



Indikatoren zu Klimafolgen und Klimaanpassung in Bayern

Machbarkeitsstudie



klima



Indikatoren zu Klimafolgen und Klimaanpassung in Bayern

Machbarkeitsstudie

Impressum

Indikatoren zu Klimafolgen und Klimaanpassung in Bayern - Machbarkeitsstudie

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-0
Fax: 0821 9071-5556
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de/

Konzept und Bearbeitung:

Bosch & Partner GmbH, München, Konstanze Schönthaler, Stefan von Andrian-Werburg, Mareike Buth
Bayerisches Landesamt für Umwelt, Referat 81, Susann Schwarzak

Fachliche Begleitung:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit
Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
Bayerisches Landesamt für Statistik
Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr
Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie
Bayerisches Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr
Bayerisches Staatsministerium der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat

Bildnachweis:

Titelbild: © alexanderoberst / Fotolia

Stand:

September 2017

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden. Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – wird um Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars gebeten.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 122220 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	7
1 Zielsetzung und Ausgangsbedingungen	8
1.1 Bayerische Klima-Anpassungsstrategie – BayKLAS	8
1.2 Aufgaben des Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikatorensystems für Bayern	8
1.2.1 Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikatoren – Beitrag zu Monitoring und Evaluation	8
1.2.2 Anforderungen an die Indikatoren	10
1.2.3 Prüfung der Machbarkeit	11
1.3 Ausgangsbedingungen	11
1.3.1 Anknüpfungspunkte an das DAS-Indikatorensystem	12
1.3.2 Anknüpfungspunkte an länderspezifische Indikatorensysteme	13
1.3.3 Anknüpfungspunkte an Studien in Bayern	15
2 Methodische Herangehensweise	18
2.1 Information der Ressorts/Fachbehörden über Ziele und Vorgehensweise	18
2.2 Aufbau der Themenstruktur	19
2.3 Diskussion von Indikationsmöglichkeiten	20
2.4 Skizzierung von Indikationsideen und Auswahl von Indikatoren für die pilothafte Ausarbeitung	21
2.4.1 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Wasserwirtschaft	23
2.4.2 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Landwirtschaft	26
2.4.3 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft	27
2.4.4 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Naturschutz	29
2.4.5 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Bodenschutz und Georisiken	30
2.4.6 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Menschliche Gesundheit	32
2.4.7 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Katastrophenschutz	33
2.4.8 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Raumordnung	34
2.4.9 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Städtebau / Bauleitplanung	35
2.4.10 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Bauwesen	36
2.4.11 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Straßenbau und Verkehr	36
2.4.12 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Energiewirtschaft	38
2.4.13 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Industrie und Gewerbe	40

2.4.14	Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Tourismus	40
2.4.15	Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Finanzwirtschaft	40
2.5	Ausarbeitung der Pilot-Indikatoren	41
3	Dokumentation der Indikatoren	51
3.1	Indikator-Kennblätter	52
3.1.1	Langversion der Indikator-Kennblätter	52
3.1.2	Kurz-Kennblatt für Indikationsideen	55
3.2	Daten-Kennblätter	57
4	Schlussfolgerungen aus der Machbarkeitsstudie	59
5	Literaturverzeichnis	60
	Danksagung	63
	Anhang 1 Beispiel eines Kurz-Kennblattes für Indikationsidee	64
	Anhang 2 Ausgearbeitete Langversionen der Indikator-Kennblätter	66

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Übersicht über Indikatoren und Indikationsideen in den Handlungsfeldern	23
Tab. 2:	Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Wasserwirtschaft	24
Tab. 3:	Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Landwirtschaft	27
Tab. 4:	Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Forstwirtschaft	28
Tab. 5:	Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Naturschutz	29
Tab. 6:	Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Bodenschutz und Georisiken	31
Tab. 7:	Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Menschliche Gesundheit	32
Tab. 8:	Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Katastrophenschutz	34
Tab. 9:	Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Raumordnung	34
Tab. 10:	Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Städtebau / Bauleitplanung	35
Tab. 11:	Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Bauwesen	36
Tab. 12:	Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Straßenbau und Verkehr	37
Tab. 13:	Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Energiewirtschaft	39
Tab. 14:	Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Industrie und Gewerbe	40
Tab. 15:	Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Finanzwirtschaft	41
Tab. 16:	Umgesetzte Indikatoren	43
Tab. 17:	Metadatenbeschreibungen im Daten-Kennblatt	58

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Struktur für die Kommentierung der Übersichtstabellen	20
Abb. 2:	Erstes Tabellenblatt des Daten-Kennblatts – Indikator	57

Abkürzungsverzeichnis

AELF	Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
ASK	Artenschutzkartierung
BayKLAS	Bayerische Klima-Anpassungsstrategie
StMELF	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
StMFLH	Bayerisches Staatsministerium der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat
StMGP	Bayerisches Staatsministerium für Gesundheit und Pflege
StMI	Bayerisches Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr
StMUV	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
CTI	Community Temperature Index
DAS	Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel
DWD	Deutscher Wetterdienst
FFH	Flora-Fauna-Habitat
GDV	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft
IMA	Interministerielle Arbeitsgruppe
LfStat	Bayerisches Landesamt für Statistik
LfL	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
LGL	Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit
LIKI	Länderinitiative Kernindikatoren
LWF	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
LWG	Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
NUTS	Nomenclature des unités territoriales statistiques (= hierarchische Systematik zur eindeutigen Identifizierung und Klassifizierung der räumlichen Bezugseinheiten der amtlichen Statistik in den Mitgliedstaaten der Europäischen Union)
StMFLH	Bayerisches Staatsministerium der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat
StMI	Bayerisches Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr
StMWi	Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie
UBA	Umweltbundesamt

Vorwort

Unser Klima ändert sich! Im Zeitraum 1881 bis 2015 ist die mittlere Jahrestemperatur in Bayern um 1,4 °C angestiegen. Die Jahre 2014 und 2015 waren die wärmsten Jahre seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1881. Niedrigwasserereignisse wie im Jahr 2015 führten vereinzelt zum Trockenfallen kleinerer Fließgewässer, Einschränkungen bei der landwirtschaftlichen Bewässerung und zu Fahrverboten für die Schifffahrt mit entsprechenden wirtschaftlichen Folgen. Die Starkniederschläge im Juni 2016, die Sturzfluten und Überschwemmungen zur Folge hatten, sind uns allen noch in guter Erinnerung. Zukünftig erwarten wir einen fortschreitenden Erwärmungstrend, zunehmende Trocken- und Niedrigwasserperioden sowie die Zunahme von Hochwasser und Starkregenereignissen.



Aus diesem Grund sind wir aufgefordert, frühzeitig klimatische Veränderungen zu erkennen und Vorsorge zu ergreifen. Indikatoren helfen uns dabei, Auswirkungen des Klimawandels und Maßnahmen zur Klimaanpassung zu beschreiben und zu bewerten. Sie tragen zu einem besseren Verständnis der Risiken und Chancen des Klimawandels bei und stellen die Wirkung der Bayerischen Anpassungsstrategie dar.

Die vorliegende Publikation ist das Ergebnis eines Projektes, das im Rahmen des Klimaprogramms Bayern 2050 die Entwicklung der fachlichen Grundlagen für den Aufbau eines Klimafolgen- und Klimaanpassungsmonitorings für Bayern zum Ziel hatte. Der Bericht informiert über die methodische Vorgehensweise zur Aufstellung von Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikatoren, ihre Zielrichtung, die dafür erforderliche Datengrundlage, über die Darstellung der Ergebnisse und die qualitative Bewertung der Indikatoren. Er ist damit eine wichtige Grundlage für alle, die sich mit dem Thema Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikation in Bayern beschäftigen. Die Ergebnisse erweitern darüber hinaus das bereits vorhandene Klimamonitoring in Bayern, das Aussagen zur Entwicklung verschiedener klimatischer Leitwerte wie Lufttemperatur, Heiße Tage oder Starkregen in der Vergangenheit trifft. Zum anderen ergänzt es Auswertungen von regionalen Klimaprojektionen, die die mögliche Entwicklung des zukünftigen Klimas für Bayern darstellen.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'C. Kumutat', written in a cursive style.

Claus Kumutat
Präsident des Bayerischen Landesamtes für Umwelt

1 Zielsetzung und Ausgangsbedingungen

1.1 Bayerische Klima-Anpassungsstrategie – BayKLAS

Bereits im Jahr 2009 veröffentlichte der Freistaat Bayern mit der Bayerischen Klima-Anpassungsstrategie (BayKLAS) eine der ersten Anpassungsstrategien auf Ebene der Länder (STMUG 2009). Als politisches Strategiepapier ist es Ziel der BayKLAS, die Anpassung an die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels als gesamtgesellschaftliche Aufgabe zu verankern. Sie zeigt für 15 Handlungsfelder der Handlungsziele sowie erste staatliche und nicht staatliche Maßnahmen auf und benennt den weiteren Forschungsbedarf. Die Handlungsfelder sind: Wasserwirtschaft, Landwirtschaft, Wald und Forstwirtschaft, Naturschutz, Bodenschutz und Georisiken, Menschliche Gesundheit, Katastrophenschutz, Raumordnung, Städtebau / Bauleitplanung, Bauwesen, Straßenbau und Verkehr, Energiewirtschaft, Industrie und Gewerbe, Tourismus und Finanzwirtschaft. Zudem berücksichtigt die BayKLAS die besondere Rolle des Alpenraums im Klimawandel.

Im Jahr 2016 wurde von der Bayerischen Staatsregierung eine aktualisierte und weiterentwickelte BayKLAS verabschiedet, die Bayerische Klima-Anpassungsstrategie 2016 (STMUV 2016). Sie beschreibt neue Erkenntnisse zum Klimawandel und seinen Folgen in Bayern. In ihr sind Anpassungsmaßnahmen verankert, basierend auf aktuellen Forschungsergebnissen und den praktischen Erfahrungen der vergangenen Jahre. Darüber hinaus werden die Anpassungsmaßnahmen, die in der BayKLAS 2016 genannt sind, hinsichtlich ihrer Wirksamkeit, Dringlichkeit, Verantwortlichkeit und ihrer fachlichen und gesetzlichen Grundlagen bewertet sowie die Wechselwirkung und Vernetzung zu anderen Handlungsfeldern verdeutlicht. Mit dieser Bewertung (die in der BayKLAS 2009 noch nicht angelegt war) ermöglicht die BayKLAS 2016 eine zielgerichtete Umsetzung der geplanten Maßnahmen. Um die Umsetzung der Maßnahmen zusätzlich zu befördern, stellt die BayKLAS 2016 bestehende Projekte sowie Fördermöglichkeiten vor.

Bereits die BayKLAS 2009 forderte ein Monitoring von Klimafolgen in Bayern. So wird im Kapitel „Weitergehender Forschungs- und Untersuchungsbedarf“ die „Entwicklung und Einführung eines sektorübergreifenden Klimaindikatorensystems (Modellierung nach dem DPSIR-Ansatz¹) als Management- und Kommunikationsinstrument für Klimaanpassung und Klimaschutz in Bayern“ (STMUG 2009: S. 58) aufgeführt. In der BayKLAS 2016 ist dieses Indikatorensystem ebenfalls verankert: „Im Rahmen des Projektes „Klimaanpassung in Bayern – Umsetzung und Weiterentwicklung der Bayerischen Klima-Anpassungsstrategie (BayKLAS)“ soll bis 2018 ein Indikatorensystem nach dem DPSIR-Ansatz zum Monitoring von Klimafolgen- und Anpassungsmaßnahmen im Freistaat Bayern entwickelt werden“ (STMUV 2016: S. 195).

1.2 Aufgaben des Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikatorensystems für Bayern

1.2.1 Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikatoren – Beitrag zu Monitoring und Evaluation

Als Teil des LfU-Projekts „Klimaanpassung in Bayern – Umsetzung und Weiterentwicklung der Bayerischen Klima-Anpassungsstrategie (BayKLAS)“ wurde im Rahmen der nun vorliegenden Machbarkeitsstudie ein System von Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikatoren aufgebaut, um Klimafolgen-

¹ DPSIR steht für Driving Forces – Pressure – State – Impact – Response. Es handelt sich dabei um einen von der Europäischen Umweltagentur entwickelten und vielfach zur Strukturierung von Indikatorensystemen eingesetzten Ansatz, die die Indikatoren in einer Ursache-Wirkungskette verknüpft.

und Klimaanpassungsprozess zu erkennen, zu beschreiben und zu bewerten. Die Indikatoren sollen die bereits beobachteten Klimafolgewirkungen beschreiben (Impact-Indikatoren) und einen Überblick über mögliche Auswirkungen wichtiger, bereits in Umsetzung befindlicher Anpassungsaktivitäten zu geben (Response-Indikatoren). Sie ergänzen damit:

- zum einen das bereits differenziert ausgearbeitete Klimamonitoring in Bayern (ARBEITSKREIS KLIWA 2016), das zu zentralen Klimaparametern, die sich infolge des Klimawandels verändern, wie zur Lufttemperatur, zu den Gebietsniederschlägen und Starkniederschlägen sowie zu weiteren wichtigen klimatischen Leitwerten (z. B. Heiße Tage, Sommertage, Eistage, Frosttage, Trockenheitsindex, Vegetationsperiode, Schneewasseräquivalent), Aussagen zur Entwicklung in der Vergangenheit trifft,
- zum anderen die im Rahmen des LfU-Projekts „Klimazukunft Bayern (BayKliZ)“ ausgearbeiteten regionalen Klimaprojektionen zur möglichen Entwicklung des künftigen Klimas für Bayern; die Projektionen beziehen sich dabei auf die „nahe Zukunft“ (2021–2050) und die „fernere Zukunft“ (2071–2100).

Auch wenn im Zusammenhang mit dem Aufbau des indikatorenbasierten Klimafolgen- und Klimaanpassungsmonitorings immer wieder der Begriff „Evaluation“ genutzt wird, ist darauf hinzuweisen, dass das indikatorenbasierte Klimafolgen- und Klimaanpassungsmonitoring nicht mit einer systematischen und vollständigen (quantitativen) Evaluation des Anpassungsprozesses in Bayern gleichzusetzen ist. Die Indikatoren können für die Maßnahmenebene zwar deutlich machen, in welchen Feldern es bereits Aktivitäten zur Anpassung gibt oder Prozesse im Gange sind, die die Anpassung unterstützen, sie können aber in der Regel nicht die Frage beantworten, in welchem Maße die ergriffenen Maßnahmen (auch aus quantitativer Sicht) geeignet und ausreichend sind, um eine adäquate Anpassung sicherzustellen. Eine solche Indikatoren-basierte „Evaluation“ beschränkt sich infolgedessen auf:

- die Darstellung der eingesetzten Ressourcen („Inputs“), z. B. welche finanziellen Mittel wurden verausgabt;
- die erbrachten Leistungen („Outputs“), z. B. wie viele Informations- oder Fortbildungsveranstaltungen wurden durchgeführt und wie viele Personen haben daran teilgenommen (vgl. BayKLAS-Maßnahme OF_01, S. 73, zur Stärkung von Kompetenzen der Waldbesitzer zum Umgang mit dem Klimawandel durch Aufklärung, Beratung, Aus- und Fortbildung); wie groß ist die Waldfläche, in der Maßnahmen zum Waldumbau in klimatolerantere Mischwälder im Staatswald stattgefunden haben (vgl. BayKLAS-Maßnahme OF_03, S. 73); in welchem Umfang sind Schutzgebiete neu ausgewiesen worden (vgl. BayKLAS-Maßnahme VL_08, S. 86); in welchem Umfang ist es zu Umstrukturierungen des Pegelmessnetzes zur Niedrigwasservorsorge gekommen (vgl. BayKLAS-Maßnahme NW_06, S. 41).

Die durch die Maßnahme erzielten Veränderungen lassen sich hingegen oft nur bedingt fassen, bzw. nicht immer eindeutig auf die Umsetzung der Maßnahme zurückführen. Dadurch wird die Beurteilung eingeschränkt, inwieweit die jeweilige Maßnahme ausreichend effektiv ist und das angestrebte Ziel erreicht. So lässt sich beispielsweise – mit Bezug auf die oben genannten Maßnahmen – keine Aussage treffen, in welchem Umfang im Privatwald (ggf. motiviert durch entsprechende Fortbildungsmaßnahmen) tatsächlich Waldumbaumaßnahmen stattfinden und ob die Umbauaktivitäten ausreichend sind, um die Privatwälder schnell genug klimastabil zu machen, oder ob die zusätzlich ausgewiesenen Schutzgebiete dazu beitragen, klimasensible Arten zu erhalten. Zum Teil liegt dies an fehlender Datenverfügbarkeit, teilweise aber auch an mangelnden Bewertungsmaßstäben.

Über eine gezielte Zusammenschau von Impact- und Response-Indikatoren lassen sich für einzelne Themenfelder möglicherweise im oben genannten Sinn evaluierende Aussagen treffen (z. B. Zusammenschau eines Response-Indikators zu Finanzierung und Förderung von Waldumbau und eines Im-

pact-Indikators zu gefährdeten Fichtenbeständen), systematisch kann dies aber im Rahmen des Klimafolgen- und Klimaanpassungsmonitorings nicht erfolgen. Die Indikatoren sind damit primär Instrument der Information von Entscheidungsträgern und interessierter Bürgerinnen und Bürger. Sie schaffen eine Grundlage zur Beschreibung und ggf. auch Bewertung der tatsächlich beobachtbaren Auswirkungen des Klimawandels, zur Identifizierung zusätzlichen Handlungsbedarfs und zur Darstellung des Umsetzungsstatus eines Teils der in der BayKLAS gelisteten Maßnahmen.

1.2.2 Anforderungen an die Indikatoren

Für die Entwicklung des Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikatorensystems wurden die folgenden Ziele und Anforderungen formuliert:

- Das Indikatorensystem soll gemäß dem DPSIR-Ansatz der Europäischen Umweltagentur (EEA) sowohl für die wichtigsten Klimawandelfolgen (Impacts) in Bayern als auch die wichtigsten Anpassungsmaßnahmen (Responses) der BayKLAS entwickelt werden. Soweit möglich soll ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Impact- und Response-Indikatoren angestrebt werden, bzw. es sollen über die Verknüpfung von Impact- und Response-Indikatoren möglichst Indikatorpaare gebildet werden.
- Mit den Indikatoren sollen möglichst alle 15 Handlungsfelder der BayKLAS abgedeckt werden. Das Indikatorensystem muss daher in einem ressortübergreifenden Prozess entwickelt werden. Die fachliche Akzeptanz der Indikatoren ist herzustellen.
- Für die Berechnung der Indikatoren muss bereits eine entsprechende Datengrundlage vorhanden sein und diese für die Zukunft auch weiterhin zur Verfügung stehen. Die Übernahme bereits existierender Indikatoren für Bayern (u. a. Umweltindikatoren) als Klimafolgenindikatoren ist grundsätzlich möglich.
- Der Entwicklungsprozess der Indikatoren und das Indikatorensystem selbst sind so zu strukturieren, dass eine künftige Fortschreibung zur Aufnahme eines fortgeschrittenen Wissens- und Erkenntnisstands möglich ist. Hierzu soll vor allem auch eine transparente Dokumentation der Indikatoren, Datenquellen und verantwortlichen Ansprechpartner beitragen.
- Neben bayernweiten Aussagen sollen mithilfe der Indikatoren – wenn möglich – auch regionale Aussagen innerhalb Bayerns getroffen werden, da sich die Entwicklungen in den Regionen (z. B. in Abhängigkeit der naturräumlichen Situation und der sozio-ökonomischen Ausgangsbedingungen) deutlich unterscheiden können.

Über diese Rahmensetzungen hinaus gelten für die Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikatoren die Anforderungen, die üblicherweise an Indikatoren gestellt werden. Die Indikatoren müssen aussagekräftig und für die breite Öffentlichkeit verständlich (dargestellt) sein.

Zum angestrebten Umfang des Indikatorensystems gibt es keine Vorgaben. Dies soll in Abhängigkeit von den fachlichen Erfordernissen und der Datenverfügbarkeit entschieden werden.

Mit den Impact-Indikatoren sollen die Auswirkungen des Klimawandels auf die mit den Handlungsfeldern der BayKLAS adressierten Sektoren von Gesellschaft und Umwelt abgebildet werden. Die Einflüsse von Klimafolgewirkungen auf die jeweils betrachteten Zustände und Entwicklungen lassen sich allerdings von anderen Einflüssen meistens nicht eindeutig trennen. Vielmehr vereinen sich in den mit Indikatoren abgebildeten Systemveränderungen in der Regel viele Einflussfaktoren in komplexer Weise. Die Frage, welchen Anteil der Klimawandel an den beobachteten Veränderungen tatsächlich im Vergleich zu anderen (gesellschaftlich bedingten) Veränderungen hat, lässt sich daher zumeist nicht eindeutig beantworten. Dies schränkt zugleich die Interpretierbarkeit der Indikatoren mit Blick auf die Klimawandelfolgen ein. In den Diskussionen mit den Projektbeteiligten wurde die Einigung erzielt, an

einen Impact-Indikator lediglich den Anspruch zu stellen, dass der Einfluss des Klimawandels aus fachlicher Sicht als „relevant“ eingeschätzt wird. Eine konkrete Quantifizierung dieses Einflusses ist hingegen nicht erforderlich. Sollte sich mit wachsender wissenschaftlicher Erkenntnis oder nach mehrjähriger Beobachtung der weiteren Entwicklung der Datenreihe herausstellen, dass der Einfluss weniger bedeutend ist als ursprünglich angenommen und eingeschätzt, kann eine Streichung aus dem Indikatorenset erfolgen. Diese pragmatische Vereinfachung entbindet aber nicht vom Bemühen, den jeweiligen Indikator so zu gestalten, dass der Zusammenhang mit der Klimafolgewirkung möglichst eng ist.

Auch im Hinblick auf „Anpassung“ (Response-Indikatoren) liegt ein pragmatischer Ansatz für die Indikatorentwicklung nahe. Bislang gibt es auch in Bayern wenige Maßnahmen, die ausschließlich als Anpassungsmaßnahmen konzipiert und umgesetzt werden. Demgegenüber gibt es aber zahlreiche Maßnahmen und Aktivitäten, die ursprünglich eine andere Zielrichtung verfolgten, aber gleichzeitig nun auch die Anpassung an den Klimawandel insgesamt unterstützen. So zielt beispielsweise die Maßnahme WK_02 „Verringerung von Luftschadstoffemissionen, insbesondere Ozonvorläufer wie Kohlenwasserstoffe und Stickoxide“ generell auf eine Verbesserung der Luftqualität ab, hat aber gleichzeitig positive Wirkung im Bereich der Klimaanpassung. Daher werden in die Entwicklung von Response-Indikatoren auch solche Maßnahmenprogramme einbezogen, die nicht explizit zu Anpassungszwecken konzipiert wurden.

1.2.3 Prüfung der Machbarkeit

Der Aufbau eines Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikatorensystems für Bayern erfolgt in mehreren Stufen. Im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie sollte geklärt werden, welche Indikatoren aus dem Indikatorenset zur Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) direkt oder modifiziert übernommen werden können und welche Indikatoren auf der Grundlage bereits verfügbarer Daten in Bayern umsetzbar bzw. Indikatoren neu zu entwickeln wären. Zum anderen soll die Machbarkeitsstudie auch deutlich machen, welcher Mehrwert durch ein solches System zu erwarten ist.

Mit Blick auf die Machbarkeit von Indikatoren geht es darum, Vorhandenes möglichst umfassend für das System nutzbar zu machen. Hierzu gehören neben den eigentlichen Daten auch bereits laufende Auswertungen von Daten in Bayern (s. u. a. Kap. 1.3.3). Außerdem startete die Machbarkeitsstudie zu einem Zeitpunkt, zu dem sowohl auf Bundes- als auch auf Landesebene bereits umfangreiche Arbeiten zum Aufbau von Systemen des Klimafolgenmonitorings durchgeführt worden sind. Diesen Erfahrungen sollen für den Aufbau des bayerischen Indikatorensystems aus Effizienzgründen genutzt werden. Weiterhin eröffnet die methodische Anlehnung des bayerischen Indikatorensets an das bundesweite Indikatorenset zur DAS (s. Kap. 1.3.1) und an die bereits existierenden Systeme der Länder (s. Kap. 1.3.2) die Möglichkeit, zu prüfen, inwieweit auch länderübergreifende Vergleiche möglich sind.

Bezüglich des Mehrwerts sind verschiedene Aspekte angesprochen: Zum einen liefert die Nutzung existierender Erhebungen für die Generierung von Indikatoren oftmals zusätzliche Argumente für die Aufrechterhaltung dieser Erhebungsprogramme. Es muss im Interesse der datenerhebenden Institutionen liegen, den mit der Erhebung der Daten verbundenen Aufwand durch eine möglichst vielfältige Nutzung dieser Daten zu rechtfertigen. Zum anderen kann ein indikatorengestütztes Monitoring dazu beitragen im Rahmen einer qualitativen Beurteilung zur weiteren Umsetzung der BayKLAS zu motivieren.

1.3 Ausgangsbedingungen

Die Entwicklung des Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikatorensystems für Bayern kann an bereits existierende Bearbeitungen und Vorlagen für indikatorengestützte Klimafolgenmonitoringsysteme

anknüpfen. Mit der Entwicklung von Klimaanpassungsstrategien wurde sowohl auf Bundes- als auch Länderebene damit begonnen, Indikatoren für das Monitoring von Klimafolgewirkungen und Anpassungsmaßnahmen zu generieren und abzustimmen. Zunächst sei hier auf die Arbeiten zur Entwicklung des Indikatorensystems zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) hingewiesen (SCHÖNTHALER & VON ANDRIAN-WERBURG 2015), das zwischen 2009 und 2015 im Auftrag des Umweltbundesamts (UBA) in ressortübergreifender Zusammenarbeit entwickelt wurde und auf dessen Grundlage 2015 der erste indikatorengestützte Monitoringbericht zur DAS veröffentlicht wurde (SCHÖNTHALER et al. 2015). Am Aufbau und an der Abstimmung des bundesweiten Indikatorensystems haben die Länder mitgewirkt. Es wurde dabei darauf geachtet, dass durch die bundesweiten Darstellungen landeseigene Systeme und Berichte nicht ersetzt werden bzw. diesen nicht vorgegriffen wird. Allerdings wollten Bundesumweltministerium (BMUB) und Umweltbundesamt (UBA), die auf Bundesebene für die Koordinierung der Aktivitäten im Anpassungskontext zuständig sind, den Ländern Anregungen und Unterstützung für den Aufbau ihrer landeseigenen Systeme bereitstellen. Die DAS-Indikatoren selbst und das dahinter liegende, sehr detailliert ausgearbeitete Dokumentationssystem (mit Indikatoren- und Daten-Factsheets sowie den Hintergrundpapieren zu den DAS-Handlungsfeldern) liefern hierfür wesentliche Hilfestellungen (s. Kap. 1.3.1).

Teilweise bereits parallel zu den Arbeiten auf Bundesebene wurde in mehreren Bundesländern mit der Entwicklung landesspezifischer Systeme zum Klimafolgenmonitoring begonnen. Nicht alle dieser Arbeiten sind bereits veröffentlicht. Die bereits publizierten Indikatoren geben aber einen Einblick, welche Indikatoren auch auf Landesebene denkbar und möglich sind (s. Kap. 1.3.2).

Darüber hinaus weist der 5. Erfahrungsbericht der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft „Klima, Energie, Mobilität – Nachhaltigkeit“ auf die vielfältigen Verzahnungen von umweltbezogenen Indikatorensystemen hin (BLAG KLINA 2014).

1.3.1 Anknüpfungspunkte an das DAS-Indikatorensystem

Mit dem Aufbau eines DAS-Indikatorensystems wurde unmittelbar nach der Veröffentlichung der DAS durch die Bundesregierung im Dezember 2008 begonnen. Als Beitrag zur Verbreiterung der Wissensbasis gibt die DAS explizit den Auftrag, ein auf Dauer angelegtes Klimafolgenmonitoring für den Bund zu entwickeln, das Veränderungen infolge des Klimawandels dokumentiert und anhand von vorhandenen gemessenen Daten einen Blick in Vergangenheit und Gegenwart ermöglicht. Das DAS-Indikatorensystem ist als Beobachtungsinstrument für Klimafolgen und Anpassung in den folgenden 15 Handlungsfeldern der Strategie angelegt und umfasst 102 Indikatoren. 55 davon beschreiben Auswirkungen des Klimawandels (Impact-Indikatoren), 42 Anpassungsmaßnahmen oder Aktivitäten und Bedingungen, die den Anpassungsprozess beeinflussen (Response-Indikatoren). Fünf Indikatoren stellen übergreifende Aktivitäten der Bundesregierung dar, mit denen der Anpassungsprozess an den Klimawandel unterstützt wird.

Das DAS-Indikatorensystem ist so konzipiert, dass eine Fortschreibung in Zukunft möglich ist. Dies liegt im Wesentlichen darin begründet, dass das breite Themenfeld der Anpassung noch vergleichsweise neu ist und sich durch eine hohe Dynamik im Zugewinn neuer Kenntnisse und Strategien auszeichnet, was möglicherweise die Überarbeitung von Indikatoren oder die Aufnahme neuer Indikatoren erforderlich machen kann. Zudem können sich Datengrundlagen verbessern. Die Notwendigkeit einer solchen Fortschreibung ist auch bereits im System angelegt, indem einige der DAS-Indikatoren derzeit noch als sogenannte Fallstudien angelegt sind, die in Ermangelung bundesweiter Datensätze räumlich auf eines oder mehrere Bundesländer begrenzt sind. Sie sollen deutlich machen, welche Aussagen sich bei entsprechender Datenverfügbarkeit auch bundesweit treffen ließen. Eine Ausweitung der Fallstudien auf das gesamte Bundesgebiet wird angestrebt.

Das DAS-Indikatorensystem und der Monitoringbericht wollen einen bundesweiten Überblick geben, sie nehmen aber landes- oder sektorspezifische Berichte zu Klimafolgewirkungen und -anpassung nicht vorweg. Die Länder haben teilweise konkret an der Erarbeitung von Indikatoren mitgewirkt, und das Gesamtsystem wurde mit den Ländern politisch abgestimmt. Die Länder können und sollen dennoch eigene Monitoringsysteme zu ihren Anpassungsstrategien aufbauen und dabei ihre landesspezifische Situation und ihre individuellen Lösungsansätze herausarbeiten. BMUB und UBA haben aber ein großes Interesse daran, dass sowohl die Indikatoren als auch die hinter dem System liegenden Strukturen (z. B. zur Dokumentation der Indikatoren und Datenquellen, s. Kap. 3, oder zur Organisation der ressortübergreifenden Zusammenarbeit) Anregungen für den Aufbau der Ländersysteme liefern bzw. konkret von diesen genutzt werden. Eine Verpflichtung zur Übernahme von Indikatoren und Strukturen besteht hingegen nicht.

Dementsprechend war es Ziel der bayerischen Machbarkeitsstudie zu prüfen,

- für welche DAS-Indikatoren in ausreichendem Umfang und in ausreichender Qualität landesspezifische Daten zur Verfügung stehen und daher eine „Übersetzung“ des jeweiligen DAS-Indikators für Bayern möglich ist,
- für welche der „übersetzbaren“ DAS-Indikatoren eine solche Anwendung für Bayern auch thematisch relevant ist und ob sich die Datenreihen auch interpretieren lassen,
- für welche DAS-Indikatoren eine weitere Regionalisierung (differenzierte Darstellung innerhalb Bayerns) sinnvoll sein kann,
- welche der im DAS-Indikatorensystem enthaltenen Fallstudien (s. o.) sich auf Bayern übertragen lassen, bzw. inwieweit sich die DAS-Fallstudien, an denen Bayern beteiligt ist, auch für das landeseigene System nutzen lassen,
- welche Indikatorvorschläge, die im Rahmen des DAS-Indikatorensystems zwar diskutiert wurden, auf Bundesebene aber aufgrund unzureichender Datenlage oder fehlender politischer Akzeptanz nicht machbar waren, für den Aufbau des Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikatorensystems für Bayern von Interesse sein können und realisierbar wären,
- welche Indikatoren über das DAS-Indikatorensystem und die in diesem Zusammenhang diskutierten Indikationsideen hinaus für Bayern interessant und realisierbar sind.

Den Arbeiten zum Aufbau des DAS-Indikatorensystems lassen sich auch zahlreiche strukturelle Hilfen entnehmen. So wurden für die transparente Dokumentation der Indikatoren und der diesen zugrunde liegenden Datenquellen sogenannte Indikator- und Daten-Factsheets entwickelt. Die bewährten Formate dieser Factsheets (hier als Kennblätter bezeichnet) wurden für die Dokumentation der bayerischen Indikatoren übernommen (s. Kap. 3).

1.3.2 Anknüpfungspunkte an länderspezifische Indikatorensysteme

Die Arbeiten zum Aufbau von Indikatorensystemen zum Klimafolgenmonitoring sind in den Bundesländern unterschiedlich weit fortgeschritten. Die Arbeiten stehen jeweils in engem Zusammenhang mit den Klimaanpassungsstrategien.

In den folgenden Ländern sind Indikatoren bereits publiziert worden:

- Aus dem Klimafolgenmonitoring Nordrhein-Westfalen werden derzeit 19 Impact-Indikatoren zu sechs Umweltbereichen (Klima und Atmosphäre, Wasser, Ökosysteme und Biodiversität, Boden, Landwirtschaft, Forstwirtschaft) auf der Website des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) präsentiert (www.lanuv.nrw.de/kfm-indikatoren). Bei den Indikatoren zum Bereich Klima und Atmosphäre handelt es sich – in der DPSIR-Systematik gedacht – um State-Indikatoren, die in einigen anderen Systemen zum Zwecke der

klaren Abgrenzung nicht als Klimafolgenindikatoren geführt werden, da sie vielmehr den Klimawandel selbst beschreiben. Die übrigen Indikatoren sind Impact-Indikatoren. Indikatoren zu Anpassungsmaßnahmen beinhaltet das System noch nicht.

- Der Aufbau des Klimafolgenmonitorings Sachsen begann im Jahr 2010. In der ersten Stufe wurden Impact-Indikatoren für die Themen Biodiversität, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Wasserhaushalt/-wirtschaft und Boden entwickelt. Ergänzt wurden diese um Statusindikatoren, die die Klimaentwicklung in Sachsen beschreiben (www.umwelt.sachsen.de/umwelt/klima/28944.htm). Künftig sollen auch Indikatoren aus dem Nicht-Umweltbereich und zu Anpassungsmaßnahmen erarbeitet werden.
- Ein erstes Set von Klimafolgenindikatoren für Hessen wurde vom Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) im März 2016 veröffentlicht. Die 14 Klimafolgen-Indikatoren konzentrieren sich auf sechs Umweltbereiche (Menschliche Gesundheit, Obst- und Weinbau, Landwirtschaft, Naturschutz / Biodiversität, Wald und Forstwirtschaft und Wasserwirtschaft) und werden durch drei Indikatoren zu meteorologischen Basisdaten ergänzt. Response-Indikatoren sind in dem Set bisher nicht enthalten (www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/%20klimafolgenindikatoren-hessen.html).
- Die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin hat Mitte 2016 ihren ersten Sachstandsbericht zum Klimafolgenmonitoring des Landes Berlin veröffentlicht. Auch die dort verwendeten Indikatoren lehnen sich eng an dem DAS-Indikatorenset an. Neben acht State-Indikatoren beinhaltet der Bericht 23 Impact-Indikatoren zu den Themenfeldern Luft, Wasser, Boden, Naturschutz / Biodiversität, Forstwirtschaft, Gesundheit sowie Stadt- und Landschaftsplanung (Stadtklima). Response-Indikatoren beinhaltet das Set nicht. (www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/klimaschutz/klimawandel/download/Klimafolgen-Monitoringbericht2016_barrierefrei.pdf)
- Die Behörde für Umwelt und Energie Hamburg hat im Juni 2017 erste Impact-Indikatoren zu zentralen für Hamburg relevanten Handlungsfeldern wie Binnen- und Küstenhochwasserschutz im Internet veröffentlicht (www.hamburg.de/klimafolgen-monitoring). Das Set soll in Zukunft erweitert werden. Response-Indikatoren sollen im Zusammenhang mit der Fortschreibung des Hamburger Klimaplanes entwickelt werden.

In Thüringen wurden die Arbeiten zum Aufbau eines Klimafolgenmonitorings im September 2015 aufgenommen, in Baden-Württemberg im November 2015. In beiden Ländern wird zu allen Handlungsfeldern gearbeitet, in Thüringen bisher allerdings nur zu Indikatoren für die Beschreibung von Klimafolgewirkungen, da die im Integrierten Maßnahmenprogramm zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels im Freistaat Thüringen (2013) gelisteten Anpassungsmaßnahmen einer nochmaligen Prüfung unterzogen werden sollen. Sowohl in Thüringen als auch in Baden-Württemberg wurden die Indikatoren im Sommer 2016 ressortübergreifend abgestimmt. Die indikatorengestützten Monitoringberichte wurden im Juli 2017 publiziert. Die Indikatoren selbst sind noch nicht publiziert. Da die Durchführung der bayerischen Machbarkeitsstudie aber vom gleichen Auftragnehmer bearbeitet wurde wie die Vorhaben in Thüringen und Baden-Württemberg, ließen sich die in diesen Projekten gemachten Erfahrungen noch während ihrer Laufzeit auch für Bayern nutzbar machen.

Für weitere Länder wie Bremen ist bekannt, dass an Indikatoren gearbeitet wird. Es sind aber bisher keine Ergebnisse veröffentlicht worden.

Die Arbeiten in anderen Ländern lieferten Anregungen für den Aufbau eines Indikatorensystems in Bayern liefern. Sie zeigen, in welchen Bereichen DAS-Indikatoren erfolgreich in länderspezifische Indikatoren „übersetzt“ wurden, in welchen Fällen dies mit Modifikationen geschehen ist und in welchen Bereichen neue Indikationsideen entstanden sind und umgesetzt werden konnten.

1.3.3 Anknüpfungspunkte an Studien in Bayern

Die bayerischen Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikatoren sollen auf bereits existierende spezifische Studien und Datenauswertungen für Bayern Bezug nehmen. Zu verschiedensten Themenfeldern existieren in Bayern Monitoringsysteme und Daten, die regelmäßig erhoben werden. Diese Vorarbeiten sollte das Klimaindikatorensystem aufnehmen. Daher wurde zu Beginn der Machbarkeitsstudie eine umfassende Recherche zu diesbezüglichen Veröffentlichungen durchgeführt. Die wichtigsten werden im Folgenden vorgestellt.

- Handlungsfeldübergreifend

Handlungsfeldübergreifend bieten der Klima-Report Bayern 2015 sowie der Umweltbericht Bayern 2015 Anknüpfungspunkte. Der Bayerische Klima-Report (StMUV 2015a) liefert einen Überblick über die vergangenen klimatischen Veränderungen sowie die zukünftig zu erwartenden Klimaänderungen in Bayern. Er beleuchtet zudem die wichtigsten daraus resultierenden Folgen für die Handlungsfelder der BayKLAS, weshalb ihm bereits einzelne Indikatorvorschläge (wie z. B. die Niederschlagsverteilung im Zeitraum Reifeperiode bis Ernte der Trauben der Jahre 2000-2014 am Weinbaustandort Kitzingen) zu entnehmen sind. Der Umweltbericht Bayern (LFU 2015b) beschreibt den Zustand und Entwicklungen der Umwelt in Bayern mithilfe von Indikatoren des Umweltindikatorensystems Bayern (LFU 2004). Einige von ihnen entsprechen Indikatoren, die auf Bundesebene und in anderen Bundesländern auch für das Monitoring von Klimafolgen und Anpassungserfolgen genutzt werden. Beispiele sind der Beginn der Apfelblüte, der Flächenverbrauch oder der Waldzustand.

- Wasserwirtschaft

Ein Ansatzpunkt im Handlungsfeld Wasserwirtschaft sind die Gewässerkundlichen Jahresberichte (LFU 2014b, 2015a, 2016). Sie präsentieren in einem jährlichen Turnus aktuelle Daten aus dem Bereich der Gewässerkunde, z. B. Daten zu Abflüssen, Hochwasser oder Wasserqualität. In der Regel werden diese Daten jedoch für einzelne Pegel oder Messstationen veröffentlicht, sodass eine Aggregation der Daten vonnöten wäre, um sie in das Klima-Anpassungsindikatorensystem zu integrieren. Zeitreihen zu Abflüssen und Grundwasserständen bieten auch Veröffentlichungen des Arbeitskreises KLIWA (Klimaveränderung und Wasserwirtschaft) (z. B. ARBEITSKREIS KLIWA 2003, 2009, 2011a, 2011b, 2016).

Das Hochwasserschutz Aktionsprogramm 2020plus (StMUV 2014) ist Bayerns Schutzstrategie vor Überschwemmungen aus Oberflächengewässern. Dafür betrachtet es vergangene Hochwasserereignisse sowie zukünftige Gefahren. Informationen kann es auch zu bestehenden Anpassungsmaßnahmen liefern. So bietet sich beispielsweise als Indikationsidee eine Kartendarstellung ausgewählter Speicher und Hochwasserschutzanlagen, die im Rahmen des Aktionsprogramms 2020 bisher errichtet oder saniert wurden, an. Eine weitere Publikation mit Beschreibungen historischer Hochwasserereignisse ist die LfU-Broschüre „Leben mit dem Fluss. Hochwasser im Spiegel der Zeit“ (LFU 2008). Die Veröffentlichung „Bayerische Gletscher im Klimawandel – ein Statusbericht“ (StMUG 2012) liefert Anknüpfungspunkte, um die mit dem Klimawandel verbundenen Veränderungen eines besonderen Ökosystems, das deutschlandweit nur in Bayern vorkommt, zu thematisieren.

- Landwirtschaft

Der Bayerische Agrarbericht (StMELF 2012, 2014, 2016) erscheint in einem zweijährigen Turnus, zuletzt 2016. Er enthält zahlreiche Indikatoren zu den Themen Land- und Forstwirtschaft sowie Ernährung. Anknüpfungspunkte zum Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikatorensystem liefern Daten zu Erträgen und Anbauflächen einzelner Feldfrüchte.

Die LfU-Publikation „Beeinflusst der Klimawandel die Jahreszeiten in Bayern? Antworten der Phänologie“ (LFU 2014b) beschäftigt sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf die periodisch im

Jahresverlauf wiederkehrenden Wachstums- und Entwicklungsstadien von Pflanzen. Sie bietet damit Erkenntnisse zu phänologischen Entwicklungen, die nicht nur für das Handlungsfeld Landwirtschaft, sondern auch für den Naturschutz von Interesse sind.

- Wald und Forstwirtschaft

Waldberichte bringt das StMELF alle drei Jahre heraus, zuletzt 2015 (StMELF 2015). Grundlage ist u. a. die Bundeswaldinventur, zu der es auch separate Publikationen gibt (z. B. StMELF 2005 oder LWF 2014). Zahlreiche Zustandsindikatoren des Waldes, wie Schadholzanfall, Wasservorräte im Waldboden oder Baumartenzusammensetzung, werden auch durch den Klimawandel bzw. die Reaktionen darauf bestimmt. Der Waldbericht kann daher Anregungen für verschiedene Indikatoren rund um das Thema Klimawandel und Forstwirtschaft bieten. Wie oben beschrieben behandeln zudem die Agrarberichte (StMELF 2012, 2014) des Freistaats forstwirtschaftliche Themen wie die Waldbrandstatistik. Neben diesen regelmäßig erscheinenden Veröffentlichungen gibt es zahlreiche Veröffentlichungen der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, die Anregungen für das Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikatorensystem bieten können (z. B. WÜHR 2013).

- Naturschutz

Neben dem oben beschriebenen Bericht „Beeinflusst der Klimawandel die Jahreszeiten in Bayern? Antworten der Phänologie“ (LfU 2014b) bietet der Artenschutzbericht „Bayern Arche“ (StMUG 2010) Ansatzpunkte für die Indikatorenentwicklung im Handlungsfeld Naturschutz. Er ist der erste Bericht dieser Art und beleuchtet die Herausforderungen Bayerns beim Artenschutz. Indikatoren, die für eine Übernahme geprüft wurden, sind beispielsweise die Ausbreitung der Feuerlibelle oder der Rückgang der Moorflächen. Darüber hinaus kann die „Untersuchung der Wirkung des Klimawandels auf biotische Systeme in Bayern mittels Flechtenkartierung“ (LfU 2012) als Ansatzpunkt dienen.

- Bodenschutz und Georisiken

Informationen rund um das Thema Waldböden bietet die Bodenzustandserhebung im Wald (2006-2009) (LWF 2010), deren Ergebnisse in mehreren Publikationen dargestellt werden. Sie stellt u. a. Daten zu nutzbaren Feldkapazitäten, Kohlenstoffvorräten zur Verfügung. Ergänzend kann hier zudem die Veröffentlichung „Den Boden fest im Blick – 25 Jahre Bodendauerbeobachtung in Bayern“ (LfU 2011) herangezogen werden, die u. a. Kohlenstoffvorräte auch in Grünland- und Ackerböden beleuchtet.

- Menschliche Gesundheit

Im Handlungsfeld Menschliche Gesundheit wurde zunächst geprüft, ob und ggf. welche Gesundheitsindikatoren der Gesundheitsberichterstattung (LGL 2014) in das Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikatorensystem aufgenommen werden können. Zu einzelnen mit dem Klimawandel in Verbindung stehenden Gefährdungen der menschlichen Gesundheit gibt es darüber hinaus Einzeluntersuchungen, etwa den „Erfahrungsbericht 2014 und das Aktionsprogramm „Ambrosiabekämpfung“ in Bayern 2015“ (StMGP 2015) oder Informationen zur Verbreitung des Eichenprozessionsspinners (LWF 2015).

- Katastrophenschutz

Im Bereich des Katastrophenschutzes ergeben sich bisher relativ wenige Anknüpfungspunkte für das bayerische Indikatorensystem. Einen Ansatzpunkt bieten beispielsweise die Jahresberichte Brand- und Katastrophenschutz, Technische Hilfe, Rettungsdienst der Feuerwehren in Bayern (StMI 2014, 2015, 2016). Hier werden u. a. Zahlen zu Einsätzen und zur Stärke der Feuerwehren (Anzahl der Aktiven etc. in Berufsfeuerwehren, Freiwilligen Feuerwehren und Werks- und Betriebsfeuerwehren) veröffentlicht.

- Raumordnung (Landes- und Regionalplanung), Städtebau (Bauleitplanung) und Bauwesen (Gebäudeplanung und Bautechnik)

Hinsichtlich der Landes- und Regionalplanung wurden u. a. der Raumordnungsbericht 2008-2012 und der vom Bayerischen Landtag beauftragte Flächenverbrauchs-Bericht auf Ansatzpunkte geprüft. Für das Handlungsfeld Bauwesen konnten im Rahmen der vorliegenden Studie hieraus keine für die Indikatorentwicklung nutzbaren Ansätze gefunden werden.

Für die Handlungsfelder Städtebau und Raumordnung hingegen bieten beide Berichte Möglichkeiten der Anknüpfung. Der 17. Raumordnungsbericht (BAYERISCHE STAATSRGIERUNG 2015) stellt die Landesentwicklung Bayerns dar. Er enthält z. B. Daten zur Flächeninanspruchnahme und zur Flächenbilanz. Der jährlich aktualisierte Flächenverbrauchs-Bericht (StMUV 2015b) ergänzt den Raumordnungsbericht. Er stellt die Entwicklung des Indikators „Flächenverbrauch“ (Hektar pro Tag) in den Fokus und bietet ergänzende Informationen für verschiedene Gebietskategorien bis hin zur Ebene der Gemeinden.

- Straßenbau und Verkehr

Für das Handlungsfeld Straßenbau und Verkehr existieren nur wenige Anknüpfungspunkte. Zu nennen sind die Statistiken zu Straßenverkehrsunfällen und Tausalzverbrauch.

- Energiewirtschaft

Das „Bayerische Energieprogramm für eine sichere, bezahlbare und umweltverträgliche Energieversorgung“ (StMWi 2016b) zeichnet Bayerns Weg zur Energiewende vor und liefert Informationen nicht nur zur Entwicklung der Erneuerbaren Energien in Bayern, sondern auch zu Ausfällen und Unterbrechungen der Energieversorgung.

Die vom Wirtschaftsministerium veröffentlichten Bayerischen Energieszenarien 2050 (StMWi 2012) beginnen mit einer Analyse des Ist-Zustandes. Darin beleuchten sie u. a. die Entwicklung des Endenergieverbrauchs sowie des Primärenergieverbrauchs. Beide stellen Ansatzpunkte für das Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikatorensystem dar.

- Industrie und Gewerbe

Der jährlich erscheinende Industriebericht Bayern (StMWi 2014, 2015, 2016a, 2017) beleuchtet die Entwicklung der Industrie insgesamt sowie von einzelnen Branchen des produzierenden und verarbeitenden Gewerbes. Er wurde auf Ansatzpunkte für das Handlungsfeld Industrie und Gewerbe geprüft. Es konnten jedoch keine Anknüpfungspunkte für die Indikatorentwicklung identifiziert werden.

- Tourismus

Aufgrund der Querschnittsfunktion kann im Handlungsfeld Tourismus je nach Schwerpunkt an Erhebungen und Studien betroffener Handlungsfelder angeknüpft werden. Zudem bietet der Deutsche Alpenverein einen Ansatz zum Wintersport mit seiner Veröffentlichung „Auswirkungen des Klimawandels auf Skigebiete im bayerischen Alpenraum“ (STEIGER 2013). Auch die Bayern Tourismus Marketing GmbH kann mit ihrer jährlichen Publikation „Tourismus in Bayern. Statistiken & Zahlen“ (BAYERN TOURISMUS MARKETING GMBH K. A.), die u. a. Daten zu Übernachtungszahlen enthält, möglicherweise Anknüpfungspunkte bieten.

- Finanzwirtschaft

Veröffentlichungen, die sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf die Bayerische Finanzwirtschaft beschäftigen, konnten nicht gefunden werden.

2 Methodische Herangehensweise

Die Indikatoren des Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikatorensystems sollen möglichst alle 15 Handlungsfelder der BayKLAS abdecken. Daher muss das Indikatorensystem in einem ressortübergreifenden Prozess entwickelt werden (vgl. Kap. 1.2.2). Als Startpunkt für die Einbindung der bayerischen Ressorts und ihrer nachgeordneten Fachbehörden in den Prozess der Indikatorenentwicklung wurden diese im Rahmen einer gemeinsamen Veranstaltung am 15.09.2016 in die Ziele und die geplante Vorgehensweise eingeführt (s. Kap. 2.1).

Für die Umsetzung der Machbarkeitsstudie wurde für den Aufbau des Indikatorensystems in einem ersten Schritt zunächst eine inhaltliche Struktur entwickelt (s. Kap. 2.2). Sie schafft den Überblick, zu welchen Themenfeldern Indikatorenentwicklungen möglich sind (und im Rahmen der Pilotentwicklung auch bereits entworfen wurden) und welche Felder wegen Problemen der Datenverfügbarkeit oder aufgrund zu wenig enger Bezüge zu Klimawandelfolgen und -anpassung nicht abgebildet werden können. Dieser Themenstruktur wurden Aussagen und Ziele der BayKLAS, bereits existierende Indikatoren aus anderen Indikatoren- und Monitoringsystemen sowie bestehende thematische Darstellungen aus bayerischen Berichten oder Studien zugeordnet. Ferner wurden in dieser Struktur erste Empfehlungen für mögliche Indikatoren gegeben.

Die Tabellen zu den jeweiligen Handlungsfeldern wurden an Behördenvertreterinnen und -vertreter in Bayern zur Prüfung und Ergänzung übergeben (s. Kap. 2.3). Diese hatten die Aufgabe, die Recherchen und Empfehlungen zu kommentieren. Der Rücklauf aus den Ressorts wurde gesichtet. Auf dieser Grundlage wurde in Abstimmung mit dem LfU entschieden, welche der von den Behördenvertreterinnen und -vertretern befürworteten Indikatoren pilothaft bereits im Rahmen der Machbarkeitsstudie ausgearbeitet werden sollten (s. Kap. 0). Die pilothaften Ausarbeitungen erfolgten in Rücksprache mit den fachlich zuständigen Ansprechpartnern in den Ressorts bzw. Fachbehörden (s. Kap. 2.5).

2.1 Information der Ressorts/Fachbehörden über Ziele und Vorgehensweise

Ziel der gemeinsamen Start-Sitzung am 15.09.2016 mit den Ressorts bzw. ihren nachgeordneten Fachbehörden war es,

- über Hintergrund und Ziele der bayerischen Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikatoren im Kontext der Umsetzung der BayKLAS zu informieren,
- die Vorgehensweise zu erläutern und hierfür Akzeptanz zu schaffen,
- die Anforderungen an die Indikatoren zu verdeutlichen und die Erwartungen an die Aussagekraft der Indikatoren realistisch einschätzen zu können,
- den Umfang der von den Ressorts / Fachbehörden eingeforderten Beiträge einzugrenzen.

Anhand einiger bereits im Vorfeld ausgearbeiteter bayerischer Indikatoren, die sich mit vergleichsweise geringem Aufwand umsetzen ließen, wurde zudem gezeigt, wie Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikatoren aussehen können und sollten. Fragen zur räumlichen und zeitlichen Differenzierung der Indikatoren, zu den Datenanforderungen sowie zu den Herausforderungen der Interpretation und Bewertung der dargestellten Entwicklungen wurden anhand dieser Beispiele diskutiert. Wesentlich war es, die Erfahrungen mit dem Aufbau vergleichbarer Systeme in anderen Bundesländern zu vermitteln, um hiervon im weiteren Prozess profitieren zu können.

Im Rahmen der Sitzung wurde außerdem die inhaltliche Themenstruktur, die der Entwicklung der Indikatoren zugrunde gelegt werden soll, erläutert (s. Kap. 2.2), sodass die Behördenvertreterinnen und -vertreter unmittelbar mit den Tabellen arbeiten konnten.

2.2 Aufbau der Themenstruktur

Sowohl die BayKLAS 2016 als auch der Klima-Report Bayern spannen ein breites thematisches Spektrum über die 15 klimasensitiven Handlungsfelder auf und sprechen eine Vielzahl thematischer Teilaspekte innerhalb dieser Handlungsfelder an. Wenn das Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikatorensystem in Anbetracht dieser Themenfülle handhabbar bleiben soll, muss zwangsläufig eine thematische Selektion bzw. Fokussierung vorgenommen werden. Indikatoren gehen stets mit einer Informationsreduktion einher. Eine solche Selektion muss jedoch so transparent gestaltet sein, dass sie allen am Prozess Beteiligten nachvollziehbar wird (warum verzichten wir auf Darstellungen zu bestimmten Themen, warum heben wir mit einem Indikator einen bestimmten Teilaspekt innerhalb eines größer angelegten Themenfelds hervor?). Leitend für eine thematische Schwerpunktsetzung sind dabei die folgenden Fragen:

- Welche Klimafolgen sind uns für eine Darstellung anhand von Indikatoren besonders wichtig und welche Teilaspekte müssen wir nicht zwingend über Indikatoren darstellen, sondern können wir – mit Blick auf eine spätere, auf den Indikatoren basierende Berichterstattung – ggf. auch nur textlich thematisieren?
- Welche Maßnahmen sind bereits in Umsetzung? Welche Maßnahmenumsetzungen sollen in der Öffentlichkeit mit den erzielten Fortschritten besonders hervorgehoben werden? Gibt es auch Aktivitäten oder Entwicklungen, die dem Erreichen von Anpassungszielen entgegenstehen?

Um die Eingrenzung der Themenvielfalt transparent zu machen, wurde nach dem Vorbild der Vorgehensweise im bundesweiten DAS-Indikatorenprojekt zunächst für alle Handlungsfelder der BayKLAS ein inhaltlich-struktureller Rahmen entwickelt. Dabei wurden die umfangreichen Vorarbeiten aus dem DAS-Indikatorenprojekt (SCHÖNTHALER & VON ANDRIAN 2015) genutzt. Eine Orientierung an der thematischen Gliederung der BayKLAS 2016 ist zwar möglich, diese erschien aber für die Diskussion einzelner Indikatoren aus wissenschaftlicher Sicht nicht ausreichend differenziert.

Um eine Themenstruktur für die Indikatoreauswahl in Bayern aufzubauen und nutzbar zu machen, wurden die folgenden Arbeitsschritte umgesetzt:

- Anpassung der Themenstruktur an die Handlungsfelder der BayKLAS 2016 und Ergänzung um für Bayern relevante und bisher nicht enthaltene Themen;
- Zuordnung der in der BayKLAS 2016 angesprochenen Themen zu den Themenfeldern und thematischen Teilaspekten dieser Struktur; damit wurde auch deutlich, welche Themen aus der DAS-Themenstruktur in der BayKLAS nicht auftauchen;
- Zuordnung der Indikatoren anderer Indikatorensysteme zu den Themenfeldern und thematischen Teilaspekten, um deutlich zu machen, bei welchen Themen eine Anlehnung oder Orientierung an bereits bestehenden Indikatoren möglich ist; es wurden das DAS-Indikatorensystem (s. Kap. 1.3.1), die Indikatoren aus dem Klimafolgenmonitoring anderer Länder (zu denen bereits Kenntnisse vorliegen, s. Kap. 1.3.2), die Indikatoren der Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI 2017) und das Indikatorensystem zu Klimaentwicklung und Klimawandelfolgen der EEA berücksichtigt;
- Hinweise auf thematisch passende Untersuchungen und Studienergebnisse aus Bayern (s. Kap. 1.3.3); neben dem Klima-Report Bayern 2015 und dem Umweltbericht Bayern 2015 wurden hier insbesondere auch ressortspezifische Berichte berücksichtigt; damit werden die möglichen Anknüpfungspunkte an die für Bayern bereits vorliegenden Datenauswertungen und -darstellungen deutlich.

Auf der Grundlage dieser strukturierten Informationen wurde dann diskutiert, ob und inwieweit eine „Übersetzung“ des DAS-Indikators möglich ist, welche Modifikationen denkbar und empfehlenswert

sind, welche neuen Indikationsideen diskutiert werden sollten und welche Datenquellen ggf. in Frage kommen. In einzelnen Fällen konnten auch bereits konkrete Indikatoren skizziert werden.

2.3 Diskussion von Indikationsmöglichkeiten

Die in Kap. 2.2 vorgestellte Themenstruktur bildete die Grundlage für die Einbindung der Ressorts/ Fachbehörden in die weiteren Überlegungen. Ausgehend von den in den Tabellen zusammengestellten Informationen wurden die jeweils zuständigen Ressorts / Fachbehörden gebeten, sich zu den dargestellten Optionen für Indikatoren zu positionieren, ggf. Alternativen vorzuschlagen, auf mögliche Datenquellen zu verweisen und Korrekturen zu den in den Tabellen enthaltenen Inhalten vorzunehmen. Zu jedem thematischen Teilaspekt, zu dem Ansatzpunkte für Indikatorenvorschläge bestehen, wurde hierfür eine weitere Tabellenspalte mit Leerfeldern ergänzt, in denen die Ressorts / Fachbehörden ihren Standpunkt darstellen konnten (s. linker Teil von Abb. 1). Für Themenfelder und thematische Teilaspekte, zu denen es zwar Aussagen in der BayKLAS, aber keine Anknüpfungspunkte an andere Indikatorensysteme oder bayernspezifische Studien gibt, also keine Vorschläge getroffen werden konnten, wurde den Beteiligten die Möglichkeit gegeben, selbst Vorschläge zu unterbreiten (s. rechter Teil von Abb. 1).

Die Tabellen mit den Rückläufen wurden vom LfU ggf. redaktionell überarbeitet und sind eine wichtige Grundlage für alle weiteren, auch über diese Machbarkeitsstudie hinausgehenden Arbeiten.

Ansatzpunkte für Indikator-Entwicklung Auswahl eines oder mehrerer Indikatoren: <i>(Bitte benennen Sie den von Ihnen bevorzugten Indikator. Falls Sie mehrere Indikatoren befürworten, priorisieren Sie diese bitte. Bitte nennen Sie eventuell notwendige Änderungen oder ggf. auch Alternativen.)</i>	
Kommentar: <i>(Bitte begründen Sie hier kurz Ihre Auswahl sowie ggf. Änderungen oder die gewählte Alternative.)</i>	
Einschätzung der Datenverfügbarkeit: Welche Daten können Sie bzw. eine andere Institution zur Berechnung des Indikators zur Verfügung stellen? <i>(Bitte nennen Sie auch Erhebungsintervall und Format der Daten sowie ggf. anfallende Kosten für deren Bereitstellung.)</i>	Ansatzpunkte für Indikator-Entwicklung Kommentar: <i>(Gern können Sie an dieser Stelle einen Indikator vorschlagen. Bitte begründen Sie ggf. Ihren Vorschlag und benennen Sie die benötigten Daten inkl. Bezugsquelle, Erhebungsintervall, Format und Kosten.)</i>

Abb. 1: Struktur für die Kommentierung der Übersichtstabellen

2.4 Skizzierung von Indikationsideen und Auswahl von Indikatoren für die pilothafte Ausarbeitung

Auf der Grundlage der gesichteten Rückmeldungen wurden zunächst diejenigen Themenfelder ausgeschieden, zu denen eine Indikatorentwicklung entweder aufgrund fehlender Daten für nicht möglich oder aufgrund mangelnder inhaltlicher Relevanz für nicht sinnvoll erachtet wurde. Übrig blieben die Themenfelder, zu denen weitere Überlegungen zu Indikatoren zum Aufbau eines Indikatorensystems erfolgen sollen. Die diesen Themenfeldern bereits zugeordneten Indikationsideen oder skizzierten Indikatoren erfordern für die weitere Präzisierung und Ausarbeitung folgende unterschiedlichen Aufwände:

- Indikatoren, die mit vergleichsweise geringem Aufwand umsetzbar sind: Daten sind leicht verfügbar bzw. zugänglich und lassen sich ohne umfangreichere weitere Aufarbeitungen oder Berechnungen unmittelbar als Indikator darstellen;
- Indikatoren, die mit vergleichsweise mittlerem Aufwand umsetzbar sind: Daten sind leicht verfügbar bzw. zugänglich; der Aufwand für weitere Aufarbeitungen oder Berechnungen der Daten bis zur Darstellung als Indikator ist überschaubar;
- Indikatoren, die mit vergleichsweise hohem Aufwand umsetzbar sind: Datenquellen müssen zunächst konkret recherchiert werden, weitere methodische Klärungen zur Berechnung und Darstellung sind erforderlich; die Umsetzbarkeit des Indikators ist nicht gesichert; für die datentechnischen und methodischen Klärungen sowie für die eigentliche Datenbeschaffung und Berechnung des Indikators ist mit einem höheren Aufwand zu rechnen; eine genaue Schätzung des Aufwands ist nicht möglich, da noch zu viele Klärungen für die weitere Präzisierung der Indikationsidee erforderlich sind.

Die bereits im Rahmen der Machbarkeitsstudie pilothaft umzusetzenden Indikatoren wurden nach den folgenden Kriterien ausgewählt:

- überschaubarer Aufwand für die Ausarbeitung, absehbar unkomplizierter und schneller Zugang zu den Daten (vgl. oben genannten Kategorien „geringer“ und „mittlerer Aufwand“), begrenzter Aufwand für die involvierte Landesbehörde,
- Berücksichtigung unterschiedlicher Handlungsfelder, sodass die Beteiligung mehrerer Ressorts bereits in die Machbarkeitsstudie erprobt werden kann,
- Aufnahme neuer Inhalte gegenüber den Themen und bundesweiten Indikatoren der DAS, sodass frühzeitig auch Spezifika eines bayerischen Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikatorensystems sichtbar gemacht werden können.

Es wurde für die vorliegende Studie die Ausarbeitung von maximal 30 Indikatoren ins Auge gefasst (s. Kap. 2.5).

Die Tabellen in den nachstehenden Kapiteln liefern für die einzelnen Handlungsfelder eine Zusammenstellung aller Indikationsideen sowie der Indikatoren, die bereits in der Machbarkeitsstudie umgesetzt wurden (in den Tabellen jeweils fett gedruckt) oder deren Umsetzung grundsätzlich für möglich eingestuft wird, sowie einen Überblick zur jeweiligen groben Einschätzung des Aufwands.

Im Falle der bereits umgesetzten Indikatoren bezieht sich diese Aufwandsschätzung auf die Datenfortschreibung (Abschätzung des zu erwartenden Stundenaufwands), da der Entwicklungsaufwand ja bereits im Rahmen der Machbarkeitsstudie angefallen ist. Die Kategorie „gering“ reicht bis zu einem Aufwand von unter vier Stunden, die Kategorie mittel bis zu einem Aufwand von einem Tag. Alle Aufwendungen darüber hinaus gelten als „hoher“ Fortschreibungsaufwand. Die Aufwandsschätzung umfasst dabei alle Aufwendungen, die für die Fachbehörden (Datenbereitstellung und ggf. spezifische

-auswertungen) und für die Stelle, die für die Koordination zuständig ist, für die Übertragung der Daten in die Datenkennblätter oder auch den Abruf und die Verarbeitung von allgemein zugänglichen Daten (s. Kap. 3.2) entstehen.

Im Falle der noch umzusetzenden Indikatoren gilt die Aufwandsschätzung für die methodische Entwicklung des Indikators und seine erstmalige Umsetzung. Die ebenfalls dreistufige Kategorisierung in „gering“, „mittel“ und „hoch“ ist dabei mit der für die Datenfortschreibung der bereits entwickelten Indikatoren nicht vergleichbar, da der Aufwand für die Indikatorentwicklung und -diskussion sowie die Erstellung der zugehörigen Indikator- und Daten-Kennblätter (s. Kap. 3) generell höher einzustufen ist. Stark vereinfachend kann davon ausgegangen werden, dass ein geringer Entwicklungsaufwand einen Aufwand von rund einem Tag und ein mittlerer Entwicklungsaufwand einen Aufwand von mindestens zwei bis drei Tagen bedeutet. Für die Indikatoren mit hohem Entwicklungsaufwand ist die Spannbreite sehr breit, da auch umfangreichere methodische Entwicklungen und Erprobungen und damit verbundene Abstimmungen erforderlich sein können.

Zu den einzelnen Indikationsideen wurden nach dem in Kap. 3.1.2 dargestellten Muster jeweils Kurz-Kennblätter erstellt. Ein Beispiel eines Kurz-Kennblattes ist in Anlage 1 beigefügt. Zu den im Rahmen der Machbarkeitsstudie bereits umgesetzten Indikatoren wurden ausführliche Kennblätter nach dem in Kap. 3.1.1 dargestellten Modell erstellt. Diese sind Inhalt von Anlage 2.

Tab. 1 gibt eine Gesamtübersicht zu den für alle Handlungsfelder nach Beendigung der Machbarkeitsstudie in Diskussion befindlichen Indikatoren und Indikationsideen.

Tab. 1: Übersicht über Indikatoren und Indikationsideen in den Handlungsfeldern

Handlungsfelder der BayKLAS	gesamt	Impact		Response	
(Kürzel der Handlungsfelder)		Ideen	Umsetzung	Ideen	Umsetzung
Wasserwirtschaft (WW)	15	9	2	3	1
Landwirtschaft (LW)	2 (+ ?)	Noch unvollständig	1	Noch unvollständig	1
Wald und Forstwirtschaft (FW)	9	5	1	2	1
Naturschutz (NA)	7	2	2	3	-
Bodenschutz und Georisiken (BO)	5	3	2	-	-
Menschliche Gesundheit (GE)	5	2	3	-	-
Katastrophenschutz (KS)	1	-	1	-	-
Raumordnung (RO)	2	-	-	1	1
Städtebau / Bauleitplanung (SB)	3	1	-	-	2
Bauwesen (BA)	1	-	-	-	1
Straßenbau und Verkehr (VE)	4	2	2	-	-
Energiewirtschaft (EW)	7	2	2	3	-
Industrie und Gewerbe (IG)	2	1	-	-	1
Tourismus (TO)	-	-	-	-	-
Finanzwirtschaft (FI)	3	-	2	1	-
Gesamt	66	27	18	13	8

2.4.1 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Wasserwirtschaft

Für das Handlungsfeld Wasserwirtschaft wurden zwei Impact- und ein Response-Indikator für die pilothafte Ausarbeitung ausgewählt und umgesetzt (vgl. Tabelle 2). Darüber hinaus ergaben sich aus den Recherchen und den Abfrage neun Ideen zu Impact-Indikatoren und drei zu Response-Indikatoren. Die Response-Ebene ist damit in diesem Handlungsfeld im Verhältnis gering repräsentiert. Dies ist bislang aber auch im bundesweiten DAS-Indikatorensystem und den länderspezifischen Monitoringsystemen der Fall. Beim Aufbau des bayerischen Systems sind daher ggf. vertiefende Überlegungen erforderlich, um beispielsweise auch den Maßnahmenbereich Siedlungswasserwirtschaft mit zumindest einem Indikator abdecken zu können. Für das Handlungsfeld Wasser wurde mit Weiterentwicklungen des bundesweiten DAS-Indikatorensystems begonnen. Möglicherweise ergeben sich aus diesen Arbeiten Anknüpfungspunkte auch für den weiteren Aufbau des bayerischen Indikatorensystems.

Das Handlungsfeld Wasserwirtschaft ist thematisch sehr breit aufgestellt. Dies erklärt die vergleichsweise hohe Zahl an Indikatoren.

Tab. 2 gibt einen Gesamtüberblick über die Indikationsideen und die ausgearbeiteten Indikatoren (fett gedruckt) für das Handlungsfeld Wasserwirtschaft und zu den Einschätzungen des Aufwands für Entwicklung bzw. Datenfortschreibung.

Tab. 2: Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Wasserwirtschaft

Code I=Impact	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
I-WW-1	Trockenheitsindex Trockenheitsindex im meteorologischen Sommer (Juni – August)	Mittel	Aufwandsschätzung „mittel“ gilt, falls Trockenheitsindex bereits entwickelt und unmittelbar Anwendung finden kann und keine weiteren grundlegenden methodischen Überlegungen erforderlich sind; bayernweite Betrachtung auf Basis modellierter Wasserhaushaltsgrößen ist möglich; Konzeption des Indikators ist aber in vielen Details noch unklar; zur regelmäßigen Fortschreibung liegen noch keine Informationen vor.
I-WW-2	Grundwasserstand und Quellschüttungen Monate mit Überschreitung des / der mittleren höchsten Grundwasserstands / Quellschüttung der Referenzperiode 1961-1990, Monate mit Unterschreitung des/der mittleren niedrigsten Grundwasserstands / Quellschüttung der Referenzperiode 1961-1990	Hoch	Auf der Grundlage von Messdaten zu Grundwasserstand und Quellschüttungen nach dem Vorbild von Baden-Württemberg (s. links stehende Kurzbeschreibung) oder von Thüringen (Schwankung des Grundwasserstands: Anzahl der Pegel mit einer Schwankungsbreite von Grundwasserständen, die um > +50 % über dem Mittel der Referenzperiode bzw. um < -50 % unter dem Mittel der Referenzperiode 1961-90 liegt) umsetzbar; Pegel sind auszuwerten, methodische Details der Auswertung und Darstellung sind zu klären. Alternativ könnte auf Basis modellierter Daten die Entwicklung der jährlichen Grundwasserneubildung dargestellt werden; aber auch hier sind weitere Details zur Methodik und möglichen Darstellung zu klären.
I-WW-3	Mittelwasser Verhältnis des Abflusses des hydrologischen Winter- und Sommerhalbjahrs differenziert für Nord- und Südbayern	Hoch	Große Datenmenge ist (regional und zeitlich) differenziert zu verarbeiten; Pegelzuordnung zu Nord- und Südbayern ist erforderlich; methodische Details zur Datenauswertung (vor allem zur geeigneten Aggregation der Auswertungsergebnisse über mehrere Pegel hinweg) und zur Darstellung sind noch zu klären.
I-WW-4	Hochwasser Anzahl der Pegel mit einer klassifizierten Anzahl an Hochwassertagen	Mittel, ca. 4 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; für Fortschreibung müssen große Datenmengen verarbeitet werden.
I-WW-5	Niedrigwasser Anzahl der Pegel mit einer klassifizierten Anzahl von Niedrigwassertagen	Hoch	Große Datenmenge muss (zeitlich) differenziert verarbeitet werden; methodische Details zur Datenauswertung und Darstellung sind noch zu klären; analog zum Hochwasser-Indikator sind erforderlich: Prüfung der Daten auf Fehlwerte, Berechnung des MNQ, Berechnung der Niedrigwassertage und Aggregation der Pegel; Klassengrenzen müssen datenabhängig festgelegt werden.
I-WW-6	Überschreitung fischverträglicher Wassertemperaturen in Fließgewässern Jahressumme der Tage mit Überschreitung fischverträglicher Wassertemperaturen in Fließgewässern des Epipotamals und in cyprinidengprägten Gewässern des Rhithrals	Mittel, ca. 4 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; LfU hat Daten berechnet, Weiterentwicklung des Indikators ist aber erforderlich.

Code I=Impact	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
I-WW-7	Wassertemperaturen stehender Gewässer Durchschnittliche Monatsmitteltemperatur in ausgewählten Seen (unterschiedlichen Gewässertyps) in 5 Meter Tiefe in den beiden wärmsten Monaten oder ggf. Alternative	Mittel	Datenverfügbarkeit für weitere Seen und Auswertungsmöglichkeiten müssen geprüft werden, methodische und datentechnische Ansatzpunkte sind aber vorhanden.
I-WW-8	Eisbedeckung Beginn und Ende der Eisbedeckung, relativer Anteil der Eisbedeckung in den kältesten zwei Monaten eines Winters	Hoch	Genaue Datenquelle muss noch recherchiert und hinsichtlich ihrer Aussagekraft geprüft werden; es handelt sich um Daten aus der Fernerkundung; noch ist aber unklar, wie die Daten zugänglich sind und ob es schon vorhandene oder erprobte Auswertungen gibt.
I-WW-9	Stagnationsperiode in stehenden Gewässern Kalenderwoche des Beginns und des Endes der Stagnationsperiode, Anzahl der Wochen zwischen Beginn und Ende der Stagnationsperiode	Hoch	Verfügbare Datenbestände sind zu sichten und auf ihre Verwendbarkeit hin zu prüfen (14-tägige Messungen für unterschiedliche Wassertiefen sind erforderlich); in Abhängigkeit der Datenverfügbarkeit sind die Seen auszuwählen; die Aggregation von Daten für mehrere Seen ist kritisch zu prüfen; Daten müssen händisch ausgewertet werden, denn gutachterliche Einschätzung des Zeitpunkts, in dem die Stagnation eintritt, ist erforderlich.
I-WW-10	Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser von Seen Minimum des Sauerstoffgehalts im Tiefenwasser ausgewählter Seen innerhalb eines Durchmischungszyklus (Mai bis April des Folgejahres)	Mittel	Verfügbare Datenbestände sind zu sichten und auf ihre Verwendbarkeit hin zu prüfen; in Abhängigkeit der Datenverfügbarkeit sind die Seen auszuwählen; mögliche Aggregation von Daten für mehrere Seen ist kritisch zu prüfen.
I-WW-11	Makrozoobenthos-Lebensgemeinschaft KLIWA-Index _{MZB} für Fließgewässer	Hoch	Details zur Anwendbarkeit des Index-Werts auf die bayerischen Gewässer und zur Datenverfügbarkeit sind noch zu klären; spezifische Datenauswertung muss erfolgen.
Code R=Response	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
R-WW-1	Hochwasserschutzmaßnahmen Verausgabte Haushaltsmittel des Landes für den Hochwasserschutz, durch technischen Hochwasserschutz vor Hochwasser geschützte bebaute Fläche an Gewässern I. und II. Ordnung, durch technischen Hochwasserschutz vor Hochwasser und Muren geschützte bebaute Fläche an Wildbächen	Gering, ca. 2 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; Fortschreibung ist auf Grundlage der bestehenden Konzeption mit geringem Aufwand möglich.
R-WW-2	Natürlicher Rückhalt Ausweitung des Retentionsraums (Deichrückverlegungen und / oder reaktiver Retentionsraum) sowie Gewässer- und Auen-Renaturierung (renaturierte Gewässerstrecke, renaturierte Uferfläche und / oder Aufforstung in der Aue)	Mittel	Daten stehen aus BayIFS-Leistungen / Leistungsbilanzen zum Hochwasserschutz Aktionsprogramm 2020plus zur Verfügung; konkrete Auswahl der darzustellenden Parameter ist noch zu diskutieren, Darstellungsmöglichkeiten müssten erprobt werden.

Code R= Response	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
R-WW-3	Ökologischer Zustand oberirdischer Binnengewässer Anteil der Wasserkörper der Fließgewässer bzw. Seen mit erreichtem Zielwert guter ökologischer Zustand oder besser bzw. gutes ökologisches Potenzial im Verhältnis zur Gesamtanzahl der bewerteten Wasserkörper.	Gering	Der Indikator „Ökologischer Zustand der Oberflächengewässer“ wird im Umweltindikatorensystem Bayern genutzt und regelmäßig aktualisiert. Der Indikator ist mit geringem Aufwand umsetzbar. www.lfu.bayern.de/umweltdaten/indikatoren/natur_landschaft/gewaesserguete
R-WW-4	Kritische Wassernachfrage Anzahl an Tagen im Jahr, an denen die Bedarfsmenge einen Schwellenwert überschreitet	Hoch	Grundlegende methodische Klärungen und Prüfungen zur Machbarkeit sind erforderlich; Daten zur Wassernachfrage liegen nicht zentral vor, sondern müssten von noch auszuwählenden Wasserversorgern angefordert werden; größere methodische Herausforderung (u. a. erforderliche Definition eines kritischen Schwellenwerts)

2.4.2 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Landwirtschaft

Für das Handlungsfeld Landwirtschaft wurden ein Impact-Indikator und ein Response-Indikator im Rahmen der Machbarkeitsstudie umgesetzt. Die Rückmeldung durch die zuständige Fachbehörde ließ für den Bereich Landwirtschaft bis zum Abschluss der Machbarkeitsstudie keine komplette Übersicht zu. Auf der Grundlage der eingegangenen Kommentierung zu den Indikatorvorschlägen konnte der Impact-Indikator „Verschiebung agrarphänologischer Phasen“ (I-LW-2) entwickelt werden. Aus der Rückmeldung für den Bereich Wein und Gartenbau resultierte die Ausarbeitung des Response-Indikators zum „Anbau wärmeliebender Sorten“ (R-LW-1).

Der Überblick in Tab. 3 zu Indikationsideen und ausgearbeiteten Indikatoren (fett gedruckt) für das Handlungsfeld Landwirtschaft ist demnach noch unvollständig. Auf der Impact-Ebene wären zumindest Überlegungen zu den beiden thematischen Aspekten Qualität von Ernteprodukten und Schaderregerbefall anzustreben. Hierzu haben sich auch in anderen Bundesländern Indikationsmöglichkeiten ergeben. Auf der Response-Ebene liegen aus derzeitiger Sicht keine Indikatoren auf der Hand, die sich beispielsweise aus existierenden Datenauswertungen und Darstellungen für Bayern ableiten ließen. In jedem Falle sollte aber noch eine vertiefende Prüfung der Indikationsmöglichkeiten durch die zuständige Fachbehörde erfolgen. So war beispielsweise die Übersetzung des DAS-Indikators zu „Anbau und Vermehrung wärmeliebender Ackerkulturen“ (LW-R-2) auch für andere Bundesländer möglich. Ferner könnte diskutiert werden, ob sich in Bayern ein Indikator zur Anpassung der Bodenbearbeitung (pfluglose Bodenbearbeitung) oder zur Beregnung umsetzen ließe. Zu Auswirkungen des Klimawandels auf die Tierproduktion und zur Anpassung konnte bisher auf Bundesebene kein Indikator entwickelt werden. Auf Länderebene gibt es bislang nur in Hessen einen Impact-Indikator zur Wärmebelastung bei Geflügel, der aber auch aus meteorologischen Messdaten abgeleitet ist, also auch nicht dazu geeignet ist, die tatsächlichen Auswirkungen abzubilden.

Tab. 3: Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Landwirtschaft

Code I=Impact	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
I-LW-1	Dauer der landwirtschaftlichen Vegetationsperiode Dauer zwischen Beginn und Ende der landwirtschaftlichen Vegetationsperiode	Mittel	Methodischer Vorschlag ist noch nicht getroffen; für Berechnung der Vegetationsdauer gibt es sehr unterschiedliche Ansätze, die auf Schwellenwerten der Temperatur oder Temperatursummen und / oder phänologischen Beobachtungsdaten beruhen; ein einheitlicher Standard existiert nicht.
I-LW-2	Verschiebung agrarphänologischer Phasen Mittlerer Zeitpunkt des Blühbeginns von Winterraps und Apfel im Mittel Bayerns	Mittel, ca. 4 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; Der Indikator „Beginn der Apfelblüte“ wird im Umweltindikatorensystem Bayern genutzt und jährlich aktualisiert. www.lfu.bayern.de/umweltdaten/indikatoren/klima_energie/klimawandel_vegetationsentwicklung Für die Fortschreibung der Daten zum Blühbeginn des Winterraps müssen große Datenmengen verarbeitet werden.
Code R=Response	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
R-LW-1	Anbau wärmeliebender Sorten Entwicklung der mit Keltertrauben bestockten Rebfläche (Merlot, Cabernet Sauvignon für das Weinbaugebiet Franken), Mittlerer Huglin-Index für das Weinbaugebiet Franken (Gradtage)	Mittel, ca. 7 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; Daten zu Rebflächen werden von der Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau bereitgestellt; für den Huglin-Index werden Tagesdaten zur Lufttemperatur mehrerer Klimastationen des DWD ausgewertet.

2.4.3 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft

Für das Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft wurden ein Impact- und ein Response-Indikator für die pilothafte Ausarbeitung ausgewählt, die auch umgesetzt wurden. Mit dem Impact-Indikator „Mistelbefall von Waldbäumen“ wurde ein Indikator entwickelt, der sowohl auf Bundes- als auch auf Länderebene neu ist. Aus den Recherchen und der Rückmeldungen der Fachbehörden ergaben sich fünf weitere Impact-Indikatoren, die sich – teilweise in enger Anlehnung an die bundesweiten DAS-Indikatoren – umsetzen ließen. Ferner besteht die Aussicht auf die Entwicklung zweier zusätzlicher Response-Indikatoren, von denen sich zumindest der Indikator zur Förderung des Waldumbaus in der Methodik eng am DAS-Indikator anlehnen kann.

Die hier vorgestellten drei Response-Indikatoren werden der Bedeutung des Handlungsfeldes Wald und Forstwirtschaft (u. a. im Vergleich zum bundesweiten DAS-Indikatorensystem) nicht ganz gerecht. Hier müssten weitere Indikationsmöglichkeiten diskutiert werden, die Aussagen beispielsweise zu den Maßnahmenfeldern Information und Beratung sowie Holzproduktentwicklung und Holzverwendung zulassen, welche auch im Maßnahmenkatalog der BayKLAS 2016 adressiert werden.

Tab. 4 gibt einen Gesamtüberblick über die Indikationsideen und ausgearbeiteten Indikatoren (fett gedruckt) für das Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft und zu den Einschätzungen des Aufwands für Entwicklung bzw. Datenfortschreibung.

Tab. 4: Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Forstwirtschaft

Code I=Impact	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
I-FW-1	Gefährdete Fichtenbestände Fläche der Fichtenbestockung in sieben klimatischen Risikogruppen (sehr geringes bis sehr hohes Risiko) gemäß Klimasituation in der Klimanormalperiode oder Anteil dieser klimatischen Risikogruppen an der gesamten Fichtenbestockung gemäß Klimasituation in der jeweiligen Klimanormalperiode	Mittel	Methodik der Indikatorberechnung lehnt sich an DAS-Indikator an, aber bayernspezifische Berechnung kann durch LWF durchgeführt werden.
I-FW-2	Holzzuwachs Zuwachs differenziert nach den vier Hauptbaumarten (Fichte, Buche, Eiche, Kiefer)	Hoch	Details zu den konkret einzusetzenden Daten (Daten der Bundeswaldinventur und / oder der bayerischen Waldklimastationen) und zu Parametern sowie zu methodischen Fragen wie beispielsweise der Altersklassenbereinigung sind noch zu klären.
I-FW-3	Schadholzaufkommen nach Schadensursachen Anteil des Schadholzaufkommens am Gesamteinschlag differenziert nach verschiedenen Einschlagsursachen	Mittel	Direkte Übersetzung des DAS-Indikators wäre möglich (vergleichbar dem Vorgehen in Thüringen und Baden-Württemberg), aber Datenquellen und deren Validität müssen im Einzelnen geprüft werden.
I-FW-4	Mistelbefall von Waldbäumen Fläche mit Mistelbefall von Kiefer, Tanne, Laubholz (Wald und städtische Bereiche)	Gering, ca. 3 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; Daten lassen sich aus der Waldzustandserhebung entnehmen.
I-FW-5	Waldbrandgefährdung Mittlere Anzahl von Meldetagen der Waldbrandindices 4 und 5, ggf. zusätzlich Waldbrandgeschehen	Mittel	Daten aus der Waldbrandstatistik zum Waldbrandgeschehen sind einfach bereitzustellen, Daten zur witterungsbedingten Waldbrandgefährdung müssen vom DWD bezogen werden; separate Berechnung für Bayern ist erforderlich.
I-FW-6	Waldzustand Mittlere Kronenverlichtung der wichtigsten Baumartenkollektive Fichte, Kiefer, Buche und Eiche sowie Kronenverlichtung gesamt; Anteil mittel bis stark fruktifizierender Bäume in der Gegenüberstellung mit der mittleren Kronenverlichtung für die einzelnen Baumartenkollektive über alle Altersklassen	Gering oder mittel	Geringer Aufwand, wenn nur Daten aus der Waldzustandserhebung wiedergegeben werden, mittlerer Aufwand, wenn auch Bezüge zur Fruktifikation analysiert und dargestellt werden sollen, da hierfür methodisches Vorgehen und Darstellungsvarianten zu diskutieren sind. Der Indikator „Waldzustand“ wird im Umweltindikatorensystem Bayern genutzt und jährlich aktualisiert. https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/indikatoren/natur_landchaft/waldzustand/index.htm
Code R=Response	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
R-FW-1	Mischbestände Prozentualer Anteil der Waldfläche mit naturnahen und nicht-naturnahen Reinbestockungen sowie Mischbestockungen mit 2, 3 und mind. 4 Baumarten an der Gesamtwaldfläche	Mittel, ca. 6 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; Datenabruf ist aus der BWI-Datenbank möglich; für Bayern muss allerdings die Anzahl der Traktecken aufgrund der in Bayern vorhandenen Verdichtungsgebiete (analog zum DAS-Indikator) gewichtet werden.

Code R= Response	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
R-FW-2	Förderung des Waldumbaus Umfang der von EU, Bund und Bayern aufgetragenen Fördermittel und / oder Haushaltsmittel für den Waldumbau im Privat- und Körperschaftswald im Landeswald und in den Bundesforsten; Umfang der Fläche in Hektar, auf der mit Fördermitteln und / oder Haushaltsmitteln der EU, des Bundes und des Freistaats Bayern Waldumbaumaßnahmen durchgeführt werden	Mittel	Daten müssen aus unterschiedlichen Quellen zusammengetragen werden, aber der Methodik des DAS-Indikators kann gefolgt werden.
R-FW-2	Erhaltung forstgenetischer Ressourcen	Hoch	Datenverfügbarkeit und Konzeption sind noch nicht geklärt; insgesamt bestehen noch größere Unklarheiten.

2.4.4 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Naturschutz

Für das Handlungsfeld Naturschutz konnten zwei Indikatoren für die Impact-Ebene im Rahmen der Machbarkeitsstudie umgesetzt werden. Eine Ausarbeitung von Response-Indikatoren war nicht möglich, da diese grundlegende konzeptionelle Überlegungen und Erprobungen erfordert hätten. Es konnten außerdem zwei weitere Ansatzpunkte für Impact-Indikatoren und drei Ansatzpunkte für Response-Indikatoren identifiziert werden.

Der Naturschutz verfügt über eine Vielzahl von Datenquellen wie z. B. die Artenschutzkartierung (ASK), das FFH-Monitorings, die Alpen-Biotopkartierung, das Brutvogelmonitoring oder auch andere artspezifische Monitoringprogramme. Die Nutzbarkeit dieser Daten ist für den weiteren Ausbau des Indikatorensets systematisch zu prüfen. Erfahrungen auf Bundes- und Länderebene zeigen jedoch auch, dass solche spezifischen Auswertungen schwierig sind, da das Vorkommen von Lebensräumen und Arten von sehr vielen Faktoren mit beeinflusst wird. Auf der Response-Ebene wären die bestehenden Biotopentwicklungs- und Artenschutzprogramme daraufhin zu prüfen, ob die darin umgesetzten Maßnahmen auch einen Beitrag zur Klimawandelanpassung leisten können.

Tab. 5 gibt einen Gesamtüberblick über die Indikationsideen und ausgearbeiteten Indikatoren (fett gedruckt) für das Handlungsfeld Naturschutz und zu den Einschätzungen des Aufwands für Entwicklung bzw. Datenfortschreibung.

Tab. 5: Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Naturschutz

Code I=Impact	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
I-NA-1	Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten Eintrittsdatum und Dauer von vier zusammengefassten phänologischen Jahreszeiten (Vegetationsruhe, Frühling, Sommer, Herbst)	Gering, ca. 3 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; für Fortschreibung müssen phänologische Daten des DWD abgerufen und verarbeitet werden.

Code I=Impact	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
I-NA-2	Ausbreitung der Sichelschrecke Anzahl der Fundorte der Gemeinen Sichelschrecke oberhalb von 500 m ü. NN, prozentualer Anteil der Fundorte differenziert nach vier Höhenstufen, Fundorte der Gemeinen Sichelschrecke klassifiziert nach i. d. R. Fünfjahreszeiträumen	Gering, ca. 4 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; Daten lassen sich aus der Artenschutzkartierung Bayern entnehmen.
I-NA-3	Community Temperature Index für Vögel Community Temperature Index (CTI) für Brutvögel oder ggf. auch andere Artengruppen (je nach Datenverfügbarkeit)	Hoch	Berechnung des CTI ist aufwändig und müsste in Auftrag gegeben werden (für DAS-Indikatorensystem und Klimafolgenmonitoring in Thüringen wurden hierfür eigene Unteraufträge an Fachexperten vergeben); auf der Grundlage einer Datenrecherche wäre zu entscheiden, für welche Artengruppe (Vögel, Tagfalter oder Insekten) auf ausreichender Datengrundlage Berechnung möglich ist.
I-NA-4	Höhenverschiebung klimasensitiver Arten in den Alpen Noch unklar	Hoch	Zunächst ist Datenverfügbarkeit zu recherchieren und sind methodische Klärungen zur Darstellung herbeizuführen; insgesamt bestehen noch größere Unsicherheiten, ob sich Indikator umsetzen lässt.
Code R=Response	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
R-NA-1	Renaturierung von Mooren Jährlicher Zuwachs von Flächen, auf denen Hoch- und Niedermoore renaturiert bzw. wieder klimaschonend bewirtschaftet werden, ggf. auch investierte Mittel	Hoch	Klärungen zur Datenverfügbarkeit aus den relevanten Förderprogrammen zu Moorrenaturierungen (insbesondere KULAP, KLIP 2020, EFRE) sind erforderlich; Details zur Methodik und Darstellung sind noch zu klären.
R-NA-2	Beitrag VNP/KULAP zur Klimawandelanpassung Flächen und Maßnahmen, die im Rahmen der Landschaftspflege- und Naturparkrichtlinien (LNPR) und des Ökoflächenkatasters (ÖFK) bearbeitet werden und einen Beitrag zur Klimawandelanpassung leisten	Hoch	Konkrete Indikationsmöglichkeiten sind zunächst zu prüfen; Maßnahmen mit klimaanpassungsrelevanter Zielstellung sind händisch zu selektieren, zu bewerten und zu bilanzieren.
R-NA-3	Beitrag LNPR und ÖFK zur Klimawandelanpassung Flächen und Maßnahmen, die im Rahmen von VNP/KULAP bearbeitet werden und einen Beitrag zur Klimawandelanpassung leisten	Hoch	Konkrete Indikationsmöglichkeiten sind zunächst zu prüfen; Maßnahmen mit klimaanpassungsrelevanter Zielstellung sind zu selektieren, zu bewerten und zu bilanzieren.

2.4.5 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Bodenschutz und Georisiken

Für das Handlungsfeld Boden und Georisiken konnte in der Machbarkeitsstudie je ein Impact-Indikator zum Bodenschutz und zu den Georisiken ausgearbeitet werden. Der Indikator zur Humusentwicklung stellt eine Verbesserung und Fortschreibung des DAS-Indikators BO-R-1 Humusgehalte von Ackerbö-

den dar, der als Fallstudie für Bayern angelegt wurde und ebenfalls auf Daten der Boden-Dauerbeobachtungsflächen basierte. Mit dem Indikator zu Georisiken wird der Situation Rechnung getragen, dass Bayern mit den Alpen einen Lebensraum einschließt, der in besonderer Weise von Georisiken geprägt ist.

Über die beiden umgesetzten Indikatoren hinaus wurden Ideen für drei weitere Impact-Indikatoren entwickelt. Ein Indikator zur Regenwurmabundanz und -biomasse sollte im Rahmen der Machbarkeitsstudie umgesetzt werden. Die konkrete Prüfung ergab jedoch, dass gegenwärtig kein Indikator möglich ist, da regelmäßige Daten aus dem Regenwurmmonitoring nicht zur Verfügung gestellt werden können. Die Beprobungsabstände sind mit bis zu zehn Jahren zu groß, und es gibt zu viele andere Einflussfaktoren, die die Populationsentwicklung bestimmen. Bezüglich anderer bodenbiologischer Indikatoren müssten vertiefende Recherchen stattfinden.

Für die Response-Ebene gibt es bisher keine klare Perspektive. Es ergeben sich allerdings mehrere Schnittstellen mit anderen Handlungsfeldern, so z. B. mit Bezug auf die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme zur Schonung der Ressource Boden im Handlungsfeld Städtebau / Bauleitplanung oder die Anpassung der Bodenbearbeitung im Handlungsfeld Landwirtschaft. Über weitere Optionen im Response-Bereich erscheint eine vertiefende Diskussion von Indikationsmöglichkeiten erforderlich.

Tab. 6 gibt einen Gesamtüberblick über die Indikationsideen und die ausgearbeiteten Indikatoren (fett gedruckt) für das Handlungsfeld Bodenschutz und Georisiken und zu den Einschätzungen des Aufwands für Entwicklung bzw. Datenfortschreibung.

Tab. 6: Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Bodenschutz und Georisiken

Code I=Impact	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
I-BO-1	Bodenwasservorrat Noch unklar, ob DAS-Indikator übersetzt werden soll oder Entwicklung auf der Grundlage gemessener Daten erfolgen soll	Gering Hoch	Übersetzung des DAS-Indikators, der auf modellierten Daten des DWD beruht, ist mit geringem Aufwand möglich; allerdings ist eine bayernspezifische Kulturartenauswahl für die Berechnung nicht möglich. Für Indikator, der auf gemessenen Daten beruht, könnten aus verschiedenen Quellen (LfL, LfU, LWF) Daten zur Verfügung gestellt werden; es ist aber nicht klar, ob und unter welchen Bedingungen eine zusammenfassende Auswertung möglich ist und welche Parameter konkret dargestellt werden sollen bzw. können.
I-BO-2	Bodentemperatur Mittlere Bodentemperaturen ggf. differenziert nach der Höhenlage der Standorte oder nach Jahreszeiten	Hoch	Daten müssen aus unterschiedlichen Quellen gesichtet, zusammengetragen und für Darstellungen erprobt werden.
I-BO-3	Regenerosivität Jährliche Regenerosivität (R-Faktor der ABAG)	Hoch	Weitere Klärungen zur Methodik und Datenverfügbarkeit erforderlich; für die Berechnung des R-Faktors bedarf es zeitlich hochauflösender Niederschlagsmessungen mit ausreichender räumlicher Repräsentativität; Berechnung erfordert spezifische fachliche Expertise.
I-BO-4	Humusentwicklung Mittelwert und Standardabweichung der Kohlenstoffvorräte in Grünland-Böden differenziert für Böden mit hohen und geringen Kohlenstoffausgangsgelalten	Gering, ca. 4 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; Daten werden aus Auswertungen von Daten aus der Boden-Dauerbeobachtung von der LfL zur Verfügung gestellt.

Code I=Impact	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
I-BO-5	Schwinden von Permafrost Jahres-Maximum der Tagesmitteltemperaturen im Permafrostbereich in 23,65 m Distanz von der Südwand des Zugspitzgipfels	Gering, ca. 2 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; Daten werden aus den Permafrostmessungen an der Zugspitze zur Verfügung gestellt.

2.4.6 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Menschliche Gesundheit

Für das Handlungsfeld Menschliche Gesundheit wurden im Rahmen der Machbarkeitsstudie drei Impact-Indikatoren entwickelt. Die beiden Indikatoren zur Pollenproblematik sind als sogenannte Proxy-Indikatoren angelegt. Sie stellen mit ihrer derzeitigen Datenquelle und Berechnung nur eine Annäherung an den Indikationsgegenstand dar und müssen daher in Zukunft weiterentwickelt werden. Ab 2019 ist zur Darstellung der Pollenproblematik eine Verbesserung der Datengrundlage in Bayern zu erwarten, mit der sich dann direktere Aussagen zur Pollenbelastung treffen lassen werden. Über die ausgearbeiteten Indikatoren hinaus wurde noch ein weiterer Impact-Indikator zum Eichenprozessionsspinner als grundsätzlich möglich, wenn auch nicht dringend erforderlich eingestuft. Für Vektoren konnten bislang keine geeigneten Datenquellen identifiziert werden. Hier könnte der Aufbau eines systematischen Monitorings in Zukunft Abhilfe schaffen. Ein Indikator zu vektorassoziierten Krankheiten wäre hingegen bereits möglich. Für andere Themenfelder wurde die Verbindung mit Klimawandelfolgen als nicht ausreichend eng beurteilt.

Auch für dieses Handlungsfeld lassen sich keine Response-Indikatoren ableiten. I. d. R. fehlt es auch hier an geeigneten Datenquellen oder einer ausreichend engen Verbindung mit dem Klimawandel.

Tab. 7 gibt einen Gesamtüberblick über die bisherigen Indikationsideen und die ausgearbeiteten Indikatoren (fett gedruckt) für das Handlungsfeld Menschliche Gesundheit und zu den Einschätzungen des Aufwands für Entwicklung bzw. Datenfortschreibung.

Tab. 7: Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Menschliche Gesundheit

Code I=Impact	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
I-GE-1	Hitzebelastung Durchschnittliche Anzahl der Hitzewarnungen in den Warnkreisen in Bayern und Deutschland	Mittel, ca. 6 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; Daten des DWD aus dem Hitzewarnsystem werden verarbeitet.
I-GE-2	Allergene Wildpflanzen Mittlerer Zeitpunkt des Blühbeginns der Hasel und der Hänge-Birke sowie mittlerer Zeitpunkt der Vollblüte des Wiesen-Fuchsschwanzes	Gering, ca. 3 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; Indikator ist als Proxy-Indikator eingestuft, da ab 2019 in Bayern automatische Pollenflugmessungen durchgeführt werden, auf deren Grundlage sich dann ein Indikator zur Pollenbelastung wichtiger allergener Pflanzen entwickeln lässt.

Code I=Impact	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
I-GE-3	Belastung mit Ambrosia Tage mit Pollenflugwarnungen zur Ambrosia des DWD in zwei zusammengefassten Warnstufen differenziert für vier bayerische Regionen: Allgäu / Oberbayern / Bay. Wald, Donauniederungen, nördlich der Donau (ohne Bay. Wald und Mainfranken), Mainfranken	Gering, ca. 3 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; Indikator ist als Proxy-Indikator eingestuft, da ab 2019 in Bayern automatische Pollenflugmessungen durchgeführt werden, auf deren Grundlage sich dann ein Indikator zur Pollenbelastung wichtiger allergener Pflanzen, u. a. der Ambrosie, entwickeln lässt.
I-GE-4	Befall mit Eichenprozessions-spinner Verbreitungsnachweise für Falterflug und Gespinnstnester (landkreisdifferenziert)	Mittel	Datenquelle müsste noch genau recherchiert werden; Indikator-Berechnung wäre aber vermutlich möglich.
I-GE-5	Vektorassoziierte Krankheiten Anzahl der Neuerkrankungen an Hantavirus-Infektion, an FSME und an Lyme-Borreliose je 100.000 Einwohner (Inzidenz)	Gering	Daten stehen in einfach zu verarbeitender Form aus der SurvNet-Datenbank des LGL zur Verfügung.

2.4.7 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Katastrophenschutz

Für das Handlungsfeld Katastrophenschutz wurde ein Indikator zur Anzahl der wetter- und witterungsbedingten Katastrophenfälle erarbeitet. Dieser Indikator ist als Proxy-Indikator angelegt. Perspektivisch soll er in Anlehnung an den DAS-Indikator BS-I-1 „Einsatzstunden bei wetter- und witterungsbedingten Schadenereignissen“ auf die tatsächlich erfolgten wetter- und witterungsbedingten Einsätze (z. B. Brandbekämpfung von Flächenbränden (Wald, Moor, Heide etc.) oder technische Hilfeleistungen bei Hochwasser oder Sturmschäden) im Brand- und Katastrophenschutz umgestellt werden. Diese erfassen den zu indizierenden Sachverhalt der Einsatzbelastung konkreter. Im Unterschied zum DAS-Indikator, dem die Einsatzstatistik der Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW) zugrunde liegt, wird die perspektivisch zu verwendende Datengrundlage das seit 2015 betriebene zentrale Erfassungssystem der Feuerwehren sein und sich somit auf die entsprechenden Einsätze der Feuerwehren beziehen.

Für die Response-Seite des Handlungsfelds waren zwei an das DAS-Indikatorensystem angelehnte Indikatoren zum Übungsgeschehen sowie zur Anzahl aktiver Katastrophenschutz Helfer vorgeschlagen worden. Beide Vorschläge wurden geprüft, aber letztlich nicht weiterverfolgt. Der Grund dafür ist in der multifaktoriellen Beeinflussung und der nicht ausreichend engen Verbindung zur Klimaanpassung zu sehen.

Tab. 8 gibt einen Gesamtüberblick über die Indikationsideen und die ausgearbeiteten Indikatoren (fett gedruckt) für das Handlungsfeld Katastrophenschutz und zu den Einschätzungen des Aufwands für Entwicklung bzw. Datenfortschreibung.

Tab. 8: Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Katastrophenschutz

Code I=Impact	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
I-KS-1	Wetter- und witterungsbedingte Katastrophenfälle Festgestellte Katastrophenfälle, differenziert nach den wetter- und witterungsbedingten Ursachen „Überschwemmungen“, „Flächenbrände“, „Schnee, Eis“	Gering, ca. 2 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; Indikator ist als Proxy-Indikator eingestuft, da beginnend mit dem Jahr 2015 eine zentrale Erfassung der Feuerwehreinsätze erfolgt, die nach wetter- und witterungsbedingten Ursachen ausgewertet werden kann.

2.4.8 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Raumordnung

Für das Handlungsfeld Raumordnung (Landes- und Regionalplanung) spielen Impact-Indikatoren eine untergeordnete Rolle. Vielmehr kann die Raumordnung mit ihren Instrumenten und Ausweisungen die Anpassung an die Folgen des Klimawandels in allen anderen Handlungsfeldern unterstützen. Daher war es Ziel der Machbarkeitsstudie, Indikationsideen auszuarbeiten, die den Beitrag der Raumordnung zur Klimawandelanpassung aufzeigen (Response-Ebene). Es gelang, einen Indikator umzusetzen und eine weitere Indikationsidee festzuhalten. Eine dritte Indikationsidee wurde mit dem Bayerischen Staatsministerium der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat diskutiert. Sie ließ sich aber letztlich aufgrund einer Gesetzesänderung nicht aufrechterhalten, da diese die Interpretierbarkeit der Daten zu stark einschränkt. Insgesamt gibt es für das Handlungsfeld Raumordnung daher bisher nur wenige Indikationsideen. Im Rahmen der weiteren Diskussion sollte angestrebt werden, weitere Indikationsideen zu entwickeln.

Tab. 9 gibt einen Gesamtüberblick über die Indikationsideen und die ausgearbeiteten Indikatoren (fett gedruckt) für das Handlungsfeld Raumordnung und zu den Einschätzungen des Aufwands für Entwicklung bzw. Datenfortschreibung.

Tab. 9: Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Raumordnung

Code R= Response	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
R-RO-1	Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für die Wasserversorgung Flächengröße der Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für die Wasserversorgung	Mittel, ca. 5 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; soll der Indikator im Zuge des Monitoringsystems regelmäßig fortgeschrieben werden, würde das StMFLH die benötigten Daten einmal pro Fortschreibungsturnus bei den Planungsregionen abfragen.
R-RO-2	Regionale Grünzüge zur Freiraumsicherung, Verbesserung des Bioklimas und der Erholung Flächengröße von regionalen Grünzügen zur Freiraumsicherung, Verbesserung des Bioklimas und zur Erholung (absolut und / oder als Indexwert bezogen auf ein Basisjahr); evtl. auch nur Flächengröße von regionalen Grünzügen zur Verbesserung des Bioklimas, falls diese im Datensatz separat ausgewiesen sind	Hoch	Es muss geprüft werden, wie Daten vorliegen und mit welchem Aufwand sie bereitgestellt werden können; offen ist außerdem, ob zurückliegende Daten verfügbar sind, um eine Zeitreihe darzustellen; bisher ist nicht klar ersichtlich, ob die vorhandenen Daten zur Fläche der Grünzüge solche zur Verbesserung des Bioklimas deziert ausweisen („Die aktuellen Daten zu regionalen Grünzügen allgemein liegen der obersten Landesplanungsbehörde vor.“), sodass der Indikator auf sie beschränkt werden könnte; Indikatorvorschlag ist noch zu präzisieren.

2.4.9 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Städtebau / Bauleitplanung

Für das Handlungsfeld Städtebau / Bauleitplanung konnten keine konkreten Indikatoren für die Impact-Ebene erarbeitet werden. Ausgehend von dem entsprechenden DAS-Indikator BAU-I-1 „Wärmebelastung in Städten“ wurde ein möglicher Impact-Indikator als Ansatzpunkt für die Weiterentwicklung des Indikatorensets identifiziert, der voraussichtlich auf der Basis von LfU-Daten realisiert werden könnte. Ansatzpunkte für andere Impact-Indikatoren fehlen bislang. Der Grund hierfür liegt vor allem darin, dass es an geeigneten Datengrundlagen für die Formulierung weiterer Indikatoren fehlt, z. B. zu Schäden an Infrastrukturen durch Extremereignisse oder zu urbanen Sturzfluten.

Für die Response-Ebene des Handlungsfelds wurden zwei Indikatoren entwickelt. Der Indikator „Flächenverbrauch“ ist eine Übernahme des entsprechenden Indikators aus dem Umweltindikatorensystem Bayern und findet sich (ähnlich) auch als DAS-Indikator RO-R-5. Er misst die Umwandlung von Freiflächen in Siedlungs- und Verkehrsflächen, die im bayerischen Mittel zu 51 % (Stand 2015) versiegelt sind (LfU 2017) und mit ihren Auswirkungen z. B. auf die Hochwasserretention, die Grundwasserneubildung, den Biotopverbund oder den lokalklimatischen Ausgleich beitragen können, bestimmten Klimawandelfolgen vorzubeugen. Der zweite Indikator „Erholungsflächen“ nimmt die Veränderung der Erholungsfläche im Vergleich zur Siedlungs- und Verkehrsfläche in den Städten in den Blick. Er ist eine Weiterentwicklung des DAS-Indikators BAU-R-1. Ansatzpunkte für weitere Indikatoren konnten nicht ermittelt werden. Es fehlen geeignete Datengrundlagen, um z. B. die Berücksichtigung von Anpassungsbelangen in der Planung fassbar zu machen oder städtebauliche Anpassungsmaßnahmen beschreiben zu können.

Tab. 10 gibt einen Gesamtüberblick über die Indikationsideen und die ausgearbeiteten Indikatoren (fett gedruckt) für das Handlungsfeld Städtebau / Bauleitplanung und zu den Einschätzungen des Aufwands für Entwicklung bzw. Datenfortschreibung.

Tab. 10: Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Städtebau / Bauleitplanung

Code I=Impact	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
I-SB-1	Wärmebelastung in Städten Anzahl von Heißen Tagen und Tropennächten in ausgewählten bayerischen Städten	Hoch	Indikator könnte voraussichtlich erstellt werden; allerdings sind methodische Klärungen zum Raumbezug und zur Datenquelle sowie zu Auswertungs- und Darstellungsmöglichkeiten erforderlich.
Code R=Response	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
R-SB-1	Flächenverbrauch Mittlere tägliche Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV)	Gering, ca. 2 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt. Der Indikator „Flächenverbrauch“ wird im Umweltindikatorensystem Bayern sowie im Flächenverbrauchs-Bericht jährlich aktualisiert. www.lfu.bayern.de/umweltdaten/indikatoren/ressourcen_effizienz/flaechenverbrauch/index.htm Daten des Landesamtes für Statistik aus der Flächennutzungsstatistik werden verarbeitet.
R-SB-2	Erholungsfläche in Städten Anteil der Erholungs- und Friedhofsfläche in Städten	Gering, ca. 2 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; Daten des Statistischen Bundesamtes aus der Flächennutzungsstatistik werden verarbeitet.

2.4.10 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Bauwesen

Für das Handlungsfeld Bauwesen konnten für die Impact-Seite keine über die Indikatoren zur Finanzwirtschaft (I-FI-1 „Hagel- und Sturmschäden in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung“ und I-FI-2 „Elementarschäden in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung“, s. Kap. 2.4.15) hinausgehenden Indikatorideen erarbeitet werden. Der Grund hierfür liegt vor allem darin, dass es an geeigneten Datengrundlagen für die Formulierung von Indikatoren fehlt, z. B. zur langfristigen Entstehung von Schäden an Gebäuden (z. B. Materialermüdung) oder zu den Einflüssen des Klimawandels auf die Funktionalität von bzw. Aufenthaltsqualität in Gebäuden.

Für den Bereich der Responses wurde ein Indikator zur Förderung des klimawandelangepassten Bauens und Sanierens erarbeitet. Dieser übernimmt die Methodik des entsprechenden DAS-Indikators BAU-R-3 und zielt auf die Förderung von Maßnahmen am privaten bzw. privatwirtschaftlichen Gebäudebestand ab, die direkt oder zumindest indirekt der Anpassung dienen. Als Datengrundlage werden Daten der KfW zu verschiedenen Förderprogrammen im Förderschwerpunkt Wohnen verwendet. Ansatzpunkte für weitere Indikatoren konnten nicht ermittelt werden.

Auch aus den Arbeiten an Indikatorensystemen anderer Bundesländer oder des Bundes gab es keine weiteren Anknüpfungspunkte für die Impact- oder Response-Ebene. Da es auch auf Ebene des Bundes Bestrebungen gibt, das DAS-Indikatorensystem für den Bereich des Bauwesens weiterzuentwickeln, sollten diese Arbeiten im Blick behalten werden, um daraus resultierende Anregungen aufzunehmen. Tab. 11 gibt einen Gesamtüberblick über die Indikationsideen und die ausgearbeiteten Indikatoren (fett gedruckt) für das Handlungsfeld Bauwesen und zu den Einschätzungen des Aufwands für Entwicklung bzw. Datenfortschreibung.

Tab. 11: Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Bauwesen

Code R= Response	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
R-BA-1	Fördermittel für klimawandel- angepasstes Bauen und Sa- nieren Darlehenszusagen und Zu- schüsse in relevanten Pro- grammen des Förderschwer- punkts Wohnen der KfW für Bauvorhaben in Bayern	Mittel, ca. 6 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; Daten aus den Fördermittelreports der KfW wer- den verarbeitet.

2.4.11 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Straßenbau und Verkehr

Für das Handlungsfeld Straßenbau und Verkehr wurden im Rahmen der Machbarkeitsstudie zwei Impact-Indikatoren entwickelt. Der Indikator „Schiffbarkeit der Binnenschiffahrtsstraßen“ wurde ausgehend von dem entsprechenden DAS-Indikator VE-I-1, der auf das Wasserstraßengebiet des Rheins bezogen ist, auf die Gegebenheiten in Bayern angepasst. Er stellt in drei Indikator-Grafiken die wetter- und witterungsbedingten Sperrungen bzw. Schifffahrtseinschränkungen an Donau, Main und Main-Donau-Kanal dar. Der Indikator zu den wetter- und witterungsbedingten Straßenverkehrsunfällen ist eine Erweiterung des DAS-Indikators VE-I-2 „Witterungsbedingte Straßenverkehrsunfälle“. Zusätzlich zu den dort berücksichtigten Straßenverkehrsunfällen mit Personenschäden werden für Bayern auch schwerwiegende Straßenverkehrsunfälle mit Sachschaden berücksichtigt und die Datenbasis für den Indikator dadurch erweitert.

Über die ausgearbeiteten Indikatoren hinaus wurden noch zwei weitere Impact-Indikatoren als machbar eingestuft. Diese Ideen beziehen sich zum einen auf eine Darstellung des Winterdienstaufwands

auf Bundesfern- und ggf. Staatsstraßen sowie die Einsatzstunden des Straßenbetriebsdienstes bei Katastrophenfällen. Ergänzungen der Impact-Indikatoren wären grundsätzlich für den Verkehrsträger Schiene oder auch zum Flugverkehr sinnvoll. Bei einer Weiterentwicklung des Indikatorensystems sollte für den Impact-Bereich der Fokus hierauf gerichtet werden.

Weiterführende Ideen für Response-Indikatoren konnten für das Handlungsfeld Straßenbau und Verkehr bisher nicht ermittelt werden. I. d. R. fehlt es auch hier an geeigneten Datenquellen oder einer ausreichend engen Verbindung mit dem Klimawandel. Auch gibt es derzeit keine Anknüpfungspunkte an Indikatoren aus den Indikatorensystemen anderer Bundesländer oder des Bundes. Im Rahmen der weiteren Diskussionen sollte daher ein besonderer Fokus auf die Response-Ebene gelegt werden, um diese Lücke zu schließen. Auch für den Verkehrsbereich sind derzeit Weiterentwicklungen des bundesweiten DAS-Indikatorensystems im Gange. Möglicherweise ergeben sich hieraus neue Anknüpfungspunkte.

Tab. 12 gibt einen Gesamtüberblick über die Indikationsideen und die ausgearbeiteten Indikatoren (fett gedruckt) für das Handlungsfeld Straßenbau und Verkehr und zu den Einschätzungen des Aufwands für Entwicklung bzw. Datenfortschreibung.

Tab. 12: Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Straßenbau und Verkehr

Code I=Impact	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
I-VE-1	Schiffbarkeit der Binnen-schiffahrtsstraßen Tage mit Schifffahrtssperrungen aufgrund von Hochwasser (Überschreitungen des höchsten schiffbaren Wasserstands) oder Eisgang auf Main, Main-Donau-Kanal und Donau, Tage mit Einschränkungen der Schifffahrt auf der Donau durch Niedrigwasser (Erreichung bzw. Unterschreitung des Regulierungs-Niedrigwasserstands) am Richtpegel Pfelling	Gering, ca. 3 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; Daten der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt Außenstelle Süd werden verarbeitet.
I-VE-2	Wetterbedingte Straßenverkehrs-unfälle Anteil der Straßenverkehrs-unfälle mit Personenschaden und der schwerwiegenden Straßenverkehrs-unfälle mit Sachschaden im engeren Sinn mit einer Mitverursachung durch Schnee- und Eisglätte, Glätte bei Regen oder sonstige wetterbedingte Behinderungen an allen solchen Straßenverkehrs-unfällen	Gering, ca. 2 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; Daten des Landesamtes für Statistik aus der Straßenverkehrs-unfallstatistik werden verarbeitet.
I-VE-3	Winterdienst Menge der ausgebrachten Taumittelmenge je Kilometer und Jahr (Bundesfernstraßen, ggf. Staatsstraßen)	Gering	Daten für den Indikator können vom StMI übernommen werden, für die Darstellungsform kann auf die Darstellung des entsprechenden Indikators des Klimafolgenmonitorings Thüringen übernommen werden.
I-VE-4	Betroffenheit von Straßen durch Katastrophenfälle Arbeitszeitaufwand für Leistungen bei Einsätzen in Katastrophenfällen	Hoch	Ein Indikator könnte voraussichtlich erstellt werden; allerdings sind Klärungen sowohl zur Nutzbarkeit der Daten sowie zu Auswertungs- und Darstellungsmöglichkeiten erforderlich.

2.4.12 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Energiewirtschaft

Für das Handlungsfeld Energiewirtschaft wurden im Rahmen der Machbarkeitsstudie zwei Impact-Indikatoren entwickelt. Der Indikator zu Heiz- und Kühlgradtagen erfolgte angeregt durch entsprechende Indikatorentwicklungen für Thüringen und Baden-Württemberg. Er stellt ausgehend von Daten des LfU für sechs bayerische Städte die genannten Größen dar. Des Weiteren wurde der DAS-Indikator zu den wetterbedingten Unterbrechungen der Stromversorgung auf der Grundlage von Daten der Bundesnetzagentur (BNetzA) für Bayern berechnet. Ergänzend zu diesem Indikator, der die Häufigkeit von wetterbedingten Unterbrechungen in der Mittel- und Niederspannung darstellt, könnte die BNetzA grundsätzlich auch die Daten zur kumulierten Häufigkeit und Dauer der Unterbrechungen bereitstellen. Damit ließe sich auch der DAS-Indikator EW-I-2 zur Nichtverfügbarkeit der Stromversorgung auf Bayern übertragen. Als weiterer Indikator erscheint auch die Realisierung eines Indikators zur umgebungstemperaturbedingten Stromminderproduktion thermischer Kraftwerke in Anlehnung an den DAS-Indikator EW-I-3 grundsätzlich machbar.

Über die genannten Ideen hinaus wäre grundsätzlich noch eine Darstellung zu Klimaauswirkungen auf die Stromerzeugung aus regenerativen Energieträgern sinnvoll. Für den hierzu vorgelegten Vorschlag des DAS-Indikators EW-I-4 „Potenzieller und realer Windenergieertrag“ wurde die Verbindung mit Klimawandelfolgen in der Abfrage allerdings als nicht ausreichend eng beurteilt. Weitere Indikatorideen hierzu oder für die Impact-Ebene insgesamt konnten nicht ermittelt werden.

Response-Indikatoren wurden für das Handlungsfeld Energiewirtschaft nicht ausgearbeitet. Anknüpfungspunkte für mögliche Indikatoren ergeben sich aus dem DAS-Indikatorensystem. So könnte mit wenig Aufwand ein Indikator in Anlehnung an den DAS-Indikator EW-R-1 „Diversifizierung der Elektrizitätserzeugung“ umgesetzt werden. Auch eine auf Bayern bezogene Realisierung der DAS-Indikatoren EW-R-2 „Diversifizierung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte“ sowie EW-R-4 „Wassereffizienz thermischer Kraftwerke“ erscheint grundsätzlich machbar. Aufgrund der jeweils unklaren Datensituation für diese Ideen ist für diese Indikatoren aber mit einem deutlich erhöhten Aufwand zu rechnen. Weitere Anknüpfungspunkte, z. B. aus Indikatorentwicklungen in anderen Bundesländern, konnten im Zuge der Recherchen nicht ermittelt werden.

Tab. 13 gibt einen Gesamtüberblick über die Indikationsideen und die ausgearbeiteten Indikatoren (fett gedruckt) für das Handlungsfeld Energiewirtschaft und zu den Einschätzungen des Aufwands für Entwicklung bzw. Datenfortschreibung.

Tab. 13: Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Energiewirtschaft

Code I=Impact	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
I-EW-1	Heiz- und Kühlgradtage Heiz- und Kühlgradtage für 6 bayerische Städte	Gering, ca. 3 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; Daten des LfU werden verarbeitet.
I-EW-2	Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung Anteil der Schadenskategorien Höhere Gewalt und Atmosphärische Einwirkungen an der durchschnittlichen kumulierten Unterbrechungshäufigkeit der Stromversorgung aufgrund von ungeplanten Versorgungsunterbrechungen in der Nieder- und Mittelspannung	Gering, ca. 2 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; Daten der BNetzA werden verarbeitet.
I-EW-3	Wetterbedingte Nichtverfügbarkeit der Stromversorgung Anteil der Schadenskategorien Höhere Gewalt und Atmosphärische Einwirkungen an der durchschnittlichen kumulierten Nichtverfügbarkeit der Stromversorgung aufgrund von ungeplanten Versorgungsunterbrechungen in der Nieder- und Mittelspannung	Gering	Daten können von der BNetzA übernommen und nach dem Modell des DAS-Indikators EW-I-2 dargestellt werden.
I-EW-4	Umgebungstemperaturbedingte Stromminderproduktion thermischer Kraftwerke Umgebungstemperaturbedingte Außeneinflussarbeit thermischer Kraftwerke	Mittel	Datenbereitstellung muss zunächst geklärt werden; Auswertung und Darstellung könnten vom DAS-Indikator EW-I-3 übernommen werden.
Code R=Response	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
R-EW-1	Diversifizierung der Elektrizitätserzeugung Elektrizitätserzeugung brutto nach Energieträgern	Gering	Daten können direkt von LfStat bzw. LfU übernommen werden und lassen sich nach dem Modell des DAS-Indikators darstellen.
R-EW-2	Diversifizierung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte Endenergieverbrauch nach Energieträger für den Anwendungsbereich Wärme und Kälte	Hoch	Zunächst müssten geeignete Datenquelle identifiziert und anschließend die Auswertung der Daten entwickelt werden.
R-EW-3	Wassereffizienz thermischer Kraftwerke Verhältnis der jährlich in Wärmekraftwerken der öffentlichen Versorgung erzeugten elektrischen Arbeit zur dort eingesetzten Wassermenge für die einmalige Nutzung, dargestellt als Indexwert bezogen auf das Basisjahr 1991	Hoch	Zunächst müssten geeignete Datenquelle identifiziert und anschließend die Auswertung der Daten entwickelt werden.

2.4.13 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Industrie und Gewerbe

Für das Handlungsfeld Industrie und Gewerbe wurde ein Response-Indikator ausgearbeitet. Darüber hinaus gab es eine Indikationsidee auf Ebene der Impacts, die jedoch in ihrer Umsetzbarkeit noch unsicher ist. Wünschenswert wäre für die weitere Arbeit am Indikatorensystem, dass zusätzliche Indikationsideen ausgearbeitet werden können. Ein in der Literatur häufig als sensibel beschriebener Wirtschaftsbereich, der für viele Branchen von Bedeutung ist, ist z. B. die Logistik. In Zeiten von Industrie 4.0 gewinnt sie weiter an Bedeutung, sodass ein Indikator zu Klimawirkungen hier sinnvoll wäre. Die starken Überschneidungen mit dem Handlungsfeld Straßenbau und Verkehr sind dabei zu berücksichtigen.

Insgesamt ist die Datenlage im Handlungsfeld Industrie und Gewerbe dünn, da die Datenhoheit letztlich die Unternehmen selbst innehaben. Dies schränkt die Möglichkeit ein, Indikatoren auszuarbeiten.

Tab. 14 gibt einen Gesamtüberblick über die Indikationsideen und die ausgearbeiteten Indikatoren (fett gedruckt) für das Handlungsfeld Industrie und Gewerbe und zu den Einschätzungen des Aufwands für Entwicklung bzw. Datenfortschreibung.

Tab. 14: Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Industrie und Gewerbe

Code I=Impact	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
I-IG-1	Temperatureinfluss auf den Primärenergieverbrauch Vergleich zwischen temperaturbereinigten Daten und nicht temperaturbereinigten Daten des Primärenergieverbrauchs	Hoch	Das LfStat führt Bilanzen zum Primärenergieverbrauch, die sowohl mit temperaturbereinigten als auch mit nicht temperaturbereinigten Werten vorliegen; die Temperaturbereinigung erfolgt über Gradtagszahlen, also über rechnerische Größen, die aus einer Kühlgrenztemperatur und der am betrachteten Tag geltenden Tagesmitteltemperatur berechnet werden; Datenquelle müsste zunächst konkret recherchiert werden; eine Zusammenführung der unterschiedlichen Bilanzen und ihre Aussagekraft müssten diskutiert werden; Vorschlag für die Darstellung und die Interpretation wäre auszuarbeiten.
Code R= Response	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
R-IG-1	Wasseraufkommen und -intensität Wasseraufkommen und -intensität des Papiergewerbes und der Herstellung von chemischen und pharmazeutischen Erzeugnissen	Gering, ca. 2 Stunden	Der Indikator wurde bereits umgesetzt; Daten des LfStat werden aufbereitet.

2.4.14 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Tourismus

Für das Handlungsfeld Tourismus wurde seitens des zuständigen Ressorts keiner der vorgeschlagenen Indikatoren (I-TO-1 „Übernachtungen in Wintersportorten“, I-TO-2 „Saisonale Übernachtungen in bayerischen Tourismusgebieten“) übernommen.

2.4.15 Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Finanzwirtschaft

Für das Handlungsfeld Finanzwirtschaft sah das zuständige Ressort über die aus der DAS bzw. aus anderen länderspezifischen Indikatorensystemen abgeleiteten Indikatorvorschlägen hinaus keine wei-

teren Ansätze. Die Indikatoren beziehen sich allein auf die Versicherungswirtschaft. Zum Bankenwesen gibt es bislang aber auch aus anderen Indikatorensystemen keine Entwicklungen, die Anregungen für Bayern liefern würden. Die beiden möglichen Impact-Indikatoren wurden bereits im Rahmen der Machbarkeitsstudie umgesetzt. Der ebenfalls ins Auge gefasste Response-Indikator zur Versicherungsdichte in der Elementarschadenversicherung lässt sich derzeit noch nicht umsetzen, da die länderspezifischen Daten noch keinen zuverlässigen Vergleich zwischen den Jahren zulassen.

Tab. 15 gibt einen Gesamtüberblick über die Indikationsideen und die ausgearbeiteten Indikatoren (fett gedruckt) für das Handlungsfeld Finanzwirtschaft und zu den Einschätzungen des Aufwands für Entwicklung bzw. Datenfortschreibung.

Tab. 15: Indikationsideen und Indikatoren für das Handlungsfeld Finanzwirtschaft

Code I=Impact	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
I-FI-1	Hagel- und Sturmschäden in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung Schadenhäufigkeit und Schadensatz pro Jahr für Sturm und Hagel in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung	Gering, ca. 2 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; Daten können direkt vom Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) bezogen werden.
I-FI-2	Elementarschäden in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung Schadenhäufigkeit und Schadensatz pro Jahr in der Erweiterten Elementarschadenversicherung	Gering, ca. 2 Stunden	Indikator wurde bereits umgesetzt; Daten können direkt vom GDV bezogen werden.
Code R=Response	Titel Kurzbeschreibung	Aufwands- schätzung	Erläuterung
R-FI-1	Versicherungsdichte der erweiterten Elementarschadenversicherung für Wohngebäude Prozentualer Anteil aller Wohngebäude, für die eine erweiterte Elementarschadenversicherung (eEV) abgeschlossen ist	Gering	Aufwand gering, wenn Daten vom GDV geliefert werden können; Daten können aber derzeit noch nicht zur Verfügung gestellt werden, da sich die Daten der Länder über die Zeit nicht uneingeschränkt vergleichen lassen; GDV hat aber die Arbeit an konsistenten Zeitreihen in Aussicht gestellt.

2.5 Ausarbeitung der Pilot-Indikatoren

Aufgabe der Machbarkeitsstudie war es bis zu 30 Indikatoren konkret auszuarbeiten. Dies sollten möglichst zwei Indikatoren pro Handlungsfeld und möglichst jeweils auch ein Impact- und ein Response-Indikator sein.

In Teilen handelt es sich bei den umgesetzten Indikatoren um direkte (berechnungsmethodische) Übersetzungen von DAS-Indikatoren. Der größte Anteil aber umfasst mehr oder weniger umfangreiche methodische Modifikationen der DAS-Indikatoren, Umsetzungen nach dem methodischen Vorbild der für Thüringen und Baden-Württemberg oder anderer Länder entwickelten Indikatoren sowie um bayernspezifische Einzelindikatoren.

Von den angestrebten 30 Indikatoren konnten 26 Indikatoren ausgearbeitet werden. Alle Handlungsfelder mit Ausnahme des Tourismus (s. Kap. 2.4.14) konnten dabei berücksichtigt werden. Insgesamt konnten allerdings nur acht Response- gegenüber 18 Impact-Indikatoren umgesetzt werden. Ein ähnlich unausgewogenes Verhältnis ergibt sich für die Indikationsideen (s. Tab. 1). Für den Aufbau und

die Weiterentwicklung eines ggf. eingeführten Indikatorensystems bedeutet dies, dass ein besonderes Augenmerk auf die Response-Ebene zu richten ist. Hier gilt es, zusätzliche Indikationsmöglichkeiten zu identifizieren.

Die Umsetzung der Indikatoren erfolgte in Abstimmung mit den für die Thematik zuständigen Fachexpertinnen und -experten in den Ressorts / Fachbehörden und dem LfU. Dabei wurden zunächst Daten erbeten, aus denen von der Bosch & Partner GmbH verschiedene Darstellungsvarianten eines Indikators entwickelt wurden. Diese wurden dann zusammen mit den Experten diskutiert und final umgesetzt. Es kam dabei ein einheitliches Darstellungsformat nach den Gestaltungsregeln des LfU zum Einsatz. In einem weiteren Schritt wurde durch Bosch & Partner ein Entwurf für das Indikator-Kennblatt (s. Kap. 3.1.1) mit allen relevanten Eintragungen entworfen, das ebenfalls mit den Fachexpertinnen und -experten und dem LfU abgestimmt wurde.

Indikatoren können in Indikator-Teile gegliedert sein oder Indikator-Zusätze enthalten:

- Indikator-Teile

Ein Indikator kann sich aus mehreren Indikatoren-Teilen zusammensetzen, d. h. er kann Sachverhalte kombinieren, die mit Daten aus unterschiedlichen Quellen generiert werden oder denen unterschiedliche Berechnungsvorschriften zugrunde liegen. Unterschiedliche Indikator-Teile (die mit A, B und C bezeichnet sind, können auch zu zweiachsigen Darstellungen in der Indikatorgrafik führen. In einzelnen Fällen kann es auch dazu kommen, dass ein Indikator in Form zweier Grafiken dargestellt werden muss, da sich die darzustellenden Sachverhalte nicht in einer Grafik kombinieren lassen (es wird dann von Indikator I und II gesprochen). Mehr als zwei Grafiken sollten jedoch nicht vorgesehen werden, da sonst die klare Struktur des Indikatorensystems verwischt wird. Eine Ausnahme wurde im Rahmen der Machbarkeitsstudie einzig für den Indikator I-VE-1 „Schiffbarkeit der Binnenwasserstraßen“ gemacht, um Donau, Main und Main-Donau-Kanal darstellen zu können. Für einen regelmäßig zu erstellenden Monitoringbericht wäre noch einmal kritisch zu hinterfragen, ob eine Darstellung aller drei Gewässerarten zwingend notwendig ist, um den Sachverhalt umfassend abbilden zu können.

- Indikator-Zusätze

Zu manchen Indikatoren lassen sich thematisch-inhaltlich ergänzende Aspekte mit zusätzlichen Datensätzen beschreiben, die aber nicht Gegenstand der diagrammbasierten Indikatordarstellungen in einem späteren indikatorengestützten Monitoringbericht werden sollen. In diesem Falle wird von „Indikator-Zusätzen“ gesprochen. Die Zusätze liefern Hintergrundinformationen für die Ausformulierung der Erläuterungstexte zu den jeweiligen Indikatoren im späteren indikatorengestützten Monitoringbericht. Ein Indikator kann keinen, einen oder mehrere Zusätze haben. Die grafischen Darstellungen zu den Indikator-Zusätzen finden sich lediglich in den Indikator- und Daten-Kennblättern (s. Kap. 3.1.1 und Kap. 3.2); sie dienen allein der Erleichterung der Formulierung der Erläuterungstexte. Die Datenaktualisierung eines Indikators sollte immer auch die Fortschreibung all seiner Zusätze mit einschließen.

Einen Überblick über die im Rahmen der Machbarkeitsstudie ausgearbeiteten Indikatoren gibt Tab. 16. Die nach dem Muster von Kap. 3.1.1 erstellten ausführlichen Indikator-Kennblätter sind diesem Bericht in der Anlage 2 beigelegt.

Tab. 16: Umgesetzte Indikatoren

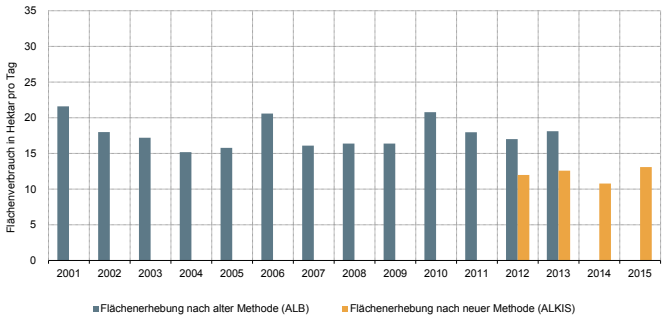
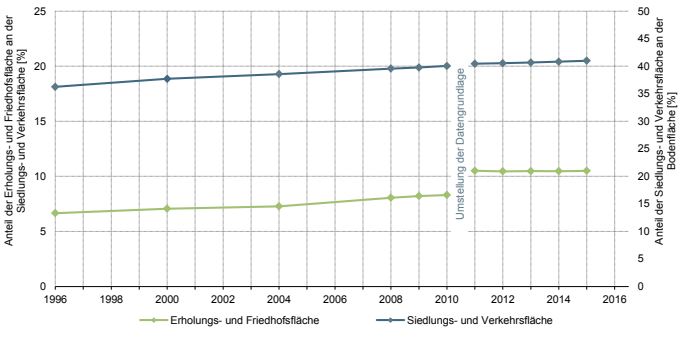
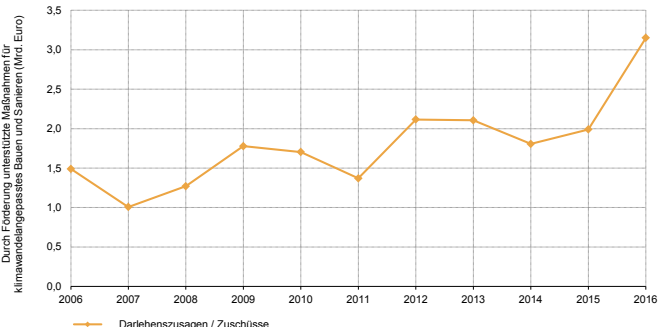
Handlungsfeld Wasserwirtschaft		
Code	Titel und Kurzbeschreibung	Indikatorgrafik
I-WW-4	Hochwasser Anzahl der Pegel mit einer klassifizierten Anzahl an Hochwassertagen Für Bayern neuentwickelter, nicht im Rahmen der DAS-Indikatoren verwendeter Indikator	Pegel mit Hochwassertagen (Tage mit Überschreitung des MHQ 1961-1990) (Anzahl) Pegel mit: ■ 20 und mehr Hochwassertagen ■ 10 bis <20 Hochwassertagen ■ 5 bis <10 Hochwassertagen ■ 1 bis <5 Hochwassertagen ■ 0 Hochwassertagen Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt (Pegelmessnetz)
I-WW-6	Überschreitung fischverträglicher Wassertemperaturen in Fließgewässern Jahressumme der Tage mit Überschreitung fischverträglicher Wassertemperaturen in Fließgewässern des Epipotamals und in cyprinidengeprägten Gewässern des Rhithrals Für Bayern neuentwickelter, nicht im Rahmen der DAS-Indikatoren verwendeter Indikator	Indikator I – Überschreitung fischverträglicher Wassertemperaturen im Epipotamal Häufigkeit der Überschreitung der Orientierungswerte für die Wassertemperatur im Epipotamal (> 25 °C) (Anzahl der Tage) Intensität der Überschreitung: ■ bis 0,5 °C ■ > 0,5 bis 1 °C ■ > 1 bis 2 °C ■ > 2 °C Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt (Wassertemperatur-Messungen) Indikator II – Überschreitung fischverträglicher Wassertemperaturen in cyprinidengeprägten Gewässern des Rhithrals Häufigkeit der Überschreitung der Orientierungswerte für die Wassertemperatur von Cypriniden (> 23 °C) (Anzahl der Tage) Intensität der Überschreitung: ■ bis 0,5 °C ■ > 0,5 bis 1 °C ■ > 1 bis 2 °C ■ > 2 °C Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt (Wassertemperatur-Messungen)
R-WW-1	Hochwasserschutzmaßnahmen Verausgabte Haushaltsmittel des Landes für den Hochwasserschutz; durch technischen Hochwasserschutz vor Hochwasser geschützte bebaute Fläche an Gewässern I. und II. Ordnung sowie durch technischen Hochwasserschutz vor Hochwasser und Muren geschützte bebaute Fläche an Wildbächen Für Bayern neuentwickelter, nicht im Rahmen der DAS-Indikatoren verwendeter Indikator	Für Hochwasserschutz verausgabte Haushaltsmittel des Landes (Mio. €) Zusätzlich geschützte bebaute Flächen (ha) ■ Gewässer I. und II. Ordnung (Daten von 2001 bis 2013) ■ Wildbäche (Daten von 2001 bis 2013) — verausgabte Haushaltsmittel (Daten von 1999 bis 2013) Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt (Leistungsbilanzen zum Hochwasseraktionsprogramm 2020)

Handlungsfeld Landwirtschaft																																																																				
Code	Titel und Kurzbeschreibung	Indikatorgrafik																																																																		
I-LW-2	Verschiebung agrarphänologischer Phasen Mittlerer Zeitpunkt des Blühbeginns von Winterraps und Apfel im Mittel Bayerns Methodisch in enger Anlehnung an DAS-Indikator, aber um Apfelblüte ergänzt	Datenquelle: Deutscher Wetterdienst (Phänologisches Beobachtungsnetz)																																																																		
R-LW-1	Anbau wärmeliebender Sorten Entwicklung der mit Keltertrauben bestockten Rebfläche (Merlot, Cabernet Sauvignon für das Weinbaugebiet Franken) Mittlerer Huglin-Index für das Weinbaugebiet Franken (Gradtage) Methodisch als direkte Übersetzung des DAS-Indikators	Datenquellen: Deutscher Wetterdienst (Huglin-Index) und Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (Rebfläche)																																																																		
Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft																																																																				
Code	Titel und Kurzbeschreibung	Indikatorgrafik																																																																		
I-FW-4	Mistelbefall von Waldbäumen Anteil der mit Misteln befallener Tannen und Kiefern im Wald Für Bayern neuentwickelter, nicht im Rahmen der DAS-Indikatoren verwendeter Indikator	Indikator I – Mistelbefall an Tannen <table border="1"> <thead> <tr> <th>Jahr</th> <th>Tanne mit Misteln befallen (%)</th> <th>Tanne nicht mit Misteln befallen (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2007</td><td>2,8</td><td>97,2</td></tr> <tr><td>2008</td><td>4,4</td><td>95,6</td></tr> <tr><td>2009</td><td>4,9</td><td>95,1</td></tr> <tr><td>2010</td><td>6,6</td><td>93,4</td></tr> <tr><td>2011</td><td>2,0</td><td>98,0</td></tr> <tr><td>2012</td><td>5,7</td><td>94,3</td></tr> <tr><td>2013</td><td>6,7</td><td>93,3</td></tr> <tr><td>2014</td><td>10,9</td><td>89,1</td></tr> <tr><td>2015</td><td>11,8</td><td>88,2</td></tr> <tr><td>2016</td><td>11,1</td><td>88,9</td></tr> </tbody> </table> Datenquelle: LWF (Auswertungen der Waldzustandserhebung) Indikator II – Mistelbefall an Kiefern <table border="1"> <thead> <tr> <th>Jahr</th> <th>Kiefer mit Misteln befallen (%)</th> <th>Kiefer nicht mit Misteln befallen (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2007</td><td>1,4</td><td>98,6</td></tr> <tr><td>2008</td><td>0,5</td><td>99,5</td></tr> <tr><td>2009</td><td>5,2</td><td>94,8</td></tr> <tr><td>2010</td><td>8,0</td><td>92,0</td></tr> <tr><td>2011</td><td>6,1</td><td>93,9</td></tr> <tr><td>2012</td><td>13,3</td><td>86,7</td></tr> <tr><td>2013</td><td>13,0</td><td>87,0</td></tr> <tr><td>2014</td><td>13,7</td><td>86,3</td></tr> <tr><td>2015</td><td>16,2</td><td>83,8</td></tr> <tr><td>2016</td><td>12,6</td><td>87,4</td></tr> </tbody> </table> Datenquelle: LWF (Auswertungen der Waldzustandserhebung)	Jahr	Tanne mit Misteln befallen (%)	Tanne nicht mit Misteln befallen (%)	2007	2,8	97,2	2008	4,4	95,6	2009	4,9	95,1	2010	6,6	93,4	2011	2,0	98,0	2012	5,7	94,3	2013	6,7	93,3	2014	10,9	89,1	2015	11,8	88,2	2016	11,1	88,9	Jahr	Kiefer mit Misteln befallen (%)	Kiefer nicht mit Misteln befallen (%)	2007	1,4	98,6	2008	0,5	99,5	2009	5,2	94,8	2010	8,0	92,0	2011	6,1	93,9	2012	13,3	86,7	2013	13,0	87,0	2014	13,7	86,3	2015	16,2	83,8	2016	12,6	87,4
Jahr	Tanne mit Misteln befallen (%)	Tanne nicht mit Misteln befallen (%)																																																																		
2007	2,8	97,2																																																																		
2008	4,4	95,6																																																																		
2009	4,9	95,1																																																																		
2010	6,6	93,4																																																																		
2011	2,0	98,0																																																																		
2012	5,7	94,3																																																																		
2013	6,7	93,3																																																																		
2014	10,9	89,1																																																																		
2015	11,8	88,2																																																																		
2016	11,1	88,9																																																																		
Jahr	Kiefer mit Misteln befallen (%)	Kiefer nicht mit Misteln befallen (%)																																																																		
2007	1,4	98,6																																																																		
2008	0,5	99,5																																																																		
2009	5,2	94,8																																																																		
2010	8,0	92,0																																																																		
2011	6,1	93,9																																																																		
2012	13,3	86,7																																																																		
2013	13,0	87,0																																																																		
2014	13,7	86,3																																																																		
2015	16,2	83,8																																																																		
2016	12,6	87,4																																																																		

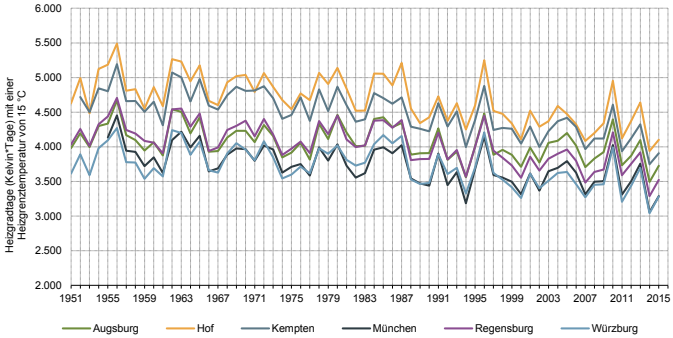
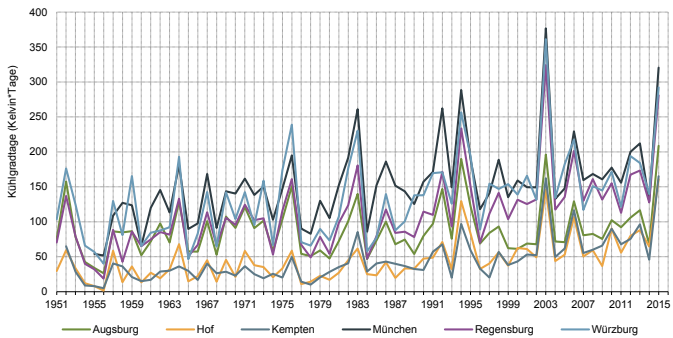
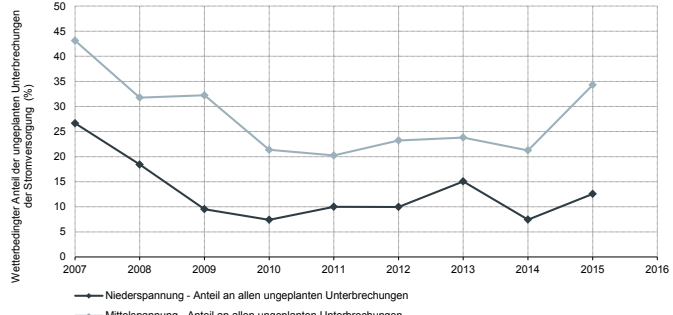
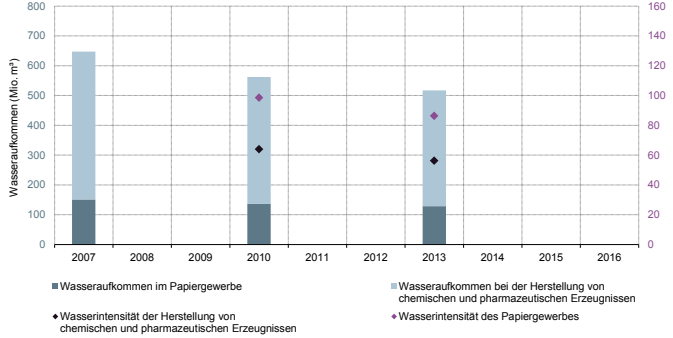
Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft																																						
Code	Titel und Kurzbeschreibung	Indikatorgrafik																																				
R-FW-1	Mischbestände Prozentualer Anteil der Waldfläche mit naturnahen und nicht-naturnahen Reinbestockungen sowie Mischbestockungen mit 2, 3 und mind. 4 Baumarten an der Gesamtwaldfläche Methodisch als direkte Übersetzung des DAS-Indikators	<table><caption>Flächenanteil der Mischungsformen an der Gesamtwaldfläche (%)</caption><thead><tr><th>Jahr</th><th>nicht-naturnaher Reinbestand</th><th>naturnaher Reinbestand</th><th>Mischwald mit 2 Baumarten</th><th>Mischwald mit 3 Baumarten</th><th>Mischwald mit 4 und mehr Baumarten</th></tr></thead><tbody><tr><td>2002</td><td>20,7</td><td>14,8</td><td>12,0</td><td>24,3</td><td>28,2</td></tr><tr><td>2012</td><td>17,5</td><td>13,9</td><td>11,7</td><td>25,8</td><td>33,5</td></tr></tbody></table> Datenquelle: LWF (Auswertungen der Bundeswaldinventur)	Jahr	nicht-naturnaher Reinbestand	naturnaher Reinbestand	Mischwald mit 2 Baumarten	Mischwald mit 3 Baumarten	Mischwald mit 4 und mehr Baumarten	2002	20,7	14,8	12,0	24,3	28,2	2012	17,5	13,9	11,7	25,8	33,5																		
Jahr	nicht-naturnaher Reinbestand	naturnaher Reinbestand	Mischwald mit 2 Baumarten	Mischwald mit 3 Baumarten	Mischwald mit 4 und mehr Baumarten																																	
2002	20,7	14,8	12,0	24,3	28,2																																	
2012	17,5	13,9	11,7	25,8	33,5																																	
Handlungsfeld Naturschutz																																						
Code	Titel und Kurzbeschreibung	Indikatorgrafik																																				
I-NA-1	Phänologische Veränderungen bei Wildpflanzenarten Eintrittsdatum und Dauer von vier zusammengefassten phänologischen Jahreszeiten (Vegetationsruhe, Frühling, Sommer, Herbst) In Anlehnung an DAS-Indikator, aber in der Darstellung stark modifiziert	<table><caption>Eintritt bzw. Dauer der phänologischen Jahreszeiten (Tag im Jahr bzw. Anzahl Tage)</caption><thead><tr><th>Zeitraum</th><th>Vegetationsruhe</th><th>Frühling</th><th>Sommer</th><th>Herbst</th><th>Vegetationsruhe</th></tr></thead><tbody><tr><td>1986-2015</td><td>78,7</td><td>71,4</td><td>87,6</td><td>49,7</td><td>77,9</td></tr><tr><td>1981-2010</td><td>78,9</td><td>73,3</td><td>87,5</td><td>47,4</td><td>78,2</td></tr><tr><td>1971-2000</td><td>78,8</td><td>77,3</td><td>87,8</td><td>42,9</td><td>78,4</td></tr><tr><td>1961-1990</td><td>81,1</td><td>77,9</td><td>87,8</td><td>39,8</td><td>78,6</td></tr><tr><td>1951-1980</td><td>81,3</td><td>78,5</td><td>88,2</td><td>37,4</td><td>79,9</td></tr></tbody></table> Datenquelle: Deutscher Wetterdienst (phänologisches Beobachtungsnetz)	Zeitraum	Vegetationsruhe	Frühling	Sommer	Herbst	Vegetationsruhe	1986-2015	78,7	71,4	87,6	49,7	77,9	1981-2010	78,9	73,3	87,5	47,4	78,2	1971-2000	78,8	77,3	87,8	42,9	78,4	1961-1990	81,1	77,9	87,8	39,8	78,6	1951-1980	81,3	78,5	88,2	37,4	79,9
Zeitraum	Vegetationsruhe	Frühling	Sommer	Herbst	Vegetationsruhe																																	
1986-2015	78,7	71,4	87,6	49,7	77,9																																	
1981-2010	78,9	73,3	87,5	47,4	78,2																																	
1971-2000	78,8	77,3	87,8	42,9	78,4																																	
1961-1990	81,1	77,9	87,8	39,8	78,6																																	
1951-1980	81,3	78,5	88,2	37,4	79,9																																	
I-NA-2	Ausbreitung der Sichel-schrecke Anzahl der Fundorte der Gemeinen Sichel-schrecke oberhalb von 500 m ü. NN, prozentualer Anteil der Fundorte differenziert nach vier Höhenstufen Für Bayern neuentwickelter, nicht im Rahmen der DAS-Indikatoren verwendeter Indikator	Indikator I – Ausbreitung der Gemeinen Sichel-schrecke Indikator II – Verbreitung der Gemeinen Sichel-schrecke Legende Fundorte der Sichel-schrecke nach Jahren 1962 - 1990 1991 - 1995 1996 - 2000 2001 - 2005 2006 - 2010 2011 - 2015 Skala: 1:3.000.000, 25 0 25 50 75 100 km																																				

Handlungsfeld Boden und Georisiken		
Code	Titel und Kurzbeschreibung	Indikatorgrafik
I-BO-4	Humusentwicklung Mittelwert und Standardabweichung der Kohlenstoffvorräte in Grünland-Böden differenziert für Böden mit hohen und geringen Kohlenstoffausgangsgelalten Für Bayern neuentwickelter, nicht im Rahmen der DAS-Indikatoren verwendeter Indikator	Kohlenstoffvorräte bis 10 cm Bodentiefe (kg/m²) Legend: Standardabweichung (hohe Ausgangsgelalte), Standardabweichung (niedrige Ausgangsgelalte), Mittelwert (hohe Ausgangsgelalte), Mittelwert (niedrige Ausgangsgelalte) Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Landwirtschaft (BdF-Auswertungen)
I-BO-5	Schwinden von Permafrost Jahres-Maximum der Tagesmitteltemperaturen im Permafrostbereich in 23,65 m Distanz von der Südwand des Zugspitzgipfels Für Bayern neuentwickelter, nicht im Rahmen der DAS-Indikatoren verwendeter Indikator	Temperaturmaximum der Tagesmittel im Permafrostbereich (°C) Legend: Temperaturmaximum der Tagesmittel im Permafrostbereich Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt (Permafrostmessungen an der Zugspitze)
Handlungsfeld Menschliche Gesundheit		
Code	Titel und Kurzbeschreibung	Indikatorgrafik
I-GE-1	Hitzebelastung Durchschnittliche Anzahl der Hitzewarnungen in den Warnkreisen in Bayern und Deutschland Methodisch direkte Übersetzung des DAS-Indikators, aber mit Vergleich von ganz Deutschland und Bayern	Hitzewarnungen in den DWD-Warnkreisen (Mittlere Anzahl) Legend: Bayern, Deutschland Datenquelle: Deutscher Wetterdienst (Hitzewarnsystem)
I-GE-2	Allergene Wildpflanzen Mittlerer Zeitpunkt des Blühbeginns der Hasel und der Hänge-Birke sowie mittlerer Zeitpunkt der Vollblüte des Wiesen-Fuchsschwanzes Für Bayern neuentwickelter, nicht im Rahmen der DAS-Indikatoren verwendeter Indikator	Mittlerer Zeitpunkt des Blühbeginns bzw. der Vollblüte (kalendrischer Tag ab Jahresbeginn) Legend: Blüte der Hasel (Beginn der Blüte), Blüte der Hänge-Birke (Beginn der Blüte), Blüte des Wiesen-Fuchsschwanzes (Vollblüte) Datenquelle: Deutscher Wetterdienst (Phänologisches Beobachtungsnetz)

Handlungsfeld Menschliche Gesundheit		
Code	Titel und Kurzbeschreibung	Indikatorgrafik
I-GE-3	Belastung mit Ambrosia Tage mit Pollenflugwarnungen zur Ambrosia des DWD in zwei zusammengefassten Warnstufen differenziert für vier bayerische Regionen: Allgäu / Oberbayern / Bay. Wald, Donauniederungen, nördlich der Donau (ohne Bay. Wald und Mainfranken), Mainfranken Für Bayern neuentwickelter, nicht im Rahmen der DAS-Indikatoren verwendeter Indikator	Werte im Jahr mit gemessener Belastung (keine bis geringe, geringe bis mittlere) (Anzahl) Legend: Allgäu/Oberbayern/Bay. Wald, Donauniederungen, nördlich der Donau (ohne Bayr. Wald und Mainfranken), Mainfranken Datenquelle: Deutscher Wetterdienst (Pollenflugwarnungen)
Handlungsfeld Katastrophenschutz		
Code	Titel und Kurzbeschreibung	Indikatorgrafik
I-KS-1	Wetter- und witterungsbedingte Katastrophenfälle Festgestellte Katastrophenfälle differenziert nach den wetter- und witterungsbedingten Ursachen „Überschwemmungen“, „Flächenbrände“, „Schnee, Eis“ Für Bayern neuentwickelter, nicht im Rahmen der DAS-Indikatoren verwendeter Indikator	Festgestellte Katastrophenfälle (Anzahl Ereignisse) Legend: Überschwemmung, Schnee, Eis, Flächenbrand Datenquelle: Bayerisches Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr
Handlungsfeld Raumordnung		
Code	Titel und Kurzbeschreibung	Indikatorgrafik
R-RO-1	Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für die Wasserversorgung Flächengröße der Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für die Wasserversorgung in Hektar Methodisch in Anlehnung an DAS-Indikator, aber Schwerpunkt auf der absoluten Größe der Vorrang- und Vorbehaltsgebiete (kein Indexwert und keine Darstellung des Anteils der Planungsregionen, die entsprechende Vorrang- und Vorbehaltsgebiete ausgewiesen haben), andere Datenquelle	Vorrang- und Vorbehaltsgebiete zur Wasserversorgung (1.000 ha) Legend: Vorranggebiete, Vorbehaltsgebiete Datenquelle: Bayerisches Staatsministerium der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat

Handlungsfeld Städtebau / Bauleitplanung		
Code	Titel und Kurzbeschreibung	Indikatorgrafik
R-SB-1	Flächenverbrauch Mittlere tägliche Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) Methodisch als direkte Übersetzung des Umweltindikators Bayern	 Flächenverbrauch in Hektar pro Tag ■ Flächenerhebung nach alter Methode (ALB) ■ Flächenerhebung nach neuer Methode (ALKIS) Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Statistik
R-SB-2	Erholungsfläche in Städten Anteil der Erholungs- und Friedhofsfläche in Städten Für Bayern neuentwickelter, nicht im Rahmen der DAS-Indikatoren verwendeter Indikator	 Anteil der Erholungs- und Friedhofsfläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche [%] Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Bodenfläche [%] — Erholungs- und Friedhofsfläche — Siedlungs- und Verkehrsfläche Umstellung der Datengrundlage Datenquelle: Statistische Ämter des Bundes und der Länder
Handlungsfeld Bauwesen		
Code	Titel und Kurzbeschreibung	Indikatorgrafik
R-BA-1	Fördermittel für klimawandelangepasstes Bauen und Sanieren Darlehenszusagen und Zuschüsse in relevanten Programmen des Förderschwerpunkts Wohnen der KfW für Bauvorhaben in Bayern Methodisch als direkte Übersetzung des DAS-Indikators	 Durch Förderung unterstützte Maßnahmen für klimawandelangepasstes Bauen und Sanieren (Mrd. Euro) — Darlehenszusagen / Zuschüsse Datenquelle: KfW

Handlungsfeld Straßenbau und Verkehr		
Code	Titel und Kurzbeschreibung	Indikatorgrafik
I-VE-1	Schiffbarkeit der Binnen-schiffahrtsstraßen Tage mit Schifffahrtssperrungen aufgrund von Hochwasser (Überschreitungen des höchsten schiffbaren Wasserstands) oder Eisgang auf Main, Main-Donau-Kanal und Donau Tage mit Einschränkungen der Schifffahrt auf der Donau durch Niedrigwasser (Erreichung bzw. Unterschreitung des Regulierungs-Niedrigwasserstands) am Richtpegel Pfelling Methodisch in Anlehnung an DAS-Indikator, aber Betrachtung von Donau, Main und Main-Donau-Kanal anstelle des Rhein und seiner Zuflüsse	Indikator I – Donau Datenquelle: Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt
		Indikator II – Main Datenquelle: Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt
		Indikator III – Main-Donau-Kanal Hinweis: Der Main-Donau-Kanal insgesamt wurde 1992 eröffnet, in den Vorjahren gelten die Zahlen jeweils nur für freigegebene Teilstücke Datenquelle: Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt
I-VE-2	Wetterbedingte Straßenverkehrsunfälle Anteil der Straßenverkehrsunfälle mit Personenschaden und der schwerwiegenden Straßenverkehrsunfälle mit Sachschaden im engeren Sinn mit einer Mitverursachung durch Schnee- und Eisglätte, Glätte bei Regen oder sonstige wetterbedingte Behinderungen an allen solchen Straßenverkehrsunfällen Methodisch in enger Anlehnung an DAS-Indikator, aber um schwerwiegende Straßenverkehrsunfälle mit Sachschaden ergänzt	 Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Statistik

Handlungsfeld Energiewirtschaft		
Code	Titel und Kurzbeschreibung	Indikatorgrafik
I-EW-1	Heiz- und Kühlgradtage Heiz- und Kühlgradtage für 6 bayerische Städte Für Bayern neuentwickelter, nicht im Rahmen der DAS-Indikatoren verwendeter Indikator	Indikator I – Heizgradtage  Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt
		Indikator II – Kühlgradtage  Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt
I-EW-2	Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung Anteil der Schadenskategorien Höhere Gewalt und Atmosphärische Einwirkungen an der durchschnittlichen kumulierten Unterbrechungshäufigkeit der Stromversorgung aufgrund von ungeplanten Versorgungsunterbrechungen in der Nieder- und Mittelspannung Methodisch als direkte Übersetzung des DAS-Indikators	 Datenquelle: Bundesnetzagentur (Störungsstatistik)
Handlungsfeld Industrie und Gewerbe		
Code	Titel und Kurzbeschreibung	Indikatorgrafik
R-IG-1	Wasseraufkommen und -intensität Wasseraufkommen und -intensität des Papiergewerbes und der Herstellung von chemischen und pharmazeutischen Erzeugnissen Methodisch in Anlehnung an DAS-Indikator, aber Fokussierung auf das Papiergewerbe und die chemisch-pharmazeutische Industrie; Darstellung nicht als Indexwert	 Datenquelle: Bayerisches Landesamt für Statistik

Handlungsfeld Finanzwirtschaft		
Code	Titel und Kurzbeschreibung	Indikatorgrafik
I-FI-1	Hagel- und Sturmschäden in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung Schadenhäufigkeit und Schadensatz pro Jahr für Sturm und Hagel in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung Methodisch als direkte Übersetzung des DAS-Indikators, aber anstelle des Schadensaufwands kann auf Länderebene nur die Schadenhäufigkeit dargestellt werden	Datenquelle: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (Branchenstatistik)
I-FI-2	Elementarschäden in der Verbundenen Wohngebäudeversicherung Schadenhäufigkeit und Schadensatz pro Jahr in der Erweiterten Elementarschadenversicherung	Datenquelle: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (Branchenstatistik)

3 Dokumentation der Indikatoren

Der Aufnahme eines Indikators in ein Indikatorensystem gehen i. d. R. umfangreiche Überlegungen voraus. Mit Blick auf die Klimawandelfolgen- und Klimaanpassungsindikatoren konzentrieren sich die Diskussionen vielfach auf den ursächlichen Zusammenhang der im Indikator dargestellten Sachverhalte mit Klimawandelfolgen (s. auch Kap. 1.2.2). Die Begründungen für einen Indikator inklusive seiner Schwächen transparent festzuhalten, ist eine wichtige Voraussetzung, um Datenreihen in ihrer Entwicklung richtig interpretieren zu können. Ferner ist es für eine konsistente Fortschreibung der Datenreihen in der Zukunft wichtig, alle relevanten Details zu Datenquellen und zur Berechnung der Indikatoren zu dokumentieren. All dies leistet das im Folgenden beschriebene Dokumentationssystem.

Das Dokumentationssystem zu den bayerischen Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikatoren lehnt sich eng an das System der bundesweiten DAS-Indikatoren an. Dieses hat sich im Informationsaustausch mit den Fachexperten und für die Datenfortschreibung sehr bewährt. Das Dokumentationssystem sieht für jeden Indikator die Erstellung eines Indikator- und eines Daten-Kennblattes vor. Das Indikator-Kennblatt (s. Kap. 3.1) dient in erster Linie der Dokumentation wichtiger Hintergrundinformationen zum Indikator. Im Daten-Kennblatt (s. Kap. 3.2) werden die Daten abgelegt und wird die Indikator-Grafik nachvollziehbar erzeugt. Ergänzend zu den ausführlichen Indikator-Kennblättern wurden für die Indikatoren, die nicht in der Machbarkeitsstudie ausgearbeitet werden konnten, verkürzte Indikator-Kennblätter angelegt (s. Kap. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**), um die zu den jeweiligen Indikationsideen bisher erzielten Diskussionsergebnisse festzuhalten, sodass eine spätere Weiterentwicklung unmittelbar an diesen Stand anknüpfen kann.

3.1 Indikator-Kennblätter

Die Indikator-Kennblätter haben zum Ziel,

- den Indikator eindeutig zu betiteln und die Einordnung des Indikators in die thematische Struktur aus Handlungsfeldern, Indikationsfeldern und thematischen Teilaspekten offenzulegen,
- die Auswahl des Indikators (im Kontext Auswirkungen des Klimawandels und Anpassung) im Einzelnen zu begründen und die Schwächen des Indikators deutlich zu machen (wo gibt es Probleme mit der Interpretierbarkeit, der Datenverfügbarkeit oder der Verständlichkeit etc.),
- die Reproduzierbarkeit der Berechnung über die Wiedergabe der Berechnungsvorschrift und die Angabe der zu verwendenden Datenquelle sicherzustellen,
- begriffliche Klärungen vorzunehmen,
- festzulegen, wie der Indikator in einem späteren indikatorengestützten Monitoringbericht dargestellt werden soll,
- auf Fortschreibungserfordernisse und -möglichkeiten hinzuweisen.

Die Indikator-Kennblätter dienen im Prozess der Indikatorentwicklung auch dem Fachaustausch mit den Expertinnen und Experten. Mit diesen zusammen werden die Dokumente sukzessive fortgeschrieben und geben so während des Prozesses stets den aktuellen Diskussions- und Entwicklungsstand wieder. In den Kennblättern werden die an der jeweiligen Indikatorentwicklung beteiligten Expertinnen und Experten konkret benannt.

Das LfU hat entschieden, dass den DAS-Indikatoren zugrunde liegende Muster der Indikator- und Daten-Kennblätter im Grundsatz auch für das Klima-Anpassungsindikatorensystem Bayerns zu übernehmen. Allerdings erfolgt im Rahmen des Projekts eine Umbenennung von Factsheets (so werden die Dokumente im DAS-Kontext bezeichnet) zu Kennblättern.

3.1.1 Langversion der Indikator-Kennblätter

Nachstehend wird ein Überblick über den Aufbau des Indikator-Kennblatts gegeben, und es werden die einzelnen Felder erläutert.

I. Basisinformationen

Verfasser	Autoren des Kennblatts (unter Angabe des Namens und der Institution) Dieses Feld benennt auch alle Mitwirkenden aus den Fachbehörden und Ressorts. Es wird bei einer Aktualisierung nicht überschrieben, es können lediglich Ergänzungen vorgenommen werden.
Zuständigkeit	Ansprechpartner für fachliche Rückfragen, Fortschreibung und Datengrundlage
Letzte Aktualisierung	Person(en) (unter Angabe des Namens und der Institution), die das Kennblatt bearbeitet haben, Angabe des Zeitpunkts der Bearbeitung Dieses Feld wird bei einer Aktualisierung nicht überschrieben, es werden höchstens weitere Bearbeitungszeitpunkte und Bearbeitende hinzugefügt.
Nächste Fortschreibung	Anlass einer voraussichtlichen Fortschreibung des Indikators (z. B. wenn es in den einzelnen Fachbehörden Weiterentwicklungen im methodischen Bereich oder in der Datenerhebung gibt) Dieses Feld wird bei einer Aktualisierung überschrieben.

II. Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Vollständiger Titel des Handlungsfelds, dem der Indikator zugeordnet ist
Kategorie	Impact oder Response
Indikationsfeld	Vollständige Bezeichnung des Indikationsfelds, dem der Indikator zugeordnet ist
Thematischer Teilaspekt	Vollständige Bezeichnung des thematischen Teilaspekts, dem der Indikator zugeordnet ist
Kurzbeschreibung des Indikators (Einheit)	Kurzbeschreibung des Indikators, aus dem – über den alleinigen Titel hinaus – weitere Details hervorgehen (Einheit, mit der der Indikator dargestellt wird) Besteht ein Indikator aus einem Indikator I und II (d. h. aus zwei getrennten Grafiken) und / oder aus mehreren Teilen (A, B, C) (s. hierzu Erläuterungen in Kap. 2.5), dann werden hierfür separate Zeilen zur Kurzbeschreibung des Indikators angelegt. Dies gilt auch für Indikator-Zusätze (s. Kap. 2.5).
Berechnungsvorschrift	Mathematische Formel zur Berechnung des Indikators, sofern es sich nicht um eine einfache Übernahme von Daten handelt Besteht ein Indikator aus einem Indikator I und II (d. h. aus zwei getrennten Grafiken) und / oder aus mehreren Teilen (A, B, C), dann werden hierfür separate Zeilen zur Berechnungsvorschrift angelegt. Dies gilt auch für Indikator-Zusätze (s. Kap. 2.5).
Verständnis des Indikatorwerts	Als Hilfestellung zur Interpretation insbesondere komplex berechneter Indikatoren oder von Indikatoren ohne Maßeinheit erfolgt hier eine Erläuterung, in welche Richtung hohe oder niedrige Indikatorwerte weisen. Dieses Feld trifft keine Vorgaben für eine inhaltliche Interpretation oder Bewertung des Indikators. Besteht ein Indikator aus einem Indikator I und II (d. h. aus zwei getrennten Grafiken) und / oder aus mehreren Teilen (A, B, C), dann werden hierfür separate Zeilen zum Verständnis des Indikatorwerts angelegt. Dies gilt auch für Indikator-Zusätze (s. Kap. 2.5).

III. Begründung und Interpretation

Begründung	Darstellung des Ursache-Wirkungszusammenhangs, in dem der Indikator zum Thema Klimawandelfolgen und / oder Anpassung steht; Beschreibung der „Indikationsleistung“ (warum wurde der Indikator für das System ausgewählt?)
Schwächen	Aussagen zu Schwächen der Aussagekraft des Indikators im Hinblick auf die jeweilige Fragestellung Schwächen können beispielsweise in einer ungenügenden räumlichen und zeitlichen Auflösung der Daten begründet sein oder darin, dass die eigentliche Erhebung der Daten auf andere Fragestellungen hin fokussiert ist / war.
Referenzen auf andere Indikatorensysteme	Angabe, ob der Indikator in anderen Indikatorensystemen enthalten ist Primär wird hier auf das DAS-Indikatorensystem und andere Ländersysteme, in Ausnahmefällen auch auf europäische Systeme verwiesen. Genannt werden jeweils das Indikatorensystem und der genaue Titel des Indikators.
In BayKLAS beschriebene Klimawandelfolgen	Wiedergabe der aus der BayKLAS stammenden Formulierungen zu (möglichen oder beobachteten) Klimawandelfolgen in Bayern (in Kurzform), die in einem thematischen Zusammenhang mit dem Indikator stehen

Zielbezüge / Maßnahmen	Wiedergabe der in der BayKLAS formulierten Ziele und Maßnahmen, die in einem thematischen Zusammenhang mit dem Indikator stehen
Berichtspflichten	Hinweis auf Berichtspflichten, zu deren Erfüllung die Berichterstattung des Indikators bereits einen Beitrag leistet oder leisten kann

IV. Technische Informationen

Datenquelle	Nachweis der Datenquelle, aus der die Daten zur Berechnung des Indikators stammen; zuerst wird die datenhaltende Institution genannt, dann die Erhebung oder Erfassung, aus der die Daten stammen (z. B. "Deutscher Wetterdienst (DWD): Hitzewarndienst") Weitere Details zur Datenquelle und zum Datenbezug werden im Daten-Kennblatt dokumentiert. Besteht ein Indikator aus einem Indikator I und II (d. h. aus zwei getrennten Grafiken) und / oder aus mehreren Teilen (A, B, C), dann werden in dieser und den folgenden drei Zeilen dieser technischen Informationen separate Zeilen angelegt. Dies gilt auch für Indikator-Zusätze (s. Kap. 2.5).
Räumliche Auflösung	Angabe der Raumeinheit, für die der Indikator berechnet und dargestellt ist, z. B. NUTS 1 (für ganz Bayern aggregiert), oder beispielsweise naturräumliche Einheiten
Geografische Abdeckung	Raum, für den der Indikator berechnet werden kann, i. d. R. ganz Bayern oder Teilräume; falls Letzteres der Fall ist, konkrete Benennung dieser Teilräume
Zeitliche Auflösung	Zeitpunkt, ab dem der Indikator dargestellt werden kann, und zeitliche Auflösung, in der der Indikator berechnet wird, um die gewünschten Entwicklungen abbilden zu können (z. B. ab 1991, jährlich) (Vorsicht: beide Angaben beziehen sich auf die Darstellung des Indikators und nicht auf die Verfügbarkeit der dem Indikator zugrunde liegenden Daten).
Beschränkungen, Datenkosten	Angaben zu Datengeheimhaltungsvorschriften oder anderen (rechtlichen, nicht inhaltlichen!) Beschränkungen, denen die Berechnung des Indikators unterliegt (weitere Details hierzu werden auch im Daten-Kennblatt dokumentiert); Angaben zu Datenkosten, wenn Daten extern kostenpflichtig bezogen werden müssen; Hinweise, wenn externe Institutionen spezielle Datenauswertungen zuliefern müssen
Aufwand	Schätzung des Aufwands (in Stunden), der für die Datenfortschreibung erforderlich wird (Beschaffung der Daten, ggf. spezielle Auswertungen, Einpflegen der aktualisierten Daten in das Daten-Kennblatt, Aktualisierung der Indikator-Grafik oder Karte); diese Schätzung entspricht nicht dem mit der Entwicklung des Indikators verbundenen Aufwand. Der Aufwand kann sowohl bei den Fachbehörden als auch der Koordinationsstelle anfallen.

V. Darstellung

Grafik oder Karte zur Darstellung des Indikators. Wenn der Indikator aus Indikator I und II besteht oder Indikator-Zusätze entwickelt wurden, werden diese getrennt dargestellt. Die Darstellung wird hier im Indikator-Kennblatt nicht regelmäßig mit den neuesten Daten fortgeschrieben; dies erfolgt im Daten-Kennblatt.

VI. Glossar

Definition von Begriffen, die im Kontext des Indikators verwendet werden und deren Verständnis nicht vorausgesetzt werden kann.

VII. Weiterführende Literatur

Hinweis auf weiterführende Literatur, aus der sich weitere Details zum Indikator bzw. zum Indikationsfeld entnehmen lassen (mit vollständiger Zitation).

VIII. Anhang – Methodische Beschreibung

Vertiefende oder ergänzende Erläuterungen zur Entwicklung und Berechnung des Indikators, inkl. Darstellungen zu Erprobungen, die bei der Entwicklung des Indikators durchgeführt worden sind.

3.1.2 Kurz-Kennblatt für Indikationsideen

Für die Indikationsideen, die für eine mögliche Umsetzung weiter zu diskutieren und zu prüfen sind, die aber im Rahmen der Machbarkeitsstudie noch nicht ausgearbeitet werden konnten, wurde eine Kurzversion der Indikator-Kennblätter entwickelt. Darin wird der erreichte Diskussionsstand festgehalten. Sie dienen als Grundlage für weitere Überlegungen zur Ausarbeitung von Indikatoren im Nachgang dieser Machbarkeitsstudie.

Diese Kurzversion des Indikator-Kennblattes setzt sich aus den nachstehend genannten Feldern zusammen.

I. Basisinformationen

Verfasser	Autoren des Kennblatts (unter Angabe des Namens und der Institution) Im Gegensatz zur Langversion der Indikator-Kennblätter zu den bereits ausgearbeiteten Indikatoren, wurden die Kurzversionen nicht mit Ressortvertreterinnen und -vertretern abgestimmt.
Zuständigkeit	Ansprechpartner für die Weiterentwicklung des Indikators, sofern diese bereits genannt werden können
Letzte Aktualisierung	Zeitpunkt der letzten Aktualisierung des Kennblatts

II. Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Vollständiger Titel des Handlungsfelds, dem der Indikator zugeordnet ist
Kategorie	Impact oder Response
Indikationsfeld	Vollständige Bezeichnung des Indikationsfelds, dem der Indikator zugeordnet ist
Thematischer Teilaspekt	Vollständige Bezeichnung des thematischen Teilaspekts, dem der Indikator zugeordnet ist
Kurzbeschreibung des Indikators (Indikationsidee)	Skizzierung der Indikationsidee im jeweils erreichten Detailgrad; eine genaue Berechnungsvorschrift kann i. d. R. noch nicht angegeben werden

III. Begründung und Interpretation

Kurze Begründung und weitere Informationen	Kurze Darstellung des Ursache-Wirkungszusammenhangs, in dem der Indikator zum Thema Klimawandelfolgen und / oder Anpassung steht; Wiedergabe des erreichten Diskussionsstands (inkl. Hinweise auf identifizierte Möglichkeiten und geäußerte Bedenken und Grenzen einer Indikation)
Referenzen auf andere Indikatorensysteme	Angabe, ob der Indikator in anderen Indikatorensystemen enthalten ist Primär wird hier auf das DAS-Indiktorensystem und andere Ländersystem, in Ausnahmefällen auch auf europäische Systeme verwiesen. Genannt werden jeweils das Indikatorensystem und der genaue Titel des Indikators.
Bisherige Darstellungen für Bayern	Hinweise auf Darstellungen in anderen (bayerischen) Berichten, die einen engen inhaltlichen Bezug zum angestrebten Indikationsgegenstand haben
In der BayKLAS beschriebene Klimawandelfolgen	Wiedergabe der aus der BayKLAS stammenden Formulierungen zu (möglichen oder beobachteten) Klimawandelfolgen in Bayern (in Kurzform), die in einem thematischen Zusammenhang mit dem Indikator stehen
Zielbezüge / Maßnahmen	Wiedergabe der in der BayKLAS formulierten Ziele und Maßnahmen, die in einem thematischen Zusammenhang mit dem Indikator stehen

IV. Technische Informationen

Datenquelle	Institution, die Daten voraussichtlich zur Verfügung stellen kann; Beobachtungsprogramm oder Statistik, aus dem / der die nutzbaren Daten vermutlich stammen
Aufwand	Abschätzung des Aufwands, der mit der Entwicklung des Indikators verbunden ist; es werden drei Klassen unterschieden: • Indikatoren mit vergleichsweise geringem Aufwand umsetzbar: Datenquelle ist bekannt, Daten sind absehbar leicht verfügbar bzw. zugänglich und lassen sich voraussichtlich ohne umfangreichere weitere Aufarbeitungen oder Berechnungen unmittelbar als Indikator darstellen (ca. 1,5 Tage Aufwand inklusive Komplettierung des Indikator-Kennblatts und Erstellung des Datenkennblatts). • Indikatoren mit vergleichsweise mittlerem Aufwand umsetzbar: Datenquelle muss ggf. noch abgesichert werden, Daten sind aber absehbar leicht verfügbar bzw. zugänglich; der Aufwand für weitere Aufarbeitungen oder Berechnungen der Daten bis zur Darstellung als Indikator sind überschaubar (bis zu 3 Tagen Aufwand). • Indikatoren mit vergleichsweise hohem Aufwand umsetzbar: Datenquellen müssen zunächst konkret recherchiert werden, weitere methodische Klärungen zur Berechnung und Darstellung sind noch erforderlich; die Umsetzbarkeit des Indikators ist nicht gesichert (Aufwand aufgrund der vielen Unwägbarkeiten noch nicht abschätzbar).

3.2 Daten-Kennblätter

Die Daten-Kennblätter beinhalten alle relevanten Hintergrundinformationen über die zur Indikatorberechnung erforderlichen Datensätze sowie alle Datensätze, die zur Berechnung des Indikators erforderlich sind. Sie dienen u. a. dem Ziel, die Operationalisierbarkeit des Indikators eindeutig nachzuweisen. Die Daten-Kennblätter dokumentieren nicht zwangsläufig auf der Ebene der Rohdaten, sondern können auch auf übergeordneten Ebenen den Nachweis zu den Quellen bereits verarbeiteter Daten führen. Sofern den Indikatoren nicht zu komplexe (z. B. modellgestützte) Berechnungen zugrunde liegen, wird in den Daten-Kennblättern im Einzelnen die Indikatorberechnung nachvollzogen.

Die Daten-Kennblätter, die zu Zwecken einer einfachen Handhabbarkeit als Excel-Dateien angelegt sind, enthalten vom Grundsatz her die folgenden Tabellenblätter:

- 1. Excel-Tabellenblatt mit der Betitelung „Indikator“: Es beinhaltet den Indikatortitel, die tabellarische Darstellung der berechneten Indikatorwerte und das Diagramm zur grafischen Abbildung des Indikators (s. Abb. 3).

Die Zellen der Datentabellen sind mit Formeln hinterlegt, die die in den folgenden Tabellenblättern abgelegten Datensätze zum Indikatorwert mathematisch verknüpfen, um die Berechnung transparent zu machen. Bei einer späteren Aktualisierung des Indikatorwerts muss lediglich die Formel in die nächste Tabellenzeile kopiert und für die Grafik der Datenbereich angepasst werden. Die grafische Abbildung folgt einem einheitlichen Darstellungsmuster (das dem Corporate Design des LfU folgt). Das letzte Darstellungsjahr ist bei allen Indikatoren auf ein einheitliches Jahr festgesetzt (aktuell ist dies auf 2016 gesetzt). Werden Indikatoren in Form von Karten dargestellt, enthält dieses Tabellenblatt nur die aktuelle Kartendarstellung, da die GIS-Operation nicht im Excel-Format abgebildet werden kann. Für Indikator-Zusätze werden analog zu diesem Tabellenblatt weitere Tabellenblätter angelegt.

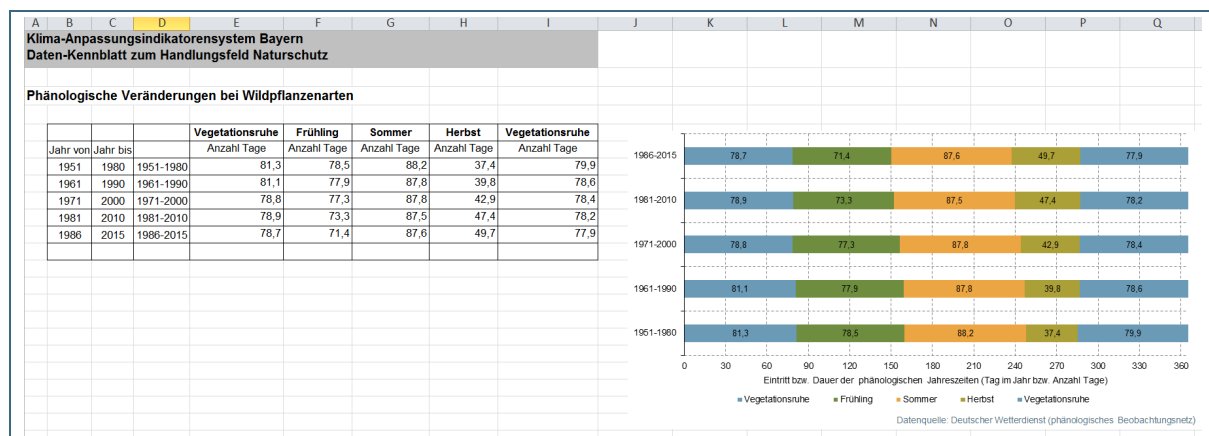


Abb. 2: Erstes Tabellenblatt des Daten-Kennblatts – Indikator

- 2. Excel-Tabellenblatt mit der Betitelung „Trendschätzung“: Zur Unterstützung der Indikatorinterpretation und -bewertung sollen – dem Modell der DAS-Indikatoren folgend – Trendschätzungen für die Zeitreihen durchgeführt werden. Hierzu haben im Rahmen der Machbarkeitsstudie keine weiterführenden Diskussionen zum Verfahren stattgefunden. Die Ergebnisse der Trendschätzung(en) sollen in Zukunft in diesem Tabellenblatt festgehalten werden.
- 3. Excel-Tabellenblatt mit der Betitelung „Metainformation_Titel des Datensatzes“ (z. B.: „Metainformation_Ertrage“): Es beinhaltet alle relevanten Metadateninformationen zu dem Datensatz bzw. den Datensätzen, aus denen der Indikator generiert wird. Für jeden einzelnen Datensatz,

aus dem sich ein Indikator zusammensetzt, wird ein eigenes Tabellenblatt „Metainformation“ erstellt, sofern es sich um einen anderen Inhalt und / oder eine andere Datenbezugsquelle handelt. Die Felder dieses Tabellenblatts sind – wie in Tab. 17 dargestellt – belegt.

Tab. 17: Metadatenbeschreibungen im Daten-Kennblatt

Allgemeine Informationen	
Titel des Datensatzes	Kurzbeschreibung des Datensatzes
Datenhalter	Institution, die die Daten erhebt bzw. hält
Datenquelle	Benennung des Erhebungsprogramms oder der Statistik, aus der die Daten stammen; wenn es sich um modellierte Daten handelt, wird dies an dieser Stelle vermerkt
Datenabruf	Institution, bei der die Daten bezogen werden können, oder URL, unter der die Daten im Internet abgerufen werden können; die Angaben erfolgen möglichst detailliert (mit Benennung einer konkreten Ansprechperson, der Telefonnummer und der E-Mail-Adresse) bzw. der genauen URL-Adresse
Datum der letzten Aktualisierung	Angabe des Datums, an dem die Daten im Kennblatt zum letzten Mal aktualisiert wurden
Datum der nächsten Fortschreibung	Angabe des Datums oder Zeitraums, wann die nächste Aktualisierung der Daten aller Voraussicht nach zur Verfügung stehen wird
Beschreibung	
Einheit	Einheit, in der die Daten angegeben werden
Kurzbeschreibung des Datensatzes	Details zum Datensatz (z. B. wenn sich der Datensatz aus mehreren Parametern zusammensetzt und daher mit der oben stehenden Kurzbeschreibung des Datensatzes nicht vollständig beschrieben ist)
Technische Informationen	
Datenformat	Datei-Format, in dem die Daten abgerufen bzw. vom Datenhalter übergeben werden (z. B. xls, pdf, txt, csv, ...)
Erhebungsintervall	Turnus, in dem die Daten aktualisiert werden
Zeitraum, Zeitpunkt	Zeitpunkt, ab dem die Daten zur Verfügung stehen (z. B. ab 1980), oder Angabe einzelner Jahre, für die Daten vorhanden sind
Räumliche Auflösung	NUTS-Ebene oder andere Raumeinheiten, für die die Daten zur Verfügung stehen und im folgenden Tabellenblatt dokumentiert sind
Räumliche Abdeckung	Raum, für den die Daten gelten (z. B. ganz Bayern oder einzelne Regionen)
Übergaberestriktionen	Restriktionen rechtlicher, finanzieller oder organisatorischer Art, die den freien Bezug oder die unlimitierte Verwendung der Daten einschränken; ggf. Hinweise auf spezifische Datennutzungsvereinbarungen
Definitionen	Definitionen, die zum Verständnis des Datensatzes erforderlich sind
Sonstige Hinweise	Ergänzende Hinweise, die zur richtigen Interpretation des Datensatzes erforderlich sind

- 4. Excel-Tabellenblatt mit der Betitelung „Daten_*Titel des Datensatzes*“ (z. B.: „Daten_Ertraege“): Es beinhaltet den Datensatz / die Datensätze, die zur Berechnung des Indikators genutzt werden. Bei der Datenanfrage werden die Daten in dieses Tabellenblatt eingetragen; dies gilt auch für einen späteren Aktualisierungsprozess. Die Formel im ersten Tabellenblatt greift auf die hier eingetragenen Daten zu. Sind mehrere Datensätze für die Berechnung des Indikators relevant und stammen diese aus unterschiedlichen Datenquellen, werden entsprechend mehrere Tabellenblätter zur Ablage der Daten angelegt. Erforderliche Zwischenrechnungen zur Generierung des Indikators können in weiteren Tabellenblättern abgelegt werden.

Die Daten-Kennblätter zu den pilothaft ausgearbeiteten Indikatoren liegen dem LfU vor. Sie sind nicht zur Veröffentlichung bestimmt.

4 Schlussfolgerungen aus der Machbarkeitsstudie

Die Recherchen und die Ressort- / Fachbehördenabfragen zu den Indikationsmöglichkeiten haben ergeben, dass nach derzeitigem Stand 66 Indikatoren für ein bayerisches Klimaanpassungsmonitoring entwickelt werden können (s. Tab. 1), 45 davon sind Impact-Indikatoren, 21 Response-Indikatoren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Rückmeldungen zum Handlungsfeld Landwirtschaft bis zum Abschluss der Machbarkeitsstudie aus zeitlichen Gründen nicht vollständig erfolgen konnten, aber gerade in diesem Handlungsfeld aller Voraussicht nach noch weitere Möglichkeiten für Indikatoren bestehen. Für das Handlungsfeld Tourismus wird seitens der zuständigen Behörde kein Indikationsbedarf gesehen.

Für das bayerische Indikatorensystem wurde eine annähernde Gleichgewichtung zwischen Impact- und Response-Indikatoren angestrebt. Mit dem derzeitigen Verhältnis von potentiell 46 Impact- und 21 Response-Indikatoren ist dies nicht gegeben. Inwieweit dieser Anspruch aufrechterhalten werden kann, ist fraglich, denn gerade auf der Response-Ebene werden Indikatoren durch andere, nicht klimaanpassungsrelevante Faktoren maßgeblich beeinflusst. Hinzu kommt die Schwierigkeit, Prozesse der Maßnahmenumsetzung mit quantitativen Daten zu beschreiben.

Die Ergebnisse dieser Machbarkeitsstudie liefern eine wichtige Grundlage um nachfolgend über die Einführung eines Klimafolgen- und Klimaanpassungsmonitoringsystems in Bayern und eine darauf basierende Berichterstattung zu entscheiden. Die enge Orientierung am DAS-Indikatorensystem sowie die Berücksichtigung des Umweltindikatorensystems sollen zu einer Reduzierung des Aufwands der Entwicklung und ggf. auch der Fortschreibung beitragen, da möglicherweise Synergieeffekte genutzt werden können.

Bei der pilothaften Umsetzung der Indikatoren im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurde jedoch bereits deutlich, dass einer direkten Übersetzung von DAS-Indikatoren für das bayerische System enge Grenzen gesetzt sind. Letztendlich sind nur vier der 26 umgesetzten Indikatoren, nämlich die Indikatoren R-FW-1 „Mischbestände“, R-LW-1 „Anbau wärmeliebender Sorten“, I-EW-2 „Wetterbedingte Unterbrechungen der Stromversorgung“ und R-BA-1 „Fördermittel für klimawandelangepasstes Bauen und Sanieren“ als eine solche direkte Übersetzung eines DAS-Indikators einzustufen. Aus dem Dargestellten ergibt sich, dass selbst im Falle einer Anlehnung an die bereits ausgearbeiteten DAS-Indikatoren ein z. T. größerer Aufwand erforderlich ist, um diese Indikatoren für Bayern verwendbar zu machen. Jede auch noch so geringe Modifikation erfordert Datenrecherchen, Erprobungen zur Datenauswertung und -darstellung sowie das Anpassen von Indikator- und Daten-Kennblättern zur Dokumentation. Neuentwicklungen von Indikatoren ermöglichen es jedoch, auch ganz gezielt auf die Erfordernisse und Indikationsmöglichkeiten in Bayern abzuheben, und sollten daher nicht außer Acht gelassen werden.

5 Literaturverzeichnis

ARBEITSKREIS KLIWA [Hrsg.] (2003): Langzeitverhalten der mittleren Abflüsse in Baden-Württemberg und Bayern. – KLIWA-Berichte, Heft 3, 93 S.

ARBEITSKREIS KLIWA [Hrsg.] (2009): Auswirkung des Klimawandels auf Niedrigwasserverhältnisse in Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz. Untersuchungen an ausgewählten Pegeln und Gewässerstellen. – KLIWA-Berichte, Heft 14, 114 S.

ARBEITSKREIS KLIWA [Hrsg.] (2011a): Langzeitverhalten von Grundwasserständen, Quellschüttungen und grundwasserbürtigen Abflüssen in Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz. – KLIWA-Berichte, Heft 16, 148 S.

ARBEITSKREIS KLIWA [Hrsg.] (2011b): Klimawandel in Süddeutschland - Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen Klimamonitoring im Rahmen der Kooperation KLIWA. – Monitoringbericht 2011, 40 S.

ARBEITSKREIS KLIWA [Hrsg.] (2016): Klimawandel in Süddeutschland - Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen Klimamonitoring im Rahmen der Kooperation KLIWA. – Monitoringbericht 2016, 60 S.

BAYERISCHE STAATSREGIERUNG [Hrsg.] (2015): 17. Raumordnungsbericht. Bayern 2008 – 2012. – 126 S., München.

BAYERN TOURISMUS MARKETING GMBH [Hrsg.] (k.A.): Tourismus in Bayern. Statistiken & Zahlen. 32 S., München

BLAG KLINA – BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT „KLIMA, ENERGIE, MOBILITÄT – NACHHALTIGKEIT“ (2014): 5. Erfahrungsbericht 2014 zu umweltbezogenen Nachhaltigkeitsindikatoren. – https://indikatoren-ianuv.nrw.de/iki/freidok/Endfassung5EB_TechnischerBericht_e42.pdf

HLNUG – HESSISCHES LANDESAMT FÜR NATURSCHUTZ, UMWELT UND GEOLOGIE [Hrsg.] (2016): Auswirkungen des Klimawandels beobachten – Klimafolgenmonitoring. – Klimawandel in Hessen, Wiesbaden, 23 S.

LANUV – Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen [Hrsg.] (2016): Klimawandel und Klimafolgen in Nordrhein-Westfalen. Ergebnisse aus den Monitoringprogrammen 2016. – LANUV-Fachbericht 74, 103 S., Recklinghausen.

LGL – BAYERISCHES LANDESAMT FÜR GESUNDHEIT UND LEBENSMITTELSICHERHEIT [Hrsg.] (2014): Gesundheitsindikatoren der Gesundheitsberichterstattung. – www.lgl.bayern.de/gesundheit/gesundheitsberichterstattung/gesundheitsindikatoren/index.htm (Abruf am 22.03.2017)

LFU – BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ [Hrsg.] (2004): Umweltindikatoren. Weiterentwicklung des Umweltindikatorensystems Bayern, 74 S., Augsburg

LFU – BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT [Hrsg.] (2008): Leben mit dem Fluss. Hochwasser im Spiegel der Zeit. – UmweltBasis, 98 S., Augsburg.

LFU [Hrsg.] (2011): Den Boden fest im Blick – 25 Jahre Bodendauerbeobachtung in Bayern. Fachtagung am 13. Oktober 2011. – UmweltSpezial, 90 S., Augsburg.

- LFU [Hrsg.] (2012): Untersuchung der Wirkung des Klimawandels auf biotische Systeme in Bayern mittels Flechtenkartierung. Abschlussbericht. Überarbeitete Fassung vom Januar 2012. – 89 S., Augsburg.
- LFU [Hrsg.] (2014a): Beeinflusst der Klimawandel die Jahreszeiten in Bayern? Antworten der Phänologie. – UmweltSpezial, 35 S., Augsburg.
- LFU [Hrsg.] (2014b): Gewässerkundlicher Jahresbericht 2013. – 45 S., Augsburg.
- LFU [Hrsg.] (2015a): Gewässerkundlicher Jahresbericht 2014. – 43 S., Augsburg.
- LFU [Hrsg.] (2015b): Umweltbericht Bayern 2015. – 95 S., Augsburg.
- LFU [Hrsg.] (2016): Gewässerkundlicher Jahresbericht 2015. – 52 S., Augsburg.
- LFU [Hrsg.] (2017): Umweltindikatoren (Aktualisierung März 2017). – <https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/indikatoren/index.htm> (Abruf: 01.08.2017)
- LFU [Hrsg.] (2017): Satellitengestützte Erfassung der Bodenversiegelung in Bayern 2015. – 71 S., Augsburg
- LIKI – LÄNDERINITIATIVE KERNINDIKATOREN [Hrsg.] (2017): Indikatoren (Aktualisierung Juli 2017). – <https://indikatoren-ianuv.nrw.de/liki/index.php?mode=liste&aufzu=0> (Abruf am 01.08.2017)
- LWF – BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT [Hrsg.] (2005): Die zweite Bundeswaldinventur 2002: Ergebnisse für Bayern. – LWF Wissen 49, 102 S., Freising.
- LWF [Hrsg.] (2010): Bodenzustandserhebung 2006-2009. – LWF aktuell 78. 60 S., Freising.
- LWF [Hrsg.] (2014): Nachhaltig und naturnah. Wald und Forstwirtschaft in Bayern. Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur 2014. – LWF-Spezial, 33 S., Freising.
- LWF (2015): Eichenprozessionsspinner – Gefahr für Wald und Mensch. Eichenprozessionsspinner Verbreitungsnachweis 2015. – www.lwf.bayern.de/waldschutz/monitoring/066204/index.php (Abruf am 22.03.2017)
- MARTONE, O. 2013: Die Methode der Trendanalyse. In: Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder: 77-88.
- SCHÖNTHALER, K.; VON ANDRIAN-WERBURG, S.; VAN RÜTH, P.; HEMPEN, S. [ed.] (2015): Monitoringbericht 2015 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung. Umweltbundesamt. – 256 S., Dessau-Roßlau.
- SCHÖNTHALER, K. & VON ANDRIAN-WERBURG, S. (2015): Evaluierung der DAS – Berichterstattung und Schließung von Indikatorenlücken. Climate Change 13/2015. – 96 S., Dessau-Roßlau.
- STEIGER, R. (2013): Auswirkungen des Klimawandels auf Skigebiete im bayerischen Alpenraum. – 35 S., Innsbruck.
- STMELF – BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN [Hrsg.] (2012): Bayerischer Agrarbericht 2012. (Stand Juni 2012). – www.agrarbericht-2012.bayern.de/politik-strategien/index.html (Abruf am 22.03.2017)
- STMELF [Hrsg.] (2014): Bayerischer Agrarbericht 2014. (Stand September 2014). – www.agrarbericht-2014.bayern.de/politik-strategien/index.html (Abruf am 22.03.2017)

STMELF [Hrsg.] (2015): Waldbericht 2015. – 87 S., München.

STMELF [Hrsg.] (2016): Bayerischer Agrarbericht 2016. –
www.agrarbericht-2016.bayern.de (Abruf am 28.03.2017)

STMI – BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM DES INNEREN, FÜR BAU UND VERKEHR [Hrsg.] (2014): Brand- und Katastrophenschutz, Technische Hilfe, Rettungsdienst. Feuerwehren in Bayern. Jahresbericht. Berichtsjahr 2013. – 10 S., München.

STMI [Hrsg.] (2015): Brand- und Katastrophenschutz, Technische Hilfe, Rettungsdienst. Feuerwehren in Bayern. Jahresbericht. Berichtsjahr 2014. – 10 S., München.

STMI [Hrsg.] (2016): Brand- und Katastrophenschutz, Technische Hilfe, Rettungsdienst. Feuerwehren in Bayern. Jahresbericht. Berichtsjahr 2015. – 10 S., München.

StMUG – BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT [Hrsg.] (2009): Bayerische Klima-Anpassungsstrategie. – 68 S., München.

STMUG [Hrsg.] (2010): Bayern Arche. Artenschutzbericht Bayern. – 508 S., München.

STMUG [Hrsg.] (2012): Bayerische Gletscher im Klimawandel – ein Statusbericht. – 34 S., München.

STMUV [Hrsg.] (2014): Hochwasserschutz Aktionsprogramm 2020plus. Bayerns Schutzstrategie. – 56 S., München.

STMUV [Hrsg.] (2015a): Klima-Report Bayern 2015. Klimawandel, Auswirkungen, Anpassungs- und Forschungsaktivitäten. – 199 S., München.

STMUV [Hrsg.] (2015b): Flächenverbrauchs-Bericht 2016 (Stand 31.12.2015). –
www.stmuv.bayern.de/themen/boden/flaechensparen/verbrauchsbericht.htm (Abruf am 22.03.2017)

STMUV [Hrsg.] (2016): Bayerische Klima-Anpassungsstrategie. – 218 S., München.

STMWi – BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, INFRASTRUKTUR, VERKEHR UND TECHNOLOGIE [Hrsg.] (2012): Bayerische Energieszenarien 2050. – 149 S., München.

STMWi – BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND MEDIEN, ENERGIE UND TECHNOLOGIE [Hrsg.] (2014): Industriebericht Bayern 2014 mit Branchenreport und Regierungsbezirksprofilen. – 133 S., München.

STMWi [Hrsg.] (2015): Industriebericht Bayern 2015 mit Branchenreport und Regierungsbezirksprofilen. – 137 S., München.

STMWi [Hrsg.] (2016a): Industriebericht Bayern 2016 mit Branchenreport und Regierungsbezirksprofilen. – 92 S., München.

STMWi [Hrsg.] (2016b): Bayerisches Energieprogramm für eine sichere, bezahlbare und umweltverträgliche Energieversorgung. – 68 S., München.

STMWi [Hrsg.] (2017): Industriebericht Bayern 2016 mit Branchenreport und Regierungsbezirksprofilen. – 95 S., München.

WÜHR, F. (2013): Konjunktur hält Forstbetriebe auf Erfolgskurs. Anhaltend gute Binnenkonjunktur beschert bayerischen Forstbetrieben 2011 zum zweiten Mal in Folge gesteigerte Erfolgszahlen. – In: LWF aktuell Ausgabe 93. – 44-46, Freising (Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft).

Danksagung

Das Bayerische Landesamt für Umwelt dankt den beteiligten Institutionen und Fachexperten für die Datenbereitstellung, Zuarbeit und wertvolle Hilfe bei der Entwicklung der Klimafolgen- und Klimaanpassungsindikatoren Bayern.

Beteiligte Institutionen:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit
Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
Bayerisches Landesamt für Statistik
Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr
Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie
Bayerisches Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr
Bayerisches Staatsministerium der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat
Kreditanstalt für Wiederaufbau
Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt
Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen
Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.
Technische Universität München
Deutscher Wetterdienst
Umweltbundesamt

Anhang 1 Beispiel eines Kurz-Kennblattes für Indikationsidee

Für die vorgeschlagenen Indikationsideen (vgl. Tab. 2 bis Tab 15) wurde jeweils ein Kurz-Kennblatt erstellt. Hierzu ein Beispiel:

I-WW-1 Trockenheitsindex

1 Basisinformationen

Verfasser	Bosch & Partner GmbH: Mareike Buth
Zuständigkeit	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Ref. 92 Grundwassermonitoring: N.N.
Letzte Aktualisierung	14.03.2017

2 Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Wasserwirtschaft
Kategorie	Impact
Indikationsfeld	Grundwasser / Grundwasserneubildung (BayKLAS-Thema: Grundwassere)
Thematischer Teilaspekt	Veränderung von Grundwasserständen
Kurzbeschreibung des Indikators (Indikationsidee)	Trockenheitsindex im meteorologischen Sommer (Juni – August) im Zeitraum ab 1951 (ggf. auch kürzer, z.B. ab 1981)

3 Begründung und Interpretation

Kurze Begründung und weitere Informationen	In Bayern liefert das Grundwasser 92 % des Trinkwassers. Die Neubildung qualitativ hochwertigen Grundwassers ist daher eine grundlegende Voraussetzung für eine nachhaltige Trinkwasserbereitstellung. Der Klimawandel beeinflusst die Grundwasserneubildung durch veränderte Temperaturen und Niederschläge: Wegen steigender Temperaturen erhöht sich unter anderem die Verdunstung und damit verringert sich die Versickerung und Grundwasserneubildung. Die veränderten Niederschlagsverhältnisse beeinflussen über den Abfluss an der Oberfläche die Grundwasserneubildung. Während Niederschlagszunahmen in den Wintermonaten tendenziell einen Anstieg der Grundwasserstände vermuten lassen, können Niederschlagsabnahmen in den Sommermonaten zu einer Verringerung der Grundwasserneubildungsrate führen. Eine bayernweite Betrachtung auf Basis modellierter Wasserhaushaltsgrößen ist aufgrund der umfassenden zugrunde liegenden Datenbasis als Indikator sehr aussagekräftig und somit aus fachlicher Sicht gut geeignet. Insbesondere die Entwicklung des Trockenheitsindex im meteorologischen Sommer zeigt sehr gut
--	---

	eine bereits stattfindende Zunahme sommerlicher Trockenperioden auf. Dies stimmt mit der Aussage in der BayKLAS auf S. 36 überein. Eventuell kann dieser Indikator mit dem Indikator I-WW-2 Grundwasserneubildung zusammengeführt werden. Es wird aber darauf hingewiesen, dass es sich um modellierte Daten handelt. Zur regelmäßigen Fortschreibung liegen noch keine Informationen vor.
Referenzen auf andere Indikatoren-systeme	Klimafolgenmonitoring des Bundes: WW-I-1 Mengenmäßiger Grundwasserzustand Klimafolgenmonitoring Baden-Württemberg: I-WH-1 Grundwasserstand und Quellschüttungen Klimafolgenmonitoring Thüringen: I-WW-1 Schwankung des Grundwasserstands Klimafolgenmonitoring Sachsen: I-W3 Entwicklung des Grundwasserstands
Bisherige Darstellungen für Bayern	Nicht bekannt
In der BayKLAS beschriebene Klimawandel-folgen	Während die Grundwasserneubildung (GWN) in der jüngsten Vergangenheit in Südbayern bislang relativ stabil war, wird südlich der Donau eine Abnahme der GWN für die nahe Zukunft vorausgesagt. Die stärksten Rückgänge werden im Sommerhalbjahr auftreten und können zusätzlich durch intensive Nutzung auch bei ergiebigen Grundwasserleitern zu sinkenden Grundwasserständen führen. (S. 36) Der erhöhte Niederschlagseintrag im Winter führt aufgrund der begrenzten Aufnahmefähigkeit des Bodenspeichers nur bedingt zu höheren Grundwasserneubildungsraten, um die sommerlichen Defizite ausgleichen zu können. In einzelnen Landesteilen mit gut durchlässigen Böden und geringen Flurabständen kann der zusätzliche Niederschlagseintrag andererseits während der Wintermonate zu steigenden Grundwasserständen und somit auch zur verstärkten Vernässungsgefahr (→ Bauwesen) führen. (S. 36)
Zielbezüge, Maßnahmen	Sicherung der für die öffentliche Wasserversorgung nutzbaren Grundwasservorkommen durch Vorrang- und Vorbehaltsgebiete in den Regionalplänen (NW_04) Entwicklung von Prognose- und Wasserhaushaltsmodellen zur Abschätzung von Niedrigwasserereignissen und Grundwasserneubildungsraten (NW_08)

4 Technische Informationen

Datenquelle	Voraussichtlich Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Ref. 92
Aufwand	Mittlerer Aufwand, sofern ein passender Trockenheitsindex bereits entwickelt wurde und Anwendung finden kann; die Konzeption ist noch nicht in allen Details klar

Anhang 2 Ausgearbeitete Langversionen der Indikator-Kennblätter

Die Indikator-Kennblätter zu den umgesetzten Pilotindikatoren (vgl. Tab. 16) sind als PDF Teil 2 oder Teil 3 unter www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_klima_00151.htm abrufbar.