestellen.

Bei Betrachtung des Verlaufs der phänologischen Jahreszeiten über die Jahrzehnte hinweg wird deutlich, welche dieser Jahreszeiten verfrüht oder verspätet einsetzen bzw. welche sich verlängern oder verkürzen. Für die Bestimmung des

Beginns der zehn phänologischen Jahreszeiten wird der mittlere Eintrittstermin von zehn Ereignissen in der Entwicklung ausgewählter Wildpflanzenarten herangezogen, die sich verlässlich erfassen lassen und die besonders eng mit Veränderungen der Witterung verbunden sind. So markiert beispielsweise der Blühbeginn des Huflattichs das Einsetzen des Vorfrühlings und damit die Beendigung des Winters, zu Beginn des Frühlommers blüht der Schwarze Holunder, zu Beginn des Hochsommers die Sommerlinde. Der



Datenquelle: DWD (Phänologisches Beobachtungsnetz)

I-NA-1: Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten

Spätherbst setzt mit der herbstlichen Blattverfärbung der Stieleiche ein, und der Blattfall der Stieleiche markiert den Beginn des Winters.

Der Start der jeweiligen phänologischen Phase ist dabei weniger eine unmittelbare Reaktion auf die momentane Temperatur zum Zeitpunkt des Phaseneintritts, sondern ist vielmehr Spiegel der Temperatursumme in der Zeit davor. Für die Herbstphasen, die über Fruchtreife, Blattverfärbung und Blattfall beschrieben werden, beeinflussen neben der Temperatur auch die Niederschläge den Eintritt der Phasen. Da sich mit dem Klimawandel Temperaturen und Niederschläge im Jahresverlauf verändern, schlägt sich der Klimawandel auch in veränderten phänologischen Zyklen nieder.

Betrachtet man die Entwicklungen in Thüringen seit 1951 im jeweils 10-jährlich gleitenden 30-Jahresmittel, so wird deutlich, dass sich der Winter um mehr als zwei Wochen verkürzt hat. Die

Frühlingsphasen setzten entsprechend früher im Jahr ein, wurden aber ähnlich schnell, in der Tendenz sogar schneller durchlaufen. Deutlich verlängert hat sich demgegenüber der Frühherbst. Er setzte mit der Reife der Früchte des Schwarzen Holunders früher ein und wurde erst später im Jahr von der beginnenden Blattverfärbung der Hängebirke beendet.

Veränderungen in den phänologischen Jahreszeiten sind zum einen Ausdruck der Anpassung von Pflanzen an die sich verändernden Klima- und Witterungsbedingungen. Auch Tiere vollziehen diese Anpassungen, indem sie wie beispielsweise im Falle der Vögel ihre Zug- und Brutzeiten verändern. Die Beobachtungen hierzu erfolgen aber in Deutschland bisher noch nicht systematisch, sodass sich diese Veränderungen nicht darstellen lassen. Zum anderen haben die phänologischen Veränderungen aber auch Auswirkungen auf viele Wechselbeziehungen zwischen Arten in Ökosystemen. Beispiele hierfür sind Raupen verschie-

dener Schmetterlingsarten, die auf junge Blätter bestimmter Bäume oder Sträucher als Nahrungsquelle angewiesen sind. Finden diese Raupen infolge einer schnelleren Entwicklung der Pflanzen nur noch ältere, unverdauliche Blätter vor, so kann dies schwerwiegende Folgen für ihre Entwicklung haben. Insbesondere wenn solche engen Abhängigkeiten von unterschiedlichen Tier- und Pflanzenarten bestehen, können zeitliche Entkopplungen von Entwicklungsprozessen ganze Populationen gefährden.

Siehe auch:

- I-LW-1 Dauer der landwirtschaftlichen Vegetationsperiode
 - I-LW-2 Blüte von Winterraps
 - I-GE-2 Pollensaison allergener Wildpflanzen
-



Artengemeinschaften verändern sich

Als Folge des Klimawandels werden die Vorkommen der Arten neu verteilt. Mit einer Veränderung des Temperatur- und Niederschlagsregimes wandeln sich die Lebensraumbedingungen, an die die Arten angepasst sind. Dies kann einen regionalen Verlust von Arten, aber auch einen Zugewinn bisher nicht heimischer Arten zur Folge haben. In jedem Fall verändert sich die Zusammensetzung von Artengemeinschaften. In Thüringen spielen den Beobachtungen in den letzten 25 Jahren zufolge wärmebedürftige Arten in der Artengemeinschaft der Libellen eine immer bedeutendere Rolle.

Die sich verändernden klimatischen Bedingungen, die sich unter anderem in einer Verschiebung phänologischer Phasen niederschlagen, nehmen Einfluss auf die Zusammensetzung von Artengemeinschaften. Vor allem wechselwarme Organismen wie Insekten mit kurzen Generationswechseln reagieren vergleichsweise spontan auf veränderte Umweltbedingungen. Anhand der Artengemeinschaft der Libellen lassen sich diese Veränderungen eindrücklich darstellen. Da Libellen für ihre Vermehrung auf Gewässer und Feuchtlebensräume angewiesen sind, sind sie von Klimaveränderungen vergleichsweise unmittelbar betroffen. Gewässer können sich erwärmen oder bei großer sommerlicher Hitze zumindest zeitweise und in Teilen austrocknen. Die Konkurrenz um die verbleibenden

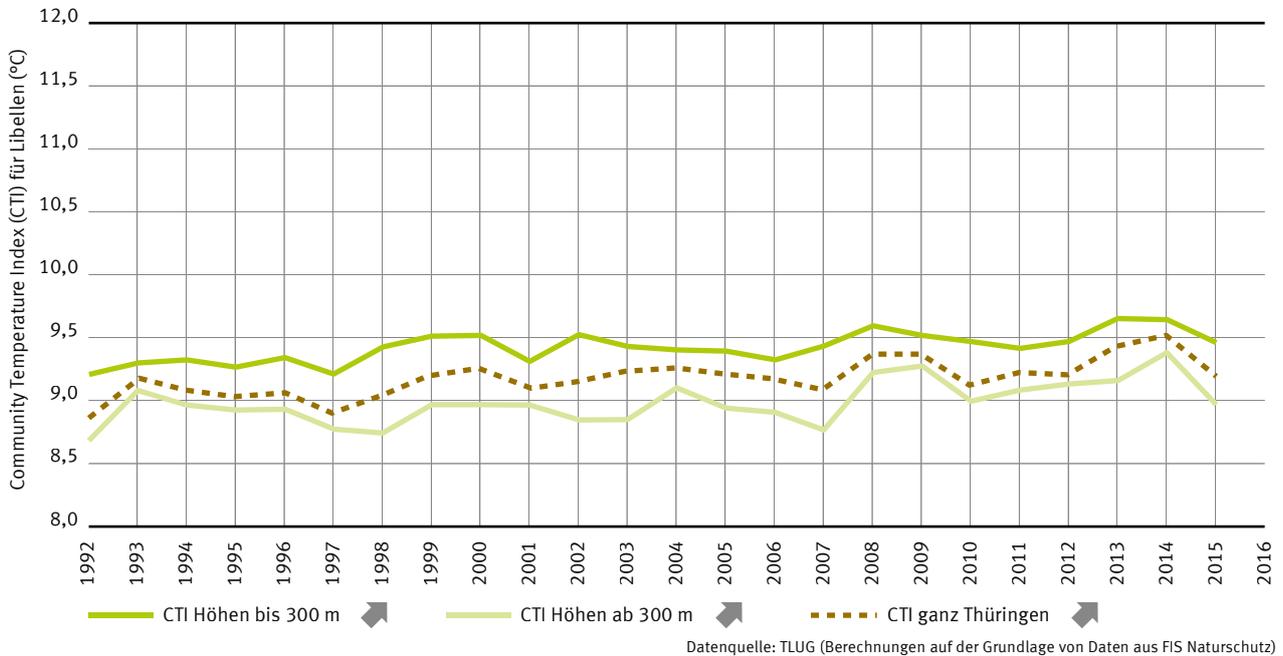
Eiablageplätze wird dann zwischen und innerhalb der Arten größer. Außerdem erhöht sich die Gefahr des Durchfrierens von Gewässern im Winter, wenn die Wasserspiegel sinken. Dies bringt die Larven in Bedrängnis, die dort überwintern. Als besonders gefährdet gelten vor allem die Moor- und Gebirgsarten.

Eine neue Studie ergab, dass die Libellenarten der Still- und der Fließgewässer von Klimaveränderungen unterschiedlich betroffen sind. Stillgewässer-Libellenarten nutzen ihre potenziellen Lebensräume grundsätzlich besser aus als Fließgewässer-Libellenarten und breiten sich stärker und flexibler aus. Dies liegt daran, dass Stillgewässer langfristig gesehen immer instabilere Lebensräume für die Insekten sind, denn Teiche und

Tümpel verlanden und verschwinden als Lebensraum schneller als Bäche oder Flüsse. Dieses schon immer bestehende Risiko von Lebensraumveränderung oder -verlust kompensieren die Stillgewässerarten durch höhere Ausbreitungsfähigkeit. Demgegenüber erreichen Fließgewässer-Libellen, deren Lebensräume sich nachteilig verändern, die für sie besser geeigneten neuen Lebensräume oft nicht.

Auf die Zusammensetzung der Artengemeinschaften wirken sich außerdem auch die Verluste eher kältetoleranter und das Hinzukommen eher wärmebedürftiger Arten aus. So profitiert beispielsweise die Feuerlibelle, die ursprünglich aus Südafrika stammt und bis vor rund 20 Jahren vor allem im





I-NA-1: Community Temperature Index für Libellen

Mittelmeerraum beheimatet war, von der inzwischen wärmeren Witterung. Sie gilt als Paradebeispiel für die Ausbreitung einer südlichen Art infolge des Klimawandels und wurde deshalb 2011 auch zur Libelle des Jahres gekürt. Über Süddeutschland eingewandert hat sie ihr Verbreitungsgebiet in Deutschland bis nach Norddeutschland ausgeweitet.

Betrachtet man die Temperaturansprüche derjenigen Arten, aus denen sich eine Artengemeinschaft in einem definieren Raum zusammensetzt, so lassen sich Verschiebungen deutlich machen. Um den Einfluss von Klimaveränderungen auf Artengemeinschaften abzubilden, wurde der Community Temperature Index (CTI) entwickelt. Für jede Art einer Artengemeinschaft wird dabei die mittlere Temperatur ihres Verbreitungsgebiets ermittelt und für alle Arten der in einem bestimmten Raum beheimateten Artengemeinschaft gemittelt. Aus den Daten des Libellenmonitorings für Thüringen lässt sich ab 1992 jährlich der CTI-Wert

ermitteln. Im Rückblick der letzten 25 Jahre ergibt sich ein signifikant steigender Trend. Das bedeutet, die Zusammensetzung der Artengemeinschaft hat sich hin zu wärmebedürftigeren Arten verschoben. Dies gilt in vergleichbarer Weise für unterschiedliche Höhenstufen.

Die dargestellte Dynamik in der Artensammensetzung lässt sich zunächst nicht eindeutig bewerten. Es kommt nicht zwangsläufig zu einer Artenverarmung, denn mit den steigenden Temperaturen bereichern auch neue Arten die heimische Tierwelt. Allerdings ist es je nach Artengruppe stark von der Geschwindigkeit der Entwicklungen abhängig, ob Anpassungen möglich sind. Grundsätzlich gilt, dass Arten bzw. Artengemeinschaften dann am besten durch räumliche Verlagerungen ihres Lebensraums reagieren können, wenn andere Belastungen gering sind und die Wanderung durch günstige Landschaftsstrukturen möglich ist. Dem Biotopverbund und der Schaffung geeigneter Trittsteinbiotope kommt daher

unter Klimawandelbedingungen eine gesteigerte Bedeutung zu. Vor allem Arten, die sehr spezifische Lebensraumansprüche haben, werden zu den Verlierern des Klimawandels gehören.

Siehe auch:

I-WW-5 Wassertemperatur stehender Gewässer



Verkehrswesen

Thüringen liegt in einer zentralen Lage im deutschen Verkehrsinfrastrukturnetz. National und international bedeutende Verkehrswege verlaufen durch den Freistaat und verbinden Thüringen mit den angrenzenden Bundesländern und den europäischen Nachbarstaaten. Im Straßennetz sind dies die Bundesautobahnen A 4 und die A 38 in Ost-West-Richtung sowie die in Nord-Süd-Richtung Autobahnen A 9, die A 71 und A 73. Im Schienenverkehr steuern die überregionalen ICE-Verbindungen die Bahnhöfe in Eisenach, Erfurt, Gotha, Jena und Saalfeld an. Hinzu kommen zahlreiche Bundesstraßen und ein weitverzweigtes Netz an Land-, Kreis- und Gemeindestraßen sowie die öffentlichen Verkehrsmittel des regionalen Bahn- und Busverkehrs, die den Freistaat in der Fläche erschließen.

Sichere Verkehrswege und zuverlässige Verkehrsmittel sind eine wichtige Voraussetzung dafür, dass Wirtschaft und Gesellschaft funktionieren können. Da die Infrastrukturen und ihre Nutzer Wetter und Witterung sehr unmittelbar ausgesetzt sind, wer-

den sich die klimatischen Veränderungen auch auf das Verkehrssystem auswirken. So wird sich die Beanspruchung der Verkehrswege beispielsweise durch Frost, (Stark-)Regen aber auch Hitze verändern, Schädigungen können zunehmen und einen höheren Aufwand für die Instandhaltung nach sich ziehen. Für die Verkehrsteilnehmer, vor allem im Straßenverkehr, können die klimatischen Veränderungen möglicherweise zunehmende Unfallrisiken bedeuten. Beispielsweise, wenn zunehmende Starkregenfälle häufiger Aquaplaning hervorrufen, wenn die Schnee- und Eisglätte im Winter zunächst intensiver wird, oder wenn Stürme häufiger die Verkehrssicherheit an exponierten Stellen, zum Beispiel hohen Talbrücken, beeinträchtigen. Um möglichen Gefahren durch die sich ändernden Rahmenbedingungen vorzubeugen, können Maßnahmen an der Infrastruktur selbst, aber auch an Betrieb und Management ansetzen. Unabhängig davon ist ein an Wetter und Witterung angepasstes Verkehrsverhalten selbstverständliche Aufgabe aller Verkehrsteilnehmer.

Legende für die Trendsymbole

-  linear steigender Trend
-  linear fallender Trend
-  kein signifikanter Trend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst steigend, dann fallend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst fallend, dann steigend

Sicherer Straßenverkehr bei jedem Wetter

In strengen, langen und schneereichen Wintern erhöhen Schnee und Eis die Gefahr von Straßenverkehrsunfällen. Im Jahr 2010, in dem der Winter Thüringen sowohl im Januar und Februar als auch im November und Dezember fest im Griff hatte, waren Schnee- und Eisglätte eine (Mit-)Ursache von annähernd 10 % aller Straßenverkehrsunfälle mit Personenschaden im Freistaat. Glätte bei Regen spielt eine insgesamt geringere Rolle als Unfallursache.

Wetter und Witterung können das Verkehrsgeschehen auf der Straße in vielfältiger Weise beeinflussen. Bei Schnee und Eis oder auch bei Regen nimmt die Reibung zwischen Reifen und Straße ab, mit der Folge, dass die glatten oder regen-nassen Fahrbahnen schwieriger zu befahren sind. Im Fall des Aquaplanings zum Beispiel bei Starkregen kann der Kontakt zur Fahrbahn ganz verloren gehen, sodass keine Lenk- oder Bremskräfte mehr auf die Straße übertragen werden. Verschiedene Ursachen wie Nebel, Starkregen, Schneetreiben, die Verwehung von feinen Bodenteilchen oder die Rauchbildung bei Flächenbränden können die Sichtverhältnisse auf den Straßen beeinträchtigen. Starker (Seiten-)Wind kann insbesondere auf Brücken den Verkehr behindern. Im Sommer können sich Hitzebelastungen auf die Konzentration der Verkehrsteilnehmer auswirken oder in extremen Fällen

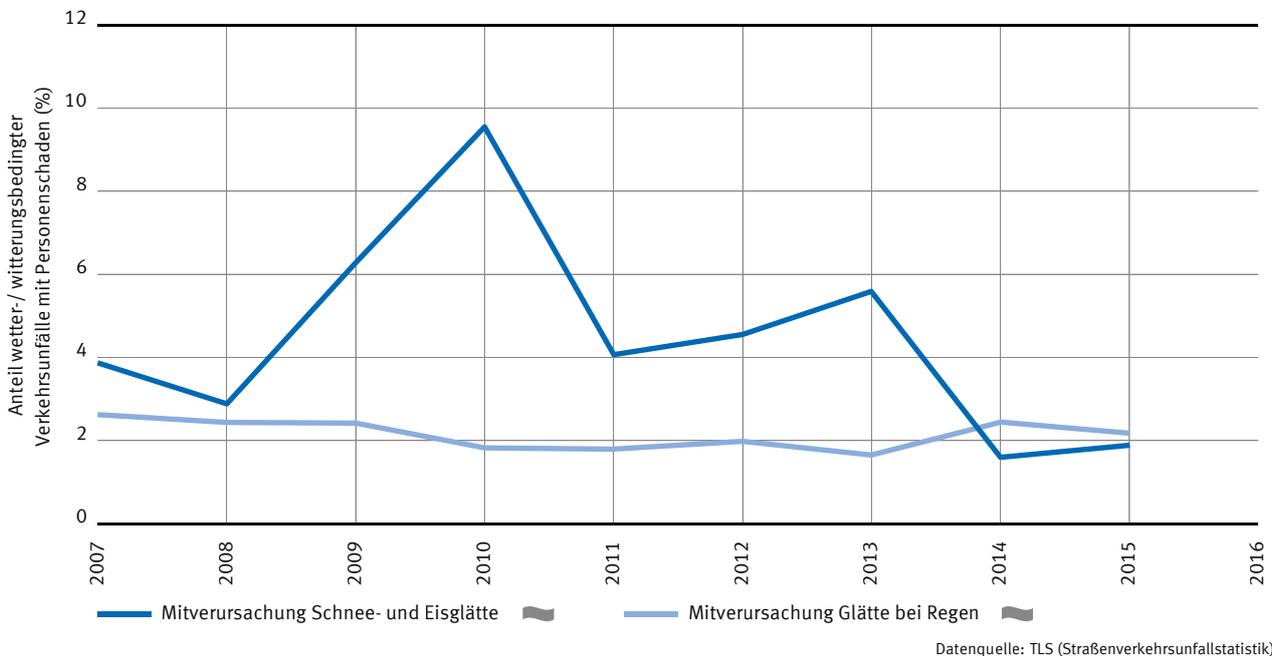
auch zu plötzlich auftretenden Schäden am Straßenbelag führen (Blow-ups). Treten solche wetter- und witterungsbedingte Faktoren auf, geht dies in aller Regel mit Störungen des Verkehrsablaufs einher, sie können aber auch die Entstehung von Unfällen mitverursachen. Die projizierten Änderungen der klimatischen Bedingungen werden Einfluss auf diese Faktoren nehmen. Sie können sich damit auch auf das Unfallgeschehen auswirken.

Der Indikator greift mit der Schnee- und Eisglätte und der Glätte bei Regen, die Aquaplaning einschließt, zwei für Thüringen relevante wetter- und witterungsbedingte Faktoren heraus. Er zeigt deren Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit anhand der sogenannten Mitverursachung von Unfällen mit Personenschaden, das heißt von gravierenderen Unfällen. Die Erhebung der zugrundeliegenden

Daten erfolgt durch die den jeweiligen Unfall aufnehmenden Polizeibeamten. Sie dokumentieren die Witterungseinflüsse durch Schnee- und Eisglätte sowie Glätte durch Regen nach eigenem Ermessen als Mitverursacher des Unfalls.

Trotz der damit verbundenen teilweisen Subjektivität bildet die Datengrundlage vor allem extremere Jahre gut ab, wie das Beispiel des Jahres 2010 belegt. Zum einen war der Winter 2009/2010 wie schon der vorangegangene Winter sehr lang und schneereich, vor allem aber schlägt sich der frühe und heftige Wintereinbruch im November 2010 in der Unfallstatistik nieder. Die winterlichen Straßenverhältnisse verbunden mit Eis und Schnee ließen in diesem Monat die Zahl der Unfälle in Thüringen in die Höhe schnellen. Auch im Jahre 2013 kam es zu einer erhöhten Zahl von Unfällen, die durch winterliche Stra-





I-VK-1: Wetter- und witterungsbedingte Straßenverkehrsunfälle

Benverhältnisse mitverursacht wurden. Im Unterschied zu den Wintern 2008/09 und 2010/11 war der Winter 2012/13 zwar weniger kalt und insgesamt auch nicht besonders schneereich. Insbesondere in den tieferen Lagen des Landes fiel allerdings an sehr vielen Tagen Neuschnee, der zu schneeglatten und damit gefährlichen Straßenverhältnissen führte.

Das Unfallgeschehen in den Wintermonaten ist – bezogen auf ganz Deutschland – dadurch gekennzeichnet, dass zwar in der Regel mehr Unfälle auftreten, es aber seltener zu Unfällen mit Personenschäden kommt. Gründe hierfür werden in einem jahreszeitlich bedingt unterschiedlichen Verkehrsaufkommen und einer unterschiedlichen Struktur der Verkehrsteilnehmer gesehen. Beispielsweise sind im Winter weniger Motorradfahrer im Straßenverkehr unterwegs. Im Verlauf des Winters treten typischerweise auch Gewöhnungseffekte ein, und die Verkehrsteilnehmer bewegen sich angepasst an die schwierigeren Straßenbedingungen vor-

sichtiger fort. Die Unfallzahlen sind daher von Januar bis März bzw. April tendenziell gering, während die Monate Oktober bis Dezember im langjährigen Durchschnitt besonders unfallträchtig sind.

Die Unfälle mit einer Mitverursachung durch Glätte bei Regen – für die bislang ebenso wie für die Verkehrsunfälle bei Schnee- und Eisglätte kein signifikanter Trend zu verzeichnen ist – sind beinahe durchweg von geringerer Bedeutung für das Unfallgeschehen als die winterlichen Straßenverkehrsunfälle. Markante Unterschiede zwischen den Jahren zeigt die Zeitreihe bislang nicht. Da in den dargestellten Jahren Extremniederschläge sehr unterschiedlich auftraten, kann dies ein Erfolg der Maßnahmen sein, die zur Verringerung von Aquaplaning-Gefahren ergriffen wurden. Aquaplaning entsteht zum einen in entwässerungsgestörten Fahrbahnzonen. Beispielsweise kann sich Wasser in Spurrillen ansammeln, die infolge der Belastung durch den Schwerlastverkehr im Straßenbelag entstanden sind.

Zum anderen treten bei mehrstreifigen Fahrbahnen, vorwiegend an Autobahnen, entwässerungsschwache Zonen dort auf, wo in ebenem Gelände die Querneigung der Fahrbahn wechselt. Hier können kurze Abschnitte bestehen, in denen die Fahrbahn kein Gefälle besitzt und das Wasser nicht abfließen kann. Während Spurrillen baulich beseitigt werden können, ist dies bei entwässerungsschwachen Zonen nicht ohne weiteres möglich. In diesen Bereichen wird daher in der Regel die zulässige Höchstgeschwindigkeit bei Regen begrenzt, um das Unfallrisiko zu verringern.

Siehe auch:

S-SN-1 Schneedeckentage

S-GW-1 Gewitter

I-VK-2 Streusalzverbrauch auf Bundesfernstraßen und Landesstraßen

I-VK-1 Windbedingte Straßenverkehrseinschränkungen

Trotz Klimaerwärmung bleibt Winterdienst notwendig

Der Verbrauch von Streusalz auf den Bundesfernstraßen und Landesstraßen schwankt im Verlauf der letzten 15 Jahre sehr stark. Verhältnismäßig viel Salz musste witterungsbedingt in den Wintern 2004/05, 2005/06, 2009/10, 2010/11 und insbesondere 2012/13 eingesetzt werden, in den Jahren dazwischen zum Teil deutlich weniger. Auf Autobahnen wird dabei je Streckenkilometer jährlich etwa so viel Salz ausgebracht wie für Bundes- und Landesstraßen zusammengenommen.

Um das Unfallrisiko durch Schneefall und Eisbildung bei Frost oder durch überfrierende Nässe für alle Verkehrsteilnehmer zu verringern und auch in der kalten Jahreszeit möglichst sichere Straßenverkehrsverhältnisse zu gewährleisten, lassen die Straßenbaulastträger in der Zeit von Oktober bis April Maßnahmen des Winterdienstes durchführen. Räum- und Streufahrzeuge befreien die Straßen von Schnee und Eis und bringen Streumittel wie Splitt oder Tausalze aus, damit die Straßen sicher befahrbar sind.



Den Projektionen zufolge soll der Klimawandel langfristig zu tendenziell mildereren Wintern führen, in denen besonders in tieferen Lagen mehr Niederschlag als Regen fallen wird. Bundesweit wird daher auf lange Sicht erwartet, dass die winterlichen Einschränkungen

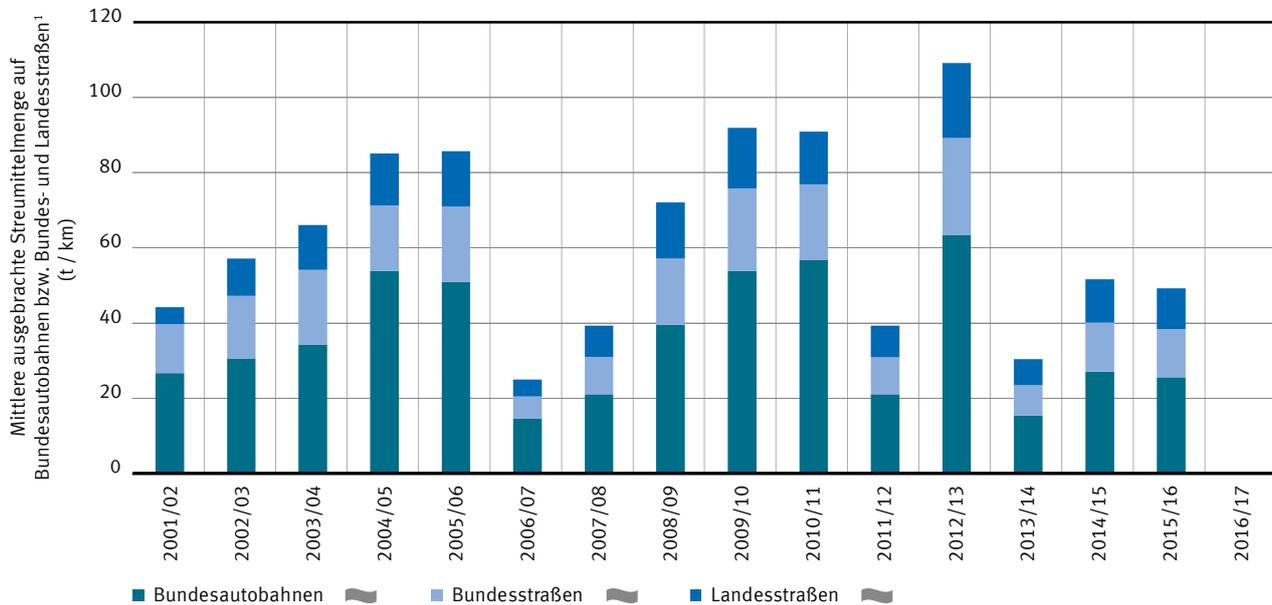
und Unfallgefahren durch Schnee- und Eisglätte abnehmen und sich die Kosten für den Winterdienst verringern können. Auch für Thüringen wird angenommen, dass die Anzahl der winterlichen Unfallrisikotage zurückgehen wird und Räumfahrzeuge zukünftig seltener eingesetzt werden müssen. Vor allem im nördlichen Thüringen werden Frostperioden und Schneefälle immer häufiger ausbleiben. Für Süd-, West- und Mittelthüringen wird hingegen davon ausgegangen, dass extreme Schneefälle künftig noch intensiver ausfallen und überregionale Straßenverbindungen beeinträchtigen können.

Die klimatischen Veränderungen können aber auch schon kurzfristig die Einsatzbedingungen des Winterdienstes beeinflussen. Tendenziell wärmere winterliche Temperaturen können beispielsweise mit häufigeren Temperaturwechseln im Bereich des Gefrierpunkts einhergehen (sogenannte Frost-Tau-Wechsel), bei denen sich auf den Straßen Eisglätte bilden kann. Zudem kann es kurz- bis mittelfristig in Thüringen (zunächst) auch zu mehr Schneetagen im Winter kommen. Dies hängt mit der prognostizierten Zunahme der winterlichen Niederschläge zusammen: Diese fallen bislang eher als Schnee denn als Regen. Im Freistaat nahmen in Lagen bis 600 m ü. NN (Meter über Normalnull) Tage mit einer Schneedecke von mindestens 20 cm seit Mitte der 1990er Jahre tendenziell zu. Als weiterer Einflussfaktor kann hinzukommen, dass Schneefall regional häufiger auch bei niedrigeren Temperaturen auftritt.

Bei niedrigeren Temperaturen ist aber die Wirkung des Streumittels verlangsamt, weswegen häufiger und letztlich mehr gestreut werden muss.

Die verschiedenen Faktoren führen dazu, dass sich die Einsatzbedingungen und damit gegebenenfalls auch der zeitliche und finanzielle Aufwand für den Winterdienst in Thüringen künftig mit dem Klimawandel verändern können. Mit dem Ziel, diese Entwicklung im Zeitverlauf zu beobachten, stellt der Indikator den Streusalzverbrauch auf Bundes- und Landesstraßen dar.

Der stark schwankende Streusalzverbrauch zwischen den Jahren spiegelt die Spannweite der unterschiedlichen winterlichen Witterungsverläufe wider. So war der Winter 2013/14 mit teilweise deutlich über dem langjährigen Mittel liegenden Temperaturwerten nicht nur sehr mild, sondern auch ausgesprochen niederschlagsarm. Insgesamt fielen nur knapp 50 % der durchschnittlich zu erwartenden Niederschlagsmenge. Entsprechend wenig Streusalz musste auf den Bundesfern- und Landesstraßen im Freistaat ausgebracht werden. Im Winter 2012/13 lagen die Temperaturen knapp unterhalb, die Niederschläge etwas oberhalb des langjährigen Mittels. Dennoch wurde in diesem Jahr in Thüringen die höchste bislang registrierte Streusalzmenge verbraucht. Dies lag vor allem daran, dass in diesem Winter insbesondere in den tieferen Lagen des Landes an sehr vielen Tagen neuer Schnee fiel und



1) für Bundesautobahnen: Netzlänge inkl. Astlängen und Fahrstreifenanzahl, für Bundes- und Landesstraßen: Netzlänge ohne Ortsdurchfahrten

Datenquelle: TLBV (Analyse KOST)

I-VK-2: Streusalzverbrauch auf Bundesfernstraßen und Landesstraßen

der Winter sehr lange anhielt. Die Räum- und Streudienste waren in diesem Winter daher fast durchgängig im Einsatz.

Auch in den Wintern 2009/2010 und 2010/2011 wurde sehr viel Streusalz benötigt. Der Winter 2009/2010 war ein langer und durchgängig schneereicher Winter. Zudem war er sehr kalt: Zum Teil herrschte über mehrere Tage strenger Frost mit Temperaturen bis -20°C. Auch diese niedrigen Temperaturen wirkten sich auf den Streusalzverbrauch aus, denn bei Temperaturen unterhalb von -10°C muss mehr Streusalz eingesetzt werden, um eine ausreichende Befahrbarkeit der Straßen zu erzielen. Im Winter 2010/11 waren hingegen sehr starke Schneefälle in sehr kurzer Zeit vor allem im Dezember die Ursache dafür, dass die Winterdienste viel Streusalz ausbringen mussten.

Bezogen auf die verschiedenen Straßenkategorien entwickelt sich der Streu-

salzverbrauch auf Autobahnen, Bundes- und Landesstraßen sehr ähnlich. Die höchsten Verbräuche je Kilometer Streckenlänge (unter Berücksichtigung der Fahrstreifenanzahl) fallen jeweils auf Bundesautobahnen an, die geringsten auf den Landesstraßen. Dies liegt vor allem daran, dass das gesamte Netz der Bundesautobahnen rund um die Uhr durch die Winterdienste betreut wird. Bei den Bundesstraßen ist das nur für knapp 40%, bei Landesstraßen nur für 3% des Straßennetzes der Fall. Hinzu kommen ein hoher Lkw-Anteil und die höheren Fahrgeschwindigkeiten auf den Autobahnen: Sie sorgen dafür, dass insbesondere bei präventiver Streuung und trockenen Straßen das Streusalz weniger lange auf der Fahrbahn verbleibt. Auch ist der Anteil von Brückenbauwerken am Thüringer Autobahnnetz höher als im sonstigen Straßennetz. Da die Fahrbahntemperaturen auf Brücken niedriger sind, muss dort mehr Streusalz eingesetzt werden.

Die bisher vorliegende Zeitreihe ist zu kurz und zu stark von extremen Werten geprägt, um Rückschlüsse auf den Einfluss des Klimawandels ziehen zu können. Signifikante Trends sind bislang nicht erkennbar. Unabhängig davon bestätigen die starken Schwankungen zwischen den Jahren und die bislang immer wieder auftretenden Winter mit sehr hohem Streusalzbedarf die im integrierten Maßnahmenprogramm formulierte Notwendigkeit, die gegenwärtigen Auftausalz- und Räumfahrzeugkapazitäten aufrecht zu erhalten.

Siehe auch:

S-SN-1 Schneedeckentage

I-VK-1 Wetter- und witterungsbedingte Straßenverkehrsunfälle

Vom Winde verweht

An einzelnen Talbrücken der Thüringer-Wald-Autobahn BAB A 71 kommt es immer wieder zu Situationen, in denen der Straßenabschnitt aufgrund der herrschenden Windgeschwindigkeiten für den LKW-Verkehr oder sogar vollständig gesperrt werden muss. Vor allem in den vergangenen beiden Jahren musste die zulässige Höchstgeschwindigkeit aufgrund von Starkwindereignissen häufiger beschränkt werden.

Starkwinde bzw. Stürme sind neben Schnee, Eis und Regen ein weiterer wichtiger wetterbedingter Einflussfaktor auf den Straßenverkehr auf Bundesfernstraßen in Thüringen. Sie können den Verkehr stellenweise massiv beeinflussen oder auch ganz zum Erliegen bringen. Am stärksten betroffen sind Brückenbauwerke im Zuge von Bundesfernstraßen über die Flusstäler von Saale, Werra, Unstrut, Gera oder Ilm. Gefahrenpunkte sind dabei insbesondere Talbrücken, die im Vor- oder Nachlauf an Tunnellagen anschließen. Hier können die Fahrzeuge unmittelbar nach der Ausfahrt aus dem windgeschützten Tunnelinneren einem sehr starken Windangriff ausgesetzt und dadurch schwer kontrollierbar werden. Mitunter können in extremen Fällen Lkw-Anhänger auch umgerissen werden. Der Wechsel zwischen den windexponierten Brückenbauwerken und den Tunneln ist auch deshalb heikel, da sich bei Störungen auf der Brücke der Verkehr bis in die Tunnelröhren hinein stauen kann. Solche Situationen sind für die Verkehrssicherheit besonders kritisch.

Zukünftig kann es häufiger zu solchen windbedingten Störungen des Verkehrsablaufs kommen, denn sowohl für die mittlere als auch für die ferne Zukunft ab der Mitte des Jahrhunderts zeigen Klimaprojektionen einen robusten Trend zu einer flächendeckenden Zunahme von Tagen, an denen schwere Sturmböen auftreten. In Mittelthüringen entlang des südlichen Abschnitts der BAB A 71 und des mittleren Abschnitts der BAB A 4, an denen mehrere exponierte Brückenbau-

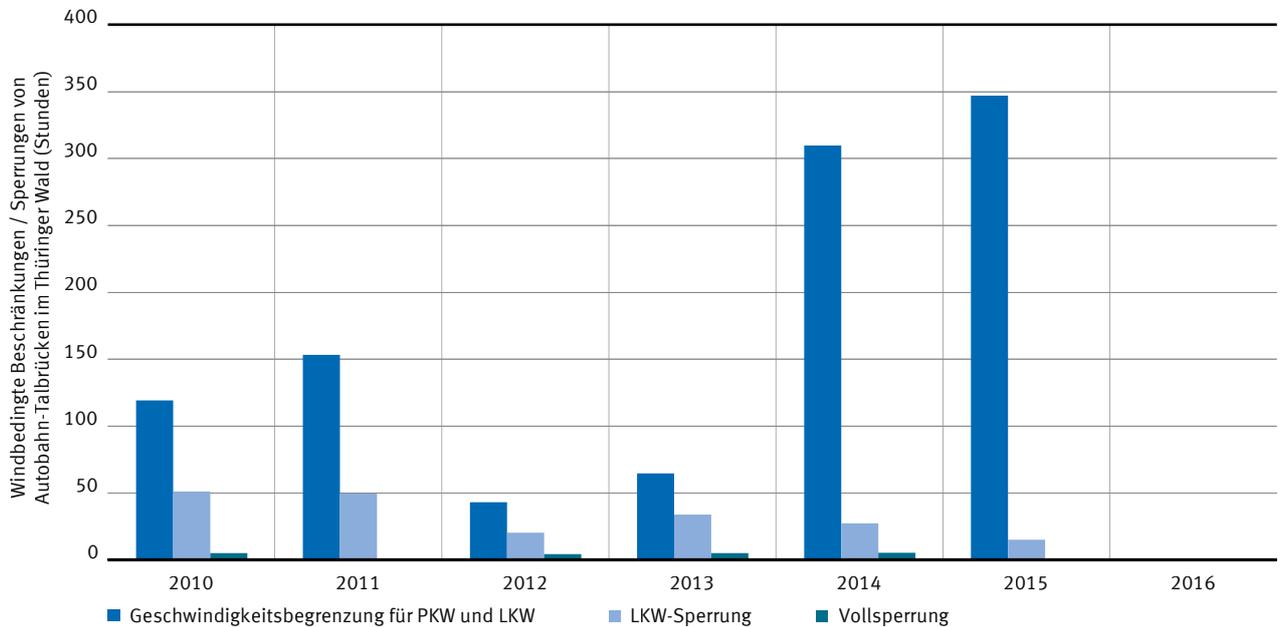
werke stehen, fallen diese projizierten Zunahmen am stärksten aus.



Bereits heute werden an einzelnen Abschnitten Maßnahmen ergriffen, um Windgefährdungen zu begegnen. Im Zuge der Thüringer Wald-Autobahn BAB A 71 wurden beispielsweise streckenweise Windabweiser installiert. Deren Einsatzmöglichkeiten sind aus bauphysikalischen Gründen allerdings Grenzen gesetzt. Um die Verkehrssicherheit weiter zu erhöhen, wurden an den Talbrücken Reichenbach und Zahme Gera Verkehrsbeeinflussungsanlagen installiert. An diesen Talbrücken können aufgrund der Bauwerkshöhen und der Talform heftige Seitenwinde entstehen und Windverhältnisse auftreten, die sich stark von denjenigen der anschließenden Streckenabschnitte unterscheiden. Die Verkehrsbeeinflussungsanlagen

werden in direkter Abhängigkeit von Windstrommessungen geschaltet. In drei Stufen werden je nach Windstromstärke Verkehrsbeeinflussungsmaßnahmen von Geschwindigkeitsbegrenzungen bis hin zu Sperrungen ergriffen. In Stufe 1 bei Windgeschwindigkeiten zwischen 13,9 m/s bis 20,3 m/s (steifer Wind) wird zunächst die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf 80 km/h auf der Talbrücke Reichenbach bzw. auf 60 km/h auf der Talbrücke Zahme Gera begrenzt. Stufe 2 wird bei Sturm ausgelöst, das heißt bei Windgeschwindigkeiten zwischen 20,3 m/s bis 28,5 m/s. In diesem Fall wird die zulässige Höchstgeschwindigkeit für beide Talbrücken auf 60 km/h begrenzt. Für Lkw mit Anhänger, Wohnwagen und vergleichbare Kraftfahrzeuge ist der Streckenabschnitt ab Stufe 2 gesperrt; sie werden auf Umleitungsstrecken abgeleitet. Ab orkanartigem Sturm mit Windgeschwindigkeiten über 28,5 m/s tritt für den Autobahnabschnitt eine Vollsperrung in Kraft.

Bezogen auf die drei genannten Stufen zeigt der Indikator die Dauer der Verkehrsbeeinflussungsmaßnahmen, die aufgrund von hohen Windgeschwindigkeiten an der Talbrücke Reichenbach und der Talbrücke Zahme Gera im Zuge der BAB A 71 im Thüringer Wald ergriffen werden müssen. Aufgrund der noch kurzen Zeitreihe kann die zeitliche Entwicklung noch nicht bewertet werden. Im Folgenden werden daher vor allem einzelne Situationen beschrieben, die zu Verkehrsbeschränkungen in den unterschiedlichen Kategorien geführt haben.



Datenquelle: TLBV (eigene Datenauswertung)

I-VK-3: Windbedingte Einschränkungen des Straßenverkehrs



Beschränkungen in Folge von Windstärken der Stufe 1 waren in allen Jahren erforderlich. Vor allem 2014 und 2015 musste in großem Umfang von dieser Möglichkeit Gebrauch gemacht werden: der Abschnitt war jeweils über mehr als 300 Stunden geschwindigkeitsbe-

schränkt. Je nach Windsituation können die Beschränkungen auch über mehrere Tage andauern. Die längste durchgängige Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit dauerte im Dezember 2011 annähernd 60 Stunden, als die Orkantiefs Hergen und Joachim nacheinander über Deutschland zogen.

In allen Jahren seit der Einrichtung der Windschaltung im Jahr 2010 wurden Sperrungen der Stufe 2 veranlasst. In den Jahren 2010 und 2011 war der Streckenabschnitt insgesamt für jeweils rund 50 Stunden gesperrt, wobei die längste Sperrung während des Orkantiefs Lukas im Februar 2011 knapp 22 Stunden währte. In den Folgejahren wurden insgesamt weniger Sperrungen für LKW mit Anhänger, Wohnwagen etc. vorgenommen. Grund hierfür ist, dass die Wirkung der im Jahr 2009 an der Talbrücke Reichenbach installierten Windabweiser nach einer zweijährigen Testphase ab dem Jahr 2012 berücksichtigt wird und deswegen

weniger Sperrungen veranlasst werden mussten.

Vollsperrungen, die mit einer Ableitung aller Fahrzeuge verbunden sind, wurden bislang nur im Zusammenhang mit wenigen Extremereignissen ausgesprochen. Sie wurden jeweils zusätzlich zu bereits bestehenden LKW-Sperrungen erlassen und dauerten jeweils zwischen 4 und 5 Stunden.

Siehe auch:

I-VK-1 Wetter- und witterungsbedingte Straßenverkehrsunfälle



Radroute
Sonneberg

Rennsteig 12 km
Fellberg 6 km

Hämmerer
Ebene 4 km

Clemens-
Major-Weg

Steinheid

Neufang 5 km

Lutherhaus

Rennsteig
Steinheid

Die Tourismuswirtschaft hat mit fast 10 Millionen Übernachtungen im Jahr, über 3,1 Milliarden Euro Bruttoumsatz und über 100.000 Arbeitsplätzen eine große Bedeutung für die Wirtschaft Thüringens. Urlaubsreisende suchen im Freistaat vor allem Naturerlebnisse, Erholung und Familienurlaub. Mit rund 17.200 km Wanderwegen, 1.500 km Radfernwanderwegen und 1.070 km Skiwanderwegen bietet Thüringen dafür ideale Voraussetzungen. Bei Kurzurlaubern stehen Städtereisen, Kultur und Wellness hoch im Kurs. Ihre Ziele sind unter anderem Erfurt oder Weimar bzw. die 214 Museen und 18 UNESCO-Welterbestätten des Freistaats.

Das Reiseverhalten hängt neben anderen auch vom langfristigen Klima und der jahreszeitlichen Witterung ab. Sie beeinflussen viele Touristen bei der Wahl ihrer Reiseziele und -zeiten und bestimmen die Aktivitäten mit, denen sie im Urlaub nachgehen.

Dies gilt für Wintersportler, Wanderer und Familienurlauber gleichermaßen. Daher schwankt die Nutzung vieler touristischer Angebote von Saison zu Saison stark, je nachdem ob ein Sommer warm und trocken oder aber kühl und feucht, ob ein Winter schneereich oder schneearm ist. Wie sich Wetter und Witterung auswirken, hängt dabei eng mit dem jeweiligen Angebot zusammen: So sind Outdoor-Aktivitäten häufig an trockenes Wetter gebunden, Hallenbäder und Museen hingegen profitieren nicht selten von einem verregneten Sommer.

Vor allem die Bedingungen für den Wintertourismus dürften in Zukunft schlechter werden. Die Sommer hingegen könnten Urlaubssuchenden in Thüringen künftig mit mehr Sonne erfreuen. Insgesamt ist die Tourismuswirtschaft aber gut beraten, wenn sie für jedes Wetter Angebote bereithält.

Legende für die Trendsymbole

-  linear steigender Trend
-  linear fallender Trend
-  kein signifikanter Trend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst steigend, dann fallend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst fallend, dann steigend

Touristenklima – stabil mit Aussicht auf Sonne

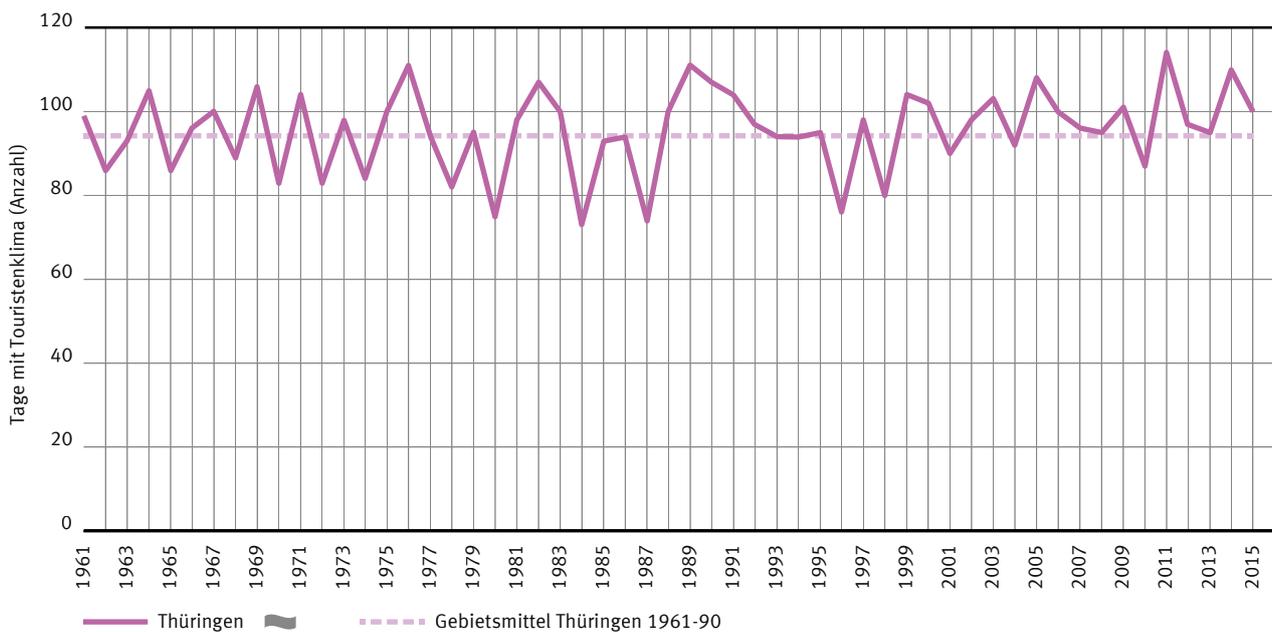
Milde bis warme Tage ohne relevanten Niederschlag sind ideal für viele Outdoor-Aktivitäten und daher förderlich für den Tourismus. Noch hat sich das Touristenklima Thüringens nicht signifikant verändert. Allerdings waren in 15 der letzten 20 Jahre die tourismusklimatischen Bedingungen besser als im langjährigen Durchschnitt. Günstige Voraussetzungen also für den Natur- und Erlebnisurlaub, der einen wesentlichen Anteil an den Reisegründen der Thüringenbesucher hat.

Wichtige Reisegründe für Thüringenbesucher sind Kultur- und Städtereisen, Wander-, Radwander- und Wasserwandertourismus sowie Wellness- und Gesundheitstourismus. Welches Wetter für diese Tourismussegmente optimal ist, ist nicht leicht zu bestimmen. Bekannt ist aber, dass es einen engen Zusammenhang zwischen Wetter, Witterung und Klima und der Wahl von Reisezielen und -aktivitäten gibt. Zwar ist nicht jede Reise wetterabhängig – Dienstreisen werden etwa in der Regel nicht vom Wetter beeinflusst –, die Ausgestaltung von Urlaubsreisen hängt aber erfahrungsgemäß

sowohl vom langfristigen Klima des Reiseziels als auch von der kurzfristigen Witterung bzw. vom Wetter ab.

In Anlehnung an Arbeiten des Deutschen Wetterdienstes wird für Thüringen von „Touristenklima“ gesprochen, wenn Tage eine Tageshöchsttemperatur zwischen 15 °C und 30 °C haben und die Niederschlagssumme bei weniger als 0,5 Millimetern liegt. Die mittlere Anzahl der Tage mit Touristenklima im Jahr lag in Thüringen in den Jahren 1961 bis 1990 bei 94,2. Von den vergangenen Jahren sind vor allem die Jahre 2010 und 2011

hervorzuheben. Der Winter 2009/2010 war ungewöhnlich lang und streng, sodass das Jahr 2010 bei 87 Tagen mit Touristenklima in Thüringen deutlich unter dem Durchschnitt lag. Das Folgejahr 2011 hingegen hatte bei 114 Tagen mit Touristenklima ungewöhnlich viele solcher Tage. Kein Jahr der dargestellten Zeitreihe wies mehr Tage mit Touristenklima auf. Die geringste Zahl an Tagen mit Touristenklima hatte das Jahr 1984. Damals war der Sommer kalt und verregnet, und nur an 73 Tagen herrschten günstige Wetterbedingungen.



Datenquelle: TLUG (eigene Modellierung)

I-TO-1: Tage mit Touristenklima

Bisher lässt sich kein signifikanter Trend erkennen, der eine Änderung der jährlichen Anzahl von Tagen mit Touristenklima in Thüringen anzeigen würde. Prognosen gehen aber von einer Zunahme der Tage mit Touristenklima aus. Vor allem in den Mittelgebirgsregionen Thüringens könnte das Klima künftig im Sommer und in den Übergangsjahreszeiten deutlich touristenfreundlicher werden. Hier sind aktuell im Thüringer Vergleich die wenigsten Tage mit Touristenklima im Jahr zu verzeichnen. Der Thüringer Wald als die Region mit den wenigsten Tagen mit Touristenklima hatte in den Jahren 1961 bis 1990 im Durchschnitt nur 89 touristenfreundliche Tage im Jahr.

Schon heute profitieren vor allem der Nordosten und der Nordwesten Thüringens mit den Städten Erfurt, Jena, Eisenach und Bad Sulza von einem für Touristen attraktiven Klima. Auch hier wird in den kommenden Jahren mit einem Anstieg der Tage mit Touristenklima

gerechnet, wenn auch nicht ganz so stark wie in den Mittelgebirgsregionen.

Zu berücksichtigen ist bei der Interpretation des Indikators jedoch, dass bei der Wahl von Reisezielen und -aktivitäten immer auch persönliche Vorlieben, Trends und andere Faktoren eine Rolle spielen. Auch gibt es touristische Angebote, die eher von schlechterem Wetter profitieren, wie Hallenbäder oder Museen. Und selbst die verschiedenen Outdoor-Aktivitäten stellen nicht per se die gleichen Anforderungen ans Wetter. So gibt es Sportarten, die auf Wind angewiesen sind, wie Segeln oder Kitesurfen und andere, die Windstille bevorzugen, zum Beispiel Golf. Insofern kann von dem hier betrachteten Indikator nicht direkt eine Veränderung der Besucherzahlen einzelner touristischer Angebote abgeleitet werden.

Siehe auch:

- S-TP-1 Jahresmitteltemperatur
 - S-NI-2 Saisonale Niederschläge im Frühjahr und Sommer
 - S-NI-3 Saisonale Niederschläge im Herbst und Winter
-



Schneedecke nimmt in höheren Lagen des Thüringer Waldes ab

Im Jahr 2014 haben 11 % der Urlaubsreisenden in Thüringen Wintersport betrieben. Es sind vor allem nordische Wintersportarten, die insbesondere im Thüringer Wald, aber auch in den anderen Mittelgebirgen des Freistaats eine für die Tourismuswirtschaft relevante Rolle spielen. Voraussetzung hierfür ist eine Schneedecke von mindestens 20 cm. Doch die Anzahl der Tage, an denen diese Voraussetzung gegeben ist, nimmt in den höheren Lagen des Thüringer Waldes ab.

Die Wintersportgebiete der deutschen Mittelgebirge punkten mit ihrer räumlichen Nähe zu vielen großen Städten sowie mit ihrem im Vergleich zu den Alpen geringen Preisniveau. In der Landestourismuskonzeption 2015 des Freistaats Thüringen wird Wintersport als Wachstumsthema geführt, für das sich eine Ansprache neuer Zielgruppen sowie eine zielgruppenspezifische Angebotsentwicklung lohnen. Die geringere Höhe der Skigebiete in den Mittelgebirgen bedingt jedoch, dass die Folgen des Klimawandels in Form einer abnehmenden Schneesicherheit hier früher zu bemerken sind als im Hochgebirge.

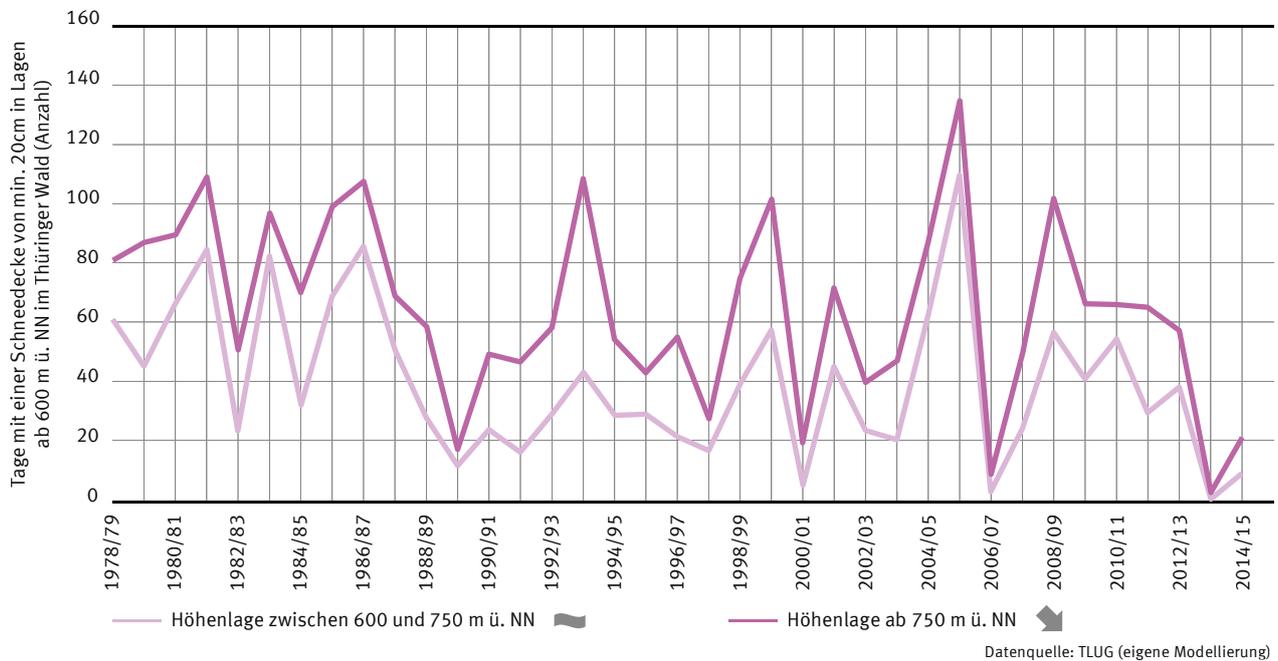
Die Schneesicherheit wird mithilfe der Mindestschneehöhe bestimmt, die für den Wintersport notwendig ist. Diese

hängt unter anderem vom Untergrund, von den Eigenschaften des Schnees sowie von der Sportart ab. In vielen Mittelgebirgen Deutschlands wird eine Schneehöhe von 15 bis 20 cm als Mindestwert genannt. Daran orientiert sich der hier dargestellte Indikator. Betrachtet wird die Anzahl der Tage mit einer Schneedeckenhöhe von mindestens 20 cm in den Lagen von 600 bis 750 m ü. NN (Meter über Normalnull) sowie ab 750 m ü. NN. Hintergrund ist, dass in diesen Höhenlagen der größte Teil des Loipenangebots der wichtigsten Wintersportorte des Thüringer Waldes zu finden ist. Gemeint sind die Gemeinden Oberhof, Masserberg, Steinach, Bad Liebenstein, Friedrichroda, Suhl, Tabarz, Neuhaus am Rennweg, Neustadt am Rennsteig und Schmiedefeld am Renn-

steig. Der Indikator zum Wintertourismus im Thüringer Wald berücksichtigt diese Gemeinden ebenfalls (vgl. I-TO-3).

Die Anzahl der Tage mit einer Schneedecke von mindestens 20 cm im Thüringer Wald variiert stark, selbst in den Lagen ab 750 m ü. NN. Die Zeitreihe zeigt, dass der Winter 2005/2006 besonders schneereich war mit mehr als hundert Tagen mit einer Schneedecke von mindestens 20 cm in den Lagen zwischen 600 und 750 m ü. NN und mehr als 130 Schneedeckentagen über 750 m ü. NN. In den Wintern 2006/2007 und 2013/2014 gab es in beiden betrachteten Höhenlagen hingegen zum Teil deutlich weniger als zehn Tage mit einer Schneedecke, die für nordischen Wintersport geeignet ist. Der Winter 2006/2007 galt als der





I-TO-2: Schneedeckentage im Thüringer Wald

bis dahin wärmste Winter seit Beginn der flächendeckenden Wetteraufzeichnungen in Deutschland 1901 und war zudem eher niederschlagsarm. Auch der Winter 2013/2014 war deutlich wärmer als üblich. Hinzu kam, dass die Niederschlagsmenge der Monate Dezember bis Februar in Thüringen nicht einmal die Hälfte der winterlichen Niederschläge des langjährigen Mittels erreichte.

Die Zahl der Tage mit einer für den Wintersport tauglichen Schneedecke war in der folgenden Saison 2014/2015 ebenfalls deutlich unterdurchschnittlich. Ein Jahr später, im Dezember 2015, blühten in Jena Obstbäume. Entsprechend meldet die Presse auch für den Winter 2015/2016 eine schlechte Saison mit nur 18 Tagen, an den im Thüringer Wald Wintersport tatsächlich möglich gewesen ist. 30 Tage je Saison gelten allgemein als Grenze für die Wirtschaftlichkeit von Skiliften im Mittelgebirge; vorausgesetzt diese 30 Tage liegen in besucherreichen Zeiten, etwa den Ferien.

Insgesamt zeigt sich für die Höhenlagen zwischen 600 und 750 m im Thüringer Wald zwar noch kein statistisch signifikanter Trend, für die Lagen ab 750 m ü. NN aber ist die Abnahme der Tage im Jahr mit einer Schneedecke von mindestens 20 cm deutlich erkennbar. Betrachtet man nicht nur den Thüringer Wald, sondern das Flächenmittel des gesamten Freistaats, ist die Abnahme der Schneedeckentage auch in den tieferen Lagen schon statistisch relevant.

Wie sehr der Rückgang der Schneedeckentage den Wintersporttourismus im Thüringer Wald tatsächlich einschränkt, hängt auch davon ab, inwieweit die schneereichen Tage mit den Hauptreisezeiten zusammenfallen, etwa den Weihnachts- und Winterferien, und ob eine künstliche Beschneigung möglich ist. Hierzu kann der Indikator jedoch keine Aussagen treffen.

Siehe auch:
 S-TP-4 Kälte
 S-SN-1 Schneedeckentage
 I-TO-3 Wintertourismus im Thüringer Wald

Keine Zuwächse mehr im Wintertourismus

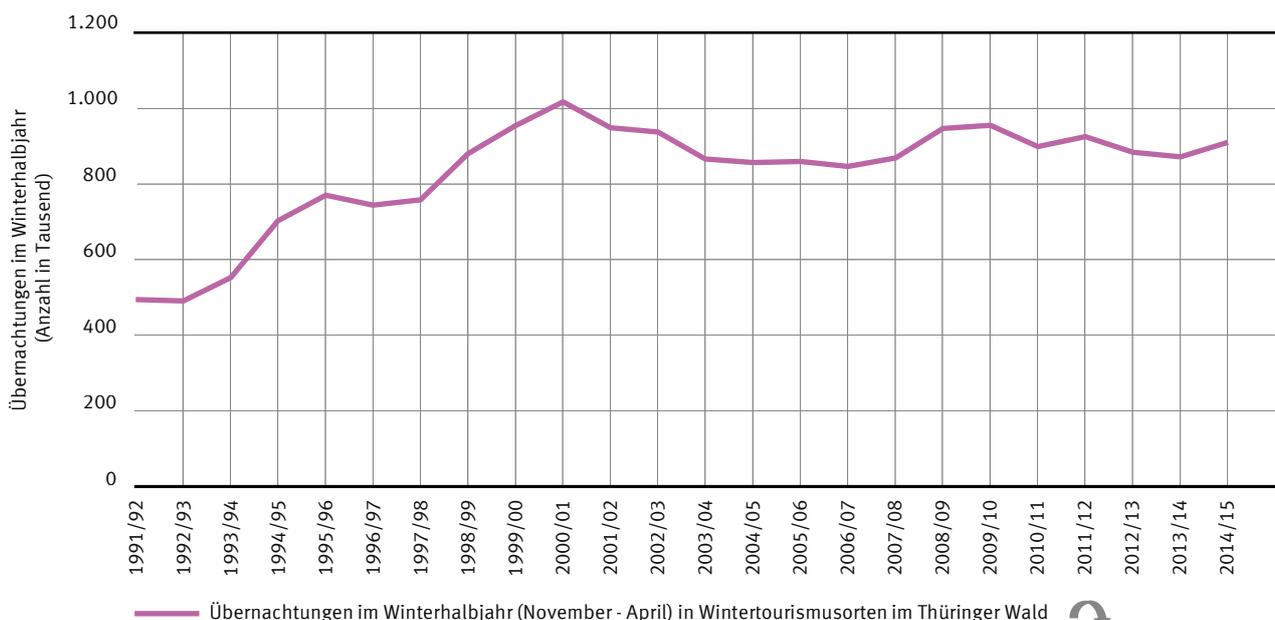
In der Nachwendezeit stieg während der 1990er Jahre die Zahl der Übernachtungen im Winterhalbjahr in den wichtigsten Wintertourismusorten des Thüringer Waldes stetig und erreichte in der Saison 2000/2001 ihren Höhepunkt. Seitdem stagniert die Zahl der Gästeübernachtungen in den Monaten November bis April auf dem Niveau der späten 1990er Jahre.

In den vergangenen fünfzehn Jahren schwankte die Zahl der Übernachtungen in den wichtigsten Wintertourismusorten des Thüringer Waldes (berücksichtigt wurden die Gemeinden Oberhof, Masserberg, Steinach, Bad Liebenstein, Friedrichroda, Suhl, Tabarz, Neuhaus am Rennweg, Neustadt am Rennsteig und Schmiedefeld am Rennsteig, vergleiche I-TO-2) ohne große Ausreißer zwischen etwa 850.000 und 950.000 Gästeübernachtungen pro Saison. Ihren Höhepunkt erreichten die Übernachtungszahlen im Thüringer Wald im Winter 2000/2001. Die geringste Zahl der Übernachtungen seit dem Jahrtausendwechsel gab es im Winter 2006/2007. Dieser Winter war

im deutschlandweiten Mittel mit einer Durchschnittstemperatur von 4,4 °C ungewöhnlich warm, was Einbußen in allen Wintersportregionen, vor allem aber in jenen der Mittelgebirge, mit sich brachte.

Interessant ist, dass die Entwicklungen in den einzelnen hier betrachteten Orten sehr unterschiedlich verliefen. Schmiedefeld am Rennsteig beispielsweise erreichte bereits im Winter 1994/1995 mit über 19.000 Gästeübernachtungen seinen Höhepunkt. Schon in der darauf folgenden Saison brach die Zahl der Übernachtungen auf unter 5.000 ein. Seitdem pendelt die Zahl der winterlichen Gästeübernachtungen in Schmiede-

feld am Rennsteig etwa zwischen 7.000 und 10.500. Andere Wintersportorte, wie Steinach, Suhl, Friedrichroda und Neustadt am Rennsteig, konnten den Aufwärtstrend der Übernachtungszahlen bis in die 2010er Jahre aufrecht erhalten, wenn auch zum Teil mit geringen zwischenzeitlichen Einbrüchen. Friedrichroda konnte in der Saison 2014/2015 mit über 160.000 Gästeübernachtungen einen neuen Rekord vermelden. Masserberg, Tabarz und Oberhof erreichten den Peak der winterlichen Gästeübernachtungen um die Jahrtausendwende, passend zum allgemeinen Trend. In Masserberg und Tabarz konnten aber in den Wintern 2008/2009 und 2009/2010 nochmal



Datenquelle: TLS (Monatserhebung im Tourismus)

I-TO-3: Wintertourismus im Thüringer Wald

vergleichsweise hohe Übernachtungszahlen erreicht werden.

Diese unterschiedlichen Entwicklungen in den einzelnen Gemeinden zeigen, dass der allgemeine Trend nicht unbedingt Aussagen über den touristischen Erfolg einzelner Orte treffen kann. Offensichtlich spielen andere Faktoren wie Marketingerfolge, möglicherweise auch das Angebot von ganzjährigen Attraktionen eine wichtige Rolle. Das Reiseverhalten der Wintersportler wird, wie das anderer Touristen, durch eine Vielzahl von Einflussfaktoren bestimmt, zu denen auch wirtschaftliche und demographische Entwicklungen zählen. Diese Faktoren beeinflussen sowohl die Wahl des Urlaubsortes als auch die Dauer des Aufenthaltes. Insofern ist die Entwicklung der Gästeübernachtungen im Winter nicht allein mit Schneesicherheit zu erklären, auch wenn schneereiche Winter häufig zu höheren Übernachtungszahlen führen.

Berücksichtigt werden muss zudem, dass auch der Tagestourismus von hoher Relevanz für den Wintersport in Thüringen ist. Dies gilt künftig möglicherweise sogar noch mehr als heute, da der Tagestourismus in höherem Maß flexibel ist, beispielsweise weil Wintersportler spontan auf Wetter und Schnee reagieren können. Der Tagestourismus schlägt sich aber nicht in den Übernachtungszahlen nieder, sodass der hier dargestellte Indikator nur einen Teil der Entwicklung im Wintersport abbilden kann.

Siehe auch:

I-TO-2 Schneedeckentage im
Thüringer Wald





Der typische Mitteleuropäer verbringt zwischen 80 und 90 % des Tages in Gebäuden – zuhause, bei der Arbeit, während der Freizeit oder als Unterkunft auf Reisen. Die Gebäude bieten dem Menschen gleichmäßige Temperaturen und Luftfeuchte und schützen ihn vor den Unbilden von Wetter und Witterung wie Hitze und Kälte, Niederschlag, Blitz, Hagel oder Sturm. Die allgemein anerkannten Regeln der Technik des Bauens stellen sicher, dass die Gebäude diese Aufgaben erfüllen können. Sie beruhen ebenso wie Planungsvorgaben bislang überwiegend auf Erfahrungswissen und wurden und werden stetig an neue Erkenntnisse angepasst.

Die zeitlichen Planungshorizonte im Bauwesen sind langfristig. Viele öffentliche und Wohngebäude werden über 50 Jahre, teilweise auch über hundert Jahre und länger genutzt. Der Klimawandel wird in diesem Zeitraum voraussichtlich Wetterereignis-

se und Witterungsphänomene mit sich bringen, die in ihrer Art und Häufigkeit bisher nicht erlebt wurden. Nachhaltiges Bauen, das den gesamten Lebenszyklus von der Planung über die Erstellung und Nutzung bis zum Rückbau berücksichtigt, muss sich an diese neuen Herausforderungen anpassen und auf allen notwendigen Ebenen Vorsorge betreiben, vom Schutz vor Gebäudeschäden bis hin zur Temperaturregulierung. Über das Erfahrungswissen hinaus müssen Projektionen trotz der bestehenden Unsicherheiten in stärkerem Maß berücksichtigt werden.

Eine wichtige Rolle im Umgang mit dem Klimawandel wird auch eine angepasste Stadtplanung spielen, die unter anderem Gefahrenbereiche freihält, für eine gute Durchlüftung des Siedlungsgebietes sorgt und durch Entsiegelung und mehr grüne Flächen einen lokalklimatischen Ausgleich schafft.

Legende für die Trendsymbole

-  linear steigender Trend
-  linear fallender Trend
-  kein signifikanter Trend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst steigend, dann fallend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst fallend, dann steigend

Mehr Gebäudeschäden durch Sturm und Hagel?

Starker Sturm und Hagelschlag können kostspielige Schäden an privaten Wohngebäuden nach sich ziehen. Die Zeitreihe der Schadensfälle in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung ist bislang wesentlich durch zwei extreme Ereignisse geprägt: Die Winterstürme Jeanette und Kyrill haben in den Jahren 2002 und 2007 sowohl die meisten Schäden als auch die höchsten Kosten verursacht.

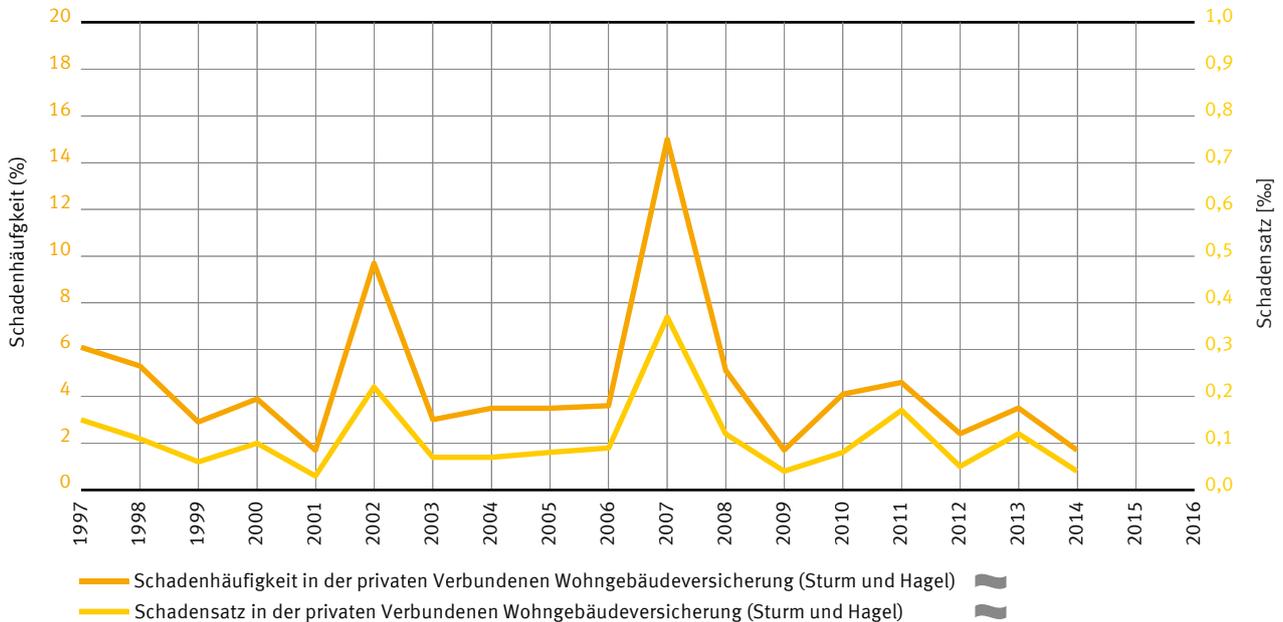
Es ist die grundlegende Funktion von Gebäuden, den Menschen und seinen Besitz vor Regen und Schnee, Sturm und Hagel, aber auch vor Kälte und Hitze zu schützen. Damit Gebäude diese Funktionen zuverlässig erfüllen können, sind bei Bauplanung, -technik und -ausführung sowie Instandhaltung die einschlägigen Gesetze, Verordnungen und Regelwerke zu beachten, in denen die allgemein anerkannten Regeln der Technik niedergelegt sind. Diese gewährleisten einen hohen Standard und sind für unterschiedlichste Beanspruchungen durch Wind und Wetter ausgelegt. Dennoch kann es bei extremen Wetter- und Witterungsereignissen dazu kommen, dass die Belastungen beispielsweise durch Wind oder Hagel die Leistungsfähigkeit der Gebäude übersteigen und Schäden am Gebäude oder einzelnen Gebäudeteilen entstehen.

Um sich gegen solche Schäden abzusichern, können Hauseigentümer unterschiedliche Versicherungen abschließen. Hierbei spielt insbesondere die Verbundene Wohngebäudeversicherung eine wesentliche Rolle. Mit dieser kombinierten Versicherung können neben Schäden durch Brand, Explosion und Leitungswasser witterungsinduzierte Schäden an Gebäuden durch Sturm, Blitzschlag und Hagel versichert werden. Zu Letzteren gehören direkte Sturmschäden an Gebäuden wie abgedeckte oder durch Hagel ganz oder teilweise zerstörte Dächer ebenso wie indirekte Schäden, die zum Beispiel durch umgestürzte Bäume entstanden sein können. Schäden an beweglichen Sachen innerhalb der Gebäude können über eine Hausratversicherung versichert werden. In Deutschland liegt die Versicherungsdichte in der Verbundenen Wohnge-

bäudeversicherung im privaten Bereich bei weit über 90%. Das bedeutet, der allergrößte Teil der Immobilieneigentümer hat sein Gebäude gegen Schäden durch Sturm und Hagel abgesichert.

In den dargestellten Zeitreihen werden nur die durch diese Gefahren entstandenen Schäden an Wohngebäuden abgebildet; nicht witterungsbedingte Schäden sind darin nicht enthalten. Die geeignete Größe, um das Schadensgeschehen von Sturm und Hagel über einen längeren Zeitraum zu vergleichen, ist der sogenannte Schadensatz, der den Schadenaufwand der Versicherungen ins Verhältnis zur Versicherungssumme (das ist die Summe der versicherten Sachwerte) setzt. Dadurch ist er um Wertsteigerungen, Inflation und Bestandszuwächse bereinigt und erlaubt Vergleiche über





Datenquelle: GDV (Branchenstatistik)

I-BA-1: Gebäudeschäden durch Sturm und Hagel

die Jahre hinweg. Die zweite Zeitreihe zeigt ergänzend die Schadenhäufigkeit, das heißt die Anzahl der aufgetretenen Schäden bezogen auf die versicherten Risiken.

Einfluss auf die beiden Zeitreihen hat zum einen, wie häufig und intensiv Naturgefahren in einzelnen Jahren auftreten. Zum anderen ist die räumliche Verteilung der Ereignisse ein wichtiger Faktor: Je nachdem, in welchem Raum das Schadensereignis eingetreten ist, können Schadensatz und -häufigkeit unterschiedlich ausfallen. Mit Schäden an Wohngebäuden sind die Versicherer beispielsweise dann in größerem Umfang konfrontiert, wenn Hagel räumlich konzentriert im städtischen Bereich niedergeht.

In Thüringen kam es in den Jahren 2002 und 2007 zu außergewöhnlich hohen Schadenszahlen in der Verbundenen Wohngebäudeversicherungen. Im Jahr 2002 war hierfür vor allem der Wintersturm Jeanette Ende Oktober verantwort-

lich. Der für die Versicherungen teuerste Sturm war aber der Wintersturm Kyrill im Januar 2007, der neben der höchsten Schadenhäufigkeit auch den bislang höchsten Schadensatz verursacht hat.

Der (in der Abbildung nicht dargestellte) Schadendurchschnitt – eine weitere Größe in der Versicherungswirtschaft, die die durchschnittliche Bruttoaufwendung der Versicherer je Schaden angibt – war in 2007 mit rund 860 Euro nicht außergewöhnlich. Anders war das in den Jahren 2011 und 2013, die zunächst mit Blick auf die Schadenhäufigkeit nicht besonders auffallen. In beiden Jahren traten in Teilen Thüringens extreme Hagelschauer auf: Tief Frank am 11.9.2011 bzw. Tief Ernst am 6.8.2013. Diese führten räumlich konzentriert jeweils zu hohen Schäden. Die mittlere Schadenhöhe belief sich in diesen Jahren auf über 1.300 Euro.

Für Thüringen zeigen regionale Klimaprojektionen, dass schwere Stürme ab der

Mitte des Jahrhunderts signifikant zunehmen. Für das südliche Thüringen werden darüber hinaus auch intensivere Sturmereignisse erwartet. Insbesondere wenn die häufigeren und teilweise intensiveren Sturmereignisse mit Hagel und Gewitter einhergehen, wird auch das Risiko von Gebäudeschäden steigen. Die Hauseigentümer sollten daher perspektivisch bauliche Vorsorge gegen diese Ereignisse treffen, um Schäden zu vermeiden oder gering zu halten. Auch von diesen Vorsorgemaßnahmen wird es abhängen, ob auf die Versicherer zukünftig mehr und möglicherweise auch teurere Schäden in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung zukommen.

Siehe auch:

I-BA-2 Elementarschäden an Gebäuden

Hochwasser – trotz Vorsorge bleiben Risiken

Der größte Schadentreiber für die erweiterte Elementarschadenversicherung sind Hochwasserereignisse wie in den Jahren 2002, 2011 und 2013. Besonders das Jahr 2013 war von einer hohen Intensität der Ereignisse gekennzeichnet. Die Schäden an den betroffenen Objekten waren vielfach sehr massiv.

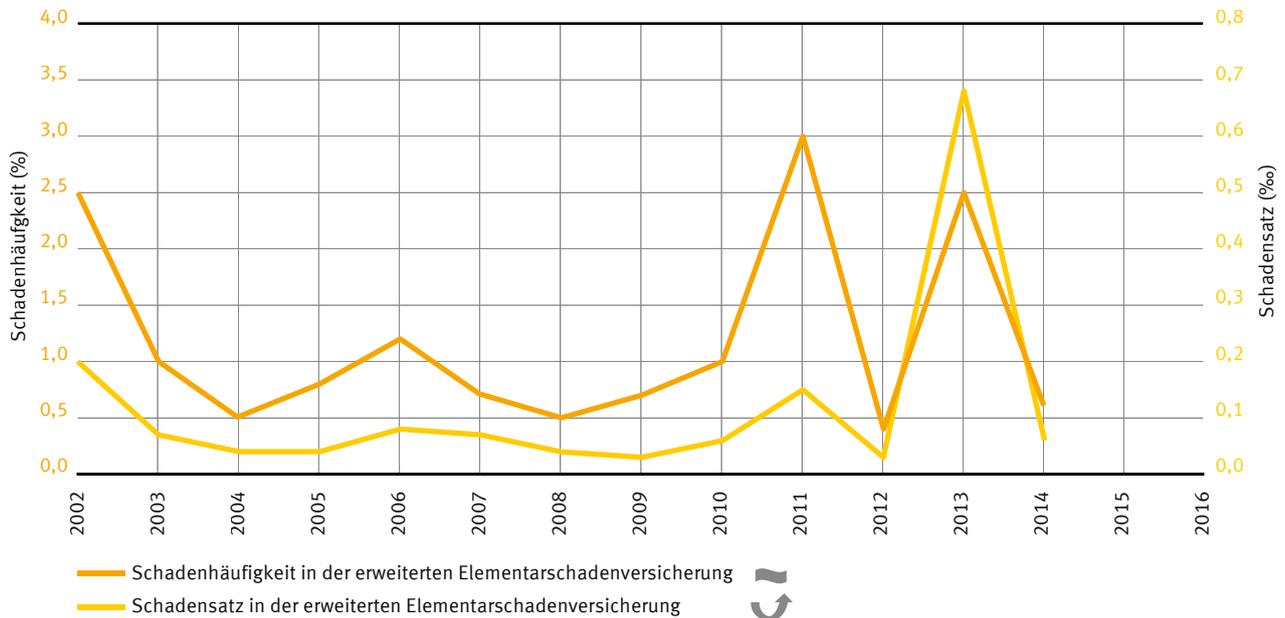
Die gängige Verbundene Wohngebäudeversicherung ist bei den witterungsbedingten Schäden an Gebäuden auf Schäden durch Sturm, Hagel oder Blitzschlag beschränkt. Relevante andere direkt oder indirekt mit Wetter und Witterung zusammenhängende Risiken sind darin nicht eingeschlossen. Hierzu gehören insbesondere Starkregen und Hochwasser sowie damit verbunden Überschwemmungen und Rückstau sowie Schneedruck. Um sich gegen die Risiken von Hochwasserschäden durch Überschwemmung, Schneedruck und Lawinen sowie außerdem gegen Georisiken wie Erdbeben, Erdrutsch und Erdsenkung abzusichern, bieten Versicherungen ergänzend zur Verbundenen Wohngebäudeversicherung die erweiterte Elementarschadenversicherung an. Auch der Rückstau infolge von Hochwasser oder Starkniederschlägen ist mittlerweile in den meisten Fällen mitversichert.

Die Klimaprojektionen für Thüringen deuten darauf hin, dass die oben genannten wetter- und witterungsbedingten Gefahren zukünftig zunehmen können. Zwar soll die jährliche Niederschlagssumme weitgehend konstant bleiben (wobei sich die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge stärker in die Wintermonate verschieben wird), die Häufigkeit von Starkregenereignissen kann aber den Projektionen zufolge bis Ende des Jahrhunderts deutlich zunehmen. Es wird damit gerechnet, dass die damit verbundenen Hochwassergefahren ebenfalls deutlich steigen. Erhöhter Schneedruck kann in einzelnen Regionen auftreten. So wird für West- und Mittelthüringen davon ausgegangen, dass es künftig zu extremeren Schneefällen kommen kann. Insgesamt wird der Klimawandel langfristig aber zu tendenziell mildereren Wintern führen, in denen besonders in tieferen Lagen mehr Niederschlag als Regen fal-

len wird. Vor allem mit Blick darauf, dass Hochwasserschäden durch Überschwemmung bereits heute der größte Schadentreiber sind, gewinnt die erweiterte Elementarschadenversicherung vor dem Hintergrund zunehmender klimawandelbedingter Risiken an Bedeutung.

Die Informationen zu Schadenhäufigkeit und Schadensatz in der erweiterten Elementarschadenversicherung ergänzen die Informationen zur Verbundenen Wohngebäudeversicherung. Sie erlauben Rückschlüsse darauf, wie häufig die oben genannten Schäden an Wohngebäuden, die zu einem großen Teil witterungsbedingt sind, auftreten und wie intensiv sie ausfallen. Zu berücksichtigen ist, dass die Versicherungsdichte in der erweiterten Elementarschadenversicherung in Thüringen derzeit bei nur rund 44 % liegt. Das bedeutet, dass die Daten aus der Versicherungswirtschaft noch nicht unmittel-





Datenquelle: GDV (Branchenstatistik)

I-BA-2: Elementarschäden an Gebäuden

bar die tatsächlich auftretenden Schäden an Wohngebäuden widerspiegeln.

Die meisten Schadenfälle traten im betrachteten Zeitraum in den Jahren 2002, 2011 und 2013 auf. In den Jahren 2002 und 2013 stehen sie in Verbindung mit den massiven Hochwasserereignissen, die in den jeweiligen Sommermonaten auftraten. Auch 2011 wurde Thüringen von Hochwasser und Überschwemmungen heimgesucht. In diesem Jahr war es allerdings ein Winterhochwasser an Werra, Saale und Ilm, das zu den hohen Sachschäden führte. Hinzu kamen außerdem hohe Schäden durch Schneedruck, die im Winter 2010/2011 auftraten.

Im Vergleich der Jahre 2011 und 2013 zeigt sich die unterschiedliche Intensität der Ereignisse: Während die Schadenhäufigkeit 2013 etwas unter dem Wert von 2011 lag, übertraf der Schadensatz im Jahr 2013 den Wert des Jahres 2011 um ein Vielfaches. Da der Schadensatz eine um Inflation, Wertzuwächse und

Bestandsmehrungen der versicherten Objekte bereinigte Größe ist, liegt der Grund hierfür in den viel massiveren Schäden, die das Hochwasser 2013 an den betroffenen Objekten hinterlassen hat. Der (in der Abbildung nicht dargestellte) Schadendurchschnitt bestätigt dies: Die mittlere Schadenhöhe war im Jahr 2013 mit rund 11.500 Euro gegenüber dem Wert von rund 2.000 Euro des Jahres 2011 stark erhöht.

Dass es in Thüringen wie auch in anderen Bundesländern zu solch massiven Schäden kam, lag zu einem großen Teil an den vielen Schadenfällen, die als unmittelbare Folge der Starkregenereignisse außerhalb der eigentlichen Risikozonen entstanden sind, sowie an dem sehr großflächig aufgetretenen Hochwasser infolge der Niederschläge. Da die Menschen in Deutschland durch einen verbesserten Hochwasserschutz und andere vorsorgende Maßnahmen sowohl von staatlicher Seite als auch durch Maßnahmen der Haushalte selbst und der

Unternehmen besser vorbereitet waren, blieben die Schäden trotz der Größe des von der Katastrophe betroffenen Gebiets insgesamt geringer als bei der Elbe-Flut im Jahr 2002.

Siehe auch:

S-NI-4 Starkniederschläge

I-WW-2 Hochwasser

I-BA-1 Gebäudeschäden durch Sturm und Hagel

Nehmen stadtklimatische Belastungen zu?

Bislang ist nicht erkennbar, dass sich bezogen auf die Stadt Jena die Wärmeinselsituation verändert. Unabhängig davon kommt es in den Sommermonaten in Jena und Gera zu Wärmebelastungen, die im thüringischen und bundesweiten Vergleich deutlich über dem Durchschnitt liegen.

Nicht nur für das einzelne Gebäude, auch für Siedlungen insgesamt und hier insbesondere für Städte werden Auswirkungen durch den Klimawandel erwartet. Der Blick richtet sich dabei vor allem auf das Stadtklima und dessen Einfluss auf die urbanen Lebens- und Arbeitsbedingungen.

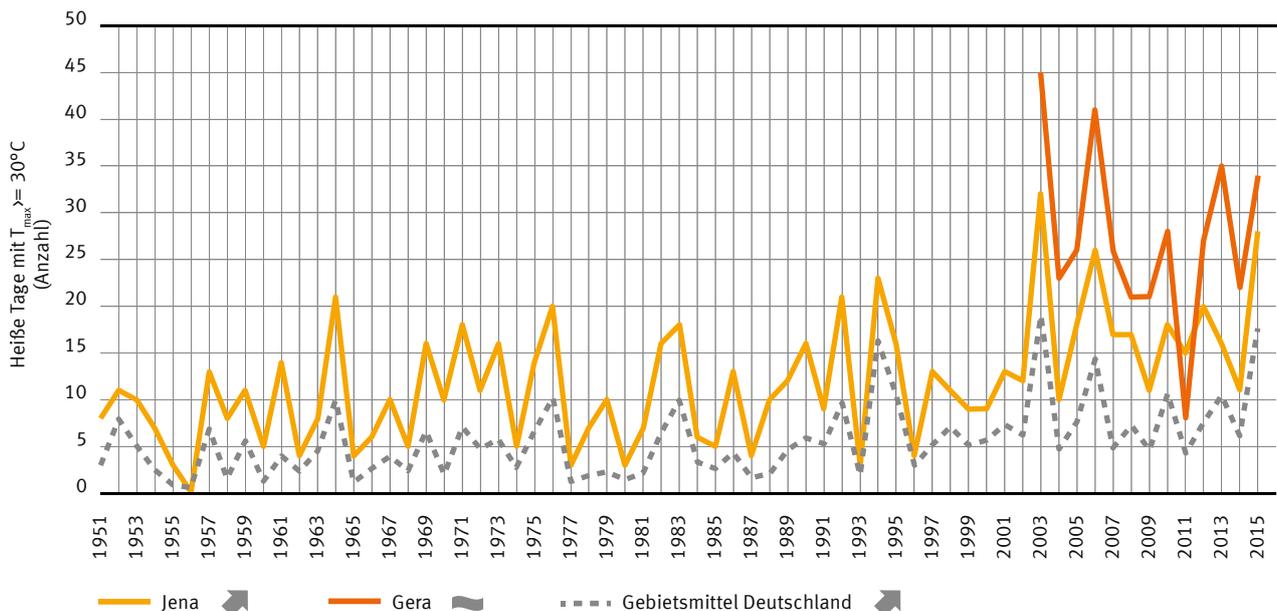
Welche lokalklimatischen Bedingungen sich unter dem Einfluss des großräumigen Klimas an einem Ort entwickeln, hängt ganz wesentlich von den örtlichen Geländeformen und -neigungen, das heißt der Orografie, und der bestehenden Nutzungsstruktur ab. Letztere ist in Städten vor allem durch die Bebauungsdichte und -höhe, die Stadtgröße, die Ausrichtung von Straßenzügen, den

Versiegelungsgrad, der Größe und Verteilung städtischer Grünflächen oder den Oberflächenmaterialien von Straßen und Fassaden gekennzeichnet. Im Zusammenspiel dieser Faktoren bilden sich die stadtklimatischen Verhältnisse aus, die sich typischerweise durch geringere mittlere Windgeschwindigkeiten, eine geringere Luftfeuchte und vor allem eine höhere Durchschnittstemperatur im Vergleich zur umgebenden Landschaft auszeichnen. Klimatologen sprechen in diesem Zusammenhang von der „städtischen Wärmeinsel“.

Aufgrund des Wärmeinseleffekts entstehen Hitzebelastungen in Städten häufiger als im Umland und dauern

zumeist auch länger an. Dies kann unterschiedliche Auswirkungen nach sich ziehen. Zu Belastungen für Gebäude bzw. Bauteile kann es beispielsweise durch thermische Längenänderungen und dadurch hervorgerufene Spannungen oder auch durch Materialermüdung und temporäre Materialerweichung kommen. Die Vegetation in Städten leidet unter Hitze und Trockenheit. Vor allem aber kann Hitze, insbesondere wenn gleichzeitig die Ozonbelastungen hoch sind, zu negativen gesundheitlichen Folgen für die Bewohnerinnen und Bewohner der Städte führen.

Regionale Klimaprojektionen zeigen, dass die durchschnittlichen Tempe-



Datenquelle: DWD (Station Jena Sternwarte; Deutscher Klimaatlas); TLUG (Station Gera Friedericistraße)

I-BA-3: Wärmebelastung in Städten (Jena, Gera)

raturen durch die globale Erwärmung flächendeckend in allen Landesteilen des Freistaats ansteigen werden. Ein allgemeiner Temperaturanstieg war in den vergangenen Jahrzehnten bereits zu beobachten. Er geht auch mit einer Zunahme von sogenannten heißen Tagen einher. Das sind Tage mit einer Tageshöchsttemperatur von mindestens 30°C. Im thüringischen Mittel traten im Zeitraum 1986-2015 6 heiße Tage auf; das sind doppelt so viele wie noch im Mittel des Zeitraums 1961-1990.

An den Stationen Sternwarte bzw. Friedericistraße im Innenstadtbereich der beiden exemplarisch ausgewählten Städte Jena und Gera traten vor allem in bekanntermaßen heißen Jahren wie 2003, 2006 und zuletzt 2013 und 2015 deutliche Spitzen auf. In allen Jahren war die Anzahl der heißen Tage im Vergleich sowohl zum bundesweiten Durchschnitt als auch zum landesweiten Mittel der letzten dreißig Jahre stark erhöht. Dies kann in den Städten zu überdurchschnitt-

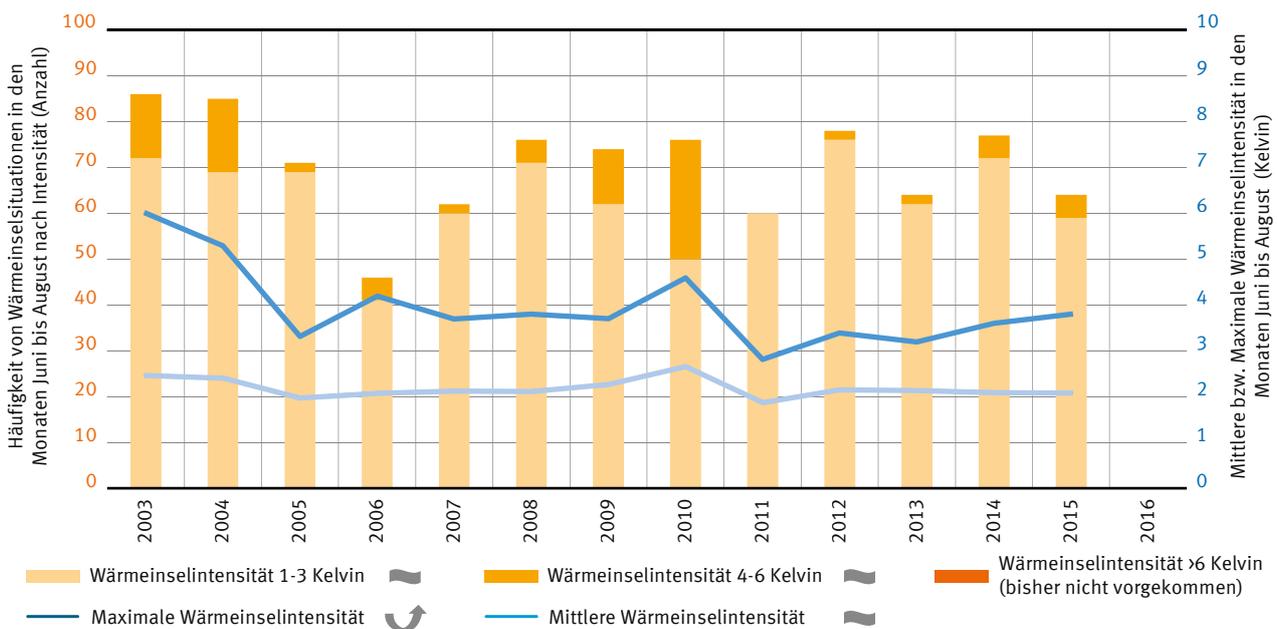
lichen Belastungen geführt haben. In Jena steigt die Anzahl der heißen Tage zudem mit signifikantem Trend an. In Gera konnte bislang kein signifikanter Trend ermittelt werden.

Besonders belastend für die Bevölkerung ist es, wenn auf heißen Tage sogenannte Tropennächte folgen, in denen die Temperaturen nicht unter 20°C abkühlen, abwechseln. Der Körper kann sich dann während der Nacht nicht erholen. Bislang ist es weder in Jena noch in Gera zu einer übermäßig erhöhten Zahl solcher Nächte gekommen. Im Zuge der klimatischen Erwärmung werden Tropennächte in den beiden Städten eher und häufiger auftreten als im Umland. Dort ist es in den meisten Nächten kühler als in der Innenstadt – im Durchschnitt zwischen 1°C und 2°C.

Im Zusammenhang von Stadtklima und Klimawandel wird auch diskutiert, dass die Unterschiede zwischen Stadt und Umland zunehmen und Wärmeinselsitu-

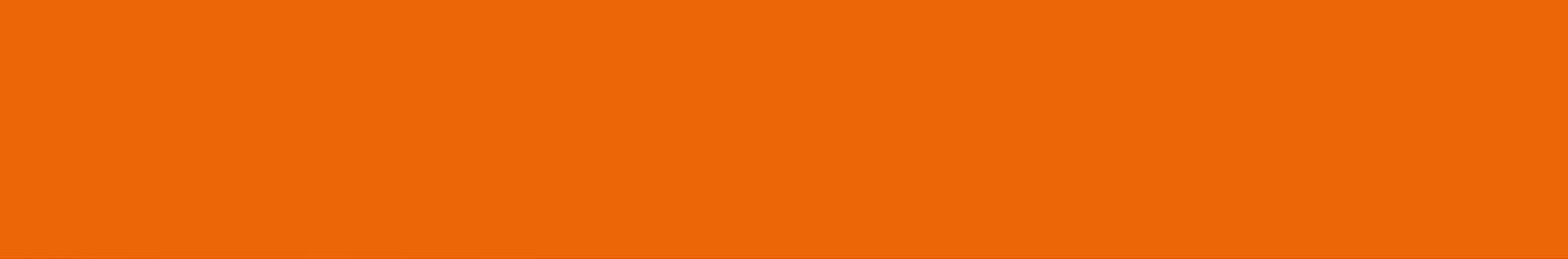
ationen häufiger und intensiver auftreten können. Der Indikator zeigt die Entwicklung des Wärmeinseleffekts für Jena im Vergleich der Stationen Sternwarte und Saaleaue anhand der täglichen Temperaturminima in den Sommermonaten Juni bis August. Ein relevanter Wärmeinseleffekt mit einer Temperaturdifferenz von mindestens einem Kelvin zeigt sich in fast allen Jahren an mindestens zwei Dritteln aller Sommertage. Signifikante Trends in Häufigkeit und Intensität sind bislang aber nicht zu verzeichnen.

Siehe auch:
S-TP-3 Hitze



Datenquelle: DWD (Klimamessstationen Jena Sternwarte), Max-Planck-Institut (Saaleaue)

I-BA-4: Sommerlicher Wärmeinseleffekt (Beispiel Jena)



Energiewirtschaft

Die große aktuelle Herausforderung der Energiepolitik in Deutschland und ebenso auch in Thüringen ist die Energiewende. Um einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten, den beschlossenen Atomausstieg umzusetzen und zugleich wirtschaftlich von der Transformation des Energiesystems zu profitieren, sollen anstelle von konventionellen Energieträgern wie Kohle und Erdöl künftig erneuerbare Quellen Wärme und Strom liefern und die Mobilität gewährleisten. Ziel der Landesregierung ist, dass Thüringen bis 2040 seinen Energiebedarf bilanziell durch einen Mix aus 100 % regenerativer Energie selbst decken kann. Neben dem Ausbau der Erneuerbaren müssen dazu die Effizienz gesteigert und Energie eingespart werden. Der dafür erforderliche Umbau betrifft alle Bereiche des Energieversorgungssystems von der Energieumwandlung über den Transport bis zur Nutzung von Wärme, Strom und Kraftstoffen.

Während dieses grundlegenden und langfristigen Umbauprozesses wird der fortschreitende Klimawandel die meteorologischen Rahmenbedingungen für das Energieversorgungssystem verändern. Wetter und Witterung beeinflussen dieses System in vielfältiger Weise: Beispielsweise hängt der Energiebedarf für Gebäude in starkem Maße von den Temperaturverhältnissen ab; die Energieerzeugung aus erneuerbaren Energien wie Sonne oder Wind ist, anders als die fossile Energieerzeugung, unmittelbar auf geeignete Wetter- und Witterungsbedingungen angewiesen; Energieinfrastrukturen, insbesondere die Freileitungen für die Stromversorgung, sind Gewittern und Stürmen, Schnee und Eis, aber auch Hitze unmittelbar ausgesetzt.

In diesem Prozess ist die Klimaanpassung als zusätzliche Herausforderung mitzudenken und zu berücksichtigen, um eine sichere, bezahlbare, klima- und umweltverträgliche Energieversorgung im Freistaat dauerhaft gewährleisten zu können.

Legende für die Trendsymbole

-  linear steigender Trend
-  linear fallender Trend
-  kein signifikanter Trend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst steigend, dann fallend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst fallend, dann steigend

Mehr kühlen im Sommer, weniger heizen im Winter

Seit Anfang der 1990er Jahre nimmt in Thüringen die Zahl der Kühlgradtage zu, die Zahl der Heizgradtage hingegen nimmt ab. Beide Entwicklungen vollziehen sich mit einem statistisch signifikanten Trend. Die langjährigen Mittelwerte der Klimanormalperiode 1961-1990 werden im Falle der Kühlgradtage nur noch im Ausnahmefall unter-, im Falle der Heizgradtage nur noch im Ausnahmefall überschritten.

In Deutschland werden pro Jahr rund 9.000 Petajoule Endenergie verbraucht, das heißt von den jeweiligen Verbrauchern für Wärme und Kälte, Beleuchtung oder in Form von mechanischer Energie genutzt. Der größte Teil der verbrauchten Endenergie, knapp 2.600 Petajoule, wurde im Jahr 2014 im (weitgehend klimaunabhängigen) Verkehrsbereich für Mobilität und Fortbewegung genutzt. Abhängig vom Witterungsverlauf und damit auf lange Sicht auch vom Klima sind vor allem zwei andere Anwendungsbereiche: die Raumwärme und die Klimakälte. Während die Klimakälte – also die Kühlung von Räumen mithilfe von Klima- bzw. Kältetechnik – mit einem Endenergieverbrauch von 32 Petajoule im Jahr 2014 in Deutschland bislang eine untergeordnete Rolle spielt, war der Endenergieverbrauch für Raumwärme mit insgesamt circa 2.300 Petajoule 2014 der zweitgrößte Posten in der sogenannten Anwendungsbilanz. In Jahren mit kalten Wintern kann die Raumwärme wie im Jahr 2010 mit rund 2.900 Petajoule auch der größte Verbrauchsposten sein.

Raumwärme und Klimakälte dienen dazu, in Gebäuden ein Raumklima zu erzeugen, das der jeweiligen Funktionalität angemessen ist. Als thermisch behaglich wird ein Raumklima dann bezeichnet, wenn der Mensch Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftbewegung und Wärmestrahlung in seiner Umgebung als optimal empfindet und weder wärmere noch kältere, weder trockenere noch feuchtere Raumluft wünscht. Für die Arbeitswelt geben Regelwerke geeignete Wertebereiche für die Temperatur vor: In Arbeitsräumen für

sitzende Tätigkeiten beispielsweise sollte die Temperatur gemäß den Technischen Regeln für Arbeitsstätten 19°C nicht unter- und 26°C nicht überschreiten. Um diese Lufttemperaturen, die grundsätzlich auch für Wohngebäude herangezogen werden können, einzuhalten, muss der Großteil der Gebäude in den kalten Monaten des Jahres beheizt werden. In den Sommermonaten wiederum wird Kühlenergie eingesetzt, um die Lufttemperaturen in Innenräumen im behaglichen Bereich zu halten, sofern Häuser entsprechend ausgestattet sind und passive Maßnahmen wie die Beschattung der Gebäude nicht ausreichen.

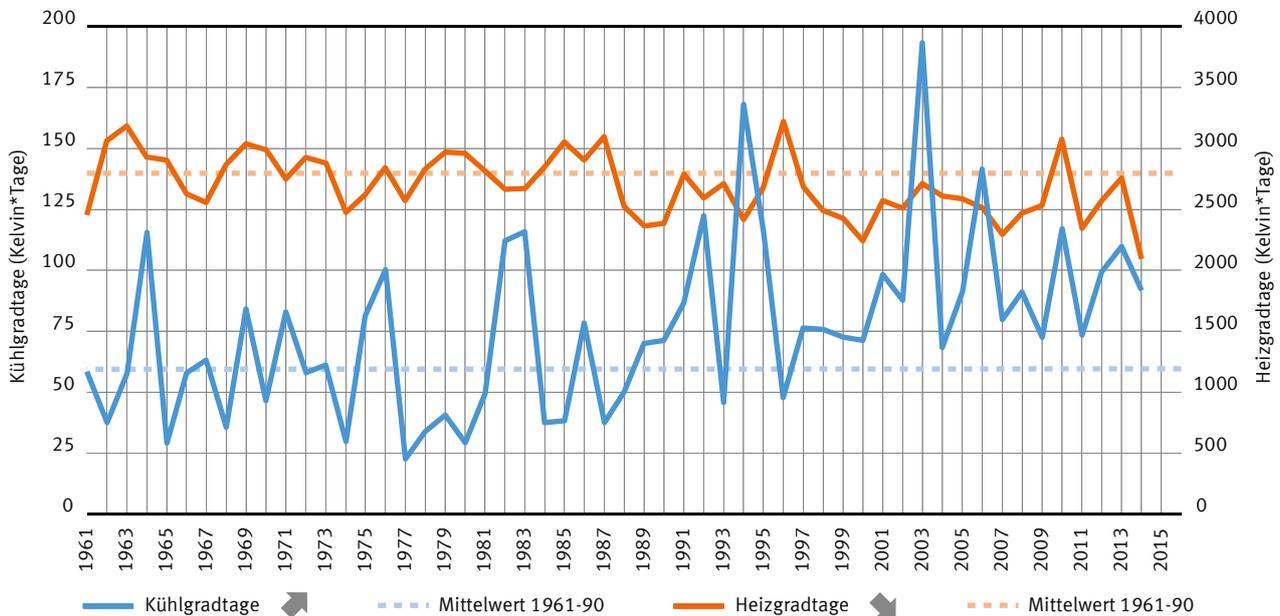


Die projizierte klimatische Erwärmung kann den Energiebedarf für Raumwärme und Klimakälte in zwei Richtungen beeinflussen. Zukünftig zunehmende Wintertemperaturen können dazu führen, dass weniger Heizenergie benötigt wird,

um eine behagliche Raumwärme zu erzeugen. Im Sommer hingegen kann ein höherer Kühlenergiebedarf entstehen, um der zunehmenden Wärmebelastung in Wohn- und Betriebsgebäuden zu begegnen.

Für Thüringen liegen keine Anwendungsbilanzen vor, die eine direkte Darstellung des Endenergieverbrauchs für Raumwärme und Klimakälte erlauben. Aus diesem Grund bildet der Indikator die sogenannten Kühlgradtage und Heizgradtage ab, um die klimatischen Rahmenbedingungen für den Bedarf an Klimakälte und Raumwärme abzuschätzen. Ein Kühhtag ist dabei ein Tag, an dem die Tagesmitteltemperatur den Schwellenwert von 18,3°C überschreitet. Um daraus die Kühlgradtage (Einheit: Kelvin*Tage) zu ermitteln, werden über alle Kühltage die Temperaturdifferenzen zwischen dem Tagesmittelwert und dem Schwellenwert summiert. Für Heiztage liegt der Schwellenwert der Tagesmitteltemperatur, der in diesem Fall nicht überschritten werden darf, bei 15°C.

Für Thüringen zeigen sowohl die Zeitreihe für die Kühlgradtage als auch diejenige für die Heizgradtage eindeutige Entwicklungen. Die jährliche Anzahl der Kühlgradtage ist seit 1961 signifikant gestiegen. Der Mittelwert der Klimanormalperiode 1961-1990, rund 60 Kelvin*-Tage, wurde seit den 1990er Jahren in fast allen Jahren überschritten. In heißen Jahren wie 1994 oder 2003 wurde dieser Wert um etwa das Dreifache übertroffen. Für die Heizgradtage bildet die Zeitreihe die gegenläufige Entwicklung ab, ebenfalls mit signifikantem Trend. Nur in den



Datenquelle: TLUG (eigene Berechnung)

I-EW-1: Kühlgradtage und Heizgradtage

Jahren 1996 und 2010 mit ihren ausgeprägten Wintern wurde der Mittelwert der Jahre 1961-1990 von rund 2.800 Kelvin*Tagen überschritten. Der bislang niedrigste Wert von circa 2.100 Kelvin*Tagen wurde für das Jahr 2014, das einen besonders milden Winter hatte, ermittelt.



Während mit Blick auf den abnehmenden Heizwärmebedarf keine unmittelbaren Aktivitäten erforderlich sind, können Bauherren und Immobilieneigentümer mit verschiedenen Maßnahmen einer zunehmenden sommerlichen Wärmebelastung vorbeugen. Mit Blick auf den Klimaschutz sollten sie dafür vor allem passive Maßnahmen einsetzen, die ohne eigenen Kühlenergieverbrauch auskommen und nicht zur Emission von Treibhausgasen führen.

Um die Hitze erst gar nicht ins Gebäude zu lassen, können beispielsweise die Fensterflächenanteile und die Gebäudeausrichtung sorgfältig geplant, außen liegende Verschattungselemente und Sonnenschutzgläser installiert oder Gebäudefassaden und -dächer begrünt werden. Auch eine gute Wärmedämmung und hohe energetische Baustandards können, richtig eingesetzt, zum Wärmeschutz beitragen und gleichzeitig den Heizenergiebedarf senken. Lüftungs- und

Ventilationssysteme können die im Gebäude entstandene Wärme wieder nach außen abführen.

Siehe auch:

I-BA-3 Wärmebelastung in Städten

S-TP-3 Hitze

S-TP-4 Kälte

Stromversorgung durch einzelne Extremereignisse schwer beeinträchtigt

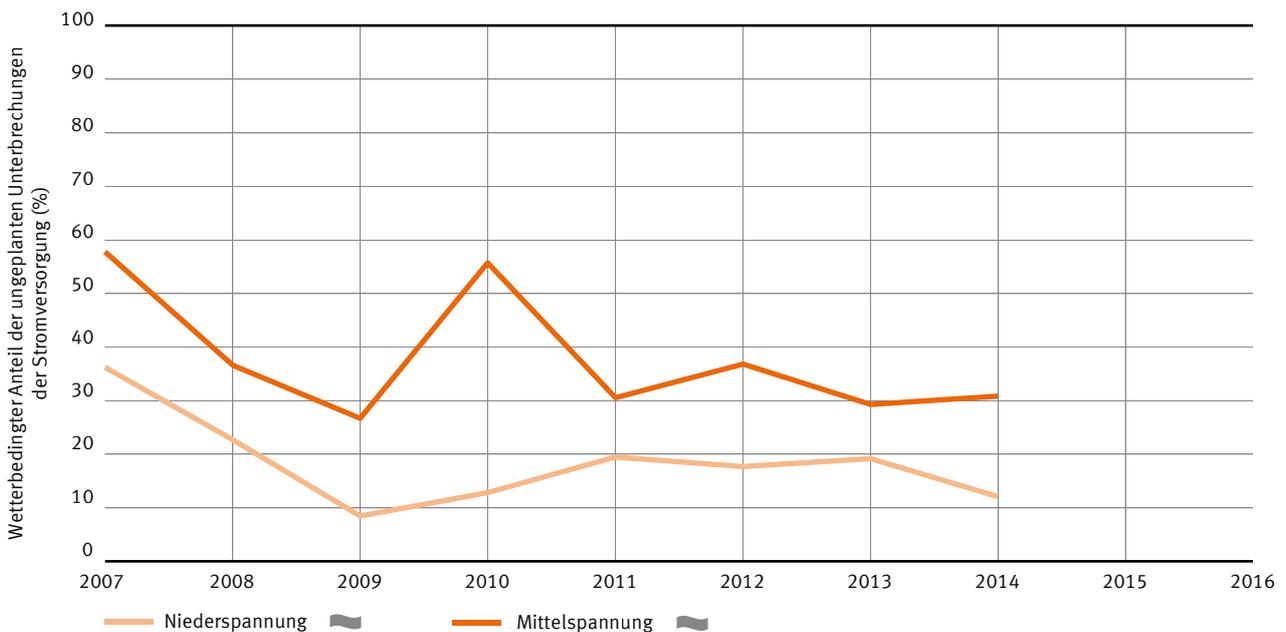
Extremwetterereignisse können zu massiven Stromausfällen führen. Projektionen zeigen, dass extreme Wetter- und Witterungsereignisse im Zuge des Klimawandels häufiger und intensiver werden. In Thüringen könnte sich das in häufigeren und längeren Unterbrechungen der Stromversorgung niederschlagen. Ein statistisch signifikanter Trend kann bisher nicht festgestellt werden.

Wetter und Witterung können den Transport und die Verteilung von Energie beeinflussen. Im Blickpunkt stehen dabei insbesondere Freileitungen für die Stromversorgung. Deren Funktionsfähigkeit kann durch Gewitter, Sturm, Eis und Schnee, aber auch durch Hochwasser in Mittelspannung gezogen werden. Den Projektionen zufolge werden sowohl mittel- als auch langfristig flächendeckend die Tage zunehmen, an denen schwere Sturmböen auftreten. Vor allem in West- und Mittelthüringen werden zudem extreme Schneefälle künftig noch intensiver ausfallen. Mit dem fortschreitenden Klimawandel kann

demnach die Gefährdung insbesondere der oberirdischen Leitungsnetze und damit von Elektrizitätsübertragung und -verteilung zunehmen. Im Netz der TEN Thüringer Energienetze, die in der Hoch- und Mittelspannung den größten Teil des Thüringer Leitungsnetzes betreiben, verläuft im Vergleich zum bundesdeutschen Stromnetz ein großer Teil des Leitungsnetzes oberirdisch: Das Hochspannungsnetz besteht zu annähernd 100 % aus Freileitungen (in Deutschland: 91 %), in der Mittelspannungsebene werden rund 40 % (21 %) des Netzes oberirdisch geführt. In der Niederspannungsebene verlaufen

im Netz der TEN immerhin gut 16 % des Netzes oberirdisch (11 %). Die Leitungsnetze sind damit Wetter und Witterung insgesamt stärker ausgesetzt.

Die beiden Indikatoren zeigen auf der Grundlage von Daten der Bundesnetzagentur (BNetzA) die Häufigkeit von wetter- und witterungsbedingten Unterbrechungen sowie deren Einfluss auf die Zuverlässigkeit der Stromversorgung an. Die Daten der BNetzA beziehen sich gemäß den gesetzlichen Vorgaben zur Anreizregulierung auf Unterbrechungen mit einer Dauer von mindestens drei Minuten im Mittel- und



Datenquelle: BNetzA (Störungsstatistik)

I-EW-2: Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung

Niederspannungsnetz. Die Höchst- und Hochspannungsebene wird nicht abgebildet. Als wetter- unter witterungsbedingte Ursachen werden sogenannte atmosphärische Einwirkungen wie Gewitter, Sturm, Eis, Eisregen, Schnee und Hochwasser, sowie höhere Gewalt berücksichtigt. Der letztgenannten Kategorie werden vor allem Orkane und schwere Stürme sowie außergewöhnliche Hochwasser zugeordnet.

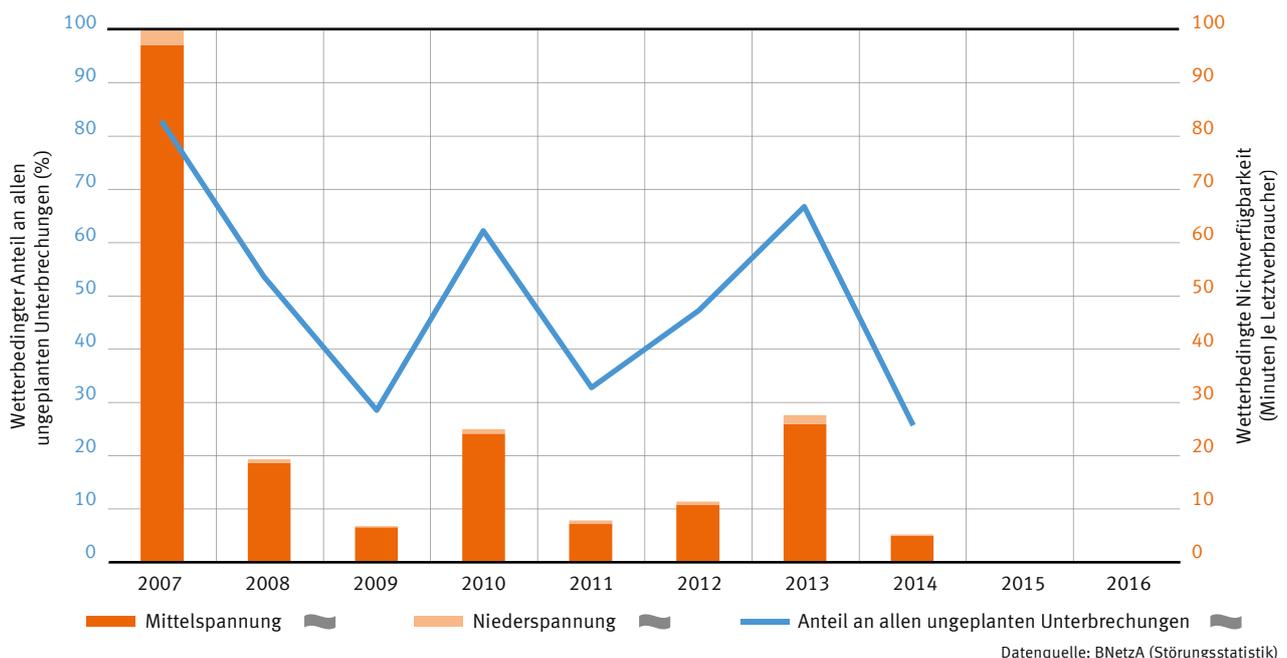
Ereignisse höherer Gewalt wirken sich besonders stark auf das Thüringer Stromnetz aus. Im Januar 2007 war infolge des Orkans Kyrill die Stromversorgung von rund 61.000 Haushalten in 450 Orten unterbrochen. In einigen Orten dauerte es über 40 Stunden, bis die Stromversorgung wiederhergestellt war. Im Jahr 2010 beschädigten die Orkane Xynthia und Carmen das Stromnetz im Freistaat so stark, dass es zu vielen und auch längeren Stromausfällen kam. Vor allem umgestürzte Bäume, die Mittelspannungsleitungen beschädigten, lösten die Unterbrechungen aus. Im Jahr 2013 gab es keine außer-

gewöhnliche Häufung von wetter- und witterungsbedingten Stromausfällen, dennoch waren die Thüringer Stromkunden deswegen durchschnittlich fast eine halbe Stunde ohne Strom. Die Ursache hierfür lag in längeren Stromabschaltungen während des Hochwassers zwischen Ende Mai und Anfang Juni. Hinzu kamen längere Unterbrechungen infolge von Orkan Xaver Anfang Dezember. Ein statistisch signifikanter Trend hin zu mehr Stromausfällen ist bisher jedoch nicht erkennbar.

Neben Wetter und Witterung haben auch der Zustand und das Alter des Netzes Einfluss auf das Unterbrechungsgeschehen. Im Thüringer Mittelspannungsnetz sind teilweise noch alte Masten aus DDR-Zeiten in Verwendung, die weniger stabil als die nach heutigen Normen errichteten Masten sind. Bei Stromtrassen in Waldgebieten kommt hinzu, dass die Vorschriften für Schneisen in Teilen ungeeignet sind, um Leitungsschäden durch umstürzende Bäume weitestgehend zu vermeiden. Weitere Einflussfaktoren sind die Struktur des

Netzes und auch rechtliche Rahmenbedingungen. In Thüringen trägt wohl auch der höhere Anteil an oberirdischen Stromleitungen dazu bei, dass Unterbrechungen infolge von Orkanen, Hagel, Schnee und Eis im bundesweiten Vergleich häufiger auftreten und auch länger dauern. Besonders deutlich werden diese Unterschiede an den Folgen von Orkan Kyrill, der im Jahr 2007 in ganz Deutschland schwere Schäden anrichtete. Damals waren Letztverbraucher im bundesweiten Durchschnitt rund 22 Minuten, in Thüringen jedoch rund 100 Minuten ohne Strom.

Siehe auch:
S-GW-1 Gewitter



I-EW-3: Wetterbedingte Nichtverfügbarkeit der Stromversorgung

Windkraft – bislang keine klimabedingten Auswirkungen auf den Stromertrag erkennbar

Mit der zunehmenden Zahl von Windenergieanlagen und deren steigender Leistung nimmt der Windstromertrag in Thüringen kontinuierlich zu. Der jährliche Stromertrag hängt aber auch wesentlich von den Windverhältnissen des jeweiligen Jahres ab, welche zwischen den einzelnen Jahren verhältnismäßig stark schwanken können. Ein signifikanter Entwicklungstrend zu schlechteren oder besseren klimatischen Bedingungen für die Erzeugung von Windstrom lässt sich bisher nicht feststellen.

Für die Energiewende in Thüringen ist die Windenergie eine tragende Säule. Im Jahr 2015 waren 41,5 % des im Freistaat erneuerbar erzeugten Stroms Windstrom. Der Anteil des Windstroms an der Stromerzeugung insgesamt lag bei knapp 25%. Ziel ist es, den Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromversorgung deutlich zu steigern. Bis zum Jahr 2040 will Thüringen seinen Energiebedarf dann bilanziell durch einen Mix aus 100% regenerativer Energie selbst decken können.

Wind- und Sonnenenergie zur Stromerzeugung hängen naturgemäß direkt von Wetter und Witterung ab; stärker noch als Wasserkraft und Biomasse, deren energetische Nutzung stärker vom längerfristigen Witterungsverlauf beeinflusst ist.

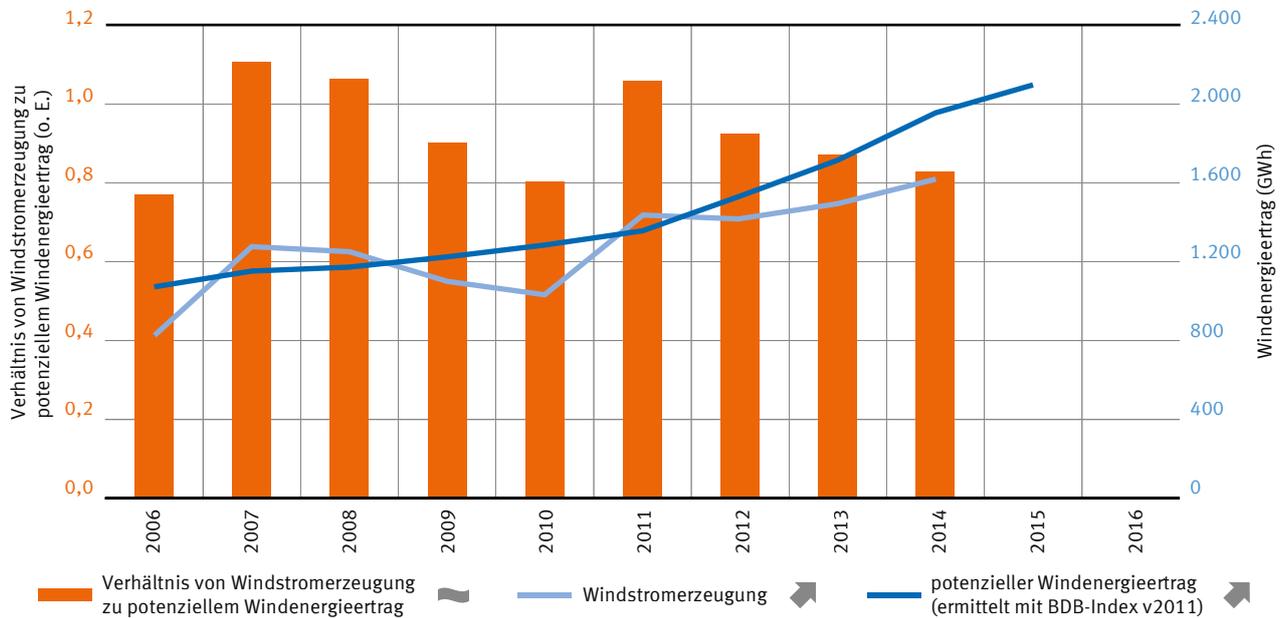
Ändern sich die klimatischen Rahmenbedingungen und treten infolgedessen günstige Verhältnisse häufiger oder seltener auf, wird sich das folgerichtig in der Stromerzeugung niederschlagen. Beim avisierten Umbau des Energiesystems hin zu sicheren, bezahlbaren und umweltverträglichen Versorgungsstrukturen müssen daher auch die Klimaänderungen mitbedacht und beobachtet werden.

In jedem Fall sind zur Erreichung der gesteckten Ausbauziele für erneuerbare Energien auch neue Windvorranggebiete erforderlich, ebenso Repowering auf den dafür vorgesehenen Flächen. Ihr volles Potenzial können Windenergieanlagen aber nur bei geeigneten Windgeschwindigkeiten ausschöpfen. Für Thüringen zeigen die bislang vorliegenden Projektio-

nen, dass mit dem Klimawandel günstige Windbedingungen tendenziell abnehmen können. So sollen ab Mitte des Jahrhunderts die Tage zunehmen, an denen der Wind entweder zu schwach weht, um Windstrom zu erzeugen, oder an denen die Windenergieanlagen abgeschaltet werden müssen, weil die Windgeschwindigkeiten zu hoch sind.

Um zu beobachten, ob die sich ändernden klimatischen Bedingungen tatsächlich schlechtere Bedingungen für die Windstromerzeugung mit sich bringen, vergleicht der Indikator den realen Stromertrag der Windkraftanlagen in Thüringen mit dem potenziellen Stromertrag, der mit dem Anlagenbestand möglich wäre. Der reale Stromertrag umfasst derzeit die Menge des tatsächlich in das





Datenquelle: TLS (Gesamtstromerzeugung in Thüringen); DEWI GmbH (Potenzieller Windenergieertrag)

I-EW-4: Potenzieller und realer Windenergieertrag

Leitungsnetz eingespeisten Windstroms. Künftig wird außerdem die Strommenge berücksichtigt, die wegen Einspeisemanagementmaßnahmen nicht in das Stromnetz eingespeist, aber produziert wurde. Der potenzielle Windstromertrag wird demgegenüber anhand einer Hochrechnung ermittelt, die ein sogenanntes 100%-Jahr nach dem BDB-Index v2011 als Maßstab zugrunde legt. Das 100%-Jahr ist dabei ein auf der Grundlage von Ertragsdaten eines längeren Zeitraums errechneter Erwartungswert für den Stromertrag von Windenergieanlagen. Unberücksichtigt bleiben dabei allerdings Faktoren wie etwa die Alterung der Anlagen oder auch Abschaltungen wegen Lärm, Schattenwurf oder Artenschutzmaßnahmen, die den realen Windstromertrag mindern können.

Mit dem Zubau neuer und dem Repowering älterer Windenergieanlagen nehmen sowohl der reale als auch der potenzielle Windstromertrag in Thüringen kontinuierlich und mit signifikantem Trend zu.

Im Verhältnis der beiden Zeitreihen, das die Bedingungen für die Windstromerzeugung ausdrückt, zeigen sich zwischen den Jahren Schwankungen. Einzelne Jahre wie 2007, 2008 und 2011 lagen im thüringenweiten Mittel über dem Erwartungswert. In anderen Jahren blieb der reale Stromertrag unterhalb der als potenziell möglich eingeschätzten Strommenge. Eine Entwicklungstendenz lässt sich aber aus der noch kurzen Zeitreihe bislang nicht ablesen.

Um sich angesichts der langen Laufzeiten von Windenergieanlagen auf möglicherweise schlechtere Bedingungen vorzubereiten, können Investoren bzw. Betreiber bei neuen Anlagen die technischen Spezifikationen anpassen. Beispielsweise können Anlagen windärmere Situationen besser ausnutzen, wenn sie schon bei einer niedrigeren Windgeschwindigkeit ihre Nennleistung erreichen. Gerade an Binnenstandorten wie in Thüringen ist eine verstärkte Orientierung auf solche Anlagen hin sinnvoll. Techni-

sche Anpassungen können auch für hohe Windgeschwindigkeiten vorgenommen werden, die künftig ebenfalls häufiger auftreten können. Bereits heute sind einzelne Fabrikate in der Lage, ihre Flügel stufenlos aus dem Wind zu drehen, um auch hohe Windgeschwindigkeiten über 25 m/s noch ausnutzen zu können.



Katastrophenschutz

Extremwetterlagen wie Stürme und heftige Schneefälle, Wald- und Feldbrände, Hochwasser und Staudammbrüche sowie Massenanfälle von Verletzten auf Straßen und Schienen sowie in Tunneln sind für den Freistaat Thüringen die wesentlichen klimaabhängigen Hauptgefährdungen, für die der Katastrophenschutz gerüstet sein muss. Durch den Klimawandel kann sich die Eintrittswahrscheinlichkeit dieser klimaabhängigen Hauptgefährdungen mittel- bis langfristig erhöhen. Während für Hochwassergefahren erst zum Ende des Jahrhunderts mit einem höheren Risiko in einzelnen Teilräumen zu rechnen ist, wird für Stürme und Flächenbrände erwartet, dass sie in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts flächendeckend in Häufigkeit und Intensität zunehmen können. Massenanfälle von Verletzten treten häufig in Verbindung mit Schnee- und Eisglätte auf. Da auch zukünftig Einzelereignisse in Teilräumen zu Gefährdungssituationen führen können, ist bislang nicht von einer Abnahme dieser Gefährdung auszugehen.

Grundsätzlich müssen aber häufigere Extremwetterereignisse nicht immer auch tatsächlich zu häufigeren Einsätzen führen, da eine Vielzahl weiterer Faktoren das Einsatzgeschehen beeinflusst: die lokalen Gegebenheiten am betroffenen Ort, auftretende Folgewirkungen wie Stromausfälle, die mit

Extremwetterereignissen einhergehen können, die Anzahl der betroffenen Menschen und das Maß, in dem diese auf Katastrophen vorbereitet sind.

Es gehört zu den Kernaufgaben des Katastrophenschutzes, mit extremen Ereignissen und deren Folgen umzugehen und diese zu bewältigen. Die genannten Hauptgefährdungen können in allen Regionen des Freistaats auftreten und betreffen demnach alle Aufgabenträger, das heißt die Katastrophenschutzbehörden aller Landkreise, kreisfreien Städte und des Freistaats gleichermaßen. Zur Abwehr der verschiedenen Gefährdungen wurden in der im Jahr 2010 in Kraft getretenen Thüringer Katastrophenschutzverordnung auf der Grundlage einer bundeseinheitlich durchgeführten Gefährdungsabschätzung erstmals landesweit einheitliche Mindeststandards und Strukturen festgelegt. Danach sind dreiundzwanzig Basiseinheiten, bestehend jeweils aus den beiden Führungstrupps, den beiden Einsatzzügen für die Bereiche Brandschutz/Hochwasser/Extremwetterlagen, dem Gefahrgutzug sowie dem Sanitäts- und Betreuungszug flächendeckend über den Freistaat verteilt. Hinzu kommen als Spezialeinheiten der Berg- und der Wasserrettungszug sowie die Tauchereinsatzgruppe, die je einmal in den Höhenlagen des Thüringer Waldes bzw. an den Gewässern konzentriert sind.

Legende für die Trendsymbole

-  linear steigender Trend
-  linear fallender Trend
-  kein signifikanter Trend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst steigend, dann fallend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst fallend, dann steigend

Hochwasser, Stürme & Co – Viel Arbeit für den Katastrophenschutz

Wetter und Witterung haben in den vergangenen 15 Jahren wiederholt zu hohen Belastungen für den Thüringer Katastrophenschutz geführt. Die bislang höchsten Einsatzzahlen bescherte den Katastrophenschutzkräften im Jahr 2007 der Orkan Kyrill. Extreme Hochwasser waren 2002 und 2013 die Ursache für die vielen Einsätze. In den Sommern 2003 und 2015 mussten die Feuerwehren hingegen oft ausrücken, um Flächenbrände infolge von Hitze und Trockenheit zu bekämpfen.

In den vergangenen Jahren war der Katastrophenschutz in Thüringen mehrfach vor große Herausforderungen gestellt, zuletzt im Jahr 2013. Kräftige und langanhaltende Regenfälle in der letzten Mai- und der ersten Juni-Woche brachten so viel Niederschlag mit sich, dass die Böden das Wasser nicht mehr aufnehmen konnten. Die Folge war eine ausgedehnte Hochwassersituation im Freistaat mit Schwerpunkt in Ostthüringen. Insgesamt waren davon 19 Landkreise und kreisfreie Städte, 353 Gemeinden und rund 27.000 Personen direkt betroffen. Rund 4.250 Wohnhäuser und 51 Brücken wurden beschädigt. Die Gesamtschadensbilanz schlug mit rund 452 Millionen Euro zu Buche.

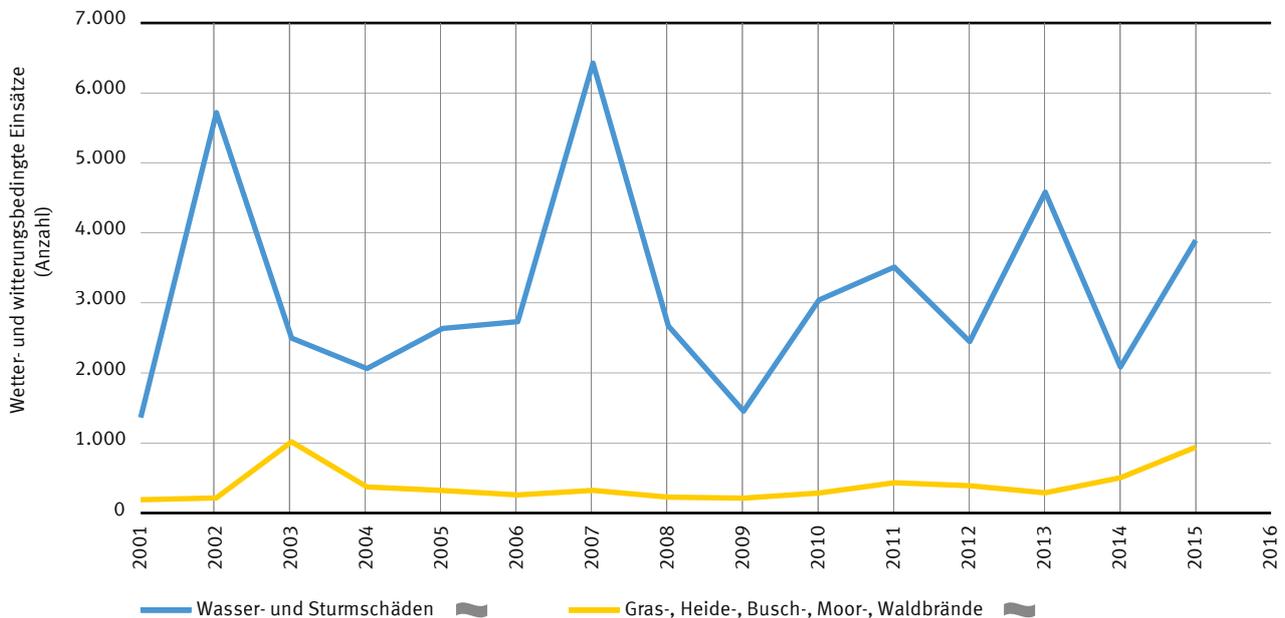
Für den Katastrophenschutz bedeutete dies Schwerstarbeit. In drei Landkreisen und einer kreisfreien Stadt war über mehrere Tage der Katastrophenfall ausgerufen, 2.411 Menschen mussten evakuiert werden. In die Einsätze waren über 10.000 Einsatzkräfte und fast 1.500 Fahrzeuge eingebunden, entweder im eigenen Landkreis oder – im Rahmen der überregionalen Hilfe – in Nachbarlandkreisen. Später, als sich die Lage im Freistaat bereits entspannt hatte, unterstützten Thüringer Katastrophenschutzkräfte die Flutbewältigung in Sachsen-Anhalt. Material für die Einsätze in Thüringen und Sachsen-Anhalt wie Sandsäcke, Pumpen und Stromerzeuger wurde auch aus den vier dezentralen Katastrophenschutzlagern bereitgestellt, die zur Vorbeugung nach den Hochwassern 2002 und 2010 eingerichtet worden waren.

Im Katastrophenschutz in Thüringen arbeiten behördliche Stellen auf kommunaler und Landesebene mit Feuerwehren, der Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW) sowie anerkannten privaten Hilfsorganisationen – die Thüringer Landesverbände des Deutschen Roten Kreuzes, der Johanniter-Unfall-Hilfe, des Malteser Hilfsdienstes, des Arbeiter-Samariter-Bundes und der Deutschen Lebens-Rettungs-Gesellschaft – eng zusammen. Gemeinsam mit den hauptamtlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bei Kommunen und Land engagieren sich über 45.000 Thüringerinnen und Thüringer zumeist ehrenamtlich in Katastrophenschutz-Organisationen. In den gemäß der Thüringer Katastrophenschutzverordnung organisierten Katastrophenschutzeinheiten stellen die Feuerwehren personell rund 70% und die privaten Hilfsorganisationen etwa 30% der Helferschaft. Führungs- und Einsatzkräfte dieser Strukturen werden sowohl in der täglichen kommunalen Gefahrenabwehr als auch im Katastrophenfall einbezogen. Dies ist ebenso beabsichtigt und gelebte Praxis wie das doppelte Nutzen der vorhandenen Ausstattung für die verschiedenen Einsatzfälle.

Den Feuerwehren kommt somit bei der Bewältigung von Wetter- und Witterungsextremen eine wichtige Rolle zu. Zusammen mit Einsatzkräften anderer Organisationen arbeiten sie oft als Erste am Einsatzort in der unmittelbaren Hochwasserabwehr mit, etwa bei der Sicherung von wasserwirtschaftlichen Anlagen, oder stellen mobile Hochwasserschutz-

anlagen auf. Zu ihren Aufgaben gehört es auch, Anwohner aus akut gefährdeten Bereichen zu evakuieren oder Sach- und Umweltschäden zu minimieren. Dazu pumpen die Einsatzkräfte zum Beispiel Unterführungen, überflutete Betriebsbereiche und Keller leer oder beseitigen ausgetretenes Heizöl bzw. gefährliche Chemikalien. Nach heftigen Stürmen räumen sie Straßen und Schienen von Windbruch und machen diese wieder für die lebensnotwendige Versorgung der Bevölkerung befahrbar. Die Bekämpfung von Flächenbränden ist ohnehin eine originäre Aufgabe der Feuerwehren und oft mit hohen Risiken für Leben und Gesundheit der Einsatzkräfte verbunden.

Als eine Wirkung des Klimawandels wird erwartet, dass klimaabhängige Extremereignisse wie Stürme, Hochwasser und Flächenbrände zukünftig zunehmen und möglicherweise auch häufiger gleichzeitig auftreten. Für den Brand- und Katastrophenschutz können daraus erhöhte Anforderungen entstehen. Zum Teil signalisieren die Einsatzorganisationen bereits heute, dass die Zahl der Einsätze zu technischen Hilfeleistungen infolge von Wetterereignissen vielerorts ansteigt, und dass mit extremen Überschwemmungsereignissen wie in den Jahren 2002 oder 2013 stark erhöhte Belastungen der Einsatzkräfte einhergehen. Um diese Entwicklung beobachten zu können, zeigt der Indikator stellvertretend für die im Katastrophenschutz tätigen Organisationen die Häufigkeit von Einsätzen der Feuerwehren infolge wetter- und witterungsbedingter



Datenquelle: TMIK (Jahresberichte über Einsätze im Brandschutz, in der Allgemeinen Hilfe und im Katastrophenschutz im Freistaat Thüringen)

I-KS-1: Wetter- und witterungsbedingte Einsätze der Thüringer Feuerwehren

Ursachen. Der Blick auf die vergangenen 15 Jahre macht die Auswirkungen einzelner extremer Wetter- oder Witterungslagen deutlich, ohne dass sich bislang aber signifikante Entwicklungstrends abbilden.

Die bislang höchsten Einsatzzahlen bescherte den Thüringer Katastrophenschutzkräften der Orkan Kyrill im Januar 2007. Der Sturm forderte bundesweit insgesamt 13 Todesopfer und hatte außerdem massive materielle Auswirkungen: Gebäude und Infrastrukturen wurden beschädigt, der Zugverkehr wurde bundesweit eingestellt, es kam zu Straßensperren und Stromausfällen, Waldbestände wurden in großem Umfang beeinträchtigt. Auch Thüringen war von diesen Folgen des Sturms auf großer Fläche betroffen. Für die hohen Einsatzzahlen in den Jahren 2002 und 2013 sind Hochwasser verantwortlich. Im Sommer 2015 führten schwere Unwetter mit Starkniederschlägen zu Überflutungen und massiven Zerstörungen. Die Auswirkungen extremer Hitze treten zwar weniger markant in Erscheinung, sind aber

dennoch klar zu erkennen: In den sehr heißen Sommern 2003 und 2015 gab es deutlich mehr Einsätze für die Bekämpfung von Flächenbränden.

Damit der Katastrophenschutz auch zukünftig funktionsfähig bleibt, werden schon heute zahlreiche Maßnahmen umgesetzt. Ganz wesentlich ist dabei der kontinuierliche Evaluationsprozess der Einsatz- und Führungsstrukturen, der derzeit in Umsetzung des Koalitionsvertrags vorgenommen wird. Dieser Prozess, dem am Ende eine aktuelle Gefährdungsabschätzung zugrunde liegen wird, stellt sicher, dass die sich ändernden Rahmenbedingungen – neben dem Klimawandel ist dies beispielsweise auch die allgemeine demografische Entwicklung – bei der weiteren Entwicklung des Katastrophenschutzes berücksichtigt werden können. Hinzu kommen zahlreiche weitere Maßnahmen wie etwa die Bildung von Wasserwehren, die Förderung bzw. zentrale Beschaffung von modernen Fahrzeugen und moderner Ausstattung, die Durchführung von

verpflichtenden praxisnahen Übungen zu einschlägigen Schadensszenarien oder die moderne Wissensvermittlung in der Thüringer Landesfeuerwehr- und Katastrophenschutzschule. Des Weiteren gibt es vielfältige Initiativen, um das ehrenamtliche Engagement zu fördern und Nachwuchs zu gewinnen. All diese Maßnahmen leisten auch einen konkreten Beitrag zur Umsetzung der Anpassungsstrategie an den Klimawandel.

Siehe auch:

- I-WW-2 Hochwasser
- I-FW-5 Waldbrandgefährdung und Waldbrand
- I-BA-1 Gebäudeschäden durch Sturm und Hagel
- I-BA-2 Elementarschäden an Gebäuden
- I-EW-2 Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung
- I-EW-3 Wetterbedingte Nichtverfügbarkeit der Stromversorgung



Raumordnung und Landesplanung

Im Unterschied zu den anderen Handlungsfeldern sind Raumordnung und Landesplanung nicht im eigentlichen Sinn klimasensitiv. Sie sind nicht unmittelbar von klimatischen oder Witterungseinflüssen abhängig und werden nicht von direkten Auswirkungen betroffen sein. Aus diesem Grund enthält dieser Bericht keine Indikatoren, die Klimafolgen für das Handlungsfeld Raumordnung und Landesplanung beschreiben.

Unabhängig davon können Raumordnung und Landesplanung dazu beitragen, Thüringen und seine Regionen auf die möglichen Folgen des Klimawandels vorzubereiten. Ihre wesentlichen Instrumente hierfür sind die formalen Planwerke, das Landesentwicklungsprogramm auf Landesebene und die Regionalpläne der vier Regionalen Planungsgemeinschaften. Hinzu kommen auf einer informellen Ebene Regionale Entwicklungskonzepte sowie Energie- und Klimakonzepte, die für verschiedene miteinander verflochtene Teilräume des Freistaats ausgearbeitet wurden.

Mit Hilfe dieser Instrumente kommen die Planungsträger ihrer Aufgabe nach, die Raumnutzung und -entwicklung in ihrem Verantwortungsbereich vorausschauend zu lenken. Hierzu wägen sie in den Planungsprozessen unter Berücksichtigung der jeweiligen naturräumlichen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Gegebenheiten die verschiedenen Belange, Interessen und Nutzungsansprüche ab und bringen diese miteinander in Einklang.

Gemäß dem Raumordnungsgesetz fließt in diese Querschnittsaufgabe auch der Umgang mit der projizierten klimatischen Entwicklung und deren Auswirkungen ein. Raumordnung und Landesplanung können hierzu beispielsweise Flächen für die Kaltluftversorgung von Siedlungsräumen oder – in Ergänzung zum fachrechtlichen Schutz – für den Freiraumverbund sichern und Flächen und Teilräume, in denen klimabezogene Gefährdungen bestehen, von verletzlichen Nutzungen freihalten. Ebenso wird der Ausgleich von Einzelinteressen und Anforderungen, die mit raumbedeutsamen Anpassungsmaßnahmen in den klimasensitiven Handlungsfeldern verbunden sind, ihre Aufgabe sein.

Legende für die Trendsymbole

-  linear steigender Trend
-  linear fallender Trend
-  kein signifikanter Trend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst steigend, dann fallend
-  Trend mit Trendumkehr zuerst fallend, dann steigend

Sorgsam mit der Ressource Fläche umgehen

In Thüringen wurden in den vergangenen vier Jahren jeden Tag durchschnittlich 3,9 Hektar Boden neu für Siedlung und Verkehr in Anspruch genommen – eine Fläche von mehr als fünf Fußballfeldern. Diese Fläche steht anschließend nicht mehr für andere Zwecke zur Verfügung. Ihre verschiedenen Funktionen im Naturhaushalt, mit denen sie auch Folgewirkungen des Klimawandels abpuffern kann, gehen weitgehend verloren.

Knappe 10% der Landesfläche Thüringens werden für Siedlung und Verkehr genutzt, die restlichen 90% teilen sich vor allem landwirtschaftliche Flächen (rund 55%) und Waldflächen (rund 33%). Im Naturhaushalt übernehmen Acker-, Wiesen- und Waldflächen, teilweise auch Flächen im Siedlungsbereich, in unterschiedlichem Maße Funktionen, die die Wirkungen von Wetter und Witterung auf Mensch und Gesellschaft, aber auch auf Tiere und Pflanzen abmildern. Die Bedeutung dieser Ökosystemleistungen kann und wird zukünftig unter den sich ändernden klimatischen Bedingungen zunehmen.

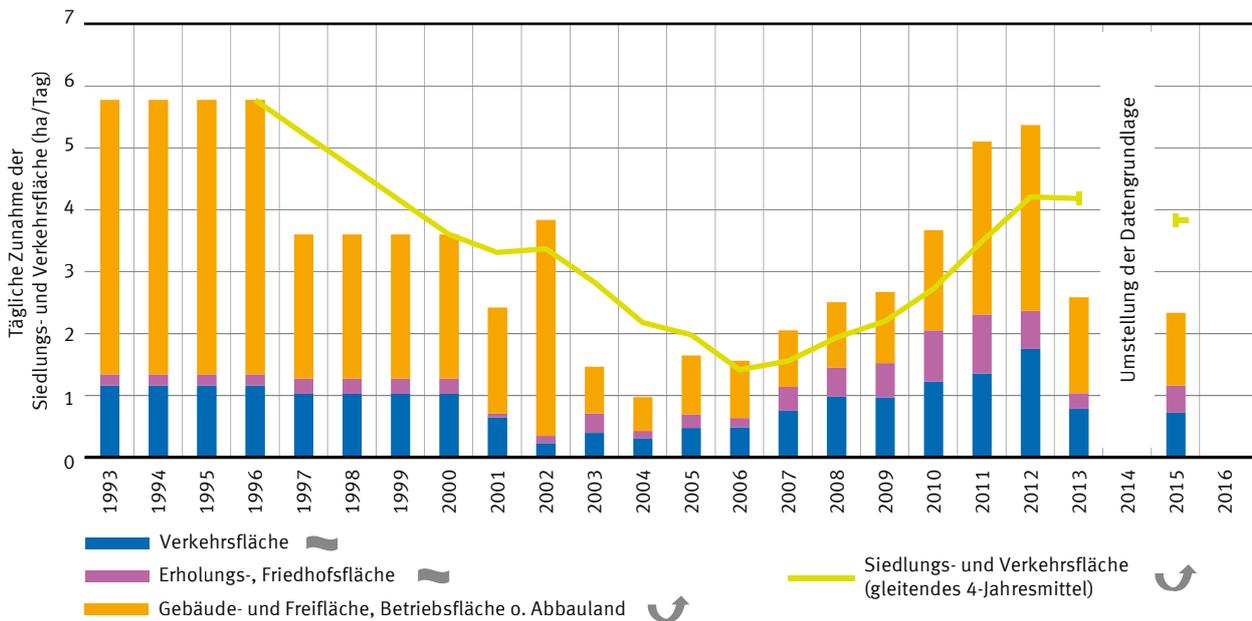
Damit Flächen diese Ökosystemleistungen erbringen können, ist es entscheidend, dass sie nicht versiegelt sind. Als unversiegelt bezeichnet man Flächen, die

nicht mit Gebäuden oder Anlagen bebaut oder als Verkehrsfläche asphaltiert oder anderweitig befestigt sind. Sie besitzen das Potenzial, Niederschläge zu versickern, Wasser zeitweilig zu speichern und dadurch Hochwassersituationen zu entschärfen. Auf freien und unverbauten Flächen entlang von Flüssen und Bächen kann sich Hochwasser ausbreiten. Hochwasserscheitel lassen sich dadurch abdämpfen, und für die Unterlieger verringert sich die Gefahr von Überflutungen. In bioklimatisch belasteten Räumen übernehmen unversiegelte Flächen mit niedriger Vegetation ausgleichende kleinklimatische Funktionen: Bei heißen Witterungslagen kann sich warme Luft über offenen Wiesen- und Ackerflächen in der Nacht schneller abkühlen als im Siedlungsraum. Entlang von Luftleitbahnen, das sind beispielsweise offene Tal-

bereiche oder unverbauten Hänge, kann die abgekühlte Luft an heißen Tagen in die tagsüber aufgeheizten Siedlungsräume hinein fließen und dort thermische Belastungen abmildern.

Unabhängig von extremen Wetter- und Witterungslagen sind nicht für Siedlung und Verkehr genutzte bzw. unversiegelte Flächen auch notwendig, um auf die sich langsam ändernden klimatischen Rahmenbedingungen reagieren zu können. Für Land- und Forstwirtschaft ist es vor allem relevant, fruchtbare Böden als Grundlage für die Erzeugung von Nahrungs- und Futtermitteln oder nachwachsenden Rohstoffen zu schützen und produktive Flächen für die Zukunft zu erhalten. Flora und Fauna sind darauf angewiesen, ihre Verbreitungsgebiete anpassen zu können, wenn sich die für





Datenquelle: TLS (Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung)

R-RL-1: Siedlungs- und Verkehrsfläche

sie günstigen klimatischen Bedingungen zukünftig verschieben. Hierfür benötigen sie einen funktionierenden Biotopverbund aus vernetzten, unzerschnittenen Landschaftsstrukturen.

Durch die Neuinanspruchnahme von Flächen für Siedlung und Verkehr – im Folgenden vereinfachend als Flächenverbrauch bezeichnet – werden die räumlichen Voraussetzungen für diese Ökosystemleistungen eingeschränkt. Der Flächenverbrauch wird als Zuwachs der in der amtlichen Statistik erfassten Flächenkategorie der Siedlungs- und Verkehrsfläche ermittelt. Zur Siedlungs- und Verkehrsfläche zählen die Gebäude- und zugehörige Freifläche, die Betriebsfläche (ohne Abbauland), die Erholungsfläche, die Verkehrsfläche sowie die Friedhofsfläche. Die Siedlungs- und Verkehrsfläche umfasst etwa zu gleichen Teilen versiegelte und nicht versiegelte Fläche.

Die Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche ist in Thüringen bis zum Jahr 2013 schwierig zu interpretieren, da die Systematik von Liegenschaftsdokumentation und amtlicher Statistik nicht vollständig kompatibel waren. Im Jahr 2014 wurde die Dokumentation auf das Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) umgestellt, das zukünftig eine bessere Vergleichbarkeit gewährleisten wird. Unabhängig davon lässt sich aber feststellen, dass die Siedlungs- und Verkehrsfläche in den Jahren seit 1992 kontinuierlich und vor allem zu Lasten der landwirtschaftlich genutzten Fläche zugenommen hat. Ihr Flächenanteil liegt aber noch deutlich unter dem bundesweiten Durchschnitt von 13,5%. Für die Zukunft strebt Thüringen an, die Flächeninanspruchnahme bis 2020 auf höchstens 1 Hektar pro Tag zu reduzieren. Der Beirat zur Nachhaltigen Entwicklung empfiehlt darüber hinausgehend

einen Null-Saldo des Netto-Flächenverbrauchs bis zu diesem Zeitpunkt.

Neben vielen anderen Gründen, den Flächenverbrauch zu begrenzen oder ganz zu vermeiden, ist der sparsame Umgang mit der Ressource Fläche auch aus Sicht der Anpassung an den Klimawandel ein wichtiger strategischer Ansatz. Raumordnung und Landesplanung können hierzu durch die Steuerung der Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung und die Moderation der vielfältigen Anforderungen an die Landnutzung beitragen.

Siehe auch:

I-WW-2 Hochwasser

I-WW-3 Niedrigwasser

I-BA-3 Wärmebelastung in Städten

Anhang

Literatur

Allgemeines

Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz 2013: IMPAKT – Integriertes Maßnahmenprogramm zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels im Freistaat Thüringen. Erfurt, 150 S.

Umweltbundesamt (Hrsg.) (2015): Monitoringbericht 2015 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel – Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. Dessau-Roßlau, 256 S.

Menschliche Gesundheit

Informationen zum Hitzewarndienst des Deutschen Wetterdienstes (DWD): www.dwd.de/DE/wetter/warnungen/warnWetter_node.html

Informationen des DWD zum Pollenflug: www.dwd.de/pollenflug

Informationen und Materialien des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) zum Eichenprozessionsspinner:
www.bfr.bund.de/de/a-z_index/eichenprozessionsspinner-130792.html

Faltblatt des Julius Kühn-Instituts (JKI) zum Eichenprozessionsspinner:

www.jki.bund.de/fileadmin/dam_uploads/_veroeff/faltblaetter/Eichenprozessionsspinner.pdf

Informationen des Robert-Koch-Instituts (RKI) zu Infektionskrankheiten:

zu FSME: www.rki.de/DE/Content/InfAZ/F/FSME/FSME.html?nn=2386228

zu Lyme-Borreliose: www.rki.de/DE/Content/InfAZ/B/Borreliose/Borreliose.html?nn=2386228

zu Hantavirus-Infektionen: www.rki.de/DE/Content/InfAZ/H/Hantavirus/Hantavirus.html?nn=2386228

Wasserwirtschaft

Informationen der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG) – HochwasserNachrichtenZentrale Thüringen:
www.tlug-jena.de/hw

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft LAWA 2007: Leitlinien für ein nachhaltiges Niedrigwassermanagement - Materialien. 50 S.

Willmitzer H., Jächke K., Berendonk T.U., Paul L. 2015: Einfluss von Klimaänderungen auf die Qualität von Talsperren und Strategien zur Minimierung der Auswirkungen. DVGW-Jahresrevue 12/2015: 84-88.

Landwirtschaft:

Guddat Ch. & Michel H. 2009: Pflanzenbau und Klimawandel – Schwerpunkt Fruchtartenbewertung. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.), Dornburg, 18. S.

Mirschel W., Wieland R., Wenkel K.-O., Guddat Ch., Michel H., Luzi K., Groth K. 2012: Regionaldifferenzierte Abschätzung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Erträge von wichtigen Fruchtarten im Freistaat Thüringen mittels Ertragssimulation mit YIELDSTAT. Im Auftrag der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Müncheberg, 86. S. und Anhänge.

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) 2009: Anpassung der Thüringer Landwirtschaft an den Klimawandel. Erarbeitet im August 2008 im Projekt „Landwirtschaft und Klimawandel“ der TLL. 12 S.

TLL 2015: Jahresbericht 2014. Schriftenreihe Landwirtschaft und Landschaftspflege in Thüringen, Hefte 1/2015 bis 05/2015, Jena.

Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz 2012: Zukunftskatalog Thüringer Landwirtschaft 2020. Erfurt, 30 S.

Boden

Informationen des DWD zu Bodenfeuchte und Bodentemperatur:

Deutscher Klimaatlas -> Bodenschutz (Bodenfeuchte, Maximum der Oberflächentemperatur)

www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html

Informationen der TLL zum agrarmeteorologischen Messnetz: www.tll.de/wetter, www.wetter-th.de

Forstwirtschaft:

- Informationen zum Waldumbauportal ThüringenForst: www.thuringenforst.de/waldumbauportal
- Clasen C., Frischbier N., Zehner T. 2008: Ursachenanalyse zum Schadausmaß des Sturmes „Kyrill“ in Thüringen. AFZ-DerWald (14): 746-748.
- Frischbier N. 2011: Klimawandel in Wald und Forstwirtschaft. In: Naturschutz im Wandel. Schriftenreihe der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie Nr. 94, Jena, S. 40-51.
- Frischbier N., Arenhövel W., Häger U., Heer W., Kahlert K., Rösner C., Simon I. 2014: Waldverjüngung im Landeswald von Thüringen-Forst. AFZ-DerWald 19: 15-18.
- Frischbier N., Proff, I., Arenhövel W. 2010: Die Ausweisung klimawandelangepasster Bestandeszieltypen für Thüringen. Forst und Holz 65 (2): 28-35.
- Profft I., Seiler M., Arenhövel W. 2007: Die Zukunft der Fichte in Thüringen vor dem Hintergrund des Klimawandels. Forst und Holz 62 (2): 19-25.
- Profft I., Baier U., Seiler M. 2008: Borkenkäfer als Vitalitätsindikator für einen standortgerechten Fichtenanbau. Forst und Holz 63, H. 2: 32-37.
- Thüringer Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft 2015: Waldzustandsbericht 2015 - Forstliches Umweltmonitoring in Thüringen. Erfurt, 37 S.
- Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt 2009: Anpassung an die Folgen des Klimawandels - Wald und Forstwirtschaft. In: TMLNU: Gemeinsam Klimabewusst handeln. Thüringer Klima- und Anpassungsprogramm. Gera: 38-40.
- Wenzel A. 2015: Neue Waldbrandgefahrenstufen in Thüringen. 12. Fachkolloquium des Forstlichen Forschungs- und Kompetenzzentrums Gotha, 20.05.2015.
- Wenzel A., Frischbier N., Schwerhoff J., Wittau F. 2015: Bundeswaldinventur 3 im Freistaat Thüringen. Mitteilungen-ThüringenForst Nr. 34, Erfurt, 83 S. + Anhang.
- Wenzel A., Thiel J., Stürz M. 2015: Waldschutzsituation 2014/15 in Thüringen. AFZ-DerWald (6), S. 26-29.

Naturschutz:

- Meldungen des DWD zum Eintritt der phänologischen Jahreszeiten: www.dwd.de/DE/Home/home_node.html
- Informationen des Bundesamts für Naturschutz zum Thema Naturschutz und Klimawandel: www.bfn.de/0307_klima_aktiv.html
- Hof C., Brändle M., Dehling D.M., Munguía M., Brandl R., Araújo M.B., Rahbek C. 2012: Habitat stability affects dispersal and the ability to track climate change. *Biology Letters*. doi: 10.1098/rsbl.2012.0023
- Korsch H. & Westhus W. 2004: Auswertung der Floristischen Kartierung und der Roten Liste Thüringens für den Naturschutz. *Haussknechtia* 10: 3-67
- Musche M. & Wiemers M. 2016: Fortschreibung des Indikators „Community Temperature Index“ (CTI) auf Basis von Libellendaten der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie. Arbeit im Auftrag der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie. Abschlussbericht, unveröffentlicht.
- Musche M., Wiemers M., Kühn I. 2013: Konzept für ein Monitoring der Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt des Freistaates Thüringen. Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung. Arbeit im Auftrag der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie.
- Musche M., Wiemers M., Kühn I. 2014: Konzept für ein Monitoring der Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt Thüringens. *Landschaftspflege und Naturschutz in Thüringen* 51 (2) 51-66.

Energiewirtschaft:

- ASR A3.5: Technische Regeln für Arbeitsstätten – Raumtemperatur. Stand Juni 2010.
- Bux K. 2006: Klima am Arbeitsplatz – Stand arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse – Bedarfsanalyse für weitere Forschungen. Abschlussbericht zum Projekt „Klima am Arbeitsplatz – Stand arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse sowie Bedarfsanalyse für weitere Forschung, Regelung und Normung“ - Projekt F 1987 - der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Dortmund, 33 S.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.) 2016: Zahlen und Fakten – Energiedaten – Nationale und internationale Entwicklung. www.bmwi.de/Navigation/DE/Themen/energiedaten.html
- Thüringer Landesregierung (Hrsg.) 2011: Neue Energie für Thüringen – Eckpunktepapier der Landesregierung. 30 S.

Tourismus:

- Franke J. et al. 2006: Risiken des regionalen Klimawandels in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden. Jahrgang 55 (2006), Heft 3-4. S. 97-104.
- GfK Travel & Logistics & Eisenstein B. (Hrsg.) 2015: GfK/IMT DestinationMonitor Deutschland für Thüringen. Ergebnisse für das Bundesland Thüringen. Berichtsperiode: Jahr 2014. 59 S.
- Sonntag U. 2015: Reiseanalyse 2015. Sonderauswertung für die Thüringer Tourismus GmbH. 39 S.
<https://thueringen.tourismusnetzwerk.info/download/unnamed-file.pdf/RA2015-TTG.pdf>
- Thüringer Tourismus GmbH (Hrsg.) 2016: Thüringen auf einen Blick: Zahlen – Daten – Fakten. 8 S.
- Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Technologie (Hrsg.) 2012: Landestourismuskonzeption 2011 – 2015. Wo die Reise hingeht. 103 S.

Bauwesen:

- Naturgefahrenrepte des Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft (GdV): www.gdv.de/tag/naturgefahrenreport/
- Stock B. 2015: Klimaangepasstes Bauen bei Gebäuden. In: BBSR – Bundesinstitut für Bau- Stadt- und Raumforschung (Hrsg.), BBSR-Analysen KOMPAKT 02/2015, Bonn, 20 S.

Verkehr:

- Informationen des Deutschen Wetterdiensts zur Windwarnskala: www.wettergefahren.de/warnungen/windwarnskala.html
- Hanke H. 2010: Streumengen und Einflussfaktoren im praktischen Winterdienst. In: Verband der Kali- Salzindustrie e.V. (Hrsg.) 2010: Der Winterdienst 2/2010: 2-4.
- Foreca Consulting Ltd, Klimator AB & Department of Earth Sciences University of Gothenburg 2009: IRWIN - Improved local winter index to assess maintenance needs and adaptation costs in climate change scenarios. Final report.
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.) 2011: Unfallentwicklung auf deutschen Straßen 2010. Begleitmaterial zur Pressekonferenz vom 6. Juli 2011 in Berlin, Wiesbaden, 46 S.

Katastrophenschutz:

- BBK – Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.) 2016: Klimawandel – Herausforderung für den Bevölkerungsschutz. Bonn, 72 S.
- Thüringer Innenministerium 2010: Thüringer Katastrophenschutzverordnung (ThürKatSVO) in Schaubildern. 32 S.
- Jahresberichte des Thüringer Innenministeriums zu Einsätzen im Brandschutz, in der Allgemeinen Hilfe und im Katastrophenschutz im Freistaat Thüringen: www.thueringen.de/th3/tmik/oeffentliche_sicherheit/brand/

Raumordnung und Landesplanung:

- Gunreben M., Dahmann I., Frie B., Hensel R., Penn-Bressel G., Dosch F. 2007: Die Erhebung eines bundesweiten Indikators Bodenversiegelung. In: Bodenschutz 2: 34-38.
- Hoymann J., Dosch F., Beckmann G. 2012: Trends der Siedlungsflächenentwicklung – Status quo und Projektionen 2030. BBSR-Analysen KOMPAKT 09/2012, Bonn, 20 S.
- Schäfer D., Krack-Roberg E., Hoffmann-Kroll R. 2002: Bodennutzung und wirtschaftliche Aktivitäten - Ein Beitrag zur Ökoeffizienzdiskussion. Kurzfassung von Band 11 der Schriftenreihe Beiträge zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen des Statistischen Bundesamts (Hrsg.), UGR-Online-Publikation, Wiesbaden, 21 S.

Bildnachweis

Dr. Kai Pfannschmidt (TLUG):	Titelbild, Seite 57
TMUEN:	Seiten 16, 31, 50, 59, 64, 92, 106, 110, 128
Alexander Ritter:	Seite 20
Markus Weggässer (Thüringer Storm Chaser):	Seiten 29, 100
© JackF / fotolia.com:	Seite 40
© juefraphoto / fotolia.com:	Seite 42
Mathias Stürtz (ThüringenForst AöR):	Seiten 47, 80, 84
© Bobo / fotolia.com:	Seite 48
© Bernd Wolter - Fotolia.com:	Seite 49
TLUG:	Seite 54
Markus Möller (Thüringer Fernwasserversorgung AöR):	Seiten 58, 60
R. Döring (TMIL):	Seite 68 (beide Bilder)
Katrin Gößner (TLL):	Seite 70
Frank Reinhardt (TLUG):	Seite 72
© vom	Seite 74
© amenic181	Seite 76
Karina Kahlert (ThüringenForst AöR):	Seite 78
Rüdiger Süß (ThüringenForst AöR):	Seite 83
Andreas Knoll (ThüringenForst AöR):	Seite 86
Sylvia Koch:	Seite 91
Dr. Heiko Korsch:	Seite 95
Andreas Lux:	Seite 96
© Pictures4you - Fotolia.com:	Seite 98
© Andrea Wilhelm - Fotolia.com:	Seite 102
Hans Braxmeier - pixabay.com (cc0 public domain):	Seite 104
TMIL:	Seite 105
Thüringer Tourismus GmbH:	Seiten 109, 113
Steffen Groß (GRAS Dresden):	Seite 114
Ronny Kemmler (Thüringer Storm Chaser):	Seite 116
TMIK:	Seiten 118, 130
© Soonthorn - Fotolia.com:	Seite 122
Thomas Breher - pixabay.com (cc0 public domain):	Seite 124
© Björn Wylezich - Fotolia.com:	Seite 125
© hans klein - Fotolia.com:	Seite 134
© tilialucida - Fotolia.com:	Seite 136

Abkürzungen

BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BNetzA	Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen
DWD	Deutscher Wetterdienst
FFK Gotha	Forstliches Forschungs- und Kompetenzzentrum Gotha
GDV	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.
RKI	Robert Koch-Institut
TMIK	Thüringer Ministerium für Inneres und Kommunales
TMIL	Thüringer Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft
TMUEN	Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz
TLBV	Thüringer Landesamt für Bau und Verkehr
TLL	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
TLS	Thüringer Statistisches Landesamt
TLUG	Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie

Verteilerhinweis:

Diese Druckschrift wird von der Thüringer Landesregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Arten von Wahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zu Gunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.

Copyright: Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks und der fotomechanischen Wiedergabe, sind dem Herausgeber vorbehalten.

Impressum:

Herausgeber: Thüringer Ministerium für Umwelt,
Energie und Naturschutz (TMUEN)
- Stabsstelle Presse, Öffentlichkeitsarbeit, Reden -
Beethovenstraße 3
99096 Erfurt
Telefon: 0361 57 39 11 933
Telefax: 0361 57 39 11 044
www.umwelt.thueringen.de
poststelle@tmuen.thueringen.de



Redaktion, Satz: Bosch & Partner GmbH
Pettenkoferstraße 24
80336 München
www.boschpartner.de

Druck: Druckhaus Gera GmbH
Jacob-A.-Morand-Straße 16
07552 Gera
www.druckhaus-gera.de

Stand: Mai 2017



Für die Produktion dieses Berichts wurde das Papier „IGEPA Circle Matt White“ verwendet, das FSC® zertifiziert und mit den Umweltzeichen „Blauer Engel und „EU Ecolabel“ ausgezeichnet ist.



gutes Klima
sauberes Wasser
mehr Natur