

**MINISTERIUM FÜR UMWELT,
KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT
BADEN-WÜRTTEMBERG**

Postfach 10 34 39, 70029 Stuttgart
E-Mail: poststelle@um.bwl.de
FAX: 0711 126-2881

An die
Präsidentin des Landtags
von Baden-Württemberg
Frau Muhterem Aras MdL
Haus des Landtags
Konrad-Adenauer-Str. 3
70173 Stuttgart

Stuttgart 12.06.2018
Name Annegret Heer
Durchwahl 0711 126-1534
Aktenzeichen 5-0141.5/623
(Bitte bei Antwort angeben!)

nachrichtlich

Staatsministerium
Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz

Antrag der Abg. Erikli u. a. GRÜNE
– **Auswirkungen des Klimawandels auf den Bodensee**
– **Drucksache 16/4131**

Ihr Schreiben vom 24. Mai 2018

Sehr geehrte Frau Landtagspräsidentin,

das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft nimmt zu dem Antrag im Einvernehmen mit dem Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz wie folgt Stellung:

Der Landtag wolle beschließen,
die Landesregierung zu ersuchen
zu berichten,

1. *welche Maßnahmen die Landesregierung ergreift, um die Auswirkungen des Klimawandels auf den Bodensee zu erforschen;*

Baden-Württemberg beteiligt sich an verschiedenen Forschungs- und Untersuchungsprojekten zu Auswirkungen des Klimawandels, die auch den Bodensee betreffen:

- „KLIWA – Klimaveränderung und Wasserwirtschaft“ ist eine Kooperation zwischen den Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz sowie dem Deutschen Wetterdienst, um bereits erfolgte und zukünftige Veränderungen des Wasserhaushalts durch den Klimawandel zu untersuchen. Dabei gab es zwei Forschungsprojekte, die sich speziell mit dem Bodensee beschäftigt haben. Das Projekt „Zum Einfluss des Klimas auf den Bodensee“ umfasste einerseits die Auswertung umfangreicher Langzeitdaten zum Bodensee und andererseits wurde das vertikale Zirkulations- und Stoffaustauschverhalten des Bodensees betrachtet. Im Projekt „Modellunterstützte Untersuchungen zum Einfluss des Klimas auf den Bodensee“ wurden mittels eines dreidimensionalen hydrodynamischen Modells die Auswirkungen von veränderten meteorologischen Verhältnissen auf den Bodensee untersucht (siehe auch www.kliwa.de).
- Aktuell wird im Rahmen von KLIWA ein Klimafolgenmonitoring geplant, um physikalische, chemische und biologische Veränderungen von Seen zu erkennen und daraus einen möglichen Handlungsbedarf sowohl für die Seenutzungen als auch für den Schutz der Seeökosysteme ableiten zu können. Das KLIWA-Klimafolgenmonitoring integriert und ergänzt vorhandene Monitoringprogramme. Der Bodensee ist in diesem Monitoring enthalten (siehe auch Antwort zu Frage 3).
- Das Interreg-Projekt „KlimBo – Klimawandel am Bodensee“ hat sich speziell mit dem Bodensee befasst. Hauptziel des Projekts war es, anhand von Literatur, Messkampagnen, Datenauswertung und Modellberechnungen mögliche Folgen für den Bodensee aufgrund klimatischer Veränderungen zu untersuchen. Die Schwerpunkte des Projekts waren der Zusammenhang zwischen hydrodynamischen Prozessen und meteorologischen sowie hydrologischen Verhältnissen, mögliche Folgen und Risiken für die Trinkwasserversorgung und Auswirkungen einer potenziell zunehmenden thermischen Nutzung

des Sees auf das sensible Ökosystem Bodensee (siehe auch www.igkb.org/aktuelles/klimbo-klimawandel-am-bodensee).

2. *wer für das Monitoring der Auswirkungen des Klimawandels auf den Bodensee zuständig ist;*

Für das Land Baden-Württemberg werden die Auswirkungen des Klimawandels auf den Bodensee hinsichtlich der Wasserqualitätsparameter von der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), Institut für Seenforschung (ISF) untersucht. Für fischökologische Untersuchungen ist die Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg (FFS) zuständig.

3. *inwiefern die Monitoring-Maßnahmen zur Überwachung der Auswirkungen des Klimawandels auf den Bodensee seit dem Beschluss der „Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Baden-Württemberg“ im Juli 2015 ausgeweitet wurden;*

Der Bodensee wird aufgrund seiner herausragenden Bedeutung als schützenswerter Naturraum, der vielfältigem Nutzungsdruck unterliegt und aufgrund seiner großen Bedeutung als Trinkwasserreservoir, aus dem die Trinkwasserversorgung von rund vier Millionen Menschen allein in Baden-Württemberg sichergestellt wird, schon seit längerer Zeit mit einem Monitoring-Programm untersucht und seine Gewässerqualität intensiv und routinemäßig überwacht.

Dieses Monitoring umfasst Messprogramme, die im Rahmen der IGKB (Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee) in enger Abstimmung der Länder Baden-Württemberg, Bayern, Österreich, Schweiz und Liechtenstein konzipiert und durchgeführt werden. Es werden Untersuchungsprogramme zur Chemie, Biologie und Physik des Sees in zweiwöchigen bzw. vierwöchigen Routineausfahrten durchgeführt, um eine zeitlich und räumlich adäquat aufgelöste Beprobung und Überwachung des Bodensees zu gewährleisten. Untersucht und beprobt werden dabei die verschiedenen Seeteile des Bodensees: Obersee, Bregenzer Bucht, Gnadensee, Zellersee und Rheinsee. Im Überlinger See werden die Untersuchungen durch die Bodenseewasserversorgung durchgeführt. Das seit den 1960er Jahren etablierte Monitoring-Programm wurde im

Verlauf der Zeit permanent optimiert und stellt in seiner heutigen Form eine wertvolle und für aktuelle Klimaimpaktbetrachtungen im Bodensee unabdingbare Datengrundlage bereit.

Als eine Konsequenz bereits früher durchgeführter Studien zu potenziellen Einflüssen des Klimawandels auf den Bodensee werden bereits seit längerem für den Gewässerzustand des Sees kritische Parameter – Temperatur und Sauerstoff – an besonderen, Indikatorcharakter besitzenden Messpunkten mit kontinuierlich messenden autonomen Sonden erhoben; so zum Beispiel an der tiefsten Stelle des Bodensee-Obersees in 251 m Wassertiefe. Anhand dieser Messungen können kritische Entwicklungen besonders gut und zeitlich hochaufgelöst beobachtet werden.

Basierend auf diesen umfangreichen Monitoring-Aktivitäten wurden seit 2015 weitere, spezifische Anpassungen der Monitoring-Maßnahmen diskutiert und befinden sich derzeit in der Umsetzungsphase. Dieses Vorgehen deckt sich mit dem in der Anpassungsstrategie des Landes vorgeschlagenen Maßnahmenkatalog.

Aktuell wird ein umfangreiches Klimafolgenmonitoring-Programm für den Bodensee und weitere kleine Indikatorseen in Baden-Württemberg eingerichtet, mit dem langfristig die Auswirkungen des Klimawandels auf Seen untersucht werden. Dieses Programm umfasst regelmäßige Messkampagnen für biologische, chemische und physikalische Parameter sowie die Etablierung von zeitlich und räumlich hochauflösenden, kontinuierlich messenden, autonomen Messstationen in Federsee, Titisee, Mindelsee und Bodensee. Dieses Programm wird es ermöglichen, klimabedingte Veränderungen in den vier Seen detailliert abzubilden und Schlussfolgerungen auch für andere Seen abzuleiten. Das Programm wurde im Rahmen des KLIWA-Kooperationsvorhabens konzipiert und wird voraussichtlich noch im Jahr 2018 in die operative Nutzung überführt.

4. *welche Erkenntnisse der Landesregierung zu den bisherigen Auswirkungen des Klimawandels auf den Bodensee, insbesondere zur Temperaturentwicklung und die biologische Vielfalt, vorliegen;*

Die klimatische Erwärmung spiegelt sich in der Temperaturentwicklung am und im Bodensee wider. Die Jahresmittelwerte der Lufttemperatur liegen im Zeitraum 1990-2017 im Durchschnitt um 1,2 °C höher als in den rund drei Jahrzehnten davor; die Wassertemperatur an der Seeoberfläche ist um 1,1 °C wärmer.

Die Temperaturverhältnisse beeinflussen zahlreiche hydrobiologische und hydrochemische Prozesse des Sees und sind zudem maßgeblich für die Schichtungs- und Durchmischungsvorgänge und somit für den vertikalen Stofftransport verantwortlich. Da die Erwärmungstrends in den oberen Schichten stärker sind als in den tieferen Schichten, hat sich die Schichtungsstabilität erhöht. Zudem hat sich die winterliche Abkühlung abgeschwächt, welche maßgeblich für den vertikalen Temperatureausgleich und damit für die vertikale Durchmischung ist. Dies hat einen schwächeren Austausch des Tiefenwassers zur Folge, so dass sich die Sauerstoffverhältnisse über Grund verschlechtern, und kann negative Auswirkungen auf Organismen und Wasserqualitätsparameter haben.

Die Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser des Bodensees stiegen nach der erfolgreichen Reduzierung der Nährstoffbelastung durch Maßnahmen zur Abwasserreinigung und der Reduzierung von diffusen Nährstoffeinträgen auf unkritische Werte über 6 mg/l an. Inzwischen sind jedoch die Auswirkungen des reduzierten Tiefenwasseraustauschs auf den Sauerstoffhaushalt erkennbar: Nach mehreren Jahren schwacher winterlicher Durchmischung wurde im Herbst 2015 im Tiefenwasser erstmals seit 21 Jahren wieder eine Sauerstoffkonzentration unter 6 mg/l gemessen. Im Jahr 2016 sank die Konzentration weiter bis auf 5,2 mg/l. Erst im Februar/März 2018 kam es wieder zu einer guten Durchmischung und Erholung der Sauerstoffwerte.

Eine weitere Folge der Erwärmung ist eine früher einsetzende stabile thermische Deckschicht in den Frühjahrsmonaten. Hiervon wird das Frühjahrswachstum des Phytoplanktons maßgeblich beeinflusst und somit auch das Nahrungsnetz des Sees.

Auch hat der Klimawandel Auswirkungen auf die saisonalen Wasserstände. Aufgrund geringerer Schneespeicherung im alpinen Einzugsgebiet fließt weniger Schmelzwasser im Frühjahr und Sommer in den See ab. Seit den 1990er Jahren ist daher ein im Mittel niedrigerer sommerlicher Wasserstand zu beobachten. Im Winter sind die mittleren Pegelstände dagegen etwas gestiegen. Auswirkungen hat dies besonders auf ufernahe Ökosysteme in der Flachwasserzone.

Zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt im Bodensee gibt es aktuell noch keine gesicherten Erkenntnisse und Prognosen. Nach einer Literaturstudie (www.kliwa.de/download/Literaturstudie-Seen-2015.pdf) führt der Klimawandel für Seen allgemein durch den Verlust der Kaltwasserspezies zu einem Diversitätsverlust. Andererseits können sich bestimmte Arten gut an veränderte Umweltbedingungen anpassen, sodass diese Arten an Bedeutung gewinnen könnten. Der Klimawandel ist dabei nicht die einzige Gefahr für die biologische Vielfalt von Seen. In einer globalen Betrachtung wurden hierfür die Ausbreitung von Neobiota und die Art der Landnutzung als Hauptgefahr erkannt. Für den Bodensee wird in den aktuell laufenden Forschungsprojekten Interreg Projekt „SeeWandel“ (siehe Antwort zu Frage 5) und DFG (Deutsche Forschungsgesellschaft)-Projekt RTG R3 (www.rtg-resilience.uni-konstanz.de, Universität Konstanz) untersucht, wie sich der Klimawandel und weitere Faktoren auf die biologische Vielfalt auswirken.

5. *welche Maßnahmen die Landesregierung ergreift, um auf die prognostizierten Auswirkungen des Klimawandels auf den Bodensee zu reagieren;*

Die Landesregierung setzt sich auf nationaler und internationaler Ebene dafür ein, den Bodensee in einem naturnahen, nährstoffarmen Zustand zu halten. Höhere Nährstoff-, vor allem Phosphat-Konzentrationen im See würden die Primärproduktion verstärken und den Sauerstoffbedarf in grundnahen Wasserschichten erhöhen. Auch würden höhere Nährstoffkonzentrationen wegen der klimabedingten Änderung im Mischungs- und Schichtungsverhalten des Sees ein großes Risiko darstellen. Die tiefen Wasserschichten werden immer häufiger nicht mehr von der winterlichen Zirkulation des Sees erfasst, sodass dort der Nachschub an lebensnotwendigem Sauerstoff vermindert ist. Dieser Trend wird im Zuge der weiteren Erwärmung der Bodenseeregion anhalten und sich voraussichtlich noch verstärken.

Dass der Bodensee diese Entwicklung bislang recht gut verkraftet, ist darauf zurückzuführen, dass rechtzeitig aufwendigen Reinhaltmaßnahmen der Länder und Kantone im internationalen Einzugsgebiet des Bodensees eingeleitet wurden. Dadurch hat sich sein Nährstoffgehalt weitgehend den natürlichen Verhältnissen angenähert, was das Wachstum von Tieren und Pflanzen begrenzt. Ansonsten würden deren auf den Seegrund absinkende Überreste dort von Mikroorganismen unter Sauerstoffverbrauch abgebaut werden.

Im Rahmen der Nutzbarmachung des großen Wärme- bzw. Kältepotenzials des Bodensees für alternative Energienutzungen wurden in einer länderübergreifenden Arbeitsgruppe der IGKB detaillierte Vorgaben definiert, um Auswirkungen des Klimawandels verstärkende Effekte auf den See durch diese neue, regenerative Energienutzung auszuschließen. Auf der Grundlage eines Teilprojektes des Interreg-Forschungsprojektes KlimBo (siehe auch Antwort zu Frage 1) zu den Auswirkungen von Kälte- und Wärmenutzungen im Bodensee wurden strenge Vorgaben für diese alternativen Nutzungen von Wärmeenergie aus dem Bodensee gemacht und in der aktualisierten Version der Bodenseerichtlinien von 2005 (mit Änderungen vom 13.05.2014) für die Anrainerländer geregelt.

Um die Auswirkungen des Klimawandels in Anbetracht weiterer Einflussfaktoren besser zu verstehen, wurde von der IGKB ein Forschungsprojekt initiiert. Das ISF, FFS und fünf weitere Institute aus dem In- und Ausland untersuchen in dem Interreg-geförderten interdisziplinären Forschungsprojekt „SeeWandel Leben im Bodensee – gestern, heute und morgen“, welche Bedeutung Nährstoffrückgang, Klimawandel, Neobiota und andere Stressfaktoren für das Ökosystem, seine Biodiversität und Funktionsweise sowie die menschliche Nutzung am See haben. Das Projekt läuft noch bis Juni 2022 (www.seewandel.org).

6. *wie die Landesregierung die prognostizierten Auswirkungen des Klimawandels auf den Bodensee im Zusammenhang mit der Sicherstellung der Trinkwasserversorgung Baden-Württembergs bewertet;*

Im Rahmen des Interreg-Projektes „KlimBo – Klimawandel am Bodensee Risikobewertung“ wurde eine Literaturstudie und Risikobewertung zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Trinkwassergewinnung vorgenommen. Eine Abschätzung der möglichen Folgen von klimatischen Veränderungen lässt

keine gravierenden Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung erkennen. Die zu erwartenden Wechselwirkungen und Prozessabläufe gleichen denen in der Vergangenheit und damit liegen hinreichende Erfahrungen der Wasserversorger vor. Sie können z.B. mit den Folgen von Hochwasserereignissen und langen trockenen und heißen Perioden umgehen. Dennoch ist es wichtig, Anpassungsmaßnahmen an die sich verändernden klimatischen Bedingungen zu treffen, etwa im Hinblick auf die Hochwassersicherheit von Versorgungsanlagen.

Auch wenn die Klimaveränderung zu Veränderungen der Rohwasserqualität führen kann, wird davon ausgegangen, dass die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung weiterhin gewährleistet bleibt. Nicht auszuschließen ist aber, dass die Rohwasseraufbereitung aufwendiger wird und dadurch höhere Kosten entstehen.

7. *wie die Landesregierung die prognostizierten Auswirkungen des Klimawandels im Zusammenhang mit den im Bodensee lebenden Fischarten bewertet;*

Steigende Wassertemperaturen, vor allem im Frühjahr und Sommer, werden zukünftig vermutlich die Entwicklung von wärmetoleranten karpfenartigen Fischen begünstigen. Ein Hinweis darauf gibt der Anstieg des Karpfenbestandes nach dem Hitzejahr 2003.

Die kälteliebenden im Bodensee lebenden Fischarten können durch zukünftige Entwicklungen negativ beeinflusst werden. Diese Fischarten, zu denen Felchen, Seeforelle, Trüsche und Seesaibling zählen, benötigen unter anderem relativ niedrige Sommer- und kalte Wintertemperaturen, um weiterhin stabile Bestände im See bilden zu können. Neben dem Anstieg der Wassertemperatur sind weitere Ökosystemprozesse, wie die ausbleibende Vollzirkulation des Bodensees im Winter und ein daraus resultierender niedriger Sauerstoffgehalt, Faktoren, welche die Entwicklung der Eier von Felchen und Saiblingen am Seegrund beeinträchtigen können.

Belastbare Vorhersagen zu den Interaktionen zwischen dem Gesamtnahrungsangebot im Bodensee und möglichen Veränderungen der Fischartenzusammensetzung im Zuge des Klimawandels sind komplex und bedürfen genauerer

Betrachtung. Aktuell wird zu der Frage der Veränderung des Ökosystems Bodensee in zwei großen Verbundvorhaben (Interreg-Projekt „Seewandel“, DFG-Projekt „RTG R3“) geforscht, die eng vernetzt diese komplexe Problematik beleuchten.

8. *wie die Landesregierung die prognostizierten Auswirkungen des Klimawandels auf die Algenproduktion im Bodensee und die daraus resultierenden Auswirkungen auf das gesamte Ökosystem im Bodensee bewertet;*

Die in der Antwort zu Frage 4 dargestellten, sich verändernden Bedingungen durch den Klimawandel im Bodensee werden auch Auswirkungen auf Flora und Fauna im See haben. Es ist daher davon auszugehen, dass sich die Zusammensetzung des Phytoplanktons durch den Klimawandel ändern wird. Diese ist jedoch von Jahr zu Jahr stark unterschiedlich und von vielen weiteren Faktoren abhängig, u.a. von den Startbedingungen im See und der Witterung im Frühjahr. In Einzelfällen gibt es Anzeichen, dass bestimmte Arten vom Klimawandel profitieren, insbesondere die Cyanobakterien. So könnte z.B. das Cyanobakterium *Planktothrix rubescens* (*P. rubescens*), besser bekannt als Burgunderblutalge, von der unzureichenden vertikalen Zirkulation im Bodensee begünstigt werden. *P. rubescens* kann aufgrund ihrer Toxine eine Gefährdung für Wasserlebewesen darstellen.

Allgemein gibt es aus heutiger Sicht für den Bodensee keine gesicherten Erkenntnisse zum Zusammenhang zwischen Algenproduktion und Klimawandel. Fragestellungen, die sich mit Auswirkungen des Klimawandels auf *P. rubescens* und Phytoplankton allgemein im Bodensee beschäftigen, sind Teil des in der Antwort zu Frage 5 und Frage 7 beschriebenen Projekts „SeeWandel“.

9. *wie die Landesregierung vor dem Hintergrund der prognostizierten Auswirkungen des Klimawandels auf den Bodensee die Risiken bewertet, die von sogenannten „invasiven Arten“ (Neobiota) ausgehen.*

Von der Landesregierung werden verschiedene Maßnahmen zur Risikoabschätzung von Neobiota allgemein und Neobiota im Kontext des Klimawandels gefördert. Dazu zählen ein Neobiota-Monitoring-Programm, ein Projekt des Förderprogramms KLIMOPASS, eine Literaturstudie im Rahmen des länderübergreifenden KLIWA-Projekts und das Interreg-Projekt „SeeWandel“.

Im Rahmen eines für den Bodensee etablierten Neobiota-Monitorings werden seit 2003 regelmäßige seeumfassende Screenings durchgeführt, um das Auftreten invasiver Neobiota zu beobachten und deren raum-zeitliche Ausbreitung zu verfolgen (www.neozoen-bodensee.de).

Im Rahmen des Förderprogramms „KLIMOPASS – Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg“ wurde das Projekt „Invasive Arten als Fischnahrung im Bodensee“ gefördert. Ziel des Projekts war die Untersuchung, ob und inwieweit die Fische des Bodensees invertebrate Neozoen, insbesondere die Donau-Schwebegarnele und den Höckerflohkrebs, als Nahrung nutzen können. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen, dass vor allem am Gewässerboden (benthisch) lebende Fischarten (Barsche) Neozoen fressen. Ob durch diese neue Nahrungsquelle die Barscherträge sich stabilisieren oder eventuell sogar steigen, können nur längerfristige Untersuchungen zeigen.

Im KLIWA-Kooperationsvorhaben wurde die Literaturstudie „Einfluss des Klimawandels auf Seen – Literaturobwertungsstudie im Rahmen des Kooperationsvorhabens KLIWA“ (siehe Antwort zu Frage 4) erstellt, die unter anderem die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels und entsprechender Neobiota thematisiert. Bisher ungeklärt ist nach dieser Literaturstudie, inwieweit die Gefährdung durch Neobiota durch den Klimawandel verstärkt wird. Es ist möglich, dass sich bei steigender Temperatur vermehrt invasive Arten im Bodensee etablieren. Insgesamt werden kälteempfindliche und wärmeliebende Arten von einer Klimaerwärmung profitieren. Die Auswirkungen auf das komplexe Ökosystem sind jedoch nur schwer prognostizierbar.

Eine abschließende Bewertung der Risiken, die von Neobiota im Kontext des Klimawandels ausgeht, kann aktuell noch nicht gegeben werden. Eine weitergehende Analyse potenzieller Risiken von Neobiota infolge des Klimawandels wird durch das Interreg-Projekt „SeeWandel“ vorgenommen werden.

Mit freundlichen Grüßen



Franz Untersteller MdL
Minister für Umwelt,
Klima und Energiewirtschaft