

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Acciario, Michele

Die Anpassung an den Klimawandel im Panamakanal

Deutsche Beiträge. Internationaler Schifffahrtkongress (PIANC)

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

PIANC Deutschland

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/104929>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Acciario, Michele (2014): Die Anpassung an den Klimawandel im Panamakanal. In: PIANC Deutschland (Hg.): Deutsche Beiträge. 33. Internationaler Schifffahrtkongreß; San Francisco, USA, 01. - 05. Juni 2014. Bonn: PIANC Deutschland. S. 134-148.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Anpassung an den Klimawandel im Panamakanal

Prof. Dr. Michele Acciario

Kühne Logistics University, Hamburg

Zusammenfassung

Für die globalen Lieferketten ist der Panamakanal von hoher Relevanz, und seine Bedeutung für die globalen Transportnetze wird infolge des über 5 Mrd. US-Dollar teuren Kanalerweiterungsprogramms noch einmal zunehmen. Der Kanal ist die Haupteinnahmequelle der Volkswirtschaft Panamas. Auch ist er für etliche Häfen in den USA und für die Logistikstrategie vieler Frachtunternehmen weltweit signifikant wichtig. Seine Relevanz hängt dabei nicht nur von der Kanal-Infrastruktur und der Effizienz des Kanalbetriebs ab, sondern beruht auch auf der Zuverlässigkeit der Durchfahrt für internationale Seeschiffe, die der Kanal bietet. Für den Panamakanal ist ein solides Risikomanagement daher unerlässlich, damit gewährleistet ist, dass der Betrieb reibungslos und unabhängig von der Witterung, menschlichem Versagen oder sonstigen Störungen unterbrechungsfrei läuft.

Die Herausforderungen, die der Klimawandel für maritime Infrastrukturen mit sich bringt, treten immer deutlicher zutage: Der steigende Meeresspiegel bedroht Häfen in Insellage, und extreme Wetterereignisse treten immer häufiger auf. Auch für eine Infrastruktur wie den Panamakanal stellt der Klimawandel im Hinblick auf die Befahrbarkeit des Kanals, Pegelstände und das Erdbebenrisiko eine Bedrohung dar. Die Panama Canal Authority hat daher schon vor Jahren Anpassungsgrundsätze in ihren Risikomanagementplan aufgenommen. Es ist jedoch aufgrund der Unkalkulierbarkeit zukünftiger Klimaprognosen schwierig, die Plausibilität der Annahmen und die Risikoberechnungen in derartigen Plänen zu bewerten. Wissenschaftliche Literatur zur klimawandelrelevanten Bewertung der Risikolage für eine komplexe Infrastruktur dieser Art ist kaum vorhanden und speziell maritime Infrastrukturen sind ein kaum behandeltes Thema.

Die vorliegende Arbeit leistet einen Beitrag zur Bewertung des Risikos für große Infrastrukturen wie den Panamakanal im Zusammenhang mit dem Klimawandel und legt dar, wie sich dieses Risiko durch geeignete Anpassungspläne abmildern lässt. Es werden verschiedene klimawandelbedingte Risiken für den Panamakanal erörtert und die wirtschaftlichen Verluste beziffert, die im unwahrscheinlichen Fall einer Schließung des Panamakanals eintreten würden. Die Kosten von Störungen des Kanalbetriebs werden aus einem lokalen, nationalen und internationalen Blickwinkel betrachtet. Vorläufige Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Klimawandel die Panamakanalzone potenziell vor große Herausforderungen stellt und somit für die Wirtschaft Panamas und die Effizienz globaler Lieferketten unter Umständen sehr folgenschwer sein könnte.

1. Einleitung

Die Republik Panama ist weit über ihre Grenzen hinaus für ihren Panamakanal bekannt. Durch den Kanal, und den Finanzsektor, kann das Land eine erstaunliche

Wirtschaftsleistung vorweisen (ECLAC, 2012). Die Bevölkerung von 3,5 Millionen lebt jedoch zum Teil weiterhin in Armut, insbesondere in ländlichen Gebieten: Über die Hälfte aller Bewohner im ländlichen Raum wurde 2004 als arm eingestuft und 22 % als extrem arm (Weltbank, 2011). Im letzten Jahrzehnt hat sich daran nichts Wesentliches geändert, und das Wirtschaftsgefälle zwischen den verstädterten und den ländlichen Gebieten des Staates hat sich trotz der enormen Ressourcen des Landes verschärft (Foster, *et al.* 2011).

Armut und soziale Ungleichheit belasten darüber hinaus die Umwelt und tragen zum Raubbau an den natürlichen Ressourcen des Landes bei. Das Problem wird zudem durch eine ungleiche Landverteilung und problematische Grundbesitzverhältnisse sowie den schwierigen Zugang zu Krediten für lokale landwirtschaftliche Erzeuger und eine mangelnde Wettbewerbsfähigkeit ihrer Erzeugnisse verschärft (Weltbank, 2007). Zwar ist Panama zu 40 % bewaldet und über 12 % der Landmasse des Staates steht unter Schutz, die Armut wirkt sich jedoch auf die natürliche Tier- und Pflanzenwelt und geschützte Areale aus und die Entwaldung schreitet ungehemmt voran.

Das tropische Klima und die Konzentration der Bevölkerung in einigen dicht besiedelten Regionen setzt die Bewohner dem Risiko von Epidemien und Naturkatastrophen wie Überschwemmungen, schweren Stürmen und Dürre aus, insbesondere in den ärmsten Regionen des Landes. Panama steht auf Platz 14 der Länder, die verschiedensten Gefahren in besonderem Maße ausgesetzt sind – dabei sind 15 % seiner Gesamtfläche und 12,5 % seiner Bevölkerung mindestens zwei Gefahren ausgesetzt (Weltbank, 2011).

Wie in anderen Entwicklungsländern auch stellt der Klimawandel eine ernstzunehmende Gefahr für die Bevölkerung Panamas und das Wirtschaftssystem und die Umwelt des Landes dar. Als besonders gefährdete Sektoren gelten insbesondere die Landwirtschaft, die Wasserressourcen, der Waldbestand, die Ökosysteme der Küstengewässer und der Gesundheitssektor (Weltbank, 2011). Es ist davon auszugehen, dass sich der Klimawandel in diesem Land in Form von schwereren Stürmen, Überschwemmungen und Dürren auswirken wird. Die weitreichendsten Folgen werden dabei die ärmsten und marginalisierten Bevölkerungsgruppen zu tragen haben.

Im Zusammenhang mit den Auswirkungen des Klimawandels auf das Land gilt eine besondere Sorge den möglichen klimabedingten Folgen für eine der wichtigsten ökonomischen Ressourcen des Landes: den Panamakanal. Der Panamakanal gehört zu den wichtigsten Arterien im internationalen Seewarenverkehr. Täglich fahren beinahe 40 Seeschiffe durch den Kanal. Aufgrund seiner Bedeutung existieren bereits zahlreiche Studien, die sich mit seiner Rolle für die Wirtschaft auf lokaler und globaler Ebene befassen (z. B. CEPAL 1965, Brandes 1967, Nathan Associates 2003). Darüber hinaus hat die Panama Canal Authority (Autoridad del Canal de Panamá, ACP) im Zuge der laufenden Erweiterung des Kanals Machbarkeits- und Wirtschaftlichkeitsstudien in Auftrag gegeben (ACP 2006, Nathan Associates und ACP 2011). Da Panama ein Entwicklungsland ist, hat der Kanal eine besondere Relevanz (Vereinte Nationen, Wirtschafts- und Sozialrat 1979).

Panama-Kanal

Anpassung an den Klimawandel im Panamakanal

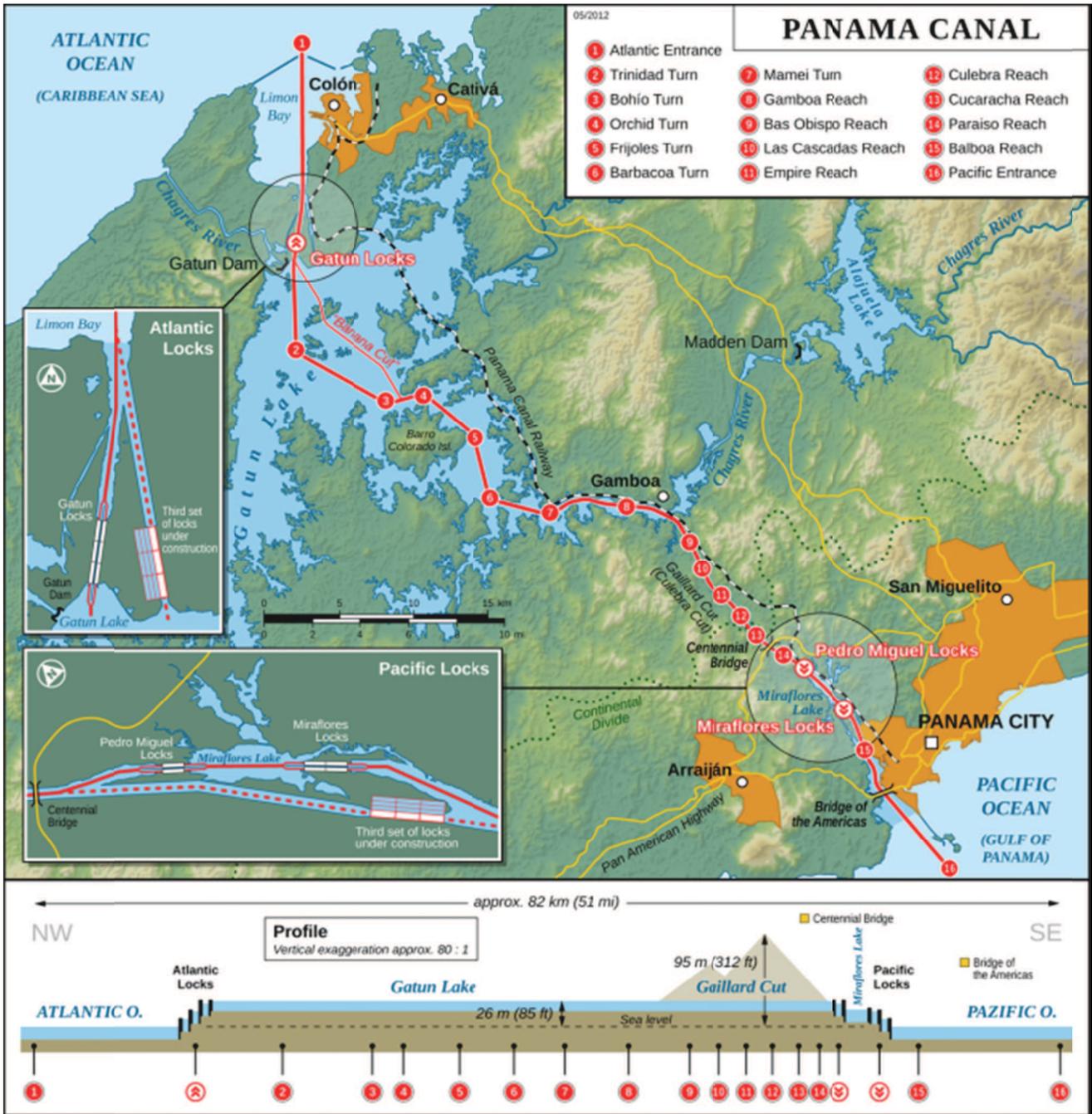


Abbildung 1: Der Panamakanal im Überblick

Quelle: Thomas Römer/OpenStreetMap-Daten

Der Kanal ist ein komplexes System aus Schleusen und künstlichen Wasserläufen, die Schiffe mit Höchstmaßen von ca. 294,13 m Länge, 33,53 m Breite und mit einem maximalen Tiefgang von 12,56 m – so genannte *Panamax*-Schiffe – befahren können. Er erhebt sich im Gatún-See 26 m über dem Meeresspiegel und durchquert den Isthmus von Panama auf einer Länge von 82 km. Nach Fertigstellung des aktuellen Erweiterungsprogramms – trotz einiger Verzögerungen wird eine verbreiterte dritte Schleusenanlage bald betriebsbereit sein – werden *New-Panamax*-Schiffe von 366 m Länge, 49 m Breite und einem Tiefgang von 15,2 m den Kanal befahren können.

Abbildung 1 oben gibt einen Überblick über den Kanal vom Atlantik bis zum Pazifik, der den Isthmus von Pa-

nama von Nordwest nach Südost auf einer Länge von 77,1 km durchquert. Der Kanal ist ein komplexes technisches Bauwerk und besteht aus verschiedenen künstlichen Seen, die über künstliche Kanäle verbunden sind, und drei Schleusenanlagen. Zusätzlich ist der künstliche Alajuela-See an das Kanalsystem angeschlossen. Er dient als Reservoir für den Kanal.

Vom Atlantischen Ozean her steuern die Schiffe den Kanal über die Limón-Bucht an, vorbei am Tiefseehafen von Cristobal und den intermodalen Einrichtungen der Colón-Freizone. Nach etwa 8,5 km ist der 3,2 km lange Anfahrtskanal zu den Gatún-Schleusen erreicht. Dort werden die Schiffe mithilfe der dreistufigen, 1,9 km langen Schleusen auf den 26,5 m über dem Meeresspiegel liegenden Gatún-See gehoben. Dieser

künstlich aufgestaute See stellt den größten Abschnitt des Kanals dar (24,2 km). Er verliert Wasser durch Verdunstung und den Schleusenbetrieb. Der See speist sich im Wesentlichen aus dem Fluss Chagres, den die Schiffe auf einem Abschnitt von 8,5 km bis zum Culebra Cut befahren, einem 12,6 km langen Durchstich durch die Berge. Dann ist die einstufige, 1,4 km lange Pedro-Miguel-Schleuse erreicht und der Abstieg zum Pazifischen Ozean beginnt. Über die Pedro-Miguel-Schleuse erreichen die Schiffe den Miraflores-See, der sich 9,5 m tiefer befindet. Er führt zu den Miraflores-Schleusen. Unter anderem an diesen zweistufigen Schleusen lässt sich der Kanalbetrieb am besten beobachten. Die Schiffe werden dort die fehlenden 16,5 m bis zum Ozean abgesenkt. 13,2 km von den Miraflores-Schleusen entfernt und nach der Durchfahrt durch den Hafen Balboa verlassen die Schiffe den Kanal und fahren auf der pazifischen Seite hinaus in den Golf von Panama.

Der Kanal ist natürlich nicht nur ein komplexes technisches Bauwerk, sondern er ist darüber hinaus organisatorisch, wissenschaftlich, ökologisch und politisch relevant (Carse 2012). Das heißt, dass eine solche monumentale Infrastruktur zwangsläufig den ökologischen, sozialen, politischen und natürlich auch wirtschaftlichen Kontext des Landes beeinflusst. Als großes, von Menschenhand geschaffenes Bauwerk hat der Panamakanal durch die Schaffung eines komplexen Wasserbewirtschaftungssystems die lokale Umwelt drastisch verändert: Es entstanden zwei große künstliche Seen, natürliche Flussläufe wurden umgeleitet, und auch an der Tier- und Pflanzenwelt an den Küsten und im Landesinneren geht die Entwicklung nicht spurlos vorüber.

Als in die Natur eingebettetes, soziotechnisches System ist der Kanal zweifelsohne anfällig für klimawandelbezogene Risiken. Die Folgen des Klimawandels wurden 1997-1998 deutlich, als aufgrund des Klimaereignisses El Niño mit dem Einbruch des Agrarrohstoffhandels auch die Einnahmen des Kanals zurückgingen und sich die Canal Authority aufgrund der niedrigen Wasserstände im Gatún-See sogar gezwungen sah, den Tiefgang der Schiffe zu beschränken, die den Kanal passierten (de Marucci, 2002).

Die Panama Canal Authority führte klimawandelbezogene Risikomanagementverfahren als Teil der Studien über die Umweltauswirkung der Kanalerweiterung ein. Im Rahmen der Erweiterungspläne wurde ein integriertes Anpassungsprogramm entwickelt. In der wissenschaftlichen Literatur hingegen ist diesen Risiken und den Folgen von durch den Klimawandel bedingten Störungen des Kanalbetriebs für die Volkswirtschaft Panamas, wie auch für den internationalen Handel, bisher wenig Beachtung zuteil geworden. Das Ausmaß solcher Folgen ist zwar im Detail schwierig zu messen, der Panamakanal ist jedoch ein sehr eingängiges Beispiel dafür, wie wichtig Anpassungsmaßnahmen sind und in welcher Größenordnung die Kosten liegen könnten, wenn keine Maßnahmen ergriffen werden.

Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag dazu leisten, die Folgen des Klimawandels für den Kanalbetrieb zu benennen und die ggf. dadurch entstehenden Kosten zu beziffern, insbesondere bei Schließung des Kanals. Dies ist die Grundlage für jede Analyse zur Bezifferung der Höhe des wirtschaftlichen Nutzens weiterer Anpassungs-

maßnahmen in der Kanalregion. Neben der Einleitung umfasst dieses Dokument drei weitere Abschnitte. Abschnitt 2 behandelt die für den Panamakanal relevanten klimawandelbedingten Folgen. Es wird die dünne wissenschaftliche Datenlage über die möglichen Folgen für den Kanal erläutert und auf die Notwendigkeit weiterer quantitativer Studien hingewiesen. In Abschnitt 3 werden die Kosten einer möglichen Störung des Kanalbetriebs auf lokaler und internationaler Ebene diskutiert. In Abschnitt 4 werden Schlussfolgerungen gezogen und Forschungsthemen genannt, die es zu vertiefen gilt.

2. Folgen des Klimawandels für den Betrieb des Panamakanals

2.1 Klimatische Ausgangslage

Panama hat ein tropisches Klima. Das Jahr lässt sich in zwei Perioden einteilen: die Trockenzeit (Dezember bis April) und die Regenzeit (Mai bis November). Die Regenzeit bringt landesweit 250-700 mm Niederschlag. Die durchschnittliche Niederschlagsmenge beträgt 1900 mm im Jahr. Das Klima ist in der Regel heiß und feucht, bei einer Durchschnittstemperatur von circa 27°C und Höchsttemperaturen zwischen 31°C und 35°C sowie einer Mindesttemperatur um 20°C. Niederschlag und Temperatur unterliegen gewissen Schwankungen je nach Region und Höhenlage. Abbildung 2 zeigt die Temperaturen und den durchschnittlichen Niederschlag in den Regionen Colon und Panama, durch die der Kanal verläuft.

In der Umweltfolgenstudie der ACP sind Daten zu Niederschlag, Temperaturen, Feuchtigkeit, Windgeschwindigkeit sowie weitere Indikatoren für drei Stationen entlang des Kanals enthalten (Balboa, Gamboa und Limon Bay), die ein ähnliches Profil ergeben, wie es in Abbildung 2 gezeigt ist. In der Bewertungsstudie (ACP 2006, S. 62) wird darauf verwiesen, wie wichtig der Niederschlag an der Wasserscheide des Kanals (Cuenca) ist. Ausbleibender Niederschlag, insbesondere in der Trockenzeit, ist durch die Passatwinde und die Bewegung der innertropischen Konvergenzzone (ITCZ) am Isthmus bedingt.

Das Klima wird maßgeblich durch die ITCZ beeinflusst, die der Grund für das zweigeteilte Klima in Panama ist und für den Niederschlag im Sommer sorgt. Die Dürre im Süden und die Überschwemmungen im Norden des Landes sind durch El Niño/La Niña bedingt (de Marucci, 2002). Darüber hinaus profitiert das Land von den milden Meereseinflüssen, die temperaturregulierend wirken. Ab und zu ziehen tropische Stürme über die Kanalzone, die zu Erdbeben und schweren Regenfällen führen können. Das Land zählt jedoch nicht zu den Wirbelsturm-Gefahrengebieten. Zu den schwerwiegendsten Wetterereignissen, welche die Kanalzone betreffen können, gehören daher Dürren, insbesondere als Folge eines zu niedrigen Wasserstands im Gatún-See. Wie viel Wasser der Gatún-See führt, hängt von zahlreichen Faktoren ab. Im besonderen Maße ausschlaggebend ist der Niederschlag im Bereich der Wasserscheide, aber auch Temperaturen und Wind, in Bezug auf die Verdunstung, und natürlich die Wasserbewirtschaftung spielen eine wichtige Rolle.

Panama-Kanal

Anpassung an den Klimawandel im Panamakanal

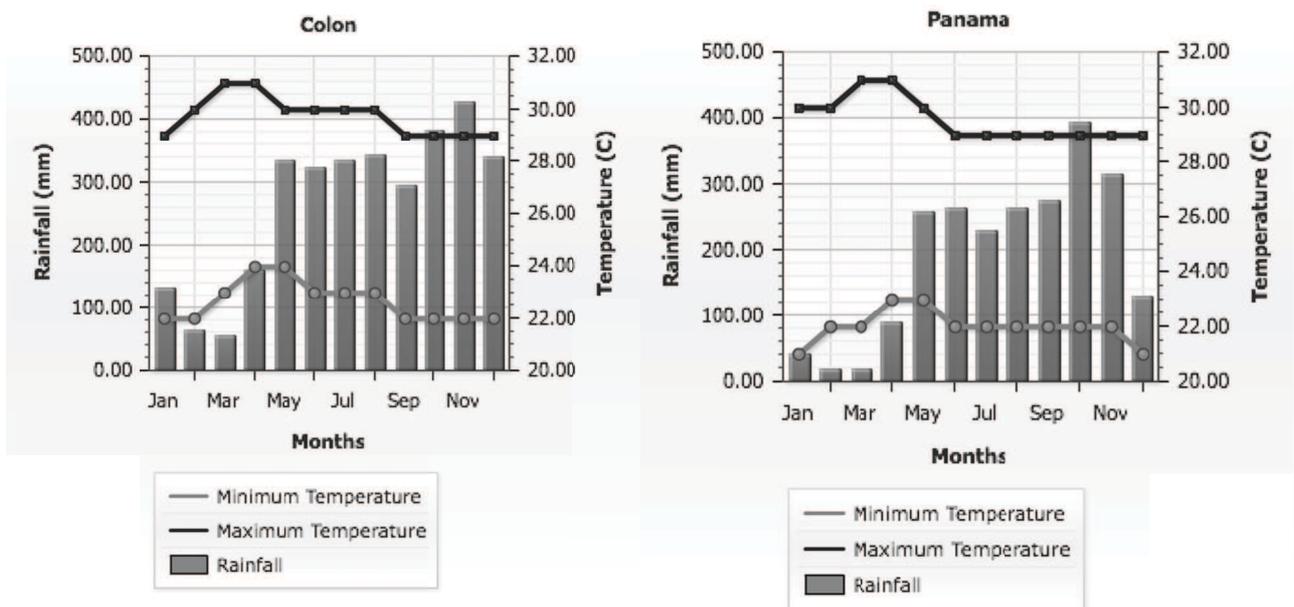


Abbildung 2: Niederschlag, Mindest- und Höchsttemperaturen in den Regionen des Panamakanals

Quelle: World Bank Climate Change Knowledge Portal, Panama Dashboard

2.2 Klimawandel

Für die Zukunft wird in Panama mit einem weiterhin feuchten Klima bei einem allgemeinen Anstieg der Niederschlagsmenge um nahezu 80 % bis 2080 gerechnet (Weltbank, 2011), wobei dieser Anstieg vor allem in den Monaten Januar, April und Mai zu verzeichnen sein wird. Der Meeresspiegel wird bis zum Ende des Jahrhunderts um 35 cm steigen – mit deutlichen Folgen für die Mündungsgebiete und die Aquakultur. Für die Trockenzeit wird ein Temperaturanstieg zwischen 0,4°C und 1,1°C bis 2020, 1°C - 3°C bis 2050 und 1°C - 5°C bis 2080 prognostiziert. Es handelt sich dabei jedoch um unsichere Prognosen. So ist es durchaus möglich, dass das Ausmaß des Klimawandels in Panama, wie auch anderswo in der Welt, unterschätzt wird. Wie in Abbildung 4 unten gezeigt, weichen die Niederschlagsmodelle stark voneinander ab.

Die Folgen können jedoch katastrophal sein, daher zählt die Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) Panama zu den weltweit anfälligsten Regionen für die Folgen des Klimawandels. Die Weltbank (2011) erkennt für Panama die folgenden sekundären, durch den Klimawandel bedingten Folgen:

- Häufigere und umfassendere Ernteaussfälle
- Erhöhte Hitzebelastung für landwirtschaftliche Erzeugnisse und vulnerable Bevölkerungsgruppen
- Verlust an Biodiversität und Waldflächen
- Reduzierte Wasserqualität und -menge
- Erhöhte Inzidenz klimabezogener Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit

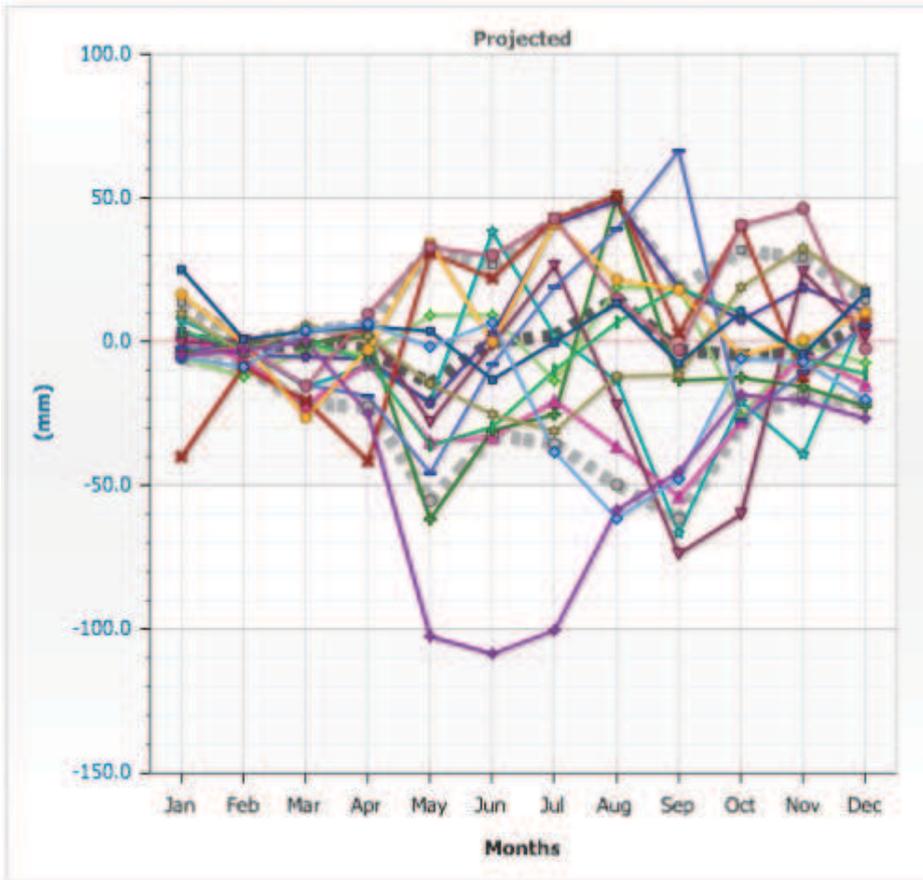
Aus den allgemeinen Folgen des Klimawandels in Panama lassen sich folgende spezifische Auswirkungen

für den Betrieb des Panamakanals und den Frachtransport durch den Kanal ableiten.

- Verringerung des Frachtaufkommens, das durch den Kanal transportiert wird, vergleichbar mit den El Niño-Jahren 1997-1998, mit entsprechenden Einnahmeverlusten
- Unruhen und Umsiedlung von Teilen der Bevölkerung
- Schwere Regenfälle und Windböen, die Logistik- und Umschlagareale betreffen und die Sichtverhältnisse beeinträchtigen oder den Kanalbetrieb behindern könnten
- Nebel, der in den Kanalregionen häufig auftritt und zu Betriebsstörungen führen kann (Cheng & Georgakakos, 2011)
- Dürreperioden, während derer der Kanal nur eingeschränkt befahrbar ist, so dass unter Umständen Beschränkungen beim Tiefgang der Schiffe eingeführt werden müssen
- Überschwemmungen, die unter Umständen die an den Kanal angrenzenden Regionen betreffen und möglicherweise zur Umsiedlung der dort lebenden Bevölkerung und Unruhen führen (Shamir et al. 2013)
- Erdbeben, die unter Umständen in den Kanalregionen auftreten (Duncan, 2010; Berman, 1995; Stallard & Kinner, 2005)

Panama-Kanal
Anpassung an den Klimawandel im Panamakanal

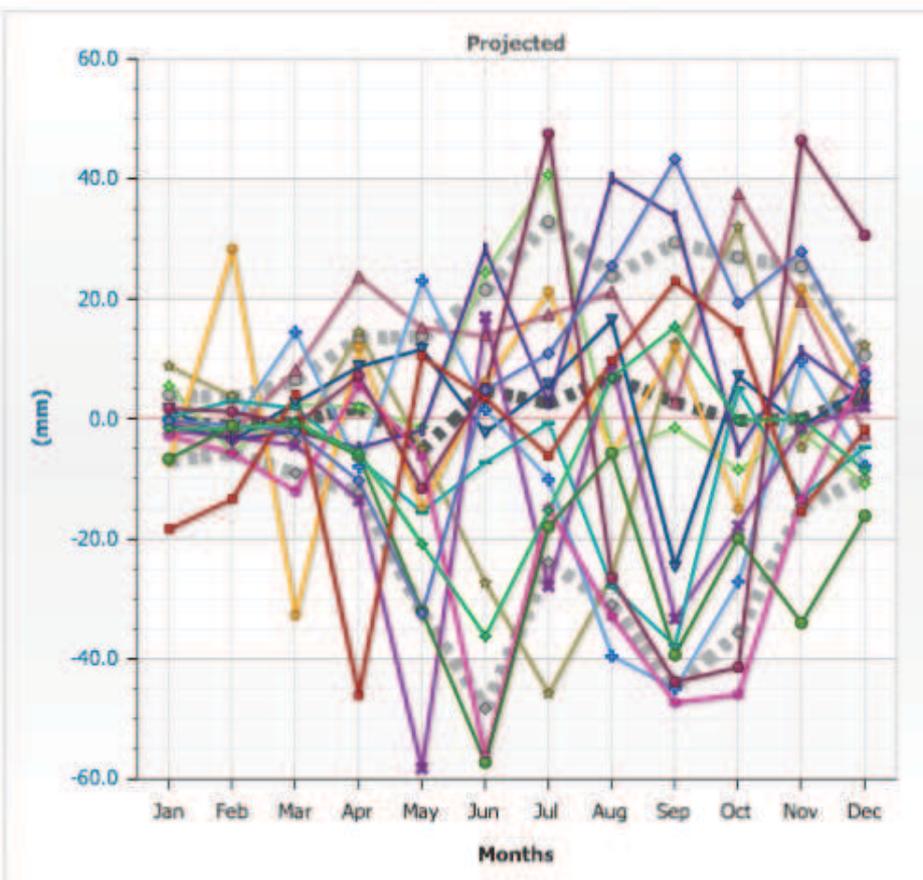
Future (2040-2059) Rainfall change Projections



Legend
Global Climate Models

- bccr_bcm2.0
- ccma_cgcm3.1
- cnrm_cm3.0
- csiro_mk3.5
- gfdl_cm2.1
- gfdl_cm2.0
- giss
- ingv_echam4.0
- inmcm3.0
- ipsl_cm4.0
- miub_echo
- miroc_3.3medres
- mpi_echam5
- mri_cgcm2.3.2a
- ukmo_hadcm3
- ukmo_hadgem1
- ncep_pr
- Ensemble Low (10%)
- Ensemble Median
- Ensemble High (90%)

Future (2020-2039) Rainfall change Projections



Panama-Kanal
Anpassung an den Klimawandel im Panamakanal

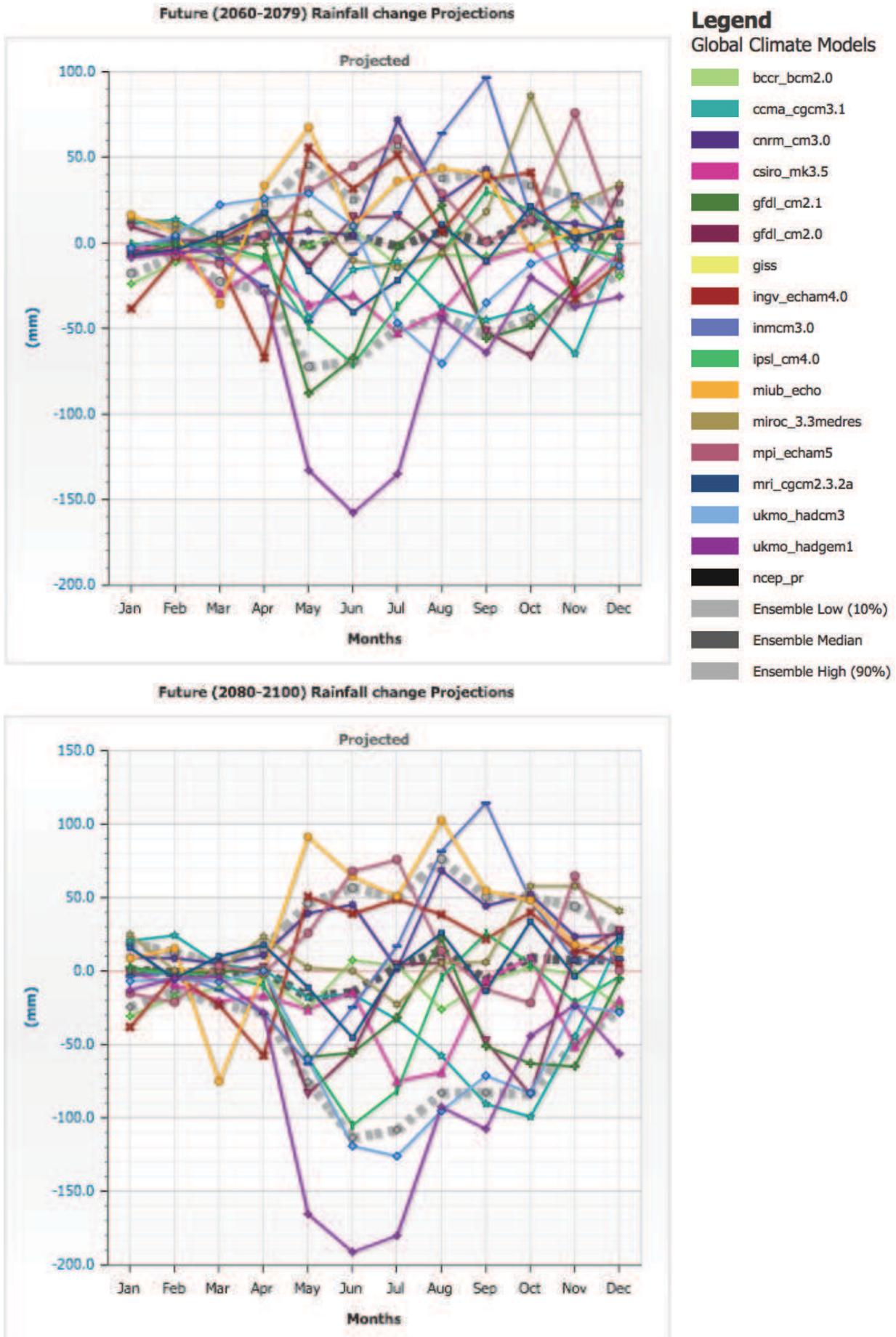


Abbildung 4: Niederschlagsprognosen im Vergleich, 2020-2100.

Quelle: World Bank Climate Change Knowledge Portal, Panama Dashboard.

Von den genannten Punkten ist der Faktor Dürre für den Kanalbetrieb im besonderen Maße relevant. Wegen des tropischen Klimas und da der Kanal mit Schleusen betrieben wird, war es bereits zum Zeitpunkt des Baus klar, dass die Nutzung des Kanals durch die Wassermenge begrenzt werden würde, die – insbesondere in der Trockenzeit – für den Schleusenbetrieb zur Verfügung steht. Die mehr als 200.000 m³ Wasser, die für jede Durchfahrt erforderlich sind, liefert der Chagres-Fluss über zwei künstliche Becken. Die Wasserressourcen, insbesondere im Gatún-See, sind jedoch begrenzt.

Verschiedene Studien (z. B. World Bank 2013) rechnen mit der Möglichkeit, dass sich die Niederschlagsmengen in der Trockenzeit verringern werden. In einer neuen Studie, DNV-GL (2014), wird prognostiziert, dass es zu Wasserknappheit im Gatún-See kommen wird, wenn keine Anpassungsmaßnahmen ergriffen werden (Abb. 5). Die Studie zeigt, dass der Wasserstand ohne Anpassungsmaßnahmen bereits erheblich gesunken wäre.

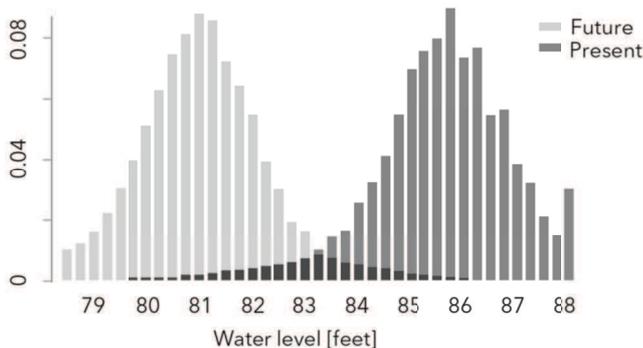


Abbildung 5: Wahrscheinlichkeitsverteilung des in den vergangenen Jahrzehnten beobachteten und für das Ende dieses Jahrhunderts prognostizierten Wasserstands im Gatún-See – ohne Anpassungsmaßnahmen

Quelle: DNV-GL, 2014 (S. 60).

2.3 Anpassungsmaßnahmen

Panama hat aktiv auf den Klimawandel reagiert und Schutz- und Anpassungsmaßnahmen entwickelt und umgesetzt. Zu den Anpassungsmaßnahmen zur Milderung der Folgen für die Landwirtschaft in der Region gehören die Verbesserung der Bewässerungseffizienz, der Anbau neuer, für den Klimawandel weniger anfälliger Pflanzensorten, die Entwicklung von Schutzmaßnahmen gegen Seuchen und Pflanzenkrankheiten und die Aufteilung der landwirtschaftlich genutzten Flächen unter Berücksichtigung erhöhter klimabedingter meteorologischer Schwankungen. Auch im Küstenmanagement wirken sich Anpassungsmaßnahmen positiv aus. Vorgeschlagen wird zum Beispiel die Umsetzung eines Programms für die integrierte Bewirtschaftung der Küstengebiete (Integrated Coastal Zone Management Program), unter anderem zur Verbesserung der Situation der Fisch- und Shrimp-Farmen, des Wasserzulaufs und -ablaufs in den Mangroven, sowie für eine bessere Stadtplanung (Baulinien, Abwasserbehandlung, Kanalisation und Regenwasser-Management).

Für den Kanal ist das Thema der Wasserbewirtschaftung von höchster Relevanz. Der Kanal ist faktisch nur ein, wenn auch bedeutender, Verbraucher von Frischwasser, und ein integrierter Ansatz zur Bewirtschaftung der Wasserressourcen ist angeraten. Im Anpassungsbericht der Weltbank (2011) werden in Bezug auf die Wasserbewirtschaftung folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

- Erhöhung des Wasserangebots, z. B. durch die Nutzung von Grundwasser, den Bau von Wasserreservoirs, die Verbesserung oder Stabilisierung der Bewirtschaftung von Wassereinzugsgebieten, Entsalzung von Meerwasser;
- Reduzierung der Wassernachfrage, z. B. durch eine effizientere Nutzung, weniger Wasserverluste, Wasseraufbereitung, Änderung der Bewässerungspraxis;
- Verbesserung oder Weiterentwicklung der Wasserbewirtschaftung;
- Entwicklung und Einführung von Systemen zur Überwachung und Kontrolle von Überschwemmungen und Dürren;
- Ausbau des Netzwerks von Wasser- und Wetterstationen, um zukünftige Veränderungen im Wasserhaushalt, einschließlich Überschwemmungen und Dürren, besser vorhersagen zu können;
- Entwicklung neuer Bewässerungstechnologie;
- Förderung des Schutzes und vernünftigen Umgangs mit der Ressource Wasser.

Die ACP hat im Erweiterungsplan bereits einige Anpassungsmaßnahmen berücksichtigt, um eine verbesserte Wasserbewirtschaftung zu erreichen. Damit sichergestellt ist, dass im Kanalsystem während der Trockenzeit ausreichend Wasser zur Verfügung steht, gehören zum Erweiterungsprogramm für den Panamakanal die Erhöhung des Höchstpegels für den Betrieb im Gatún-See um 45 cm, die Entwicklung von Wasserrückhaltebecken für die neuen Schleusen und die Vertiefung und Ausweitung der Fahrrinnen (Simonit und Perrings, 2013a).

Mehrere Studien weisen unterdessen auf die besondere Bedeutung einer Bewirtschaftung der Wassereinzugsgebiete für den reibungslosen Kanalbetrieb hin. Dieser Aspekt ist im Kontext der Relevanz für Panama bereits verschiedentlich wissenschaftlich untersucht worden, unter besonderer Hervorhebung der Rolle, welche die Umwelt für den Kanalbetrieb spielt (Carse 2012). Auch wenn die Auswirkungen der Wiederaufforstung zum Schutz der Wasserressourcen nicht unumstritten sind (siehe zum Beispiel Simonit und Perrings, 2013a; 2013b; Ogden und Stallard, 2013), ist es auf diesem Wege gelungen, die Umweltfolgen des Kanalerweiterungsprojekts zu verringern. Das hat die internationalen Versicherungskosten gesenkt (Europaid, 2009).

3. Wirtschaftliche Folgen von Betriebsstörungen im Panamakanal

Ausschlaggebend für das Ausmaß der wirtschaftlichen Folgen einer Störung des Kanalbetriebs wären im Einzelfall die Schwere und Art der Störung sowie deren

Dauer. Im Rahmen der vorliegenden Studie werden die Folgen auf drei Ebenen betrachtet: auf Ebene der ACP, auf Ebene der Republik Panama und auf globaler Ebene. Die auf Ebene der ACP untersuchten Folgen beziehen sich im Wesentlichen auf Einnahmeverluste. Für Panama ergeben sich Folgen für die Volkswirtschaft des Landes und die Wirtschaftsaktivitäten im Zusammenhang mit dem Kanal. Schwerpunktmäßig geht es dabei um Arbeitsplätze und die Wertschöpfung in der Republik Panama. Auf globaler Ebene untersucht die vorliegende Studie, wie sich eine Störung des Kanalbetriebs auf die Rolle des Panamakanals für die globalen Lieferketten auswirkt, insbesondere in Konkurrenz zur US-Landbrücke zwischen Asien und der Ostküste der USA und als Verbindung im Süd-Süd-Verkehr zwischen Europa und Nordamerika mit Südamerika.

In Bezug auf die Schwere der Störungen werden zwei Szenarien untersucht: die komplette Schließung des Kanals oder eine Beschränkung im Hinblick auf die Anzahl und den Typ der Schiffe, die den Kanal passieren dürfen, auf Grundlage der Kriterien Tiefgang oder Größe. Die komplette Schließung des Kanals ist ein sehr seltenes Ereignis, das in der Vergangenheit nur unter außergewöhnlichen Umständen stattgefunden hat. Eine solche Schließung erfolgt in der Regel nur für kurze Zeit (zwischen einigen Stunden bis zu einem Tag) und es fällt schwer, sich ein Szenario vorzustellen, ausgenommen einen schweren Unfall oder bewaffneten Konflikt, das zur vollständigen Unerreichbarkeit des Kanals führen würde, ohne dass die ACP schnell handelt, damit der Kanal wieder zur Verfügung steht. Eine Beschränkung in Bezug auf die Schiffstypen und die Anzahl der zur Durchfahrt zugelassenen Schiffe bei widriger Witterung, kleineren Unfällen oder einem Versagen der Infrastruktur ist deutlich wahrscheinlicher.

Unter dem Aspekt der Schwere und der Dauer der Störungen werden drei Szenarien untersucht: 1) vorübergehende Schließung des Kanals (zwischen 1 Stunde und einigen Tagen); 2) vorübergehende Beschränkung des Kanalbetriebs (z. B. begrenzte Anzahl Schiffe oder Reduzierung des zulässigen Tiefgangs) (zwischen einigen Tagen und einigen Wochen); und 3) langfristige Einschränkung des Kanalbetriebs (über mehrere Wochen bis zu mehr als einem Jahr). Die dauerhafte Schließung des Kanals für einen längeren Zeitraum als wenige Tage wird berücksichtigt, ist jedoch nicht als mögliches Szenario aufgenommen, da die ACP in der Lage ist, schnellstmöglich die Wiedereröffnung des Kanals herbeizuführen. Im restlichen Abschnitt werden für jede geografische Ebene die geschätzten wirtschaftlichen Folgen von Störungen des Kanalbetriebs erörtert.

3.1 Lokale Ebene

Eine der Haupteinnahmequellen für die ACP und Panama sind die Kanalgebühren. Die ACP legt diese Gebühren fest, die sich nach dem Schiffstyp, der Schiffsgröße und der Art der Ladung richten. Im Fall von Containerschiffen ist die Kapazität des Schiffes in TEU (72,- US-Dollar pro TEU) maßgeblich. Ein Panamax-Containerschiff hat ein Ladungsvolumen von bis zu 4400 TEU. Die Gebühr für Passagierschiffe und Containerschiffe ohne Ladung berechnet sich anders (derzeit 57,60 US-Dollar pro TEU). Bei Kreuzfahrtschiffen zählt für die Berechnung die Anzahl der

Passagiere, die in regulären Betten untergebracht werden können. Diese Gebühr beträgt derzeit 92 US-Dollar pro nicht belegtem Bett und 115 US-Dollar pro belegtem Bett. Für Passagierschiffe von weniger als 30.000 Tonnen oder weniger als 33 Tonnen pro Passagier gilt dieselbe Regelung pro Tonne wie für Frachtschiffe. Die Mehrzahl der übrigen Schiffe zahlt eine Gebühr, die sich nach der Tonnage richtet.

Seit dem Steuerjahr 2008 beträgt die Gebühr 3,90 US-Dollar pro Tonne für die ersten 10.000 Tonnen, 3,19 US-Dollar pro Tonne für die nächsten 10.000 Tonnen, 3,82 US-Dollar pro Tonne für die dritten 10.000 Tonnen und anschließend 3,76 US-Dollar pro Tonne. Wie bei Containerschiffen gilt eine reduzierte Gebühr für Frachtschiffe, die "in Ballast" fahren. Für kleine Schiffe mit bis zu 583 PC/UMS Nettotonnen, wenn sie Passagiere oder Ladung transportieren, bzw. bis zu 735 PC/UMS Nettotonnen, wenn sie in Ballast fahren, oder bis zu 1048 Tonnen Verdrängung im vollbeladenen Zustand, werden Mindestgebühren auf Grundlage der Schiffslänge erhoben. Diese reichen von 1300 US-Dollar für Schiffe unter 50 Fuß bis 2400 für Schiffe über 100 Fuß, mit zwei Zwischentarifen von 1400 und 1500 US-Dollar.

Zwar stellen die Gebühren die Haupteinnahmequelle des Kanals dar, sie können jedoch nicht unbegrenzt erhöht werden, da es auch alternative Routen zum Seeweg durch den Panamakanal gibt. Die Gebühren für Containerschiffe erhöhten sich 2009 von 40 US-Dollar pro TEU auf 72 US-Dollar und schließlich auf 74 US-Dollar in 2011. Diese Erhöhung hat bereits über 40 % der potenziellen Kostenersparnis im Zusammenhang mit den Skalenvorteilen abgeschöpft, die nach der Erweiterung möglich sind (Rodrigue, 2010).

Die Gesamteinnahmen für die ACP betragen im Jahr 2010 1962 Mio. US-Dollar, 2319 Mio. US-Dollar in 2011 und 2411 Mio. US-Dollar in 2012. Drei Viertel davon waren Einnahmen durch Gebühren (Panama Canal Authority (ACP), 2012). Die übrigen 25 % stammten zum überwiegenden Teil aus Dienstleistungen im Zusammenhang mit der Durchfahrt (395 Mio. US-Dollar in 2012) und sonstigen Einnahmen, d. h. Zinsen, Verkauf von Wasser und Strom (163 Mio. US-Dollar in 2012). 93 % der Einnahmen der ACP im Jahr 2012 stammten aus Gebühren oder Dienstleistungen, welche die Betreibergesellschaft im Zusammenhang mit der Durchfahrt erbracht hatte. Dies zeigt, dass die ACP eine sehr homogene Geschäftstätigkeit aufweist.

Die Gesamttonnage der Schiffe (gemessen in PC/UMS) betrug im Jahr 2012 332,5 Millionen und es wurden dadurch 2398,9 Mio. US-Dollar erwirtschaftet: Eine einfache Berechnung ergibt, dass folglich pro Tag durchschnittlich 910 Tausend Tonnen durch den Kanal transportiert wurden, was Tageseinnahmen in Höhe von etwa 6,6 Mio. US-Dollar (ca. 7,25 US-Dollar pro Tonne) entspricht. Die Gesamtausgaben betragen 682,6 Mio. US-Dollar, etwas über 2,05 US-Dollar pro Tonne. Das Nettoeinkommen für den Kanal betrug im Jahr 2010 964 Mio. US-Dollar und stieg auf 1229 bzw. 1258 Mio. US-Dollar in 2011 bzw. 2012 – etwas über 3,78 US-Dollar pro Tonne bzw. 3,45 Mio. US-Dollar pro Tag auf Grundlage der Zahlen aus 2012 (die Differenz ergibt sich aus Steuern, Amortisierung und Abschreibung) (Panama Canal Authority (ACP), 2012).

2012 durchquerten 14.544 Schiffe den Kanal. Bei 56,3 % von diesen handelte es sich um Panamax-Schiffe (größte zulässige Schiffe). Aufgeteilt nach Schifffahrtssektoren machten die Containerschiffe 36 % des Kanalverkehrs aus, gefolgt von Massengutfrachtern (25 %), Tankern (15 %) und Fahrzeugtransportschiffen (11 %). 119,9 Millionen Tonnen Container-Ladung wurden durch den Kanal transportiert (durchschnittlich 35.000 Tonnen pro Containerschiff¹). Die Durchfahrt von 3331 Containerschiffen durch den Kanal bedeutet, dass im Jahr 2012 jedes Containerschiff dem Kanal im Durchschnitt eine Nettoeinnahme von über 132.000 US-Dollar einbrachte. Panamax-Schiffe bedeuten eine durchschnittliche Nettoeinnahme von knapp 200.000 US-Dollar pro Durchfahrt. Da diese Schiffe im Fall von Durchfahrtsbeschränkungen vorrangig betroffen wären, leuchtet unmittelbar ein, wie wichtig das Erweiterungsprogramm ist. Post-Panamax-Containerschiffe böten eine dreimal höhere Ladekapazität als die Panamaxschiffe, die derzeit den Kanal befahren (von 4000 TEU bis 12.000 TEU), daher wäre die Durchfahrt dieser neuen Schiffe durch den neuen Kanal noch erstrebenswerter.

Aus diesen einfachen Berechnungen wird deutlich, dass die ACP pro Betriebsstunde ungefähr 150.000 US-Dollar verdient. Eine Störung gleich welcher Art führt somit zu erheblichen Verlusten. Selbst wenn sonstige Einnahmequellen eingerechnet und die Möglichkeiten eines Aufschubs oder einer Erhöhung der Gebühren (z. B. durch das Auktionssystem) für die Schiffe berücksichtigt würden, die den Kanal aufgrund der Störung nicht nutzen können, wären die Verluste für die ACP dennoch erheblich.

Während diese Überlegungen größtenteils auf unerwarteten Störungen basieren, deren Behebung sich potenziell relativ schnell einrichten ließe, sind langfristige wirtschaftliche Folgen im Zuge möglicher Abhilfemaßnahmen der ACP schwieriger abzuschätzen. Im speziellen Fall klimabedingter Störungen ist die Rentabilität des Kanals so hoch, dass der Betrieb noch für einen relativ langen Zeitraum aufrechterhalten werden könnte. Anhaltende Störungen jedoch würden durch eine reduzierte Kapazität des Kanals nicht nur direkt die Einnahmen der ACP schmälern, sondern für Frachtunternehmen einen Anreiz schaffen, auf andere, zuverlässigerer Korridore auszuweichen. Anhaltende Störungen oder zunehmend häufigere Störungen würden die Wettbewerbsfähigkeit des Kanals beeinträchtigen. Das könnte für den Kanal kritische Folgen haben: Im Rahmen des Erweiterungsprojekts, durch das es Post-Panamax-Schiffen ab 2014 möglich sein wird, den Kanal zu befahren, wird von deutlichen Zuwachsraten in Bezug auf die Anzahl der Schiffe und die Gesamttonnage ausgegangen (Pagano, et al. 2012).

Unter Verwendung des geschätzten Wachstums bei den Durchfahrtszahlen und Beladungsvolumina nach der Fertigstellung, das Pagano *et al.* (Pagano, et al.

2012) berechnet haben, nimmt die Anzahl der Schiffe, die den Kanal passieren, um 13,1 % und die Tonnage wie auch die Einnahmen aus Gebühren bis 2020 im Bereich von 35 % zu. Bis 2025 wird mit einem weiterer Anstieg um 21,5 % in Bezug auf die Anzahl der Schiffe und 55 % in Bezug auf die transportierte Gesamttonnage und die Einnahmen aus Gebühren gerechnet. Voraussetzung für diese Steigerungen ist die zusätzliche Frachtmenge durch Post-Panamax-Schiffe. Wäre aus irgendeinem Grund die Durchfahrt dieser Schiffe nicht möglich, wären die Wachstumsprognosen hiervon stärker betroffen als in der Vergangenheit. Somit erhöht sich mit der Größe des Kanals auch die Schwankungsbreite der Einnahmen aus dem Kanal, da diese Einnahmen in einem höheren Maße von großen Schiffen abhängen werden.

3.2 Panama-Ebene

Ausschlaggebend für den volkswirtschaftlichen Erfolg der Republik Panama sind vorrangig ihre geografische Lage, die dollarisierte Wirtschaft – Zeichen der engen Verflechtung mit den USA – und der Panamakanal, der dazu beigetragen hat, dass Panama zu einer Drehscheibe des internationalen Handels und einem logistischen Knotenpunkt aufgestiegen ist. Somit ist der Panamakanal eine Hauptantriebsfeder der wirtschaftlichen Entwicklung des Landes und aus diesem Grund dessen wichtigste Infrastruktureinrichtung. Panama hat eine Bevölkerung von etwa 3,4 Millionen. 57 % davon leben in den Provinzen Panama und Colon. Diese Provinzen, zu denen auch die Gebiete, die der Kanal bedient, und die Freihandelszone gehören, erwirtschaften 87 % des Bruttoinlandsprodukts Panamas (Pagano *et al.* 2012).

Für Panama hat der Kanal durch die direkten Geldtransfers in Form von Kanalgebühren einen enormen wirtschaftlichen Nutzen. Der Kanal spielt darüber hinaus eine wichtige Rolle in Bezug auf die induzierte und indirekte Wirkung der wirtschaftlichen und logistischen Aktivitäten im Zusammenhang mit dem Kanal. Ausgehend von der Bedeutung des Kanals für den Staat Panama wurde in einer 2006 von der ACP durchgeführten Studie geschätzt, dass mit der Kanalerweiterung eine Verdreifachung der Cluster-Exporte bis zum Jahr 2025 möglich sein könnte. Durch die Kanalerweiterung kann Panama bis 2025 ein BIP von 31.700 Mio. US-Dollar zum Stand des Dollars in 2005 erreichen. Das ist beinahe 2,5 Mal das BIP des Landes in 2005 und entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 5 % über die nächsten 20 Jahre.

Eine neuere Studie (Pagano *et al.* 2012) kommt zu ähnlichen Ergebnissen. In dieser Studie wird der Gesamtbeitrag der Kanalerweiterung zur Volkswirtschaft Panamas mittels eines Input-Output-Ansatzes und einer erweiterten Analyse durch ein allgemeines Gleichgewichtsmodell (GEM) bewertet. Die Studie stellt fest, dass 82 % der Wirtschaft Panamas und 33 % seiner Exporte Dienstleistungen sind (ausgenommen in der zollfreien Zone generierte Exporte). Über 75 % der Gesamtexporte stehen im Zusammenhang mit den Aktivitäten des Clusters in der Inter-oceanic Transit Region, die wiederum von der Aktivität des Kanals abhängen. Etwa 9800 Personen sind am Kanal beschäftigt und der Beitrag der ACP zur Staatskasse Panamas betrug in den Jahren 2011 und 2012 etwas

¹ Hierbei handelt es sich um Überschlagsrechnungen. 35.000 Tonnen pro Containerschiff sind jedoch eine realistische Schätzung der Durchschnittsgröße der Containerschiffe, die den Kanal passieren. Panamax-Schiffe haben üblicherweise eine DWT zwischen 65.000 und 80.000 Tonnen. Es ist noch zu erwähnen, dass Panamax-Schiffe aufgrund von Tiefgangbeschränkungen im Kanal nicht mehr als 52.000 Tonnen transportieren dürfen.

über einer Milliarde US-Dollar (Panama Canal Authority (ACP), 2012). Weitere 137 Mio. US-Dollar in Form indirekter Beiträge (z. B. durch Einkommenssteuer usw.) sollten noch hinzugerechnet werden. Die Nettolöhne der panamaischen Angestellten belaufen sich auf 294,5 Mio. US-Dollar und der Einkauf von Waren und Dienstleistungen auf nicht ganz 400 Mio. US-Dollar. Insgesamt werden die kanalbedingten BIP-Multiplikatoren auf zwischen 1,27 und 1,37 geschätzt (Pagano, et al. 2012).

Infolge einer kurzfristigen Schließung des Kanals käme es zu einer Verringerung des Beitrags, der in die Staatskasse fließt. Dies ist auch eine politische Frage, eine genaue Vorhersage ist daher nicht möglich. Der Mindestbeitrag, den die ACP an die Regierung Panamas abführen muss, ist auf 568 Mio. US-Dollar pro Jahr festgesetzt. Die Berechnung einer anteiligen Quote auf Grundlage der Zahlung im Jahr 2011 an das Finanzministerium als Referenzwert ergäbe einen Verlust von 2,87 Mio. US-Dollar pro Tag für den Fiskus. Löhne und sonstige indirekte Beiträge wären kurzfristig nicht betroffen.

Eine Einschränkung der Dienste und des Betriebs des Kanals für einen längeren Zeitraum würde den Beitrag des Kanals zur lokalen Wirtschaft betreffen. In diesem Fall würden die Verluste für den Fiskus bei anteiliger Verringerung basierend auf der Kanalnutzung vermutlich höher ausfallen. Im Fall einer für zehn Tage um 30 % reduzierten Nutzung des Kanals betrügen die Ausfälle etwa 8,6 Mio. US-Dollar. Generell würde ein Rückgang der Kanalnutzung um ein Prozent etwa 30.000 US-Dollar pro Tag kosten. In Bezug auf das Frachtaufkommen würde – auf Grundlage des Frachtgesamtaufkommens von 218 Millionen Tonnen, das 2012 durch den Kanal transportiert wurde – jede Tonne, die aufgrund Durchfahrtseinschränkungen verloren ginge, einen Verlust von 1,3 Cent pro Tonne pro Tag bedeuten.

In einem breiteren Kontext bietet die Studie von Pagano *et al.* genaue Schätzungen der Multiplikatoreffekte des Kanals für den maritimen Cluster in Panama sowie für die Volkswirtschaft Panamas. In dieser Hinsicht sind die zollfreie Zone wie auch der Hafensektor, gemeinsam mit dem Kanal, wichtige Antriebskräfte für die Wirtschaft Panamas. Während kurzfristige Störungen des Kanalbetriebs die Entwicklung des Clusters² vermutlich nicht hemmen würden, könnte langfristig die Wettbewerbsfähigkeit des Logistik-Clusters beeinträchtigt sein, wenn sich das Frachtaufkommen auf andere Lieferketten verlagert. Wie schwer sich solche langfristigen Änderungen auswirken würden, ist schwierig zu bewerten: Es hängt unter anderem von der Fähigkeit des Clusters ab, unabhängig von eventuellen Betriebseinschränkungen am Kanal für den Frachttransport interessant zu sein, wie auch vom Wachstum des Süd-Süd-Handels.

3.3 Globale Ebene

Es ist davon auszugehen, dass sich Störungen des Kanalbetriebs global auswirken würden. Insbesondere

² Es könnte sogar eine erhöhte Clusteraktivität zu verzeichnen sein, da es bei Betriebsstörungen des Kanals potenziell zu einem erhöhten Bedarf an Umladeaktivitäten, intermodalem Transport usw. kommen könnte.

wird durch das Erweiterungsprogramm die Durchfahrt von Post-Panamax-Schiffen durch den Kanal zu Zielhäfen im Osten der USA möglich sein. Der Kanal wird auch im Rahmen des Süd-Süd-Verkehrs genutzt, der Nordamerika und Nordeuropa mit Südamerika verbindet. Die Erweiterung des Kanals könnte das Wachstum des Handelsvolumens, das Panama passiert, begünstigen, allerdings hängt der wirtschaftliche Erfolg des Landes ganz wesentlich von der Wettbewerbsfähigkeit des Panamakanals gegenüber anderen Transportoptionen ab (Abb. 6).

Zu den wichtigsten Handelsverbindungen weltweit gehören die Routen zwischen der asiatisch-pazifischen Region und der amerikanischen Ostküste. Dabei wird etwas mehr als die Hälfte des Handelsvolumens über den intermodalen Transport durch Kanada, die Westküste der USA und Mexiko abgewickelt, während circa 45 % auf dem Seeweg, überwiegend durch den Panamakanal, transportiert werden (Rodrigue, 2010).

Es ist anzumerken, dass sich der Marktanteil der komplett auf dem Seewege verlaufenden Frachtroute durch den Panamakanal in die USA zu Lasten der alternativen intermodalen Landbrücke erhöht hat. Der Grund hierfür liegt in Kapazitätsengpässen in den Häfen der Westküste der USA und im Schienennetz (Fan, et al. 2009). Auch ist dieser Trend das Ergebnis einer Strategie der logistischen Diversifizierung, die Logistikdienstleister verfolgen (Rodrigue, 2010). Die gestiegene Containerfrachtkapazität, die mit dem exponentiellen Wachstum der Post-Panamax-Flotte einhergeht, ist in hohem Maße ausschlaggebend für das Erweiterungsprojekt des Kanals. Es ist davon auszugehen, dass der Containerverkehr weiterhin Hauptnutznieser der Kanalerweiterung sein wird, da Tanker aufgrund ihrer Größe auch den verbreiterten Kanal nicht werden nutzen können (Komiss & Huntzinger, 2011).

Die wichtigste Konkurrenz zum Panamakanal im internationalen Frachtverkehr zwischen Asien und der Ostküste der USA ist die sogenannte *US-Landbrücke*. Die Fracht in den Häfen der Westküste, Los Angeles/Long Beach, Oakland, Portland und Seattle/Tacoma, wird auf Güterzüge oder LKW verladen und zu den zentralen Vertriebsdrehkreuzen in Chicago, Memphis und St Louis transportiert. Zwar ist die Route durch den Panamakanal in der Regel kostengünstiger als die Landbrücke, in Bezug auf die Fahrzeiten ist der Kanal jedoch weniger konkurrenzfähig, denn dieser Weg nimmt im Durchschnitt drei bis fünf Tage länger in Anspruch (Corbett et al., 2012; Fan, et al. 2009).

Es ist zu beachten, dass die Wettbewerbsfähigkeit einer Logistikroute von drei Kernkriterien abhängt: Kosten, Fahrzeit und Zuverlässigkeit (Rodrigue, 2010). Während Kosten und Fahrzeit durch empirische oder Simulationsmodelle mit einem relativ hohen Maß an Genauigkeit vorhersagbar sind (z. B. Fan, et al. 2009; Tavasszy, et al. 2011), lässt sich die Zuverlässigkeit eines Korridors schwieriger abschätzen, da hier Variablen hineinspielen, die sich nur wenig präzise vorhersagen lassen, zum Beispiel politische Ereignisse (Krieg, Streik usw.), Unfälle oder Wetterbedingungen. Üblicherweise wird daher so verfahren, dass das Netzwerk der Lieferketten ausreichend robust gestaltet wird, indem zum Beispiel Lager oder diverse Routen/Transportmittel vorgesehen werden, um auf diese Weise auf plötzlich auftretende Veränderungen im

Panama-Kanal

Anpassung an den Klimawandel im Panamakanal



Abbildung 6: Standard-Fahrzeiten auf den möglichen Routen zwischen Shanghai und Nordamerika (in Tagen)

Quelle: Rodrigue, 2010.

Netzwerk aufgrund von Störungen in der Lieferkette reagieren zu können (Lam, 2012).

Es gibt keine Studien, die sich speziell mit den Auswirkungen von Betriebsstörungen im Panamakanal für den internationalen Handel beschäftigen, abgesehen von der Forschung im Rahmen der Torrijos-Carter-Abkommen von 1977, die sich jedoch eher auf politische als auf klimatische Risiken konzentrieren (Elton, 1987; Randolph, 1988). Zwar existieren Studien zur Wettbewerbsfähigkeit des Kanals, insbesondere im Zusammenhang mit der aktuellen Erweiterung (z. B. Costa, et al. 2012; Fan, et al. 2009; Mitchell, 2011; Pagano, et al. 2012), die Ergebnisse dieser Studien lassen sich jedoch nur teilweise für unsere Zwecke verwenden.

Eine aktuelle Studie, siehe Ungo und Sabonge 2012, befasst sich mit der Wettbewerbsfähigkeit der Kanal-Routen gegenüber anderen internationalen Routen. Sie liefert Hinweise darauf, inwieweit der internationale Welthandel vom Panamakanal abhängig ist. Auch wenn eine genaue Kostenschätzung des Nutzens des Kanals auf globaler Ebene nicht möglich ist, so lässt sich doch bewerten, welche Kostensenkungen für den Handel der Kanal bieten kann (Abb. 7). Hierbei handelt es sich ganz eindeutig um kurzfristige Effekte, die ggf. nicht ursächlich für die Kostenschwankungen im internationalen Seeverkehr aufgrund eines unausgewogenen Verhältnisses zwischen Angebot und Nachfrage sind.

Panama-Kanal

Anpassung an den Klimawandel im Panamakanal

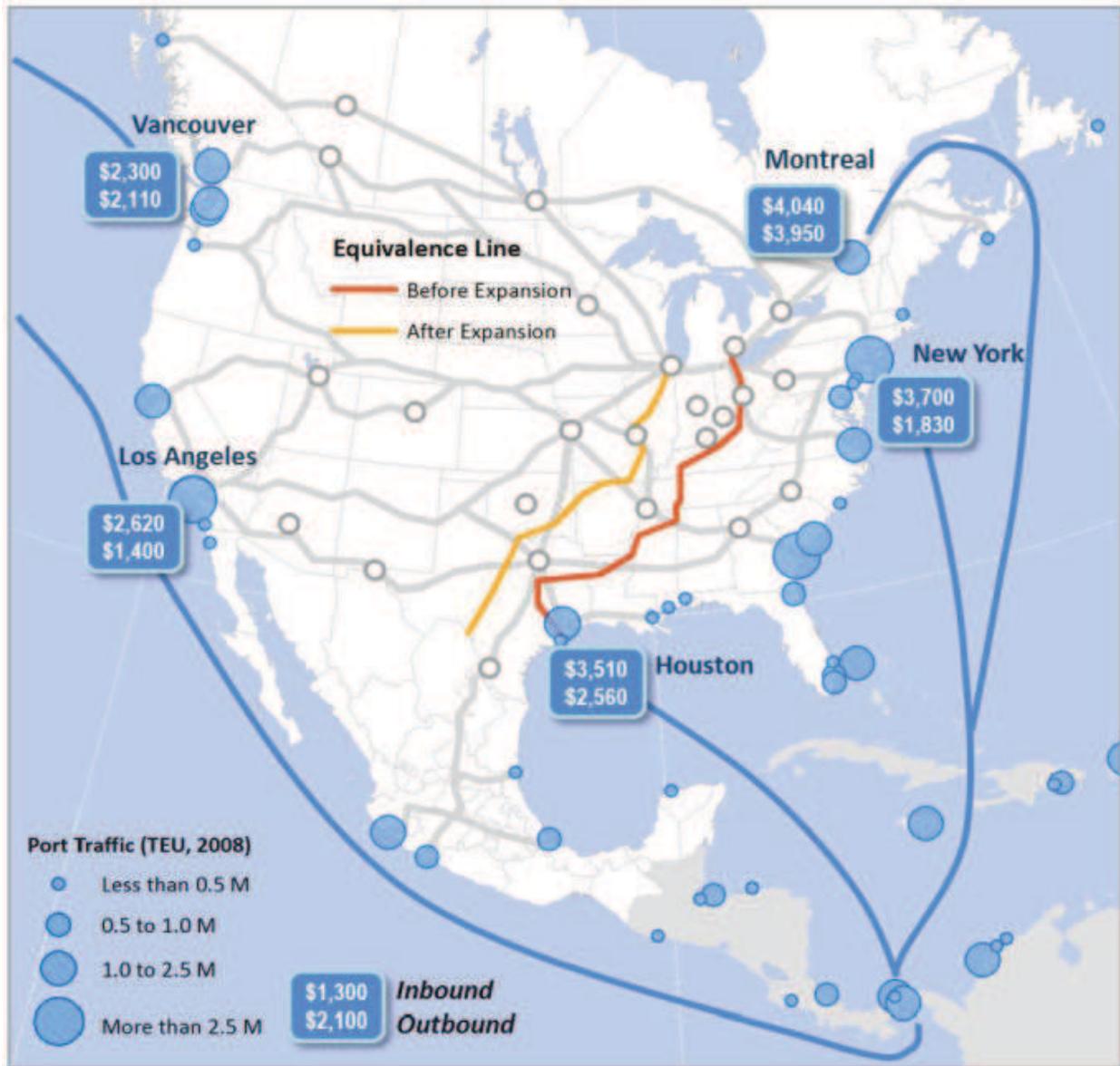


Abbildung 7: Seetransportkosten in US-Dollar für einen 40-Fuß-Container aus Shanghai, ausgewählte Hafenpaare, Mitte 2010.

Quelle: Rodrigue 2010.

Die Bedeutung des Kanals für die Container-Schifffahrt zeigt sich durch die Tatsache, dass das Container-Segment, gemessen an den Einnahmen, das größte Marktsegment des Panamakanals darstellt. Containerschiffe machten im Steuerjahr 2010 52 % der Gesamt-Gebühreneinnahmen und 24 % des Seeverkehrs durch den Kanal aus. Zwischen 1997 und 2007 stieg die Anzahl der Schiffe, die den Kanal durchfahren, stetig an, insbesondere infolge der Erweiterung des Linienverkehrs in der Seeschifffahrt zwischen Asien und der Ostküste der USA. Dieses Wachstum wurde durch die Rezession des Jahres 2008 zum Erliegen gebracht. Die Anzahl der Linienverbindungen durch den Kanal sank von 43 in 2007 auf 33 Ende 2010, Ungo und Sabonge (2012). Ursächlich für die rückläufige Nutzung des Kanals sind der Rückgang bei der Frachtnachfrage aus den USA und der dramatische Anstieg verfügbarer Kapazitäten, auch aufgrund der exponentiell gewach-

senen Flotte. Hohe Kapazitätsüberschüsse sind ein Anreiz für Frachtunternehmen, längere Routen zu fahren. Dadurch versuchen sie, die Gesamtkapazität zu reduzieren.

Ein kritischer Faktor für die Bewertung der Wettbewerbsfähigkeit des Kanals, und letzten Endes seiner Attraktivität, ist die Höhe der Gebühren, die in Kombination mit dem Kraftstoff die bestimmende Größe darstellt (siehe Tabelle 1 für einen Vergleich der alternativen Routen). Es sollte jedoch erwähnt werden, dass letztendlich die internationale Nachfrage ausschlaggebend dafür ist, wie intensiv der Kanal genutzt wird, ebenso wie die Verfügbarkeit von Transportalternativen bei Nachfrageschwankungen. Die Nachfrage im Bereich des maritimen Frachtverkehrs ist eine abgeleitete Nachfrage und reagiert daher relativ unelastisch auf Preiserhöhungen.

Panama-Kanal
Anpassung an den Klimawandel im Panamakanal

Route	Kosten pro TEU			Wettbewerbsindex	Transportzeit (Tage)
	Auf See	Über Land	Gesamt		
Panamakanal	\$ 1123	\$ 357	\$ 1480	1,00	28,0
Kap Hoorn	\$ 1376	\$ 357	\$ 1733	1,17	41,0
Intermodal via USNWC	\$ 746	\$ 1253	\$ 1999	1,35	25,5
Intermodal via USSWC	\$ 755	\$ 1219	\$ 1974	1,33	25,0

Tabelle 1: Wettbewerbsindex für ausgewählte Routen (2009)

Quelle: Panama Canal Authority (ACP)

	Lokal (ACP)	Panama	Global
Vorübergehende Schließung des Kanals (zwischen 1 Stunde und einigen Tagen)	Vorübergehende, aber erhebliche Einnahmeverluste	Begrenze Folgen, im Wesentlichen in Form von verringerten Einnahmen für die Staatskasse	Begrenzte Folgen, da globale Lieferketten vorübergehende Störungen abfangen können. Es könnte kurzzeitig zur Überlastung auf anderen Routen kommen.
Vorübergehende Einschränkung des Kanalbetriebs (zwischen einigen Tagen und wenigen Wochen)	Vorübergehende, aber erhebliche Einnahmeverluste	Begrenze Folgen, im Wesentlichen in Form von verringerten Einnahmen für die Staatskasse	Höhere Auswirkungen, da die vorhandenen Transportsysteme durch längere, deutliche Einschränkungen bei der Nutzung des Kanals unter Druck geraten würden.
Langfristige Einschränkung des Kanalbetriebs (mehrere Wochen bis über ein Jahr)	Erhebliche Einnahmeverluste. Die Nachfrage könnte sich auf andere Korridore verlagern.	Potenzieller Wettbewerbsverlust des Kanals	Es käme zu einer Veränderung der globalen Lieferkettenstrukturen.

Tabelle 2: Zusammenfassung der Folgen von Störungen des Kanalbetriebs.

Ungo und Sabonge (2012) zeigen, dass der Wert der Routen durch den Panamakanal bei starken Märkten ansteigt und in schwachen Märkten sinkt. Daher bewegt sich die Position des Kanals im Wettbewerb entsprechend den Schwankungen der Wirtschafts- und Schifffahrtszyklen. Die Autoren stellen des Weiteren fest, dass der Wert der Route durch den Panamakanal mit den Kraftstoffpreisen korreliert. Mit steigenden Kraftstoffpreisen wird die Nutzung kürzerer Transportalternativen durch den Kanal attraktiver.

In Krisenzeiten ist der Kanal etwa 10 % kostengünstiger als alternative Routen und in Zeiten wachsender Märkte 20 % günstiger (Ungo und Sabonge, 2012). Es ist davon auszugehen, dass sich diese Prozentzahlen mit steigenden Kraftstoffpreisen weiter erhöhen. In Bezug auf intermodale Gebühren kann der Panamakanal Frachtunternehmen Einsparungen von über 30 % bieten (ACP, 2011).

3.4 Zusammenfassung der wirtschaftlichen Folgen bei Störungen des Kanalbetriebs

Die wirtschaftlichen Folgen von Betriebsstörungen im Panamakanal auf den verschiedenen geografischen Ebenen sind in der nachfolgenden Tabelle 2 zusammengefasst.

Eine wichtige Dimension, die in der vorstehenden Tabelle nicht abgebildet ist, stellen die Faktoren Zuverlässigkeit und Häufigkeit der Störungen dar. Eine gelegentliche Störung des Kanalbetriebs wirkt sich ggf. nicht langfristig auf die Wettbewerbsfähigkeit des Kanals aus. Kommt es jedoch häufiger vor oder sind diese Störungen unberechenbar, könnte die Attraktivität des Kanals als Alternative zur Landbrücke durch die USA darunter leiden.

4. Schlussfolgerungen

Die vorliegende Abhandlung sollte einen Überblick über die Folgen des Klimawandels für das komplexe System des Panamakanals geben, mit einem besonderen Schwerpunkt auf den im Zusammenhang mit Störungen

des Kanalbetriebs entstehenden Kosten. Der Kanal ist für klimabedingte Störungen in einem erheblichen Maße anfällig. In weiteren Studien sollten die Risiken und mit dem Klimawandel verbundenen Kosten quantifiziert werden. Das größte, durch den Klimawandel bedingte Risiko scheinen Dürreereignisse zu sein. Anhaltende Dürren in der Trockenzeit könnten den Wasserpegel im Gatún-See derart absinken lassen, dass die ACP den Tiefgang der Schiffe beschränken müsste oder sogar Störungen des Kanalbetriebs die Folge wären. Im Erweiterungsprogramm ist das Thema der Wasserknappheit bereits berücksichtigt. Ein Programm zur umfassenden Wiederaufforstung läuft derzeit. Während im Hinblick auf den Umweltnutzen durch ein besseres Management von Wassereinzugsgebieten ein Konsens zu bestehen scheint, fanden andere potenzielle klimawandelbedingte Gefahren bisher wenig Aufmerksamkeit.

Folgende Aspekte sollten eingehender untersucht werden:

- Auswirkung von Ernteaussfällen und Veränderungen der Handelsströme für landwirtschaftliche Erzeugnisse auf die Kanal-Einnahmen,
- Auswirkung bestimmter Witterungsbedingungen auf die Befahrbarkeit des Kanals (z. B. Nebel, Starkregen) sowie die Bewertung des Risikos von Erdbeben
- Auswirkung des Klimawandels auf die Häfen und Logistikzentren rund um den Kanal
- Auswirkung von politischen Unruhen, Hunger und Bevölkerungsbewegungen in Panama.

Das Potenzial für klimawandelbedingte Störungen verlangt weitere Untersuchungen zur Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen am Kanalsystem.

Danksagung

Auch wenn der Inhalt dieser Abhandlung das Ergebnis der Forschungsarbeit des Autors aus dem Jahr 2013 ist, gehen einige Ideen auf Gespräche aus der Zeit der Anstellung des Autors bei DNV-GL von 2010 bis 2012 und seiner Beteiligung am ADAPT-Projekt zurück. Der Verfasser dankt Luca Garré, Peter Friis Hansen und Elzbieta Bitner-Gregersen für ihre Beiträge im Rahmen dieser Gespräche. Es gelten die üblichen Haftungsausschlüsse.

Literatur

ACP and Nathan Associates, (2011). *Re-estimation of Economic Impacts of Canal Related Activities, Programa De Dimensión del Impacto del Canal de Panamá Sobre la Economía del País, Panama City, Panama* (Miami, FL: Autoridad del Canal de Panamá (ACP)).

ACP, Intracorp and Asesores Estratégicos, (2006). *Impacto Económico del Canal de Panamá en El Ámbito Nacional*. ACP, Panama City, Panama (Miami, FL: Autoridad del Canal de Panamá (ACP)).

ACP (2007). *Estudio de Impacto Ambiental Categoría III Proyecto de Ampliación del Canal Tercer Juego de*

Esclusas. ACP, Panama City, Panama (Miami, FL: Autoridad del Canal de Panamá (ACP)).

Berman, G. (1995). Landslides on the Panama Canal. In *Energy and Mineral Potential of the Central American-Caribbean Region* (S. 391-395). Springer Berlin Heidelberg.

Brandes, E. M., (1967). *Analysis of Panama Canal Traffic and Revenue Potential*, Prepared for Panama Canal Company (Menlo Park, CA: Stanford Research Institute)

Carse, A. (2012). Nature as infrastructure: Making and managing the Panama Canal watershed. *Social Studies of Science*, 42(4), 539-563.

CEPAL, (1965). *Estudio Sobre las Perspectivas del Actual Canal de Panamá*, Spanische Fassung (Santiago, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe)

CEPAL, (1966). *La Economía de Panamá y la Construcción de un Canal Interoceánico a Nivel del Mar*, Spanische Fassung (Santiago, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe)

Cheng, F. Y., & Georgakakos, K. P. (2011). Statistical analysis of observed and simulated hourly surface wind in the vicinity of the Panama Canal. *International Journal of Climatology*, 31(5), 770-782.

Corbett, J. J., Deans, E., Silberman, J., Morehouse, E., Craft, E., & Norsworthy, M. (2012). Panama Canal expansion: emission changes from possible US west coast modal shift. *Carbon Management*, 3(6), 569-588.

Costa, R., Rosson, C., Robinson, J., & Fuller, S. (2012). The Impacts of the Panama Canal Expansion on World Cotton Trade. *53rd Annual Transportation Research Forum, Tampa, Florida, March, 15th – 17th, 2012*.

De Marucci, S. (2002). Impact of el Niño Southern Oscillation Phenomenon on the Panama Canal and its Markets. International Association of Maritime Economists Annual Conference, 13-15 November, 2002, Panama.

DNV GL (2014). *Adaptation to a changing climate*, Høvik.

Duncan, J. M. (2010). Managing Unstoppable Landslides in the Panama Canal. *Geo-Strata—Geo Institute of ASCE*, 14(6), 12-13.

ECLAC (2012). *Preliminary Overview of the Economies of Latin America, 2012* (Santiago, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe).

Elton, C. (1987). Studies of alternatives to the Panama Canal. *Maritime Policy and Management*, 14(4), 289-299.

Fan, L., Wilson, W. W., & Tolliver, D. (2009). Logistical rivalries and port competition for container flows to US markets: Impacts of changes in Canada's logistics system and expansion of the Panama Canal. *Maritime Economics & Logistics*, 11(4), 327-357.

Foster, W., Valdés, A., Davis, B., & Anriquez, G. (2011). The constraints to escaping rural poverty: an analysis of the complementarities of assets in develop-

ing countries. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 33(4), 528-565.

Komiss, W., & Huntzinger, L. (2011). The Economic Implications of Disruptions to Maritime Oil Chokepoints. *Center for Naval Analysis*.

Lam, J. S. L. (2012). Risk Management in Maritime Logistics and Supply Chains. *Maritime Logistics: Contemporary Issues*, 117.

Mitchell, C. (2011). *Impact of the expansion of the Panama Canal: an engineering analysis* University of Delaware.

Nathan Associates, Inc. (2003). *Transportation Study on the Dry Bulk Market Segment and the Panama Canal*, Volume I, Draft Final Report (Arlington, VA: Nathan Associates Inc)

Ogden, F. L., & Stallard, R. F. (2013). Land use effects on ecosystem service provisioning in tropical watersheds, still an important unsolved problem. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(52), E5037-E5037.

Pagano, A. M., Light, M. K., Sánchez, O. V., Ungo, R., & Tapiero, E. (2012). Impact of the Panama Canal expansion on the Panamanian economy. *Maritime Policy & Management*, 39(7), 705-722.

Panama Canal Authority (ACP). (2012). *Annual Report 2012*. Miami, FL.: Autoridad del Canal de Panamá (ACP).

Randolph, F. F. (1988). The strategic value of the Panama Canal: value versus cost. DTIC Document).

Rodrigue, J. (2010). *Factors impacting North American freight distribution in view of the panama Canal expansion* Van Horne Institute.

Shamir, E., Georgakakos, K. P., & Murphy Jr, M. J. (2013). Frequency analysis of the 7–8 December 2010 extreme precipitation in the Panama Canal watershed. *Journal of Hydrology*, 480, 136-148.

Simonit, S., & Perrings, C. (2013a). Bundling ecosystem services in the Panama Canal watershed. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(23), 9326-9331.

Simonit, S., & Perrings, C. (2013b). Reply to Ogden and Stallard: Phenomenological runoff models in the Panama Canal watershed. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(52), E5038-E5038.

Stallard, R. F., & Kinner, D. A. (2005). Estimation of landslide importance in hillslope erosion within the Panama Canal watershed. In *The Río Chagres, Panama* (S. 281-295). Springer Netherlands.

Stanford Research Institute (1967). *Revised General Scope and Approach of Stanford Research Institute Study of the Economic Implications of Various Sea-level Canals on Panama and Colombia* (Menlo Park, CA: Stanford Research Institute)

Tavasszy, L., Minderhoud, M., Perrin, J., & Notteboom, T. (2011). A strategic network choice model for global container flows: specification, estimation and application. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1163-1172.

Ungo, R. & Sabonge, R. (2012). 'A competitive analysis of Panama Canal routes', *Maritime Policy & Management*, Vol. 39, Iss. 6, S. 555-570.

Vereinte Nationen, Wirtschafts- und Sozialrat, (1979), *Panamá: Consideraciones Para la Formulación de un Programa de Desarrollo de la Subregión Canalera*, Documento de Trabajo (New York: United Nations, Economic and Social Council)

Weltbank, (2007). *Country Partnership Strategy for the Republic of Panama* (Weltbank, Washington, DC).

Weltbank, (2011). Vulnerability, Risk Reduction, and Adaptation to Climate Change: Panama, (Weltbank, Washington, DC).

Weltbank, (2013). *Panama: Climate Baseline*, (Weltbank, Washington, DC).

Verfasser

Prof. Dr. Michele Acciario

Kuehne Logistics University

Großer Grasbrook 17

20457 Hamburg

Tel: 040/328707-281

E-Mail: michele.acciario@the-klu.org