

Tagungsbeitrag zu: Kommission V  
 Titel der Tagung:  
 Böden eine endliche Ressource  
 Veranstalter: DBG, Sept. 2009, Bonn  
 Berichte der DBG (nicht begutachtete  
 online Publikation) <http://www.dbges.de>

## **Verbreitung und Biomasseerzeugungspotential von salz beeinflussten Böden in Indien**

Vashev, B. <sup>1</sup>; Gaiser, T. <sup>2</sup>; Mandal A.K. und  
 Stahr, K. <sup>1</sup>

### **Zusammenfassung**

Die Versalzung des Bodens und Grundwassers stellt eine der größten Herausforderungen für die Landwirtschaft in ariden und semiariden Gebieten dar. In Folge der Anreicherung von leicht löslichen Salzen, im Wurzelraum, werden die Erträge der Kulturpflanzen signifikant reduziert oder fallen komplett aus. Integrierte Lösungen sind gefragt, die dauerhaft eine nachhaltige, positive Auswirkung auf die Bodenfruchtbarkeit haben und dazu beitragen, das versalztes Ödland wieder nutzbar zu machen. Eine alternative Lösung stellen Agroforstwirtschaftliche Systeme mit multifunktionalen salz toleranten Baumarten, die eine wesentlich höhere Salztoleranz als die Kulturpflanzen haben, dar.

Leguminose Baumarten wie *Acacia nilotica* und *Prosopis juliflora* wachsen schnell und können nicht nur als Brennholz oder Baumaterial benutzt werden, sondern auch Hülsenfrüchte tragen, die als Futter oder sogar Nahrung verwendet werden können. Ihre positive ökologische Rolle auf die Bodeneigenschaften, durch Akkumulation von organischer Substanz, Bodenstrukturauflockerung und Grundwasserabsenkung, ist bekannt. Allerdings ist das Potential des Salzödlandes für die Biomasseerzeugung auf regionaler Skala noch nicht ausreichend erforscht.

<sup>1</sup> Universität Hohenheim,  
 Institut für Bodenkunde und Standortslehre,  
[vashev@uni-hohenheim.de](mailto:vashev@uni-hohenheim.de)

<sup>2</sup> Universität Bonn, Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz

<sup>3</sup> Central Salinity Research Institute, Karnal  
 India

Im Rahmen des Forschungsprojektes BIOSAFOR, finanziert von der Europäischen Kommission, werden verschiedene Agroforstsysteme für versalztes Böden entwickelt und eine Evaluierung der biophysikalischen Eignung des Ödlandes für die Biomasseproduktion auf Landes- und Staatsebene für Indien durchgeführt. Land Suitability Classification (LSC) der FAO erfolgt auf Staatsebene. Die wichtigsten limitierenden klimatischen, Boden- und Grundwasserparameter werden berücksichtigt, um die Standorteignung für die Biomasseproduktion zu ermitteln.

**Schlüsselworte:** salz beeinflusste Böden, salz tolerante Bäume, Biomasseerzeugung

### **Einführung**

Die Versalzung ist eine der bedeutendsten Degradationsprozesse. Sie führt zu einer teilweisen oder kompletten Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit. Salzanreicherung im Boden oder Wasser kann Folge natürlicher Prozesse oder menschlicher Aktivitäten sein. Die sekundäre Versalzung kann durch Mobilisierung und Transport der Salze in den Wurzelraum, durch Bewässerung oder Abholzung der natürlichen Vegetation verursacht werden (Ghassemi et al. 1995). Indien ist der Staat mit der zweit größten Population der Welt und nimmt mit ca. 57,4 Mio. ha bewässerter Ackerfläche (FAO 2009) eine der Top 5 Positionen der Länder weltweit ein. Der enorme Populationsdruck, der Bedarf an Nahrungsmitteln und die rasante wirtschaftliche Entwicklung haben dazu geführt, dass die Land- und Wasserressourcen übermäßig genutzt wurden. Die kurzfristige Steigerung der Produktion von Nahrungsmitteln, Fasern und Holz wurde ohne Rücksicht auf die Nachhaltigkeit der Ressourcennutzung erzielt und hat Probleme wie sekundäre Versalzung, Verwüstung, Grundwasserabsenkung in einigen Gebieten und Grundwasseranstieg in anderen verursacht und gefährden so die zukünftige Nahrungssicherung. Singh (2009) berichtet von einer Ausdehnung der salz beeinflussten Böden Indiens von ca. 6.74 Millionen ha. Salz beeinflusste Böden sind

hauptsächlich in 15 Indischen Staaten verbreitet und weisen verschiedene Ausdehnung, Grad, Charakter und Ursprung auf. Für Klassifizierung und Beschreibung der Bodenressourcen Indiens wird traditionell die Amerikanische Klassifikation (Soil Taxonomy) verwendet. In den letzten Jahren wurden verschiedene Ansätze angewendet. Mit Hilfe der Fernerkundungsmethoden wurden die Verbreitung, Typ und Grad der Versalzung

der salz beeinflussten Böden wurde mit GIS für 12 der 15 Staaten durchgeführt. Die Kriterien von WRB 2006 wurden dabei verwendet. Des Weiteren wurde eine relationale Datenbank nach dem Ansatz von SOTER (van Engelen 1995) aufgebaut und alle verfügbaren digitalen Boden-, Terrain- und Klimadaten gespeichert.

Typ und Grad der Versalzung	EL in dSm <sup>-1</sup>	pH Bereich	ESP Bereich
leicht versalzt	4,0-8,0	< 8,5	Spuren
mäßig versalzt	8,0-30,0	< 8,5	Spuren
stark versalzt	> 30,0	< 8,5	Spuren
leicht alkalisiert	< 4,0	8,5-9,0	<15
mäßig alkalisiert	< 4,0	9,0-9,8	15-40
stark alkalisiert	< 4,0	>9,8	>40
leicht versalzt, leicht alkalisiert	4,0-8,0	8,5-9,0	<15
mäßig versalzt, leicht alkalisiert	8,0-30,0	8,5-9,0	<15
stark versalzt, leicht alkalisiert	> 30,0	8,5-9,0	<15
leicht versalzt, mäßig alkalisiert	4,0-8,0	9,0-9,8	15-40
mäßig versalzt, mäßig alkalisiert	8,0-30,0	9,0-9,8	15-40
stark versalzt, mäßig alkalisiert	> 30,0	9,0-9,8	15-40
leicht versalzt, stark alkalisiert	4,0-8,0	>9,8	>40
mäßig versalzt, stark alkalisiert	8,0-30,0	>9,8	>40
stark versalzt, stark alkalisiert	> 30,0	>9,8	>40

Tabelle 1: Klassifizierung der salz beeinflussten Böden Indiens (Mandal 2008)

hinsichtlich der erforderlichen Rekultivierungsmaßnahmen klassifiziert. Von versalzten Böden erfolgte sie in der Karte der salz beeinflussten Böden Indiens (SAS Maps), ausgearbeitet in Zusammenarbeit von National Remote Sence Agency, Central Salinity Research Institute und National Bureau for Soil Survey and Land Use Planning, publiziert im Jahr 1997 (Mandal 2008) dargestellt in Tabelle 1. Das Klassifikationsschema enthält 15 Klassen, die generell in drei Kategorien ausfallen: alkalisiert, versalzt oder alkalisiert und versalzt. Anhand der Elektrischen Leitfähigkeit (EL), des pH (bestimmt in Wasser) und des Anteils an austauschbarem Natrium (ESP) wurden diese weiter als leicht, mäßig oder stark eingestuft. Eine Harmonisierung der verschiedenen Datenquellen der Bodendaten ist erforderlich, um sie an die World Soil Reference Base (WRB) of Soil Resources anzupassen und international vergleichbar zu machen. Eine Reklassifizierung der digitalisierten Karten

## Material und Methoden

Um die Land Suitability Classification für die Biomasseerzeugung auf Salzöderland durchzuführen, sind zwei Komponenten wichtig: die Standortbedingungen (Klima, Boden und Wasserverfügbarkeit), die der jeweilige Standort bietet, und die Ansprüche, die die Bäume an die jeweiligen Standortcharakteristiken für ihr Wachstum stellen.

## Verwendete Daten

### Boden- und Terraindaten:

- Bodenversalzung (**SAS**) für Haryana, Uttar Pradesh, Punjab, Rajasthan, Gujarat, Bihar, Orissa, Madhya Pradesh, Andhra Pradesh Maharashtra, Karnataka und Tamil Nadu.
- Bodenressourcen Karten (**NBSS**) für die jeweiligen Staaten (1:500 000)
- Bodenprofilaten von WISE 1.1 Global Soil Profile data Set (Batjes 2002) und den Erläuterungsbänden der NBSS Karten
- GTOPO30 Digitales Höhen Modell

### Klima Daten:

- Punktdaten von 410 Klimastationen in Indien wurden von dem FAO Clim 2, worldwide Agroclimatic Database extrahiert (FAO 2003).
- Raster Daten mit Auflösung von 5 x 5 Grad wurden von der CRU TS 2.1 Global Climate Database (Mitchell 2005) zusammengefasst, um den langjährigen Durchschnitt der Monatsniederschläge, Temperaturen und Sonneneinstrahlungen zu berechnen.

### Grundwasser:

- Karten der Grundwassertiefe und die Grundwasserqualität (EL, Chloride Konzentration) für die jeweiligen Staaten wurden verwendet.

### Baumansprüche:

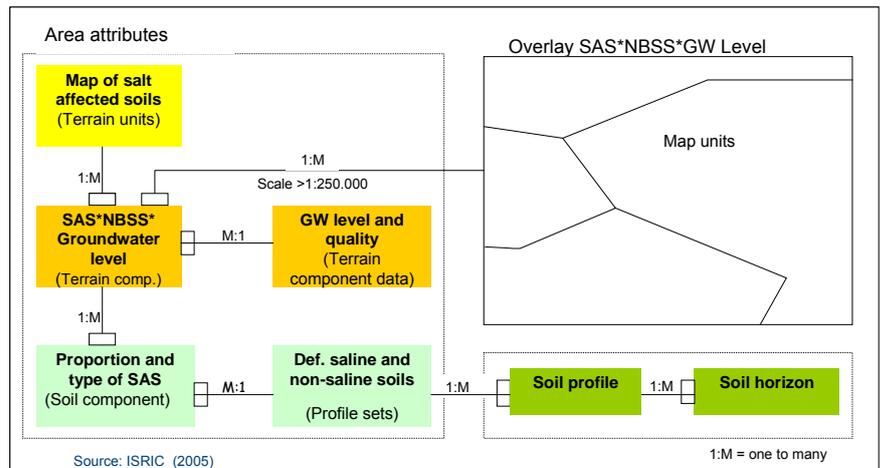
- Literaturrecherche, um die biophysikalischen Grenzen sowie die optimalen Bedingungen des Wachstums der ausgewählten Bäume zu bestimmen, wurde durchgeführt.
- Daten betreffs der Salzkonzentrationen im Boden wurden erhoben, anhand von Topfversuchen, der BIOSAFOR Partner in Indien, Pakistan und Bangladesh, um die Salztoleranz der Bäume abzugrenzen.
- Boden- und Biomassedaten von 13 Untersuchungsgebieten wurden verwendet, um die Eignungsklassen der LSC zu quantifizieren.

Die Boden und Terraindaten wurden entsprechend des SOTER Standards organisiert. Die Struktur der relationalen Datenbank ist in der Figur 1 dargestellt. Abfragen wurden für jeden Standortparameter programmiert und mit den Baumansprüchen verglichen. Anhand von GIS wurden die Klimadaten mit dem Boden- und Terraindaten auf der Ebene der Terrain-Komponenten aggregiert und auf der Karte visuell dargestellt.

Die Reklassifikation der digitalen Karten der salz beeinflussten Böden Indiens von 15 Klassen erfolgte in 4 Bodentypen entsprechend der diagnostischen Kriterien der (WRB 2006). Anhand von GIS wurden die Flächen berechnet und die potentielle Fläche für die

Biomasseproduktion bestimmt. Als Ausschlusskriterium wurde ein Wert der elektrischen Leitfähigkeit von  $8 \text{ dSm}^{-1}$  als Grenze angenommen,

Figur 1: SOTER basierten Ansatz für BIOSAFOR

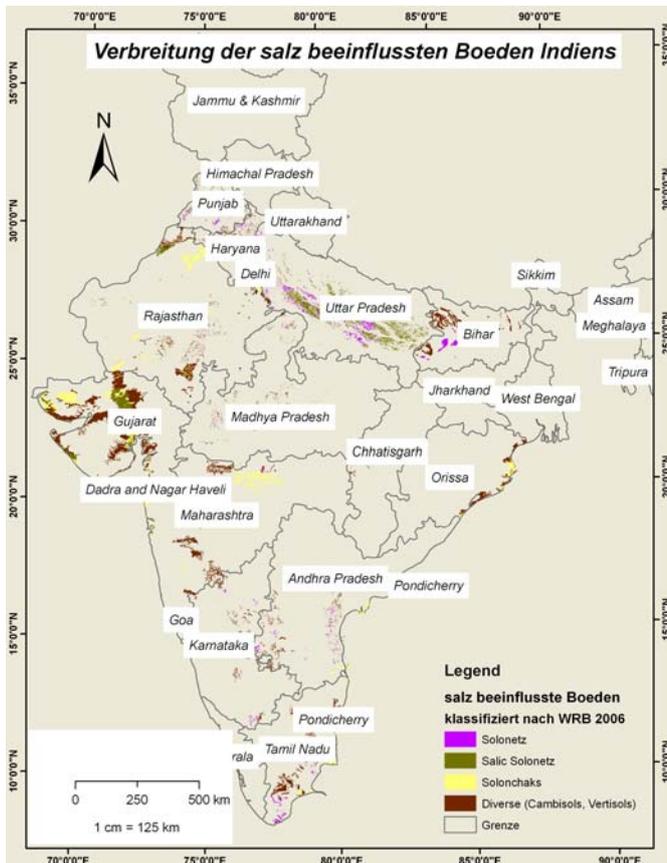


da die meisten salztoleranten Kulturpflanzen dort ihren Grenzwert haben. Es kommen also nur Böden mit einem EL-Wert höher als  $8 \text{ dSm}^{-1}$  für biosaline Agroforstwirtschaft in Frage.

### Ergebnisse

Die Verbreitung der versalzten Böden Indiens und die Ergebnisse der Harmonisierung zu der (WRB 2006) sind in der Figur 2 gezeigt. Die ursprünglichen 15 Klassen wurden in 4 neuen Klassen aggregiert. Als Solonetz wurden alle Klassen bezeichnet, dargestellt in Tabelle 1, die einen ESP-Wert größer als 15 und einen EL-Wert kleiner als  $15 \text{ dSm}^{-1}$  zeigen. Bei Klassen welche ein ESP und EL größer 15 aufweisen wurde zu Solonetz noch das Präfix salic verwendet, um die Anwesenheit von natric und salic Horizonten auszudrücken.

Böden mit  $\text{EL} \geq 15 \text{ dSm}^{-1}$  und  $\text{ESP} < 15$  wurden als Solonchaks bezeichnet. Alle Klassen welche einen  $\text{EL} < 15 \text{ dSm}^{-1}$  und  $\text{ESP} < 15$  besitzen, wurden als „diverse“ erfasst. Dies sind Cambisols, Vertisols, Fluvisols etc., die eine geringere Versalzung zeigen, die nicht ausreichend ist, um einen salic oder natric Horizont zu definieren. Die meisten Solonetz und salic Solonetz Böden sind in Nord Indien in der Indo-Ganetischen Ebene unter semi-ariden und sub-humiden Klima verbreitet.



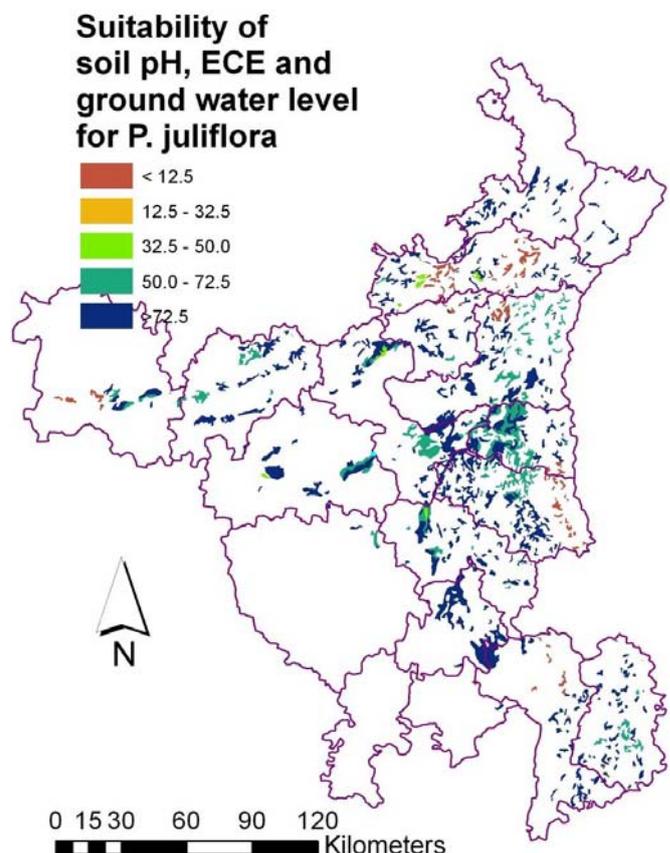
Figur 2: Verbreitung der salz beeinflussten Böden Indiens

Die maximale Ausdehnung ist in Uttar Pradesh, Haryana und Punjab zu finden. Die meisten Solonchaks sind im arideren Klima in Rajasthan, Gujarat und Maharashtra zu lokalisieren. Die berechnete Fläche von 6,3 Mio. ha basiert auf Daten von 12 Staaten mit Bodenversalzung und stimmt sehr gut mit den 6,74 Mio. ha die von (Singh 2009) für alle 15 Staaten ermittelt wurden überein. Etwa 3,8 Mio. ha (Solonchaks, salic Solonetz und Solonetz) stellen potentielle Standorte für Biomasseproduktion dar, da die Elektrische Leitfähigkeit und ESP zu hoch sind und beim Anbau von Kulturpflanzen mit großen Ausfällen zu rechnen ist. Die Toleranz der Bäume ist ebenfalls nicht grenzenlos, also muss eine komplexere Auswertung anhand von LCS stattfinden. Die ersten Ergebnisse für den Pilotstaat Haryana sind in der Figur 3 präsentiert. Etwa 90 % der salz beeinflussten Böden haben eine mittlere bis sehr gute Eignung für *P. juliflora*. Demnächst werden die kalkulierten Eignungsklassen mit dem Biomasseakkumulationsraten gekoppelt, um das

absolute Potential in  $\text{tha}^{-1}$  für die jeweiligen Baumarten zu berechnen.

## Literatur

- Batjes, N.H., 2002. A Homogenized soil profile data set for global and regional environmental research, ISRIC Report 2002/01
- FAO, 2003. FAOCLIM 2. World-wide Agroclimatic Data Base, Agro meteorology Group by FAO, ROME
- FAO, 2009. AQUASTAT online database. National resource and Environment (NL), Food Organisation of the United Nations. Stand. 17.11.2009: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html>
- Ghassemi, F., Jakeman, A. J. and Nix, H. A., 1995. Salinisation of land and water resources: Human causes, extent, management and case studies. Wallingford Oxon, UK: CAB International, 526 pp.
- Van Engelen, V.W.P. and Wen, T.T., 1995. Global nad National Soils and Terrain Digital Databases (SOTER), Procedure Manual ISRIC.
- Mandal, A. K. und Sharma, R. C., 2008. Computerized database on salt affected soils in western and central India using GIS, Geocarto International, 23:5,373 — 391
- Mitchell, T.D. and Jones, P.D. 2005: An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. Int. J. Climatol. 25: 693 – 712.
- Singh, G. 2009. Salinity-related desertification and management strategies: Indian Experience. Land Degradation and Development, 20, 367-385.
- World Reference Base for Soil resources, 2006. World Soil Resources Reports 103, ISRIC, FAO and IUSS



Figur 3: Eignung von *Prosopis juliflora* in Haryana