



K.A.R.L.[®] INSIGHTS

kompakt - informativ - wissenschaftlich fundiert

Die Wasserverfügbarkeit

ein unterschätzter Risikofaktor

Die Wasserverfügbarkeit

Ein unterschätzter Risikofaktor

Im Kapitel „Klimatische Bedingungen“ der K.A.R.L.-Reports versteckt sich ein Parameter, der schon von Anfang an mit aufgeführt wurde, der aber von vielen aufgrund seiner Unscheinbarkeit bisher wahrscheinlich zumeist überlesen worden ist. Dabei hat er unter den Wetterbedingungen der letzten Jahre vermehrt zu Schlagzeilen in den Medien geführt und gewinnt zunehmend an Bedeutung: Die Wasserverfügbarkeit. Was es damit auf sich hat, darauf soll in diesem Newsletter näher eingegangen werden.

Vertrocknete Wiesen, Waldbrandgefahr und Flüsse, die auf einen Bruchteil ihrer normalen Wasserführung zusammengeschrumpft sind. Die Schifffahrt wird beeinträchtigt, weil die Fahrtrinnen nicht mehr tief genug sind, und Kraftwerke müssen ihre Leistung herunterschrauben, weil nicht mehr genug Flusswasser zur Kühlung vorhanden ist. Das sind Themen, von denen die Schlagzeilen in den Sommern der letzten Jahre immer häufiger beherrscht wurden, zumindest bei uns in Mitteleuropa. Woanders sind die Sorgen um ein Vielfaches größer. Kalifornien beispielsweise leidet immer wieder unter Dürren, die mittlerweile katastrophale Ausmaße angenommen haben. Viele landwirtschaftliche Betriebe stehen vor dem Aus, die Brunnen sind trocken und der Bevölkerung werden drastische Maßnahmen zum Wassersparen auferlegt.

Ob Köln oder Kalifornien, das Problem ist das gleiche: Es ist weniger Wasser verfügbar als benötigt wird. Was also macht die „Wasserverfügbarkeit“ in einer Region aus? Und vor allem: Welche wirtschaftlichen Folgen für die Industrie können sich aus Wasserknappheit ergeben?

Die Wasserverfügbarkeit ist ein Thema, das nicht nur private Verbraucher oder landwirtschaftliche Betriebe angeht. Auch viele Industrieunternehmen unterhalten eigene Brunnen, aus denen sie ihren Brauchwasserbedarf für die Produktion, die Kühlung von Aggregaten oder für Löschwasser und Sprinkleranlagen decken. Solche Brunnen bedienen sich aus den lokalen Grundwasserreserven. Wenn sich diese jedoch zu langsam erneuern oder komplett zur Neige gehen, können ganze Industrieareale betroffen sein. Sie müssen eventuell die Produktion umstellen oder sogar einen Ortswechsel vornehmen.

Als Pionier in einer neu ausgewiesenen Industriezone wird man von alledem noch nichts bemerken. Erst wenn sich dann später mehrere Betriebe über Jahre hinweg aus dem Grundwasser versorgt haben und sich die Wasserreserven tief unter der Erde bis auf einen kümmerlichen Rest reduziert haben, tritt der Mangel offen zu tage. Das kleinere Problem ist in diesem Zusammenhang, dass neuerdings auch Klimaanlagen immer häufiger umweltfreundlich mit Grundwasser betrieben werden.

Doch nicht nur Industriestandorte selbst können betroffen sein, auch die Infrastruktur in der Umgebung ist von der regionalen Wasserverfügbarkeit abhängig. Um einen reibungslosen Antransport von Rohstoffen und Abtransport der Fertigprodukte zu gewährleisten, sollten Wasserstraßen möglichst selten Niedrigwasser führen, ansonsten stockt die Produktion. Zu Produktionsstillständen oder Behinderungen im Warentransport kann auch führen, wenn Energieversorger teilweise oder ganz ausfallen, weil der Kühlwasserbedarf nicht mehr gedeckt werden kann.

Hinzu kommt: Wassermangel kann soziale Strukturen destabilisieren, Unruhen hervorrufen und zu revolutionären Umstürzen führen. Nicht wenige Wissenschaftler vertreten sogar die Auffassung, dass die Kriege der Zukunft vorwiegend um die knapper werdenden Wasservorräte geführt werden. Die Wasserverfügbarkeit ist somit ein Faktor, der auch in die Analyse politischer Risiken mit einbezogen werden muss. Es gibt also Gründe genug, sich mit diesem Thema und seinen wissenschaftlichen Hintergründen etwas eingehender zu beschäftigen.

Woher kommt das Wasser und wo geht es hin?

Alles Wasser auf der Erde befindet sich in einem stetigen Kreislauf. Es verdunstet über dem Meer, reist mit den Wolken über das Land, regnet dort ab, versickert, wird aufgefangen, verdunstet oder fließt über Bäche und Flüsse wieder zurück ins Meer. Manchmal kann der Kreislauf also recht schnell ablaufen. Wenn das Wasser allerdings bis in tiefe Grundwasserspeicher absinkt oder im ewigen Eis der Gletscher landet, kann er sich über Jahrtausende hinziehen. Unmittelbar verfügbar für Mensch und Natur ist deshalb nur derjenige Zweig des Wasserkreislaufs, der nahe der Erdoberfläche bleibt und weder verdunstet noch allzu tief versickert.

Mithilfe von Formeln aus der Hydrogeologie lässt sich aus dem Jahresniederschlag und der mittleren Jahrestemperatur errechnen, wie hoch der Anteil der effektiven Evapotranspiration, d.h. derjenigen Wassermenge ist, die unter diesen Bedingungen pro Jahr verdunsten kann. Überschreitet dieser Wert die jährliche Niederschlagsmenge, bleibt theoretisch nichts mehr übrig, was abfließen, versickern oder aufgefangen werden könnte. Exakt diese Situation findet man in den Wüstengebieten der Erde vor, wo das Wasser quasi schneller verdunstet als es vom Himmel fallen kann. Diese Gebiete sind im nachfolgenden Kartenbild gelb hervorgehoben.

In weiten Teilen Mitteleuropas zeigt die Karte blaue bis tiefblaue Farbtöne. Diese bedeuten, dass dort normalerweise deutlich mehr als 200 mm des Jahresniederschlags nicht der Verdunstung anheimfallen sondern theoretisch nutzbar sind. Hier muss man sich um die Wasserversorgung keine grundsätzlichen Sorgen machen. Höchstens in extrem heißen Sommern kann es zeitweise zu Niedrigwasser in den Flüssen kommen. Die bekannten Folgen für die Schifffahrt, gehören aber meistens schon nach einigen Wochen wieder der Vergangenheit an.

Kritisch wird es jedoch, wenn die Wasserverfügbarkeit einen Wert von 150 mm pro Jahr unterschreitet. Dann kann es wie im Südosten Italiens oder Teilen Griechenlands und der Türkei schon über Wochen oder Monate hinweg zu einem deutlichen Wassermangel kommen. Selbst im Südosten Englands sowie in einigen Bereichen Ostdeutschlands und Polens wird hin und wieder über extreme und lang anhaltende Trockenheit geklagt.

Weniger als 50 mm des Jahresniederschlags stehen in vielen Regionen Spaniens zur Verfügung. Hier hat, wie man im Kartenbild erkennen kann, bereichsweise sogar schon die Wüstenbildung eingesetzt. Auch im Satellitenbild setzt sich Spanien mit seiner graugelben Färbung deutlich von dem ansonsten überwiegend sattgrünen Mitteleuropa ab.

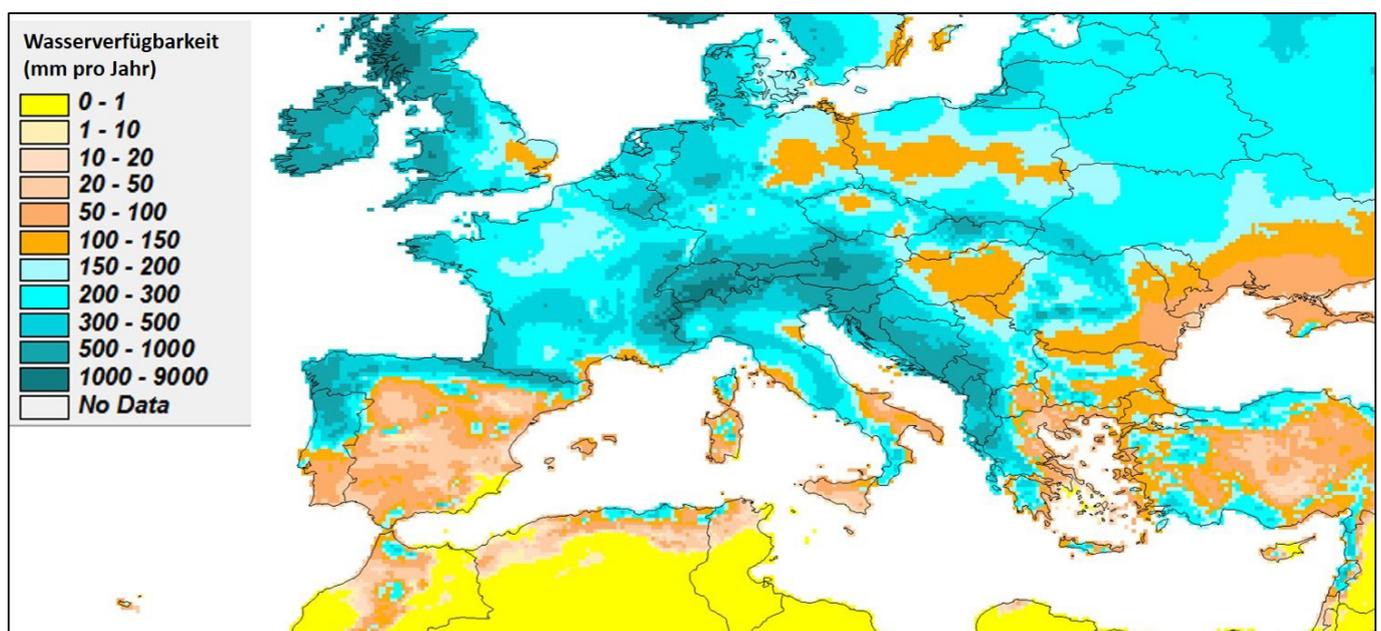


Abb. 1 Rechnerische Wasserverfügbarkeit in Europa



Abb. 2 Satellitenbilder, Quelle: Google Earth

In Nordamerika trennt eine fast messerscharfe Grenze den wasserreichen Osten vom trockenen Westen. Vor allem das Grenzgebiet der USA zu Mexiko ist fast durchweg wüstenhaft. Im Lee der Küstengebirge zieht sich dieser Wüstenstreifen weit nordwärts. Letzte Ausläufer reichen fast bis zur kanadischen Grenze. Wasserreichtum vergleichbar zu Mitteleuropa herrscht hier nur in den schmalen Gebirgszügen entlang der Pazifik-Küste selbst. In der Färbung der Satellitenbilder spiegeln sich diese Verhältnisse wider und bestätigen die berechneten Wasserverfügbarkeiten.

Auch das kalifornische Central Valley, der Fruchtgarten Nordamerikas, gehört eigentlich - zumindest in seinem südlichen Teil - zu den Wüstengebieten. Trotzdem zeigt der Talboden im Satellitenbild ein sattes Grün, das in scharfem Kontrast zu den sandfarbenen Berghängen

in der Umgebung steht. Wie kann das sein, dass hier - zumindest vom Weltraum aus gesehen - eine üppige Vegetation gedeiht? Worin besteht der Unterschied zwischen dem Grün in Mitteleuropa und dem im kalifornischen Längstal? Oder: Was trennt unsere vergleichsweise harmlosen sommerlichen Trockenphasen in Mitteleuropa von der extremen Dürre, mit der Kalifornien seit einiger Zeit zu kämpfen hat?

Ein Vergleich der Klimabedingungen und vor allem des Klimaverlaufs während der letzten Jahrzehnte kann Antworten auf diese Fragen geben. Hierzu wurde exemplarisch auf Wetterdaten zweier Beobachtungsstationen in Mitteleuropa und Kalifornien zurückgegriffen.

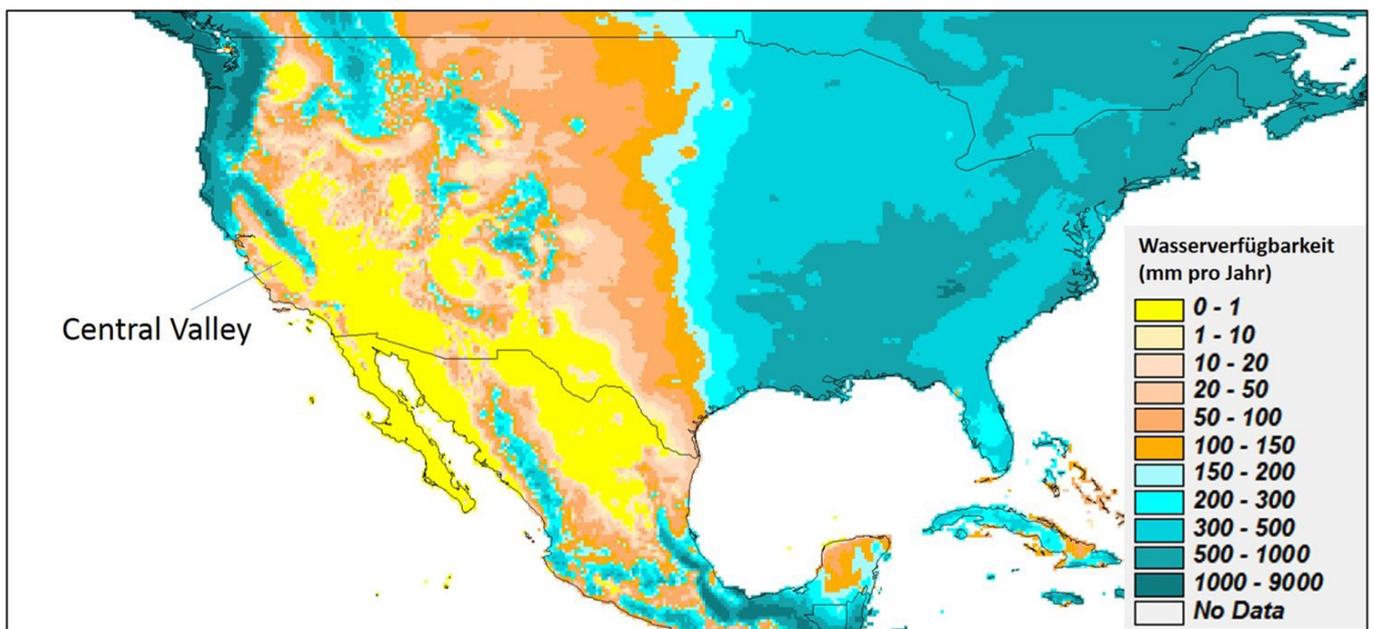


Abb. 3 Rechnerische Wasserverfügbarkeit in den USA

Dürre in zwei Varianten - Deutschland und Kalifornien

Stellvertretend für die wasserreichen Gebiete Mitteleuropas nördlich der Alpen wurde die Wetterstation am Flughafen Köln-Bonn (DWD-02667) für die Jahre 1970 bis 2015 ausgewertet: Trotz der Tatsache, dass es seit dem Jahr 1970 einen signifikanten Anstieg der Jahresmitteltemperaturen von 9,5 °C auf 11,0 °C gegeben hat, hält sich die rechnerische Wasserverfügbarkeit im Mittel bei etwa 300 mm pro Jahr. Zwar sind extreme Sprünge zwischen 100 mm im Trockenjahr 1976 und über 500 mm in den frühen 80er Jahren zu verzeichnen, aber einen langfristig rückläufigen Trend, wie er möglicherweise wegen der angestiegenen Temperaturen zu erwarten gewesen wäre, zeigt die Wasserverfügbarkeit nicht. Zu verdanken ist dies hauptsächlich den konstant hohen Niederschlagsmengen zwischen 600 und 1000 mm pro Jahr, die die Verdunstungsverluste auch in Hitzejahren meistens kompensieren. Natürlich gibt es auch Ausnahmen, wo das nicht so gut funktioniert hat, wie z.B. in den Jahren 1976, 1996 oder 2003. Jedoch wurden solche „Ausreißer“ nach unten bisher stets durch ein Wasserüberangebot in den Folgejahren wieder ausgeglichen. Man kann also - mit aller Vorsicht - davon ausgehen, dass dies wahrscheinlich auch weiterhin so bleiben wird, Mitteleuropa in absehbarer Zukunft nicht dauerhaft unter die kritische Grenze einer Wasserverfügbarkeit von 200 mm rutschen wird und man hier schlimmstenfalls nur einige vereinzelte Trockenjahre über sich ergehen lassen muss. Allerdings könnten diese wegen des Temperaturanstiegs mittel- bis langfristig etwas häufiger eintreten.

Ganz anders sieht es dagegen in der kalifornischen Hauptstadt Sacramento aus, die sich im nördlichen Teil des Central Valley befindet (Station: NOAA-724830). Zwar ist hier der Temperaturanstieg seit 1970 mit rd. 0,5 Grad im Vergleich zu Köln eher moderat ausgefallen, jedoch liegt die Jahresmitteltemperatur mit derzeit 16 °C um 5 Grad über derjenigen im Rheinland. Deshalb ist die Verdunstungsrate in Kalifornien insgesamt schon deutlich höher als in Mitteleuropa. Wenn es nur dabei geblieben wäre, hätte Kalifornien heute wahrscheinlich etwas weniger Sorgen. Leider aber hat sich zusätzlich seit den 80er Jahren ein eklatanter Rückgang der Niederschlagsmengen eingestellt. Damals gab es noch einzelne Jahre, in denen Niederschlagssummen von 1000 bis 1300 mm

gemessen werden konnten. Seit der Jahrtausendwende jedoch liegen die Jahresniederschläge fast durchweg unterhalb von 600 mm. Im Mittel sind die Regenmengen im Verlauf der letzten 40 Jahre um etwa 30 Prozent zurückgegangen. Das ist eine Entwicklung, die sich bei den allgemein dort herrschenden Temperaturen auf Dauer katastrophal auswirkt: Die mittlere rechnerische Wasserverfügbarkeit, die sich um 1980 noch bei 100 mm pro Jahr bewegte und damit auch nicht gerade als üppig zu bezeichnen ist, pendelt inzwischen um einen Wert von 35 mm. Der langjährige Trend weist sogar in Richtung Null. Im Nachhinein betrachtet war er ab 1990 absehbar und spätestens seit dem Jahr 2000 fast schon

Köln-Bonn (Deutschland)

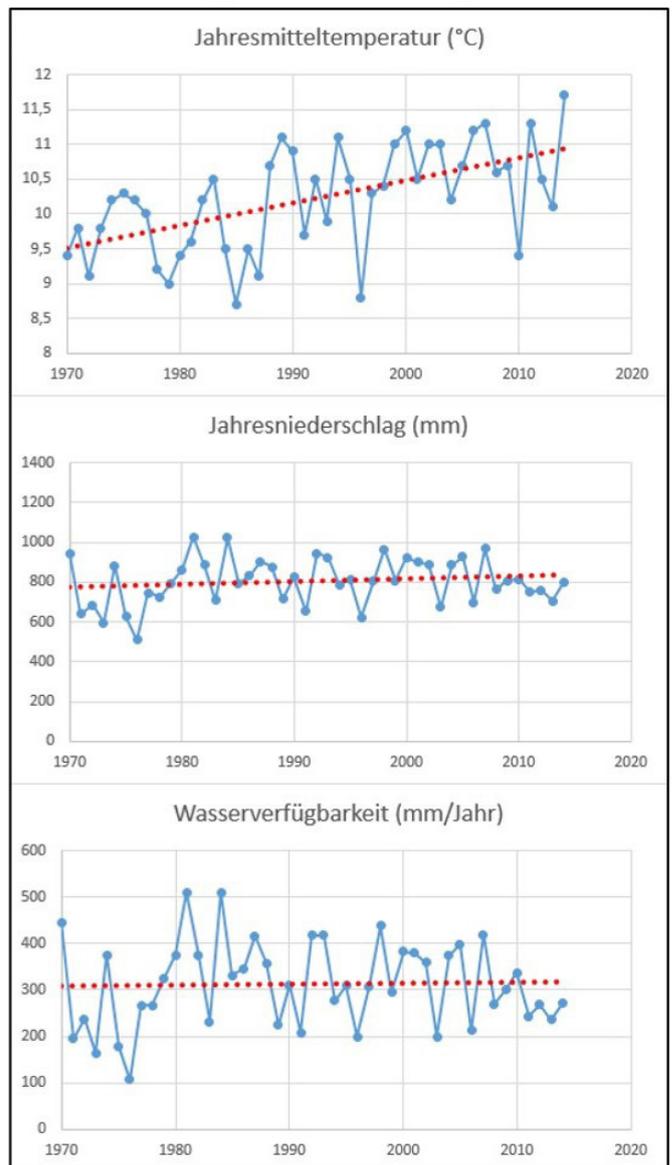


Abb. 4 Auswertung für Köln-Bonn, Datenquelle: DWD

Gewissheit. Man kann also nicht behaupten, die derzeit herrschende Dürre sei unerwartet eingetreten.

Sacramento (Kalifornien)

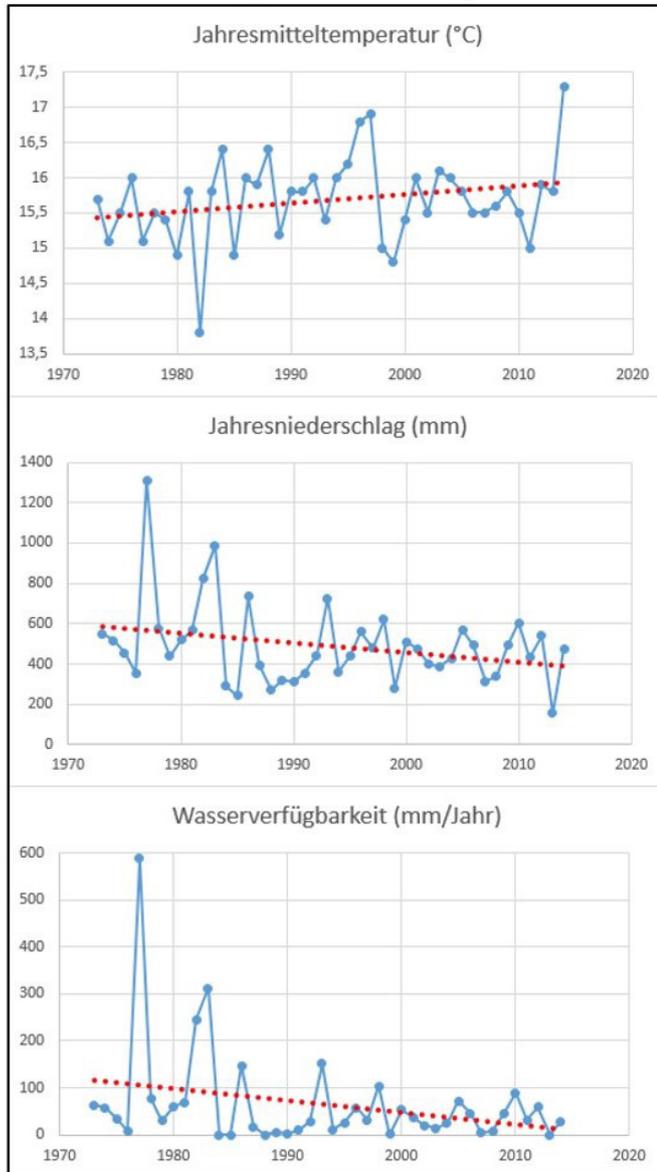


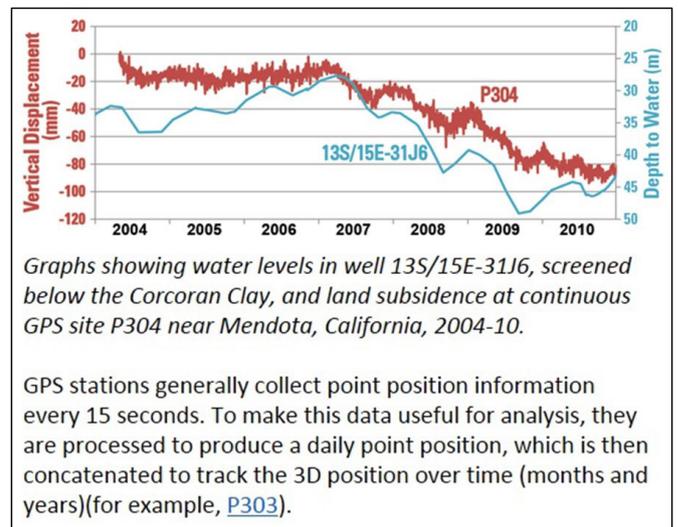
Abb. 5 Auswertung für Sacramento, Datenquelle: NOAA

Warum also grünt und blüht es im Central Valley - zumindest zum Zeitpunkt der Aufnahme des Satellitenbilds im Jahr 2013 - immer noch? Des Rätsels Lösung ist: Man bedient sich aus den Grundwasservorräten und bewässert damit die Felder und Plantagen. Geologisch ist das Central Valley nämlich wie ein riesige unterirdische Schüssel aufgebaut, deren aufragende Ränder durch die Gebirgszüge gebildet werden, die das Tal umschließen. Der verfügbare Anteil der Niederschläge, die im Bereich dieser Schüssel fallen, sammelt sich dort, ver-

sickert und verbleibt als Grundwasser im Boden. Leider jedoch wird zur Bewässerung der landwirtschaftlichen Anbauflächen derzeit viel mehr Grundwasser entnommen als durch den Regen, der im Tal selbst und seinen schmalen Randgebirgen niedergeht, an Nachschub geliefert wird. Zudem wirken hier seit Jahren zwei Trends gegeneinander: Die Wasserverfügbarkeit geht zurück, während gleichzeitig der Grundwasserverbrauch steigt.

Die fatale Folge ist, dass der Grundwasserspiegel immer stärker absinkt und die Brunnen ihn nicht mehr erreichen. Sie hängen buchstäblich im Trockenen. Neue Brunnen müssen gebohrt oder vorhandene vertieft werden. Brunnenbauer haben in Kalifornien derzeit Hochkonjunktur.

Und noch eine unangenehme Begleiterscheinung hat die Dürre mit sich gebracht: Die im Untergrund vom Grundwasser hinterlassenen Hohlräume sacken in sich zusammen. Damit geht einerseits Speicherraum für zukünftiges Grundwasser verloren - falls es doch noch einmal etwas mehr regnen sollte - und andererseits senkt sich die Landoberfläche um den Betrag ab, den die nun verdichteten Speichergesteine im Untergrund an Volumen eingebüßt haben.



Graphs showing water levels in well 13S/15E-31J6, screened below the Corcoran Clay, and land subsidence at continuous GPS site P304 near Mendota, California, 2004-10.

GPS stations generally collect point position information every 15 seconds. To make this data useful for analysis, they are processed to produce a daily point position, which is then concatenated to track the 3D position over time (months and years)(for example, [P303](#)).

Abb. 6 Fallender Grundwasserspiegel und Landabsenkung bei Mendota (Central Valley), Quelle: USGS

Äußerst bedenklich wird es jedoch, wenn der Wasserbedarf von Industrie, Landwirtschaft und Privatverbrauchern aus so genannten fossilen Grundwasserspeichern bezogen wird. Hierbei handelt es sich um Grundwasser, das sich in früheren, feuchteren Klimaperioden gebildet hat, wie z.B. der letzten Eiszeit vor etwa 25000 Jahren.

Solche Grundwasserreserven, wie man sie u.a. im Nahen Osten, unter der Wüste Sahara und auch im Mittelwesten der USA vorfindet, ergänzen sich unter den heutigen Klimabedingungen überhaupt nicht mehr. Wenn sie erschöpft sind, sind sie leer und bleiben es auch. Endgültig.

Fazit

Dies alles - und noch etliche komplexe Zusammenhänge und Querverbindungen mehr - verbirgt sich hinter dem Parameter der Wasserverfügbarkeit, den K.A.R.L. seit Jahren zuverlässig berechnet und in seinen Reports aufführt. Allerdings müssen die Konsequenzen nicht immer so dramatisch sein wie in Kalifornien oder so beruhigend wie im Rheinland.

Wenn K.A.R.L. eine Wasserverfügbarkeit von über 200 mm pro Jahr errechnet hat, kann grundsätzlich Entwarnung gegeben werden. Selbst unter ungünstigen geologischen Rahmenbedingungen (Das Regenwasser läuft bei steilem Gefälle sofort über Bäche und Flüsse ab oder verschwindet in tiefreichenden Klüften und Höhlen, wie z.B. in den kroatischen Karstgebirgen) ist die Sicherstellung der Wasserversorgung kein unlösbares Problem: Das Wasser mag möglicherweise etwas aufwendiger zu fördern oder zurückzuhalten sein, aber wenigstens ist es vorhanden. K.A.R.L.-gibt in diesem Fall folgende Meldung aus:

„Im vorliegenden Fall wird ein Wert von 200 mm pro Jahr überschritten. Das bedeutet, dass nicht mit einer grundsätzlichen Wasserknappheit zu rechnen ist, abgesehen von extrem trockenen und heißen Jahren.“

Meldet sich K.A.R.L. allerdings mit einem Hinweis wie dem Folgenden zu Wort, sollten - sofern man langfristig auf eine sichere Wasserversorgung angewiesen ist - unbedingt weitere Erkundungsmaßnahmen in die Wege geleitet werden.

„Die Wasserverfügbarkeit unterschreitet im vorliegenden Fall einen Wert von 50 mm/a. Vor dem Hintergrund des globalen Klimawandels besteht hohe Dürregefahr. Darum ist die Situation als dringend überwachungsbedürftig einzustufen.“

Weiterführende Maßnahmen können u.a. darin beste-

hen, die klimatischen Entwicklungen genauer zu analysieren (wie es hier an den Beispielen Köln-Bonn und Sacramento vorgeführt wurde) oder die regionalen geologischen und geographischen Bedingungen detailliert zu erkunden. Sind Letztere ungünstig, wie z.B. im kalifornischen Central Valley, können bereits kleine Klimaveränderungen in die Katastrophe führen. Sind sie hingegen relativ günstig, wie etwa in Ägypten, wo der Nil selbst in einer wüstenhaften Umgebung stets „von außerhalb“ für einen vergleichsweise kontinuierlichen Wassernachschub sorgt, kann die K.A.R.L.-Warnung relativiert werden. Doch auf jeden Fall ist es ratsam, auch unter solchen Bedingungen die Faktenlage etwas genauer zu prüfen und eventuell Spezialisten auf den Gebieten der Wasserwirtschaft, Ingenieur- und Hydrogeologie zu Rate zu ziehen.

Es lohnt sich also einen Blick darauf zu werfen, was K.A.R.L. in seinen Ergebnisberichten zur Wasserverfügbarkeit zu sagen hat und im Zweifelsfall weitere Nachforschungen anzustellen. Das gilt vor allen vor dem Hintergrund, dass sich Industrieunternehmen im Zuge der globalen Vernetzung immer häufiger in Regionen vorwagen, die sich von den übersichtlichen und bekannten Umgebungsbedingungen in Mitteleuropa eklatant unterscheiden. Sich zusätzliche Probleme durch einen schleichend eintretenden Wassermangel einzuhandeln oder durch soziale Unruhen, die eben von diesem ausgelöst werden könnten, ist das Allerletzte, womit international operierende Unternehmen konfrontiert werden möchten.

KA Köln.Assekuranz Agentur GmbH

Hohenzollernring 72, 50672 Köln

Tel.: +49 221 39761-200

Fax: +49 221 39761-301

info@koeln-assekuranz.com

<https://karl.services/>

© 2023