

Markus Zimmer, Jana Lippelt und Jonas Frank

Die landwirtschaftlichen Nutzflächen gewinnen im Zuge des Wachstums der Weltbevölkerung und der wirtschaftlichen Entwicklung insbesondere der Schwellenländer eine immer größere Bedeutung. Einer stetig steigenden Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten steht eine nur sehr begrenzt mögliche Ausweitung der Nutzfläche gegenüber. Dies führt zu einer Intensivierung der Nutzung der bestehenden Flächen, insbesondere durch Bewässerungsmaßnahmen. Die zunehmende und kostengünstigere Verfügbarkeit von Anlagen zur Bewässerung sowie mangelnde Erfahrungswerte und Unkenntnis über den richtigen Einsatz der künstlichen Bewässerung haben in den letzten Jahrzehnten zu einer massiven Zunahme der Versalzung der landwirtschaftlichen Nutzfläche geführt. Durch den Klimawandel ergeben sich zusätzliche Herausforderungen bei der Aufrechterhaltung der Produktivität der Landwirtschaft und eine zunehmende Flächenkonkurrenz durch die Nutzung von Ackerland zur Energiegewinnung (z.B. »Biosprit«, Solarparks etc.).

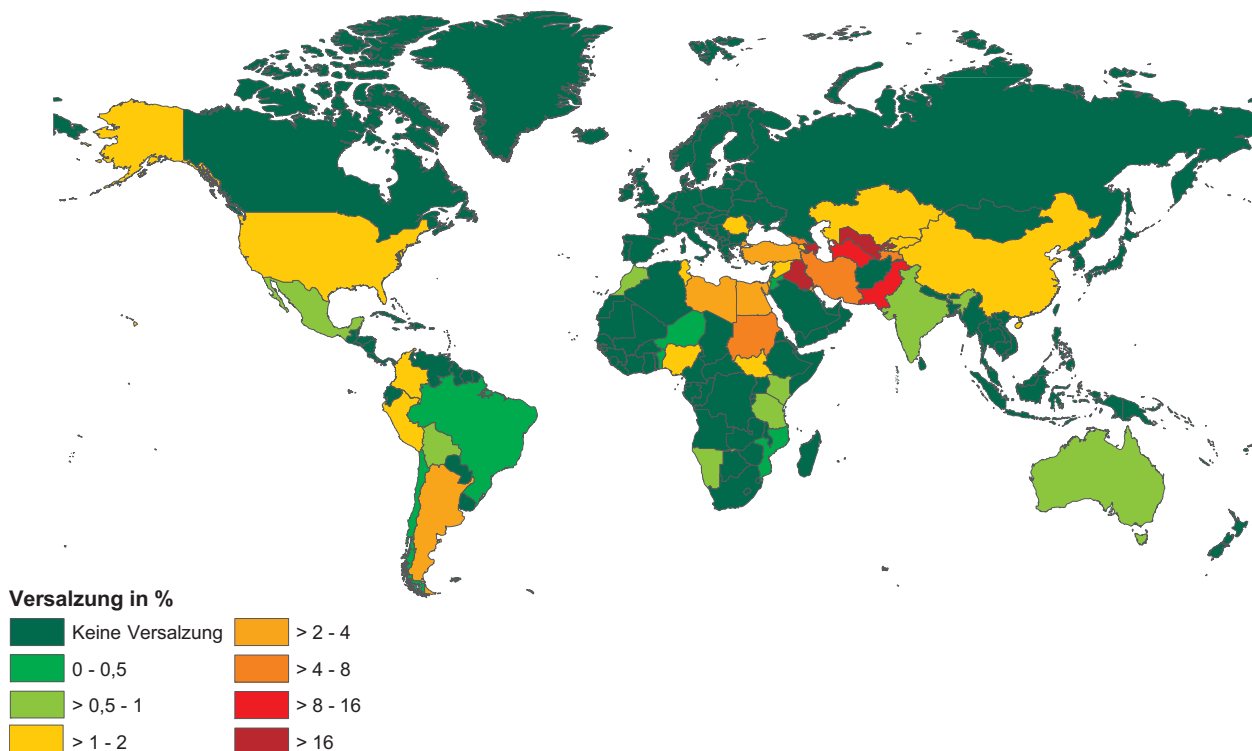
Die Bodenversalzung stellt global ein ernstzunehmendes Problem dar, da weite Flächen für die Landwirtschaft unbrauchbar werden können und nur durch hohen Aufwand und Kosten wieder renaturierbar sind. Seit Beginn der Industrialisierung kam es weltweit zu einem stetigen An-

stieg der künstlichen Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen. Weltweit werden derzeit ca. 3 Mill. km<sup>2</sup> bewässert (vgl. BOKU Wien 2012).

Versalzung ist ein Phänomen, das sowohl natürlich als auch vom Menschen verursacht auftritt. Natürliche Versalzung tritt zumeist in Küstengebieten durch Meerwasser sowie in ariden Gebieten bei Grundwasseranschluss durch kapillaren Aufstieg oder durch den Staubeintrag mit dem Niederschlag auf. Künstliche Versalzung wird durch Beregnung mit salzhaltigem Abwasser, Streusalzeinsatz im Winter, übermäßige Düngung und in ariden Gebieten durch falsche Bewässerungsmaßnahmen bzw. fehlende Entwässerung hervorgerufen (vgl. ETH Zürich 2007). Es können drei verschiedenen Arten von Versalzung unterschieden werden. Zum einen kann ein ansteigender Grundwasserspiegel salziges Wasser so nah an die Oberfläche bringen, dass es von den Pflanzen über die Wurzeln aufgenommen wird. Eine weitere Form der Bodenversalzung kann durch Bewässerung entstehen, wenn das Wasser nicht ausreichend abgeleitet werden kann. Insbesondere in heißen Gebieten, in denen ohnehin häufiger bewässert wird, kann es durch Verdunstung und Transpiration der Pflanzen (zusammengefasst als Evapotranspiration bezeichnet) dazu kommen, dass die im Was-

Abb. 1

Anteil der durch Bewässerung versalzten Fläche im typischen Anbauebiet\*



\* Gemeint ist hier das Mediangebiet. Dabei sind die bewässerten Flächen in Grids von ca. 100 km<sup>2</sup> eingeteilt und nach dem Grad ihrer Versalzung geordnet.

Quelle: Eigene Darstellung, Berechnungen aus Daten der Land and Water Division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO 2011).

ser gelösten Salze an der Bodenoberfläche bzw. den oberen Horizonten kristallisieren und sich als Salz ansammeln. Zu den häufigsten Salzen im Boden zählen dabei vor allem jene, die aus Natrium oder Calcium gebildet werden, wie zum Beispiel Natriumchlorid, Calciumsulfat und Calciumcarbonat (vgl. DERM 2011).

Eine dritte Form der Versalzung wird durch Bodenerosion verursacht, wenn unter abgetragenen oberen Erdschichten salzhaltige Erdschichten an die Oberfläche oder zumindest in Reichweite der Pflanzen kommen.

Die drei Formen der Versalzung hängen oftmals eng zusammen. So kann die Rodung von Wäldern zur Gewinnung landwirtschaftlich nutzbarer Flächen zu Bodenerosion führen, weil die tiefgehenden Wurzeln der Bäume nach der Rodung zur Stabilisierung des Erdreiches fehlen. Gleichzeitig sorgt die geringere Wurzeltiefe der Nutzpflanzen für eine schlechtere Ausnutzung des in den Boden eindringenden Wassers, so dass der Grundwasserspiegel ansteigen kann, weil mehr Wasser tiefere Erdschichten erreicht. Die schlechtere Ausnutzung des vorhandenen Wassers kann wiederum zu einem erhöhten Bewässerungsbedarf der Anbauflächen führen. Somit können bei sorgloser landwirtschaftlicher Nutzung bestimmter Flächen alle verschiedenen Formen der Versalzung zur gleichen Zeit auftreten.

Die Folgen der Versalzung äußern sich zum einen in einer höheren Ionenkonzentration, wodurch die Pflanzen weniger Wasser aufnehmen können. Des Weiteren führt sie zur Veränderung der Artenzusammensetzung im Boden, zudem verschlechtert sich die Bodenstruktur und führt insgesamt zu einer Verringerung der Ertragsfähigkeit des Bodens (vgl. ETH Zürich 2007).

Ob und in welchem Ausmaß die Böden einer Region anfällig für Versalzung sind, lässt sich anhand einiger Faktoren bestimmen. Von entscheidender Bedeutung sind dabei die klimatischen Bedingungen. In heißen Klimazonen, in denen ohnehin zumeist ein höherer Bewässerungsbedarf herrscht, ist die Gefahr von Salzablagerungen durch Evapotranspiration höher als in kühleren Gebieten.

Auch die Menge und zeitliche Verteilung des Niederschlags hat großen Einfluss auf die Versalzungsgefahr. Gebiete, die eine oder mehrere Regenzeiten aufweisen und in der restlichen Zeit auf Bewässerung zurückgreifen, sind weniger anfällig für Versalzung als Gebiete, in denen dauerhaft bewässert wird. Die großen Niederschlagsmengen waschen die Salze, die sich in der Trockenperiode angesammelt haben, aus den oberen Bodenschichten heraus, so dass es weniger schnell zu langfristigen Salzablagerungen kommt.

In küstennahen Regionen besteht die Gefahr, dass es durch ein Absinken des Grundwasserspiegels zu Versalzung kom-

men kann, weil in diesem Fall vermehrt Meerwasser ins Grundwasser gedrückt wird. Das salzhaltigere Grundwasser ist dann möglicherweise nicht mehr für die Bewässerung in der Landwirtschaft nutzbar.

### Mögliche Maßnahmen gegen Versalzung

Durch ein (verbessertes) Bewässerungsmanagement ist es häufig möglich, die Versalzung des bewässerten Bodens zu verhindern oder zumindest im für die landwirtschaftliche Nutzung des Bodens akzeptablen Rahmen zu halten. Eine besonders naheliegende Form, die Versalzungsgefahr zu reduzieren, ist die Nutzung von möglichst salzarmem Wasser, wo und wann immer dies möglich ist. Steht solches Wasser nicht zur Verfügung, ist es besonders wichtig, für einen guten Ablauf des nicht von den Pflanzen aufgenommen Wassers zu sorgen, um ein übermäßiges Verdunsten und die damit verbundene oberflächennahe Salzablagerung zu verhindern. In Regionen, in denen ein Anstieg des Grundwasserspiegels die Hauptursache für Versalzung ist, kann versucht werden, diesen Anstieg durch Bewässerung aus Grundwasserquellen zu verhindern. Erfolgt die Bewässerung nämlich nicht mit Oberflächenwasser, findet kein Nettozufluss zum Grundwasser statt, so dass dieses nicht ansteigt. Falls sich die Versalzung nicht verhindern lässt, bleibt unter Umständen der Umstieg auf Nutzpflanzen, die höhere Salzkonzentrationen aushalten. Auch Nutztiere unterscheiden sich in ihrer Toleranz gegenüber salzhaltigem Trinkwasser bzw. des über die Nahrung aufgenommenen Salzes.

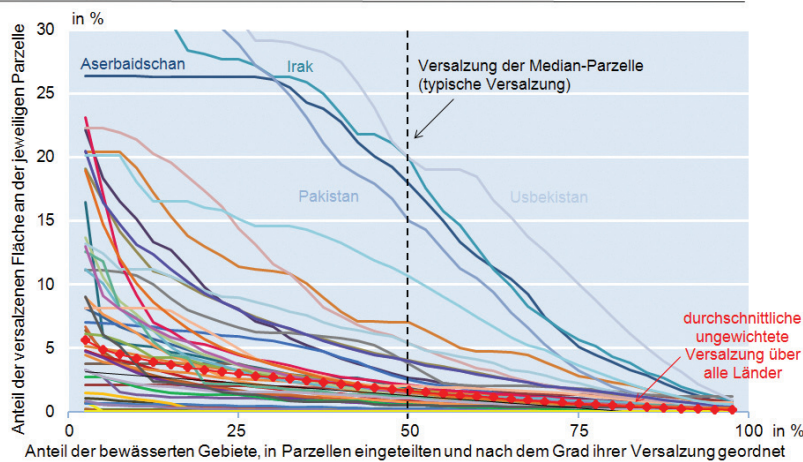
### Versalzung und Klimawandel

Der Klimawandel hat in vielfältiger und teilweise gegenläufiger Weise Einfluss auf die Versalzungsproblematik (vgl. Yeo 1999). Es ist deshalb a priori nicht eindeutig zu bestimmen, ob Versalzung in Zukunft in verschärfter Form auftreten wird. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass es zumindest in Regionen, die bereits heute stark betroffen sind, in Zukunft zu einer weiteren Verschärfung kommen wird.

Die im Zuge des Klimawandels erwarteten höheren Temperaturen erhöhen die Verdunstung, so dass es zu einer vermehrten Salzablagerung kommt. Durch die höhere Verdunstung des natürlichen Niederschlags steigt zudem möglicherweise der Bewässerungsbedarf, was die Probleme noch verstärkt. Gleichzeitig wird der ansteigende Meeresspiegel in küstennahen Gebieten den Salzgehalt des Grundwassers erhöhen, so dass dieses weniger (oder überhaupt nicht mehr) zur Bewässerung geeignet sein wird.

Gegenläufig zu den oben beschriebenen Effekten ist jedoch die Tatsache, dass der den anthropogenen Klimawandel auslösende erhöhte CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft die Effi-

**Abb. 2**  
**Versalzung der bewässerten Flächen nach Ländern**



Quelle: Eigene Darstellung, Berechnungen aus Daten der Land and Water Division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO 2011).

**Literatur**

BOKU Wien (2012), Bewässerung und Versalzung von Böden, online verfügbar unter: <http://www.boku.ac.at/mi/globalseminar/Salzboeden.pdf>, aufgerufen am 26. September 2012.

Department of Environment and Resource Management (DERM) (2011), *Salinity Management Handbook*, online verfügbar unter: [http://www.derm.qld.gov.au/salinity/pdf/smh\\_book.pdf](http://www.derm.qld.gov.au/salinity/pdf/smh_book.pdf), aufgerufen am 2. Oktober 2012.

ETH Zürich (2007), *Bodenversalzung*, online verfügbar unter: <http://www.ifu.ethz.ch/GWH/education/SimSalin/bodenversalzung>, aufgerufen am 1. Oktober 2012.

Yeo, A. (1999), »Predicting the Interaction between the Effects of Salinity and Climate Change on Crop Plants«, *Scientia Horticulturae* 78, 159–74.

zienz von Pflanzen in der Nutzung von Wasser erhöhen kann. Dieser Effekt könnte die Verschärfung der Versalzungsproblematik im Zuge des Klimawandels kompensieren oder zumindest dämpfen.

Abbildung 2 zeigt für 89 verschiedene Länder, wie sich die Versalzung über die bewässerten landwirtschaftlichen Nutzflächen verteilt. Dabei sind die bewässerten Flächen eines Landes in Parzellen zu je ca. 100 km<sup>2</sup> eingeteilt. Die Parzellen sind dann nach dem Anteil der versalzten Fläche innerhalb der Parzelle geordnet, so dass jede farbige Linie die Verteilung der Versalzung über die verschiedenen Anbaugelände innerhalb eines Landes widerspiegelt (die Linien stellen also die inversen Verteilungsfunktionen dar). Die rote Perlenkette zeigt die durchschnittliche Versalzung über die Verteilungen aller Länder (der ungewichtete Durchschnitt über die inversen Verteilungsfunktionen). Die senkrechte schwarze gestrichelte Linie kennzeichnet die Median-Parzelle, so dass dort der Anteil der versalzten Fläche im »typischen« Anbaugelände abgelesen werden kann. Im Durchschnitt über alle Länder hat die Median-Parzelle einen Versalzungsanteil von 1,65%. Die Länder mit der höchsten Versalzung der typischen Anbaufläche sind Usbekistan (19,9%), Irak (19,9%), Aserbaidtschan (17,9%) und Pakistan (15,0%). Die Weltkarte (vgl. Abb. 1) zeigt den Anteil der durch Bewässerung versalzten Flächen im typischen Anbaugelände. Hier fallen auch entwickelte Länder wie Australien oder die Vereinigten Staaten ins Auge. In Australien sind immerhin etwa 0,6% und in den Vereinigten Staaten etwa 1,5% dieser Flächen versalzen.