

## Zusammenfassung

Bolivien muss mehr als die Hälfte seines Diesel-Bedarfs (2014 52,7 %) aus Venezuela und Argentinien importieren. Zugleich weist das südamerikanische Land großes Potenzial zur Biokraftstoffgewinnung aus Ölpflanzen wie *Jatropha curcas* (*J. curcas*) auf. Bolivien verfügt über ausreichend Land und geeigneten Boden zum Anbau von Ölpflanzen. Im Inland produzierter Biodiesel kann für das Land eine umweltfreundliche Möglichkeit für eine partielle Deckung seines steigenden Diesel-Bedarfs sein. Insbesondere die Nutzung von fortgeschritten erodierten Böden zum Anbau von *J. curcas* könnte eine gute Möglichkeit für eine nachhaltige Biodieselproduktion in Bolivien bieten. Das Hauptziel der Arbeit liegt daher in der Abschätzung des Anbaupotenzials von *J. curcas* auf erodierten Böden. Als Untersuchungsgebiet (UG) wurde El Gran Chaco im Departamento Santa Cruz in Bolivien ausgewählt. Dort sind rd. 7 Mio. ha Boden fortgeschritten erodiert, dies entspricht 86 % der Gesamtoberfläche des Untersuchungsgebiets. Zur Ermittlung des Anbaupotenzials werden aktuelle klimatische Bedingungen des Untersuchungsgebiets wie niedriger Niederschlag und Dürre-Anfälligkeit in Bezug auf die Grundbedürfnisse und Eigenschaften der *J. curcas*-Pflanze wie geringer Wasserbedarf, hoher Öl-Gehalt, Dürre-resistenz und Wachstumsfähigkeit auf unfruchtbaren Böden, Anpassungsfähigkeit an klimatische Bedingungen wie Niederschlag und lange Trockenzeiten untersucht. Neben ökologischen werden auch sozioökonomische Kriterien in die Abschätzung des Anbaupotenzials mit einbezogen.

Um der Zielsetzung der Arbeit gerecht zu werden, wurden vier Forschungsfragen formuliert:

Wie groß ist das nutzbare Potenzial von *J. curcas* zur Biodieselproduktion in der bolivianischen Region El Gran Chaco des Departamentos Santa Cruz bei den derzeitigen standörtlichen Bedingungen?

Wie müssen der Anbau von *J. curcas* und die Produktion von Biodiesel aus *J. curcas* gestaltet werden, damit sie ökologisch nachhaltig betrieben und zur Entwicklung der Region beitragen werden?

Welche sozioökonomischen Auswirkungen auf die Untersuchungsregion sind mit dem Anbau von *J. curcas* verbunden?

Welche Handlungsempfehlungen für einen nachhaltigen Anbau von *J. curcas* zur Biodieselproduktion im industriellen Maßstab können für Bolivien nach ökologischen und sozioökonomischen Kriterien gegeben werden?

Zur Beantwortung der Forschungsfragen werden Standortkriterien von *J. curcas* (Temperatur, Frostrisiko, jährlicher Niederschlag, Nähe zu Flüssen bzw. Bewässerungsmöglichkeiten, Grundwasser, Hangneigung, Versickerungsrate des Bodens, Überschwemmungsrisiko und Dürregefahr) sowie ökologische Gesichtspunkte (Landbedeckung, erodierte Böden und Schutzgebiete im UG) sowie sozioökonomische Gesichtspunkte (landwirtschaftliche Nutzfläche, Infrastruktur und Nähe zu Siedlungsgebieten im UG) herausgearbeitet. Diese gründen auf einem Grundlagenteil mit der Recherche von Informationen zum *J. curcas*-Anbau und internationalen *J. curcas*-Untersuchungen zu Praxis-Erfahrungen sowie Informationen zum Untersuchungsgebiet basierend auf einer ArcGIS-Datenbank. Eine GIS-Analyse des Gesamtgebietes wird auf Basis der abgeleiteten ökologischen, sozioökonomischen und Standortkriterien durchgeführt. Dabei werden insbesondere die klimatische Faktoren des UG, Auftreten von Naturphänomenen bzw. Extremereignisse (Überschwemmung und Dürregefahr), Vegetationsbedeckung im Hinblick auf die Erosionsgefährdung und Flächennutzung, Anteil landwirtschaftlicher Nutzflächen und erodierter Böden nach ihrem Erosionstyp (Winderosion, Wasser- und Winderosion, Wassererosion) und Erosionsgrad (stark, mittel, leicht und keine Erosion), Flächenumfang, Schutzgebiete, vorhandene Infrastruktur und Siedlungsgebiete berücksichtigt.

Für die GIS-Analyse werden als Bestandteil der ArcGIS Datenbank auch Karten verwendet, die auf Basis technischer Informationen bzw. Grunddaten und digitaler Sachdaten bzw. Geodaten aus einer Studie der bolivianischen Regierung und dem Entwicklungsprogramm der Vereinten Nationen aus dem Jahr 2006 erstellt wurden.

Auf Grund der unterschiedlichen Charakteristiken des Bodens (Erosionstyp und -grad) und einer ungleichen Verteilung auf verschiedene Landgemeinden des UG ist eine Gesamtabschätzung des Anbaupotenzials von *J. curcas* auf erodierten Böden des gesamten Untersuchungsgebietes sehr aufwändig. Daher wird die Landgemeinde Charagua als konkretisiertes UG zur Abschätzung des Anbaupotenzials für *J. curcas* ausgewählt. Sie ist einerseits die größte Landgemeinde des Untersuchungsgebietes (ca. 85 % des UG) und besitzt andererseits den größten Anteil an erodierten Böden (rd. 6 Mio. ha). Für eine erste grobe Auswahl potenzieller Standorte für den *J. curcas*-Anbau wurden zunächst folgende Faktoren in Betracht gezogen: Zustand des erodierten Bodens (Grad der

Erosion), Bewässerungsmöglichkeiten für *J. curcas*-Plantagen sowie Berücksichtigung von Schutzgebieten, Ackerbauflächen und Land für Viehzucht. Dazu werden zwei kleinere Beispielflächen (BF1: 438.337 ha und BF2: 58.504 ha) festgelegt, die verschiedene Teilaspekte des gesamten Untersuchungsgebietes repräsentieren sollen. Die GIS-Analyse und Bewertung der Beispielflächen (BF1 und BF2) werden auf Basis der positiven, neutralen oder negativen Beurteilung der o. g. Kriterien für den möglichen Anbau von *J. curcas* durchgeführt.

Aus der ArcGIS-Analyse ergibt sich die Identifikation von Einschränkungen anhand nicht nur ökologischer, sondern auch sozioökonomischer Auswirkungen des *J. curcas*-Anbaus im industriellen Maßstab und für eine potenzielle Biodieselproduktion im UG. Eine hypothetische Gestaltung des *J. curcas*-Anbaus auf den Beispielflächen basiert auf der generellen Prozesskette (Vermehrung, Anbau, Pflege und Ernte, Transport, Lagerung, Pressung, Umesterung), der Verbindung der sozioökonomischen Auswirkungen des Anbaus von *J. curcas* in der Untersuchungsregion wie die Wirtschaftlichkeit und Produktionskosten von Biodiesel aus *J. curcas*, den Einflussfaktoren Regierung, Bauern bzw. Investoren und Ressourcen (Land und Wasser).

Die Ergebnisse lassen deutlich einschätzen, dass die bolivianische Region El Gran Chaco des Departamentos Santa Cruz aus ökologischer und sozioökonomischer Sicht ein großes nutzbares Potenzial zum Anbau von *J. curcas* zu einer nachhaltigen Biodieselproduktion hat. Diese Nachhaltigkeit basiert insbesondere auf der Nutzung erodierter Böden bei ihren derzeitigen standörtlichen Bedingungen (geringe Niederschläge, trockene Luft, Nährstoffarmut, etc.). Der Anbau von *J. curcas* stellt darüber hinaus eine große Chance für die Verbesserung der Qualität des erodierten Bodens dar. Er kann daher dazu beitragen, das landwirtschaftliche Potenzial der Untersuchungsregion zu erhöhen. Grundsätzlich ist *J. curcas* sehr gut an die klimatischen Bedingungen und den aktuellen ökologischen Zustand des Untersuchungsgebietes angepasst.

Aus den Ergebnissen werden Handlungsempfehlungen für die nationale und regionale Regierung, für Bauern und Investoren zur Ableitung von ökologischen und sozioökonomischen Förderungsstrategien zur Biodieselproduktion aus *J. curcas* im UG entwickelt. Die 22 Handlungsempfehlungen leiten sich dabei sowohl von den identifizierten Auswirkungen des *J. curcas*-Anbaus in Bolivien, als auch von verschiedenen *J. curcas*-Anbau-Erfahrungen weltweit ab.

Für Länder wie Bolivien mit entsprechenden klimatischen Bedingungen, genügend Ackerfläche, geringer Bevölkerungsdichte (Bolivien: 10,3 Einwohner pro km<sup>2</sup>) und damit ausreichender Flächen-Verfügbarkeit, sowie Anfälligkeit für Krisen wie Nahrungsmittel- und Energieknappheit, kann der Anbau von Biokraftstoffpflanzen ein Beitrag für wirtschaftliches Wachstum sein und regionale Probleme, etwa den steigenden Dieselbedarf teilweise zu decken, lösen helfen. Der Vorteil des *J. curcas*-Anbaus auf erodierten Böden besteht darin, dass keine direkte Konkurrenz zum Lebensmittelanbau besteht und dass die Pflanze heimisch im UG ist. Auch steht der *J. curcas*-Anbau wegen der Toxizität der Pflanze nicht in direkter Konkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion.

### **Schlagworte**

Biokraftstoffe, Biodiesel, *Jatropha curcas*, Bolivien, erodierte Böden.