

Wasserknappheit in Kalifornien aufgrund des Klimawandels



Cesar-Klein-Schule Ratekau
Projekt: Klimawandel
Geographie - 11.Jg.
Herr Hack

von Hannah Schröder, Alina Wollesen und Merle Makoben

Leitfrage: Inwiefern beeinflusst der Klimawandel die Dürre in Kalifornien und welche Folgen resultieren daraus?

Inhaltsverzeichnis

I.	Problematik	2
II.	Ursachen der Wasserknappheit	3
III.	Folgen des Wassermangels in Kalifornien	8
	III.1 Folgen für die Landwirtschaft	8
	III.2 Folgen für die Stauseen	12
	III.3 Waldbrände	13
IV.	Lösungsansätze	13
	IV.1 Verstöße bestrafen	13
	IV.2 Grundwasser	14
	IV.3 Wasseraufbereitung	15
	IV. 4 SWP	16
	IV. 5 Landwirtschaft	17
V.	Prognosen	17
VI.	Fazit	20
	Quellenverzeichnis	21

I. Problematik

In der Projektarbeit zum Oberthema „Klimawandel“ haben wir uns mit dem Thema „Wasserknappheit in Kalifornien“ beschäftigt. Unsere Leitfrage, die wir zu beantworten versuchen, lautet: „Inwiefern beeinflusst der Klimawandel die Dürre in Kalifornien und welche Folgen resultieren daraus?“ Ein großes Problem, das der Klimawandel mit sich bringt, ist der Wassermangel. Es ist global zwar genügend Wasser vorhanden, jedoch ist davon zu wenig Trinkwasser.

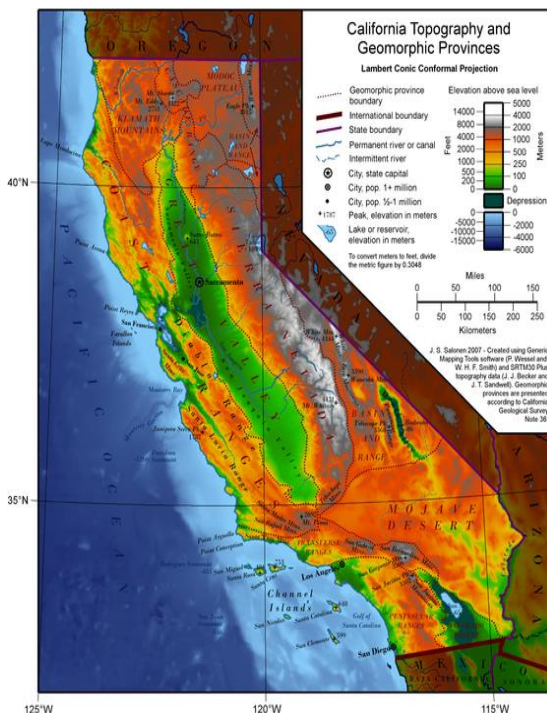


Abb. 1: US-Bundesstaat Kalifornien

Besonders kritisch ist es in Kalifornien, wo die Menschen eine Art „Jahrhundertdürre“ erleben¹. Diese betrifft besonders die Bevölkerung und die Landwirtschaft sowie deren Produktion.

Kalifornien ist der flächenmäßig drittgrößte und der bevölkerungsreichste Bundesstaat der USA. Die Fläche beträgt insgesamt 423.970 km². Kalifornien weist eine Länge von über 1.231 Kilometern zwischen 32° 30' N und 42° N auf und eine Breite von 400 Kilometern zwischen 114° 8' W und 124° 24' W. Das Land grenzt an den Pazifischen Ozean, die Bundesstaaten Oregon, Nevada und Arizona sowie den mexikanischen Bundesstaat Baja California.² In

Kalifornien sind je nach Region subtropisches (Südküste), arides (Mojawewüste und Death Valley) oder kontinentales Klima im Landesinneren zu finden.

II. Ursachen der Wasserknappheit

Im Folgenden soll die Frage, warum Kalifornien in eine solche Situation geriet und was die Dürre verursachte, beantwortet werden.

¹ USA: Jahrhundertdürre - Kalifornien ohne Wasser, 12.03.15 <http://www.ardmediathek.de/tv/Weltspiegel/USA-Jahrhundertd%C3%BCrre-Kalifornien-ohne/Das-Erste/Video?documentId=23764290&bcastId=329478/>

² Kalifornien: letzter Aufruf 12.03.15 <http://de.m.wikipedia.org/wiki/Kalifornien>

Wasserknappheit in Kalifornien

Kalifornien . sThe golden state of America%o liegt an der Westküste der USA und genießt einen sehr hohen Beliebtheitsgrad. Die Lage und die klimatischen Voraussetzungen sind ideal für Touristen, aber auch sehr beliebt zum Wohnen. Der kalifornische Winter ist allgemein mild und im Sommer herrschen sehr hohe Temperaturen. Dadurch werden jedes Jahr mehr als 16 Millionen Touristen nach Kalifornien gelockt.³

Leider gilt die Regel: Je reicher ein Land ist und je mehr Tourismus es gibt, desto höher ist der Wasserverbrauch.⁴ Genau das kann Kalifornien im Moment gar nicht gebrauchen. Denn Touristen, die ihren Wasserverbrauch nicht bezahlen müssen, sind eher dazu geneigt mehr Wasser zu verschwenden. Doch nicht nur der Tourismus ist ein Faktor für die Wasserknappheit.

Die einheimische Bevölkerung verhält sich in puncto Wasserverbrauch auch nicht vorbildlich. Die problematische Situation in Kalifornien liegt zum Teil an der Einstellung der Einwohner, und auch an dem Bevölkerungswachstum des Staates. Die Einwohnerzahl steigt, trotz der Dürren, die Kalifornien immer wieder erlebt. Mittlerweile liegt diese bei rund 38 Millionen.⁵ Je höher die Zahl steigt, desto dramatischer wirkt sich die Situation auf die Zukunft aus, denn bei vielen Amerikanern hat sich noch kein Bewusstsein herausgebildet, dass Wasser sparen ein Gebot der Stunde sein müsste.

Die USA gelten als ein sehr reiches Land. Viele Bürger sind daran gewöhnt zu jeder Zeit Zugriff auf so viel Wasser zu haben, wie sie möchten. Es ist für viele ein Zeichen von Wohlstand. Die technischen Geräte sind nicht darauf ausgelegt Wasser sparend zu arbeiten. Das führt dazu, dass der allgemeine Wasserverbrauch eines normalen Bürger der USA einer der Höchsten der ganzen Welt ist. Im Vergleich: In Deutschland verbraucht jeder Einwohner im Durchschnitt insgesamt ca. 1426m³ Wasser pro Jahr. In Amerika hingegen ca. 2842m³ pro Jahr.⁶

Nicht nur Touristen schätzen das warme, sonnenreiche Klima im sGolden State%oFür die Landwirtschaft der USA ist Kalifornien extrem wichtig. Obwohl die LW-Flächen des Staats nur 3% der gesamten Landwirtschaftsfläche der USA ausmacht, ist er doch für 55% des Ertrages von Obst, Gemüse und Nüssen der gesamten USA zuständig. Rund 400

3 California Statistics & Trends: <http://industry.visitcalifornia.com/Find-Research/California-Statistics-Trends/>

4 Spiegel Online: Drohende Wasserknappheit . Verschwendet, verdreht, verdunstet: <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/drohende-wasserknappheit-verschwendet-verdreht-verdunstet-a-793784.html>

5 Wang, S-Y., et al. "Probable causes of the abnormal ridge accompanying the 2013. 2014 California drought: ENSO precursor and anthropogenic warming footprint." Geophysical Research Letters 41.9 (2014): 3220-3226.

6 BR Wissen (2012): Wie viel Wasser wir verbrauchen: <http://www.br.de/themen/wissen/wasserverbrauch-virtuelles-wasser-fussabdruck100.html>

Wasserknappheit in Kalifornien

verschiedene Nutzpflanzen werden in Kalifornien angebaut.

Aber wieso ist gerade Kalifornien so ideal für den Anbau?

Das Klima ist grundsätzlich günstig, jedoch ist Kalifornien im Hinterland eigentlich zu trocken, um große Mengen an Nutzpflanzen anzubauen. Das heißt, der Staat ist von Natur aus trocken und es wird zunehmend mehr Wasser für die landwirtschaftliche Bewässerung gebraucht, als vorhanden ist. Ein erster Versuch, dieses Problem zu lösen wurde 1931 von der amerikanischen Regierung mit dem 'Central Valley Projekt' begonnen. Die Amerikaner installierten riesige Bewässerungssysteme und transportierten das Wasser so von niederschlagsreicheren Regionen, z.B. dem nördlicheren Kalifornien, zum niederschlagsärmeren Central Valley. In den niederschlagsreichen Regionen wurden Flüsse aufgestaut und so Wasser gespeichert, damit man im Süden das ganze Jahr über Obst, Gemüse und Nüsse anbauen konnte.⁷



Abb. 2: Enterprise Bridge über den Lake Oroville, 16.1.2014

Das Problem der Kalifornier im Jahr 2015 besteht nun darin, dass eine Dürre bereits lange anhält und dass die Reserven aufgebraucht sind. Stauseen und Flüsse sind ausgetrocknet, es gibt kaum Wasser mehr, welches von Norden nach Süden transportiert werden kann.

Die Frage, die sich bei dieser Beobachtung stellt, ist: Wieso ist Kalifornien überhaupt in diese Situation gekommen?

Die Ursache ist in einem Hochdruckrücken zu suchen, der sich über dem Westen Nordamerikas ausgebreitet hat. Ein Hochdruckrücken ist ein großes Gebiet, welches von Luftmassen mit hohem Luftdruck beeinflusst wird. Der Unterschied zu einem 'normalen'

⁷ Top agrarONLINE (2012): Landwirtschaftswunder im Central Valley:
<http://www.topagrar.com/tagebuch/Landwirtschaftswunder-im-Central-Valley-953709.html>

Wasserknappheit in Kalifornien

Hoch ist, dass ein Hochdruckrücken nicht komplett von tiefem Luftdruck umschlossen ist, sondern ein großes, relativ stabiles Gebilde darstellt, das sich kaum bewegt. Außerdem befindet sich dieser Hochdruckrücken in ca. 4000 m Höhe, im Gegensatz zu einem normalen Hoch.⁸ Der ungewöhnliche Rücken verhindert, dass Tiefdruckgebiete, die in den Wintermonaten normalerweise auftreten, Kalifornien erreichen. Diese Tiefdruckgebiete sorgen eigentlich dafür, dass genug Regen fällt, um die Wasserreserven wieder aufzubessern. In der Region der Sierra Nevada fällt der Niederschlag in Form von Schnee, der so die Vorräte schafft, die erst im Sommer abschmelzen, und so die Wasserversorgung für den Sommer sichert. Nicht so jedoch in den Wintern 2013 und 2014. Die Drucksituation war ungewöhnlich, die Niederschläge blieben aus.

Da ein solches Ereignis außerordentlich selten ist, wurde der Hochdruckrücken in der amerikanischen Presse bereits *ridiculously resilient ridge* getauft, was auf Deutsch soviel bedeutet wie lächerlich widerstandsfähiger Hochdruckrücken.

Um zu erklären, wie ein solcher Rücken entsteht, sollte zu allererst der Jetstream betrachtet werden. Der Jetstream ist ein Starkwindband, welches sich um die ganze Erde zieht und mit einer Höchstgeschwindigkeit von bis zu 360km/h weht. Er tritt in der oberen Troposphäre bis zur Stratosphäre auf. Für die Erklärung der klimatischen Ausnahmesituation über Kalifornien ist der Polarfrontjetstream von Bedeutung.

Ursache für den Jetstream sind größere Temperaturgegensätze und die daraus folgenden Luftdruckgegensätze, die durch unterschiedliche Druckverhältnisse auf der Erde entstehen. An Orten wo der Gegensatz besonders groß ist, entsteht ein Jetstream (das ist dort, wo die Tropopause, die Grenzschicht zwischen Troposphäre und Stratosphäre, auf relativ kurzer Strecke deutlich niedriger wird). Dies geschieht in etwa 10 km Höhe. Durch die Corioliskraft werden diese Winde im Norden nach rechts abgelenkt und werden somit zu Westwinden.

Ein weiteres Phänomen um den Jetstream ist, dass dieser zum Mäandrieren neigt (= er bildet wellenförmige Schlingen, s. Abb. 3). Die schlingenförmige Wellenbewegung des Jetstreams nennt man Rossby-Welle. Von Norden dringt die kalte Luft der Pole in die Schlingen hinein. In entgegengesetzter Richtung strömt die warme Luft des Äquators in die nach Norden gebildeten Schlingen. Die Warm- und Kaltluft wird dort vermischt.⁹

⁸ Wetteronline: Hochdruckrücken . Wetterlexikon:
<http://www.wetteronline.de/wetterlexikon?topic=hochdruckruecken>

⁹ Klima-der-erde.de: Die außertropische Zirkulation der Atmosphäre:http://www.klima-der-erde.de/zirk_polar-jet.html

Wasserknappheit in Kalifornien

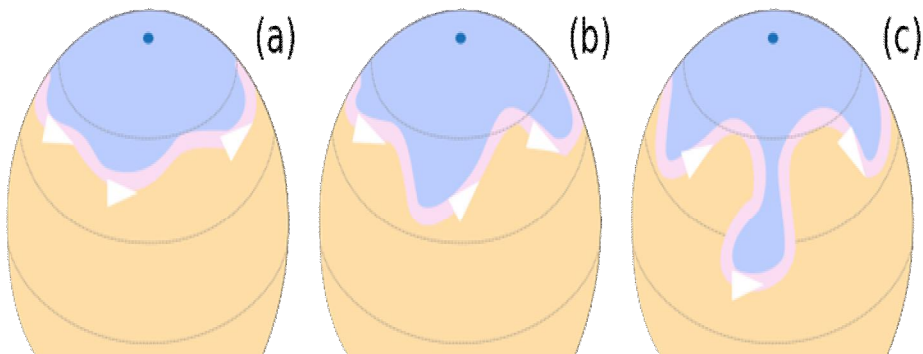


Abb. 3: Entwicklung einer mäandrierender Rossbywelle

Gleichzeitig mit dem Mäandrieren des Jetstreams in der Höhe tritt ein Tiefdruckwirbel (Zyklone) in Bodennähe auf. Der Jetstream reißt die unteren Luftmassen also mit sich. Die aufsteigende Luft aus dem Tief vermischt sich mit dem Jetstream und andersrum sinkt die Luft aus dem Jetstream ab und es bildet sich ein Hochdruckgebiet (Anti-Zyklone). Vereinfacht kann man also sagen, dass sich nördlich der Schlingen, die sich nach Süden bilden, stets ein dynamisches Tiefdruckgebiet bildet und dass sich südlich der Schlingen, die sich nach Norden bilden, ein dynamisches Hochdruckgebiet bildet. Das gilt allerdings nur für die Nordhalbkugel.

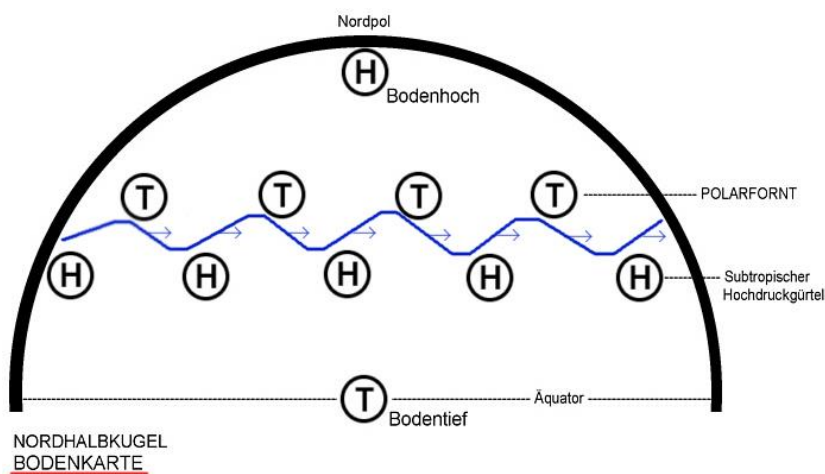


Abb. 4: Schaubild Jetstream und wandernde Druckgebiete

Dieser Prozess hat in sehr starker Ausprägung im Spätsommer 2013 auf Höhe von Alaska ein Hochdruckgebiet gebildet, das sehr ortstabil war. Im folgenden Winter wurde es noch verstärkt, was die oben geschilderte verheerende Folgen nach sich gezogen hat.

Durch Untersuchungen mit dem Community Earth System Model (CESM), ein System, welches die Ursachen der Dürre durch Szenarien feststellen soll, konnten Forscher herausfinden, dass die beschriebenen Ereignisse anthropogenen Ursprungs sind. Das bedeutet, dass der Klimawandel, der durch den Menschen verursacht wird, für die Dürre in

Wasserknappheit in Kalifornien

Kalifornien verantwortlich ist. Die Forscher stellten zwei Szenarien einander gegenüber. Bei der einen Simulation wurden heutige Treibhausgaswerte vorgegeben, bei der anderen Simulation wurden Werte von vor 200 Jahren genutzt. Das Ergebnis des Vergleichs zeigte, dass ein solcher Hochdruckrücken, wie er im Jahr 2013 über Kalifornien zu finden war, mit den heutigen Werten des Treibhausgases dreimal sooft entstehen würde, wie mit den Werten von noch vor 200 Jahren, vor der Industrialisierung.¹⁰ Das lässt die Vermutung zu, dass Kalifornien eine solche Dürre erfahren muss, weil der Mensch in das Klimasystem eingreift und das sensible Zusammenspiel in der Natur beeinflusst.

III. Folgen des Wassermangels in Kalifornien

Um den Menschen die Augen zu öffnen, welche gravierenden Folgen solch eine gravierende Dürre nach sich zieht, sollen nun im Einzelnen ausgewählte Folgen erläutert werden.

Der ganze Staat Kalifornien leidet im Jahr 2013 unter der Rekord-Dürre. Jedoch sind seit 14 Jahren insgesamt betrachtet, nicht mehr sonderlich viele Niederschläge gefallen, was eine Langzeitaufzeichnung, welche bis in das Jahr 1895 zurückgreift, bewies.¹¹ Doch innerhalb der letzten drei Jahre hat sich die Situation zugespitzt und es fielen so gut wie gar keine Niederschläge mehr. Daher beherrscht die Trockenheit Kalifornien. Deswegen müssen die Bevölkerung, insbesondere die Landwirte, nachhaltiger und bewusster mit dem Wasser umgehen.

Notwendig erscheint, dass ein Gefühl für nachhaltiges Wirtschaften vermittelt werden müsste und dass die Gier nach den bestmöglichen Erträgen in den Griff bekommen werden muss. Man benötigt daher eine konstruktive Zusammenarbeit zwischen Landwirtschaft und Umweltschutz.

III.1 Folgen für die Landwirtschaft

Die Landwirte sind von der Dürre am meisten betroffen, da sie alleine 80 % des Wassers

¹⁰ Süddeutsche Zeitung (2014): Klimawandel begünstigt Dürre in Kalifornien
<http://www.sueddeutsche.de/wissen/hitzeperiode-in-usa-klimawandel-beguenstigte-duerre-in-kalifornien-1.2151656>

¹¹ Charisius, Hanno(2014):<http://www.sueddeutsche.de/wissen/duerre-in-den-usa-kalifornien-erhebt-sich-1.2098009> (23.02.2015)

Wasserknappheit in Kalifornien

benötigen, um ihre Felder bewirtschaften zu können¹², doch die anderen Bewohner Kaliforniens leiden ebenfalls sehr stark unter der Wasserknappheit.

Ein gravierendes Problem ist auch der drohende Jobverlust einzelner Menschen, die in Vollzeit oder saisonal auf den Feldern gearbeitet haben. Bis jetzt haben schon über 17.100 Menschen¹³ ihren Job aufgegeben bzw. verloren, da die meisten Ackerflächen brach liegen. Laut Schätzungen der US-Behörden liegen schon über 200.000 Hektar Ackerland brach. Die daraus resultierenden Umsatz- und Einkunftseinbußen entsprechen einem Schaden von rund fünf Milliarden Dollar.¹⁴

Die Landwirte bangen daher um ihre Existenz und leiden unter dem Verlust des Einkommens, da deren Bewässerungsflüsse und Brunnen ausgetrocknet sind und auch kein Wasser mehr nachfließt, aufgrund der wenigen Niederschlagsmengen.

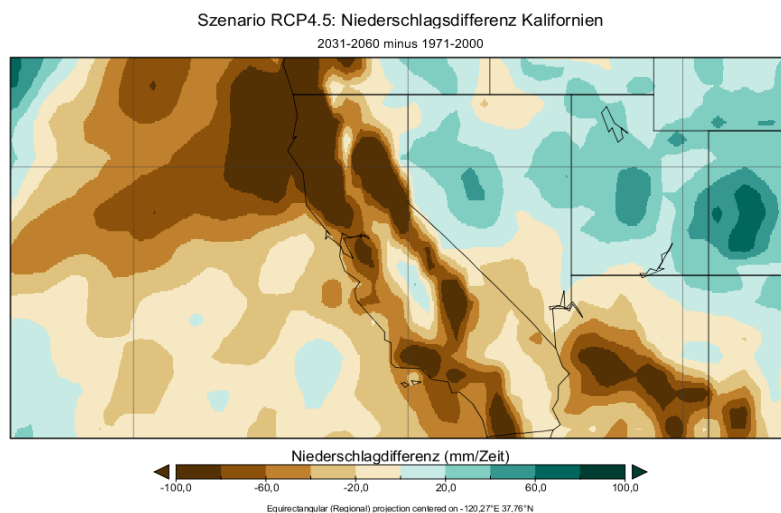


Abb.5: Niederschlagsdifferenz in Kalifornien in näherer Zukunft (2031-2060 minus 1971-2000)

Die aktuelle Dürre könnte in näherer Zukunft ein häufiger wiederkehrendes Ereignis sein, wie Abb. 5 zeigt. Die Karte stellt die Niederschlagsdifferenz zwischen 2031-2060 und der jüngsten Vergangenheit dar.

Es ist zu erwarten, dass im Westen Kaliforniens z.T. mehr als 100 mm weniger Niederschlag fallen werden. Gerade in dieser Region befinden sich die landwirtschaftlich bedeutenden Flächen! Folglich muss Kalifornien in Zukunft wassersparender sein, um dem Wassermangel vorbeugen zu können. Deswegen ist es untersagt, genauso viel Wasser wie in den Jahren davor zu verbrauchen. Der Staat reagiert mit neuen Gesetzen, so ist es verboten, Gehwege mit einem Schlauch abzuspritzen und die Gärten zu

¹² Werner, Kathrin(2014): <http://www.sueddeutsche.de/panorama/wetterextreme-kalifornien-trocknet-aus-1.1915380> (12.02.2015)

¹³ <http://farmwater.org/> (09.03.2015)

¹⁴ Stern, Caroline(2014): <http://www.welt.de/vermischtes/weltgeschehen/article125263561/Kaliforniens-schlimmste-Duerre-seit-500-Jahren.html> (26.02.2015)

Wasserknappheit in Kalifornien

bewässern. Autos dürfen nur gewaschen werden, wenn am Schlauch eine wassersparende Vorrichtung montiert ist. Selbst in den Cafés von Kalifornien bekommt man die Dürre zu spüren, denn die Cafés dürfen nicht mehr ohne weiteres Leitungswasser ausschenken. Wer gegen diese Vorlagen verstößt, muss ein Bußgeld von mehreren hundert Euro zahlen.¹⁵

Ziel der Maßnahmen ist es, ca. 20 % des Wassers zu sparen und diesen Wert in den nächsten Jahren zu steigern. Bisher ist die Bilanz nicht vielversprechend: Es wurden lediglich 5 % an Wasser gespart.¹⁶

Die Landwirte benötigen das Wasser dennoch, um ihre Felder zu bewirtschaften. Sie greifen daher zur Pumpe, weil das Oberflächenwasser schon lange versiegt ist. Die Dürre hat einen regelrechten „Bohrboom“ ausgelöst. Doch dies bringt ein weiteres Problem mit sich, nämlich dadurch, dass jeder der das Geld besitzt, seinen Brunnen tiefer bohren lässt, um sein Land und/oder die Familie zu versorgen, trägt er mit Schuld daran, dass der Grundwasserspiegel weiter sinkt. Diese Absenkung bringt negative Folgen mit sich: Es kommt zu Bodenhebung. Der Boden hat sich 2014 im Vergleich zu den Vorjahren um 15 Millimeter gehoben. Dies liegt auch an dem Grundwassermangel und dem exzessiven Pumpen, da die Gesamtmasse der amerikanischen Kontinentalplatte dadurch verringert wird und eine Erdkruste, die um gigantische Wassermengen erleichtert ist, taucht auf.¹⁷

Die andere Folge ist, dass eine wichtige Süßwasser-Quelle der Erde, weniger wird. Das Grundwasser in der Tiefe ist eine bedeutende Wasserquelle, die für Landwirte und auch für die globale Nahrungsmittelproduktion unersetzlich ist. Eine mittelfristige Folge davon kann auch ein Anteil zum Anstieg des Meeresspiegels sein. Das Grundwasser erhöht den Meeresspiegel insofern, dass das entnommene Wasser verdunstet oder über Flüsse und Kanäle ins Meer fließt. Forscher prognostizieren dadurch einen Anstieg des Meeresspiegels von etwa 0,57 Millimeter jährlich.¹⁸ Der Meeresspiegel steigt und das Wasser in den Stauseen und Flüssen sinkt erheblich. Denn der Südwesten der USA ist im Grunde eine Wüste und daher auf die Zuflüsse angewiesen.

¹⁵ Lindner, Roland(2014): <http://www.faz.net/aktuell/wassernotstand-in-kalifornien-die-grosse-duerre-13215186.html> (08.03.2015)

¹⁶ Siffert, Josef(2014): <http://kurier.at/politik/weltchronik/kalifornien-ohne-wasser-braun-ist-das-neue-gruen/85.353.669> (08.03.2015)

¹⁷ Der Tagesspiegel(2014): <http://www.tagesspiegel.de/wissen/folge-des-wassermangels-duerre-laesst-kalifornien-wachsen/10371452.html> (3.03.2015)

¹⁸ Augsburger Allgemeine(2012): <http://www.augsburger-allgemeine.de/wissenschaft/Grundwassernutzung-laesst-Meeresspiegel-steigen-id20039986.html> (08.03.2015)

Wasserknappheit in Kalifornien

Das Central Valley liegt ebenfalls im Westen und hat besonders mit der Dürre zu kämpfen. Man nennt es auch den „Obstgarten Amerikas“, da dort auf einer Fläche von 100 km Breite und 700 km Länge, sprich auf einer Fläche von 45000 km² Obst und Gemüse angebaut wird.¹⁹ Um diese gewaltige Landfläche zu bewässern, ist man auf künstliche Bewässerung angewiesen. Doch in dieser Not sind selbst die künstlichen Bewässerungssysteme ausgetrocknet. Daher liegen viele Flächen des Central Valleys brach und können nicht bepflanzt werden, da sie nur durch künstliche Bewässerungssysteme am



Abb. 6: Central Valley,

Leben erhalten werden können, weil sie im Inneren von Kalifornien liegen (s. Abb. 5.) Normalerweise ist das Exportieren von Obst, Gemüse und Mandeln einer der wichtigsten Wirtschaftsfaktoren Kaliforniens, welcher jährlich 50 Milliarden Dollar Umsatz bringt. Doch die Dürre ist so präsent, dass man für 2013 von einem Ernteausfall von 810 Millionen Dollar ausgeht.

Die Ernteauffälle verursachen auch die steigenden Lebensmittelpreise in den Supermärkten sowohl in Kalifornien und als auch bei uns in Deutschland. Vor allem Mandeln werden teurer, da 80 % der global angebotenen Mandeln im Central Valley angepflanzt werden. Mandelbäume sind in der aktuellen Situation ein besonders problematisches Agrarbaugut: Ein einziger Baum benötigt an einem heißen Sommertag bis zu 300 Liter Wasser.

Das Central Valley liegt im Bereich des subtropischen Winterregenklimas; der gesamte Niederschlag fällt fast ausschließlich von Dezember bis April (vgl. oben). Vor der Dürre hat die Bevölkerung, bzw. haben die Landwirte, nur im Sommer zu den Wasserreserven gegriffen, doch nun brauchen sie diese das ganze Jahr über, wofür die Reserven natürlich nicht ausgelegt sind. Dieser Teil der Region hängt stark von der Umleitung der wichtigsten Wasserläufe ab, wie zum Beispiel die Flüsse Sacramento-, San Joaquin- und der Colorado-River. Diese Flüsse werden durch das Schmelzwasser aus den Rocky Mountains am Leben erhalten, denn 75 % des gesamten Flusswassers kommt von dorthin.

Da die Jahresdurchschnittstemperatur in den letzten 60 Jahren um 0.8 Grad angestiegen ist, fällt in den Bergen mehr Regen als Schnee. Im Jahr 2013 konnte man noch eine dichte Schneedecke in dem Hochgebirge erkennen, 2014 ist kaum noch Schnee, dafür jedoch

¹⁹ http://de.wikipedia.org/wiki/Kalifornisches_L%C3%A4ngstal (25.02.2015)

Wasserknappheit in Kalifornien

verdorrttes Land zu sehen und die Durchschnittshöhe der Schneedecke in dem Sierra Nevada Gebirge misst weniger als 20 % des langjährigen Durchschnittswertes (vgl. Abb. 6).²⁰

Und da durch die beschriebenen Vorkommnisse der Wasserpegel der Flüsse immer weiter sinkt, ist dementsprechend die Zukunft der gesamten Landwirtschaft in dieser Region ernsthaft bedroht.

So versorgen der San Joaquin-Sacramento River und der Colorado River die größten kalifornischen Aquädukte (vgl. IV.4). Die insgesamt drei rund 1500 Kilometer langen Kanäle liefern den Feldern das nötige Wasser, damit dort z.B. Obst und Gemüse angebaut werden kann.

III. 2 Folgen für die Stauseen

Die Pegel der wichtigsten Wasserreserven sind teils auf bis ein Fünftel des Normalstands gesunken. Ein Beispiel ist der Stausee Lake Mead. Dieser ist eines des größten Trinkwasserreservoirs der USA ist und liegt südöstlich von Las Vegas. Im Jahr 2014 ist er nur noch zu 39 % gefüllt.



Abb. 7: Folsom-Stausee, 26.1.2014

Sollte der Pegel weiter sinken, haben die Bewohner der Großstadt bald kein Trinkwasser mehr, auch die Landwirtschaft, die Wasser aus dem Lake Mead bezieht, ist betroffen. Ein anderes Beispiel ist der Stausee Folsom Lake. Er ist einer der mächtigsten Seen

²⁰ Becker, Markus(2014):<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/notstand-in-kalifornien-rekord-duerre-trifft-suedwesten-der-usa-a-945235.html#> (4.3.2015)

Wasserknappheit in Kalifornien

nordöstlich der Hauptstadt Sacramento und verlor innerhalb von 2 Jahren 80 % seiner Wassermassen.²¹

III.3 Waldbrände und Zusammenfassung

Eine weitere gravierende Folge sind die Waldbrände. Sie treten verbreitet und immer zahlreicher auf, selbst im Winter kämpfen die Menschen in Kalifornien mit verheerenden Waldbränden, welche im Sommer auch nicht weniger werden.

Die dargestellten Folgen sind nur ein Ausschnitt dessen, womit Kalifornien zu kämpfen hat. Die Dürre und deren Folgen sind beängstigend, da auch die Forscher nicht wissen, wann diese extreme Dürre ein Ende hat, daher rechnet man mit noch schlimmeren und weiterführenden Folgen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass es in manchen Regionen Kaliforniens kaum noch fließendes Wasser gibt und somit die Landwirte und auch die restliche Bevölkerung zu kämpfen haben. Die Landwirte können ihre Felder nicht mehr so bewirtschaften, wie sie gerne möchten, da nicht mehr genug Wasser in den Seen vorhanden ist und das Bohren nach tieferen Grundwasserschichten teilweise auch schon vergeblich ist. Daher liegen Felder brach, Einnahmen bleiben aus, Jobs gehen verloren.

IV. Lösungsansätze

Der stetige Wasserrückgang in Kalifornien, besonders im südlichen Bereich, erfordert ein Umdenken. Wasser ist ein wichtiger Rohstoff und ist kostbar, was an dem Beispiel von Kalifornien deutlich sichtbar wird. Es benötigt vieler Initiativen und eines Umdenkens, um wirklich etwas zu erreichen. Einige Lösungsansätze sollen nun vorgestellt werden.

IV.1 Verstöße bestrafen

Kalifornien nimmt sich ein Beispiel an Las Vegas und bestraft die verschwenderische Nutzung von Wasser (z.B. Wässern von Bürgersteige, Einfahrten oder Grünflächen). Verstöße können mit bis zu 500 Dollar²² pro Tag bestraft werden. In Sacramento, der Hauptstadt, dürfen Hausbesitzer und Gärtner schon seit Beginn der Dürre nur an zwei

²¹ Stern, Caroline(2014): <http://www.welt.de/vermischtes/weltgeschehen/article125263561/Kaliforniens-schlimmste-Duerre-seit-500-Jahren.html> (01.03.2015)

²² das entspricht 440 Euro

Wasserknappheit in Kalifornien

Tagen in der Woche wässern. Verstöße gegen diese Wassersparmaßnahmen können beispielsweise von Nachbarn über eine Wasser-Hotline gemeldet werden. Das Problem ist, dass sich die Zahl der Anrufe stark erhöht und somit das Amt mehr Helfer einstellen müsse, die Verwarnungen und Strafzettel ausstellten, erzählte Terrance Davis von der Wasserbehörde Sacramento²³.

IV.2 Grundwasser

Da das Oberflächenwasser knapp wird, wird auf andere Wasserquellen zurückgegriffen. Auch dieses Handeln zieht Positives sowie Negatives mit sich. Viele Menschen sind auf die Idee gekommen, sich Wasser aus Brunnen zu verschaffen. Besonders in der Landwirtschaft scheint dies zuerst eine gute Lösung zu sein. „Brunnenbohrer sind auf acht Monate hin ausgebucht“, sagte der Chef der Notdienstzentrale im Bezirk San Jaquin²⁴. Doch ist es gut, wenn alle auf das Grundwasser zurückgreifen? Kann es eine langfristige Lösung sein? Je mehr Landwirte und Stadtbewohner Wasser aus den Grundwasserreserven verwenden, desto mehr wird der Grundwasserspiegel gesenkt. Kalifornien verfügt über fossile Wasservorräte, welche sich im Lauf von Jahrhunderten gebildet haben. Durch die neuen Tiefbrunnen werden diese Vorräte angezapft und leer gepumpt. Da der Grundwasserspiegel kontrolliert wird und die Pegelstände in Tausenden von Brunnen gemessen werden, sind dramatische Beobachtungen zu erkennen. In San Bernardino County gibt es schon mehrere Brunnen, die ausgetrocknet sind. Teilweise ist erst in 50-100 Meter Tiefe Grundwasser zu finden, so stellte es die USGS²⁵ fest (United States Geological Survey). Sinkt das Grundwasser weiter ab, kann es schwere Folgen für die Vegetation haben und Bäume bzw. Pflanzen verlieren den Anschluss an das Grundwasser. Öffentliche Pumpstationen sind nützlich, doch zu viele private verbrauchen zu viel Wasser.

²³ Belohnung für Wassersparer, Strafen für Verschwender: letzter Aufruf 12.03.15
<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/duerre-kalifornien-spart-wasser-und-bestaft-verschwender-a-984409.html>

²⁴ Jahrelange Dürre in den USA: Braun ist Kaliforniens neues Grün: letzter Zugriff 12.12.14
<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/duerre-kalifornien-spart-wasser-und-bestaft-verschwender-a-984409.html>

²⁵ National Water Information System: Current Conditions for California/Groundwater, letzter Zugriff 08.02.2015 <http://waterdata.usgs.gov/ca/nwis/current/?type=gw>

IV.3 Wasseraufbereitung

Eine andere Möglichkeit, mit der Wasserknappheit umzugehen, ist der Bau von Wasseraufbereitungsanlagen. Das sind verfahrenstechnische Einrichtungen, die über physikalische (z.B. Belüftung, Verdüsung, Flotation), chemische (z. B. Oxidation, Desinfektion, Elektrodeionisation), Membran- (z. B. Nanofiltration, Osmose), biologische (biochemische Oxidation, anaerobe Abwasserreinigung) und mechanische Verfahren Wasser aufbereiten²⁶. Speziell auf Kalifornien bezogen könnte man Trinkwasseraufbereitung in Kläranlagen, Meerwasserentsalzung und Regenwasseraufbereitung anwenden.

Kläranlagen: Zum Beispiel wurde in Fountain Valley eine Abwasseranlage gebaut. Viele Touristen kommen jeden Tag dahin, um das Trinkwasser der Zukunft zu probieren. Das Wasser, das zum Trinken gereicht wird, ist so sauber wie destilliertes Wasser. Es enthält keine Mineralien mehr. Diese Recyclinganlage produziert Wasser für eine halbe Millionen Menschen. Das gereinigte Abwasser wird nicht direkt zu den Haushalten geleitet, sondern sickert in einem künstlich angelegten See ins Grundwasser und wird so mitbenutzt. Trotz dieses ersten Erfolgs verweigert die kalifornische Bevölkerung den Bau von weiteren Anlagen, da die Akzeptanz des gereinigten Wassers als Trinkwasser gering ist²⁷.

Meerwasserentsalzung: Wie schon das Trinkwasser aus Kläranlagen könnte auch dies eine gute Methode für die Zukunft sein. „The Carlsbad Desalination Project“ soll bis 2016 fertig sein. Es entsalzt Pazifikwasser und bietet somit Trinkwasser für viele Menschen aus San Diego und Umgebung. Es ergänzt den lokalen und regionalen Wasserschutz und das Wasser-Recycling-Programm. Es soll 56.000 acre.ft an Wasser pro Jahr entsalzen²⁸. Bestandteil des Projekts ist nicht nur der Bau der Entsalzungsanlage, sondern auch Maßnahmen, die die Umwelt und das Klima zu schützen²⁹, was im indirekten Sinne auch den Wasserressourcen zu Gute kommt. Z.B. entsteht die 300 Hektar große „Agua Hedionda Lagune“, die als Freizeit- und Wasserwelt genutzt werden soll. Weiterhin werden Bäume gepflanzt, um die Folgen der Waldbrände zu bekämpfen.³⁰

²⁶ Wasseraufbereitung: Verfahren der Wasseraufbereitung: letzter Zugriff 23.02.15 <http://de.m.wikipedia.org/wiki/Trinkwasseraufbereitung>

²⁷ Samiha Shafy:Umwelt: Vom Klo ins Glas,letzter Aufruf 28.02.15 <http://www.spiegel.de/spiegel/a-596585.html>

²⁸ Acre-foot: letzter Aufruf 07.03.15 <http://de.m.wikipedia.org/wiki/Acre-foot>

²⁹ Environmental Stewardship, 25.02.15 <http://carlsbaddesal.com/environmental-stewardship>

³⁰ Project Overview, 25.02.15 <http://carlsbaddesal.com>

IV.4 SWP

Das SWP (California State Water Project) ist das weltweit größte und noch intakte Wasser- und Energieentwicklungs- und Beförderungssystem. Das Ziel dieses Projektes ist es, Wasser vom Norden in den vergleichbar trockenen Süden zu bringen. Organisiert wird das SWP vom California Department of Water Resources (DWR). Das SWP bringt insgesamt ca. 23 Millionen Menschen Wasser und erzeugt Energie durch Wasserkraft. Das meiste Wasser ist dennoch für die Landwirtschaft bestimmt, ca. 750.000 Hektar werden dadurch bewässert. Die wichtigsten Bauten sind der Oroville-Staudamm, das San Luis Reservoir und das California Aqueduct³¹. Das Projekt hat seine Ursprünge in den 1950er Jahren.



Abb.8: Water Storage & Distribution in California

Insgesamt sind durch das SWP 20 Stauseen miteinander verbunden, fünf Kraftwerke und 18 große Pumpstationen sind ebenso Bestandteile dieses Projektes³². Das "California Aqueduct" ist ein System aus Tunneln, Kanälen und Rohrleitungen, die

³¹California State Water Project: letzter Aufruf 28.02.15

http://de.m.wikipedia.org/wiki/California_State_Water_Project

³²California State Water Project: letzter Aufruf 28.02.15

http://en.m.wikipedia.org/wiki/California_State_Water_Project

Wasserknappheit in Kalifornien

Wasser aus den Sierra Nevada Mountains und Zentralkalifornien in den Süden Kaliforniens transportieren. Das „California Aqueduct“ ist 1.290 km lang und wurde 1963 gebaut.

IV.5 Landwirtschaft

Wie oben dargestellt, ist die Landwirtschaft Kaliforniens von großer Bedeutung. Durch die Dürre und deren Folgen wird darüber nachgedacht, wie man die Landwirtschaft langfristig schützen kann. Seit Januar 2008 gibt es eine 30-prozentigen Reduktion der Wasserzufuhr für die Landwirtschaft durch den Großverteiler Metropolitan Water District of Southern California (MWD). Bei auftretendem Wassermangel gibt es nicht viele effektive und erprobte Lösungen. Entweder die Bauern verzichten auf ihre gesamte Ernte und verkaufen die Wasserrechte oder sie bewässern nur einen Teil und erhalten somit weniger Ernte, was jedoch finanzielle Schwierigkeiten mit sich bringt.

Es gibt Lösungsansätze, die noch sehr unbekannt sind. Einer kommt von der ZIM Plant Technology GmbH. Diese Firma aus Brandenburg hat ein Projekt entwickelt, mit dessen Hilfe Pflanzen genau so viel Wasser bekommen, wie sie benötigen. Dies geschieht durch Sonden, die direkt an den Blättern der Pflanzen befestigt sind. Es ist ähnlich wie beim Blutdruckmessen, nur dass es in diesem Fall der „Turgordruck“ ist, der gemessen wird. Es wird der Unterschied zwischen dem Turgordruck und dem magnetischen Druck gemessen. Dieses Ergebnis gibt an, wie viel oder wenig die Pflanze an Wasser enthält. Das Ergebnis geht dann an einen Server und so kann der Bauer genau einsehen, wie viel Wasser er wo benötigt. Das Verfahren soll auch noch weiterentwickelt werden bis zu dem Punkt, an dem eine automatische Bewässerung nach der Messung erfolgt³³

V. Prognosen für die Zukunft

Die Zukunftsperspektiven für Kalifornien sind alles andere als erfreulich. Das Wasser wird im Westen des Bundesstaates immer knapper, dies resultiert auch aus dem anthropogen verursachten Klimawandel. Ein erheblich trockneres Klima ist in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts in der Region zu erwarten.

Weiter oben sind die Rückgänge und Zunahmen der Niederschläge dargestellt. Bedeutend

³³ Tropfen für Tropfen: Wasser sparen in der Landwirtschaft: letzter Aufruf 10.03.15
<http://www.bmwi.de/DE/Themen/Technologie/Innovationsfoerderung-Mittelstand/hightechlights,did=572678.html>

Wasserknappheit in Kalifornien

sind jedoch auch die Aussagen zur Entwicklung der Temperaturen in Kalifornien.

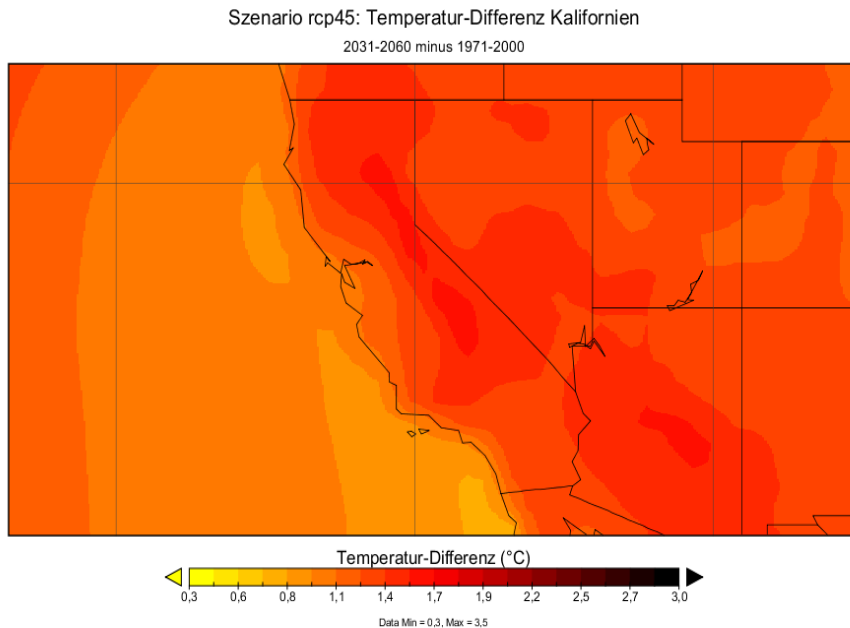


Abb. 9: Temperatur-Differenz Kalifornien in näherer Zukunft (2031-2060 minus 1971-2000)

Basierend auf dem Szenario RCP4.5 ist Abb. 9 erstellt worden. Man erkennt den Anstieg der Temperaturen in Kalifornien in der näheren Zukunft. Die Abb. zeigt die Temperaturen in naher Zukunft, gemittelt von 2031 bis 2060 im Vergleich zur jüngsten Vergangenheit von 1971 bis 2000.

Der niedrigste Wert dieser Karte liegt bei +0,3°C und der höchste Wert bei +3°C. Man erkennt, dass sich die Temperatur in ganz Kalifornien durchschnittlich um 1,5°C erhöhen wird und dies auch bald eintreffen kann. Höhere Temperaturen haben eine stärkere Verdunstung zur Folge. Im Hinblick auf die Dürreperioden bedeutet es, dass sie vermutlich noch länger anhalten werden und ggf. mit Hitzeperioden einhergehen könnten. Blickt man auf Basis des gleichen Szenarios noch weiter in die Zukunft, ist erkennbar, dass mit einem noch stärkeren Temperaturanstieg gerechnet wird.

Wasserknappheit in Kalifornien

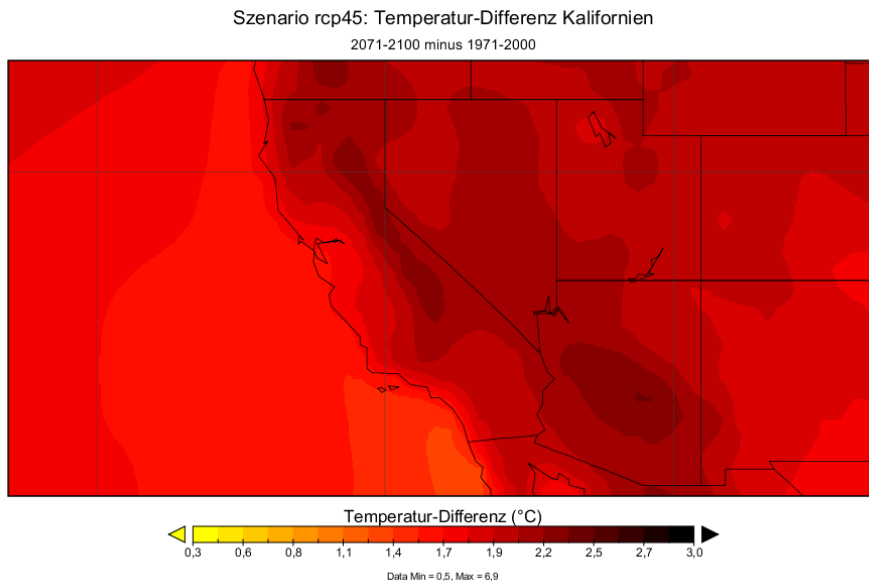


Abb. 10: Temperatur-Differenz Kalifornien in ferner Zukunft (2071-2100 minus 1971-2000)

Die Temperaturen-Differenz der Temperaturen von 2071 bis 2100 und der jüngsten Vergangenheit von 1971 bis 2000 ist hier dargestellt.

Die Skalierung von Abb. 9 und 10 ist gleich, so dass die nähere Zukunft besser mit der ferneren Zukunft verglichen werden kann. Der Unterschied ist sehr gut erkennbar, da Kalifornien in der fernen Zukunft in dunklen Rottönen dargestellt ist. In der ferneren Zukunft werden sich die Temperaturen um ca. durchschnittlich 2,3°C erhöhen, einige Gebiete werden voraussichtlich um 3°C oder mehr erwärmt werden. Die grundsätzlichen Folgen wären vergleichbar, doch durch diesen hohen Temperaturanstieg wird sich das Dürreerisiko nochmal erhöhen und die extreme Dürre, welche jetzt dort herrscht, könnte hinsichtlich der Ausmaße übertroffen werden.

VI. Fazit

Nachdem wir uns intensiv mit dem Thema „Wasserknappheit in Kalifornien“ auseinandergesetzt haben, kommen wir zur Beantwortung unserer Leitfrage:

Inwiefern beeinflusst der Klimawandel die Dürre in Kalifornien und welche Folgen resultieren daraus?

Ja, der Klimawandel beeinflusst die Dürre in Kalifornien durchaus. Der Staat an der amerikanischen Westküste hat durch seine geographische Lage generell ein sehr trockenes und warmes Klima und sammelt daher seine Wasserreserven im Winter, wenn die Niederschläge einsetzen. Die Erwärmung durch Treibhausgase seit Mitte des 20. Jahrhunderts begünstigt in zunehmendem Maße das Entstehen von Dürren in Kalifornien. Das hat zur Folge, dass Kalifornien nun mit extremer Wasserknappheit zu kämpfen hat. Die schwerwiegendsten Folgen sind die Ausrocknung der Felder, wodurch viele Landwirte ihre Existenz verlieren. Um ihre Ernte zu retten, pumpen die Bauern für sehr viel Geld Wasser aus Flüssen, Stauseen und den fossilen Grundwasservorräten. Die Oberflächengewässer trocken zum Teil aus, der Grundwasserspiegel sinkt ab.

Fast alle Menschen tragen dazu bei, dass der Klimawandel stattfindet. Aus Egoismus, aus Verzweiflung, aus Unwissen, aus Bequemlichkeit oder vielen weiten Gründen lassen wir es zu und sind Schuld, dass die Erde zerstört wird. Leidtragende sind oftmals nicht die Menschen, die den Klimawandel verursachen. Das Beispiel Kaliforniens zeigt jedoch, dass auch wir, die Bewohner der wohlhabenden Staaten, mit Klimafolgen zu kämpfen haben, derer wir nicht Herr werden.

Es muss etwas in den Köpfen der Menschen verändert werden und wir müssen aufhören, unser Zuhause, die Erde, wie unsere Müllhalde zu behandeln.

Die Wasserknappheit ist ein warnendes Beispiel dafür, was noch kommen kann.

Der Klimawandel ist im vollen Gange und nur noch schwer aufzuhalten.

Quellenverzeichnis

Abbildungsquellen:

Titelblatt:

Folsom Lake, 16. Januar 2014, Foto: Paul Hames / California Department of Water Resources
<http://pixel-ca-dwr.photoshelter.com/galleries/C0000vw4EWNXOIr0/G0000eJO6mYltCwM/I0000.JdzpXkk10M/Folsom-Lake-PJH-01-16-14-003-jpg> Lizenz: Public Domain

Abb.1:

Wikimedia: US-Bundesstaat Kalifornien

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:California_Topography-MEDIUM.png (letzter Zugriff 2.1.17); Lizenz: CC BY-SA

Abb. 2:

Enterprise Bridge über den Lake Oroville, Foto: Paul Hames / California Department of Water Resources

Abb.3:

Jetstream - Rossby Waves - N hemisphere: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jetstream_-_Rossby_Waves_-_N_hemisphere.svg

Abb.4:

Jetstream bodenkarte nordhalbkugel:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jetstream_bodenkarte_nordhalbkugel.png

Abb. 5:

Eigene Darstellung mit den Daten vom Bildungsserver Hamburg

(<http://bildungsserver.hamburg.de/00-nordamerika/>) nach der Quelle: Earth System Grid

Federation: <https://esgf-data.dkrz.de/projects/esgf-dkrz/> (letzter Zugriff: 12.03.2014)

Abb. 6:

Wikipedia(2007):

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:California_Central_Valley_county_map.svg

[http://www.google.de/imgres?imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/94/California_Central_Valley_county_map.svg/2000px-California_Central_Valley_county_map.svg.png&imgrefurl=http://en.wikipedia.org/wiki/Central_Valley_\(California\)&h=2361&w=2000&tbnid=1WDdMAW7nQaR7M:&zoom=1&tbnh=93&tbnw=79&usq=__vL7i_Rhm5uDcgzpa6vnXf3xFkrs=&docid=jW9YMO-fnZymXM&sa=X&ei=B37VN7zKoOuPYe5gbAF&ved=0CDoQ9QEwAw](http://www.google.de/imgres?imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/94/California_Central_Valley_county_map.svg/2000px-California_Central_Valley_county_map.svg.png&imgrefurl=http://en.wikipedia.org/wiki/Central_Valley_(California)&h=2361&w=2000&tbnid=1WDdMAW7nQaR7M:&zoom=1&tbnh=93&tbnw=79&usq=__vL7i_Rhm5uDcgzpa6vnXf3xFkrs=&docid=jW9YMO-fnZymXM&sa=X&ei=B37VN7zKoOuPYe5gbAF&ved=0CDoQ9QEwAw) (07.03.2015)

Abb. 7:

Folsom Stausee; California Department of Water Resources, Fotograf: John Chacon: <http://pixel-ca->

Wasserknappheit in Kalifornien

dwr.photoshelter.com/galleries/C0000V_CtRs0x1AI/G00008Vr15SJ89HI/I0000Bvz1O1PtEI/JRC-Folsom-Lake-drought-32-jpg Lizenz: Public Domain

Abb. 8:

http://en.m.wikipedia.org/wiki/Water_in_California#/media/File:California_water_system.jpg

Autor: Shannon1 (letzter Zugriff 03.03.15) Lizenz: CC BY-SA

Abb.9 und 10:

Eigene Darstellung mit den Daten vom Bildungsserver Hamburg

(<http://bildungsserver.hamburg.de/00-nordamerika/>) nach der Quelle: Earth System Grid

Federation: <https://esgf-data.dkrz.de/projects/esgf-dkrz/> (letzter Zugriff: 12.03.2014)

Literatur- und Internetquellen:

1. USA: Jahrhundertdürre - Kalifornien ohne Wasser, (letzter Aufruf 12.03.15)
<http://www.ardmediathek.de/tv/Weltspiegel/USA-Jahrhundertd%C3%BCre-Kalifornien-ohne/Das-Erste/Video?documentId=23764290&bcastId=329478/>
2. Wikipedia: Kalifornien, (letzter Aufruf 12.03.15) <http://de.m.wikipedia.org/wiki/Kalifornien>
3. California Statistics & Trends:
<http://industry.visitcalifornia.com/Find-Research/California-Statistics-Trends/>
4. Spiegel Online: Drohende Wasserknappheit ó Verschwendet, verdreckt, verdunstet:
<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/drohende-wasserknappheit-verschwendet-verdreckt-verdunstet-a-793784.html>
5. Wang, S-Y., et al. "Probable causes of the abnormal ridge accompanying the 2013ó2014 California drought: ENSO precursor and anthropogenic warming footprint." Geophysical Research Letters 41.9 (2014): 3220-3226.
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2014GL059748/full>
6. BR Wissen (2012): Wie viel Wasser wir verbrauchen:
<http://www.br.de/themen/wissen/wasserverbrauch-virtuelles-wasser-fussabdruck100.html>
7. Top agarONLINE (2012): Landwirtschaftswunder im Central Valley:
<http://www.topagar.com/tagebuch/Landwirtschaftswunder-im-Central-Valley-953709.html>
8. Süddeutsche Zeitung (2014): Klimawandel begünstigt Dürre in Kalifornien
<http://www.sueddeutsche.de/wissen/hitzeperiode-in-usa-klimawandel-beguenstigte-duerre-in-kalifornien-1.2151656>
9. Wetteronline: Hochdruckrücken ó Wetterlexikon:
<http://www.wetteronline.de/wetterlexikon?topic=hochdruckruecken>
10. Klima-der-erde.de: Die außertropische Zirkulation der Atmosphäre:
http://www.klima-der-erde.de/zirk_polar-jet.html
1. Menzel, L. & Kundzewicz, Z. (2005): Globaler Wandel und extreme hydrologische Ereignisse ó Hochwasser und Dürren, Wissenschaftliche Auswertung Hamburg, S. 223
2. Alto, Palo(2014): Neue Züricher Zeitung: šKalifornien droht auszutrocknenō:
<http://www.nzz.ch/aktuell/startseite/kalifornien-droht-auszutrocknen-1.695513> (08.03.2015)
3. Becker, Markus(2014): Spiegel Online: šNotstand in Kalifornien: Jahrhundertdürre trocknet Südwesten der USA ausō: <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/notstand-in-kalifornien-rekord-duerre-trifft-suedwesten-der-usa-a-945235.html#> (4.3.2015)

Wasserknappheit in Kalifornien

4. Charisius, Hanno(2014): Sueddeutsche Zeitung: §Kalifornien hebt sichö:
<http://www.sueddeutsche.de/wissen/duerre-in-den-usa-kalifornien-erhebt-sich-1.2098009>
(23.02.2015)
5. Bildungsserver Wiki (2012): §Wasserprobleme und Klimawandel in Kalifornienö:
<http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php?title=Wasserprobleme%20und%20Klimawandel%20in%20Kalifornien&mstn=14#> (07.03.2015)
6. Lindner, Roland(2014): Frankfurter Allgemeine: §Die große Dürreö:
<http://www.faz.net/aktuell/wassernotstand-in-kalifornien-die-grosse-duerre-13215186.html>
(08.03.2015)
7. Siffert, Josef(2014): Kurier: Kalifornien ohne Wasser: §Braun ist das neue Grünö:
<http://kurier.at/politik/weltchronik/kalifornien-ohne-wasser-braun-ist-das-neue-gruen/85.353.669> (08.03.2014)
8. Stern, Caroline(2014): Die Welt: §Kaliforniens schlimmste Dürre seit 500 Jahrenö:
<http://www.welt.de/vermischtes/weltgeschehen/article125263561/Kaliforniens-schlimmste-Duerre-seit-500-Jahren.html> (26.02.2015)
9. Werner, Kathrin(2014): Süddeutsche.de: §Kalifornien trocknet ausö:
<http://www.sueddeutsche.de/panorama/wetterextreme-kalifornien-trocknet-aus-1.1915380>
(12.02.2015)
10. Augsburg Allgemeine(2012): §Grundwassernutzung lässt Meeresspiegel steigenö
<http://www.augsburger-allgemeine.de/wissenschaft/Grundwassernutzung-laesst-Meeresspiegel-steigen-id20039986.html> (08.03.2015)
11. Der Tagesspiegel(2014): §Dürre lässt Kalifornien wachsenö:
<http://www.tagesspiegel.de/wissen/folge-des-wassermangels-duerre-laesst-kalifornien-wachsen/10371452.html> (3.03.2015)
12. Wikipedia: §Kalifornische Längstalö:
http://de.wikipedia.org/wiki/Kalifornisches_L%C3%A4ngstal (25.02.2015)
13. California Farm Water Coalition:
<http://farmwater.org/> (09.03.2015)
14. Mike Adams (2014): Brunnen versiegen: Kalifornien droht jahrzehntelange »Megadürre«, letzter Aufruf 03.02.15:
<http://info.kopp-verlag.de/hintergruende/enthuellungen/mike-adams/brunnen-versiegen-kalifornien-droht-jahrzehntelange-megaduerre-.html>
15. Wikipedia: Wasseraufbereitungsanlage, letzter Aufruf 25.02.15
<http://de.m.wikipedia.org/wiki/Wasseraufbereitungsanlage>
16. Wikipedia: Grundwasserspiegel, letzter Aufruf 25.02.15
<http://de.m.wikipedia.org/wiki/Grundwasserspiegel>
17. Spiegel Online (2014): Braun ist Kaliforniens neues Grün - Belohnung für Wassersparer, Strafen für Verschwender, letzter Aufruf 12.03.15
<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/duerre-kalifornien-spart-wasser-und-bestaft-verschwender-a-984409.html>
18. National Water Information System: Current Conditions for California/Groundwater, letzter Zugriff 08.02.2015 <http://waterdata.usgs.gov/ca/nwis/current/?type=gw>
19. Wikipedia: Wasseraufbereitung: Verfahren der Wasseraufbereitung: letzter Zugriff 23.02.15
<http://de.m.wikipedia.org/wiki/Trinkwasseraufbereitung>

Wasserknappheit in Kalifornien

20. Spiegel Online: Samiha Shafy (2008): Umwelt: Vom Klo ins Glas, letzter Aufruf 28.02.15
<http://www.spiegel.de/spiegel/a-596585.html>
21. Wikipedia: Acre-foot: letzter Aufruf 07.03.15
<http://de.m.wikipedia.org/wiki/Acre-foot>
22. Carlsbad Desalination Project: Environmental Stewardship, letzter Aufruf 25.02.15
<http://carlsbaddesal.com/environmental-stewardship>
23. Carlsbad Desalination Project: Project Overview, letzter Aufruf 25.02.15
<http://carlsbaddesal.com>
24. Wikipedia: California State Water Project: letzter Aufruf 28.02.15
http://de.m.wikipedia.org/wiki/California_State_Water_Project
25. Wikipedia: California State Water Project: letzter Aufruf 28.02.15
http://en.m.wikipedia.org/wiki/California_State_Water_Project
26. Wikipedia : San Luis Reservoir, letzter Aufruf 28.02.15
http://de.m.wikipedia.org/wiki/San_Luis_Reservoir
27. Diary Moos (2011): Interesting Facts about California Agriculture: 13 Interesting facts about California Agriculture, letzter Aufruf 01.03.15 <http://www.dairymoos.com/interesting-facts-about-california-agriculture/>
28. California Farm Water Coalition: 2014 Farm Water Drought Impacts, letzter Aufruf 05.03.15
<http://farmwater.org>
29. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Tropfen für Tropfen: Wasser sparen in der Landwirtschaft: letzter Aufruf 10.03.15
<http://www.bmwi.de/DE/Themen/Technologie/Innovationsfoerderung-Mittelstand/hightechlights.did=572678.html>
30. Klaus Jacob (2000), Wetter: Gesalzene Wolken, letzter Aufruf 10.03.15
http://www.wissenschaft.de/archiv/-/journal_content/56/12054/1622128/Wetter:-Gesalzene-Wolken/