
IASS FACT SHEET 3/2014

Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS)

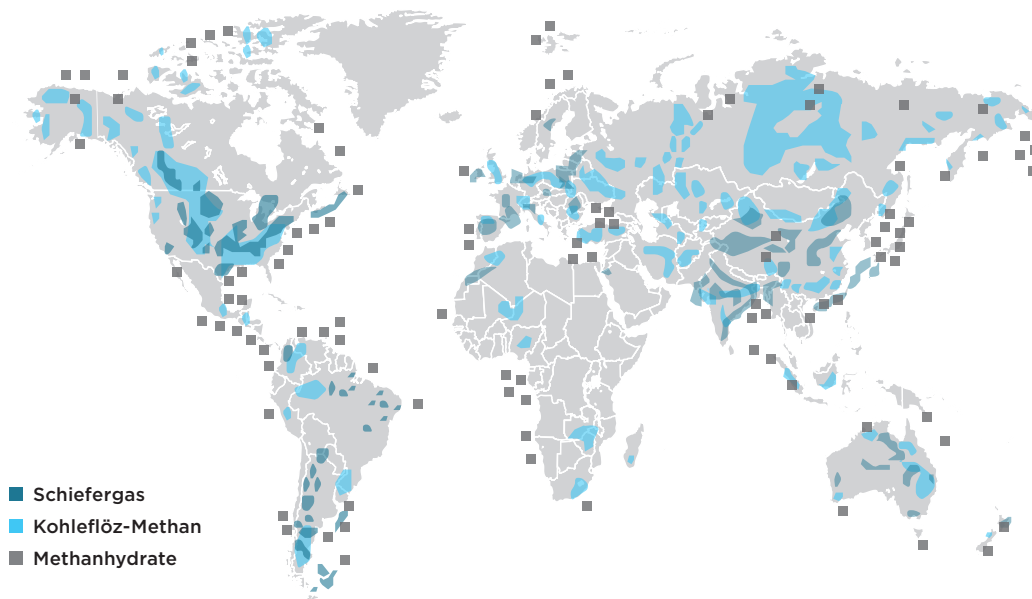
Potsdam, Dezember 2014



Unkonventionelles Erdgas

**Lorenzo Cremonese, Michele Ferrari, Marianne P. Flynn,
Alexander Gusev, Nicola Lorenz und Stefan Stückrad**

Mit der Entwicklung von Fördertechnologien wie dem „Hydraulic Fracturing“ wurden weltweit gewaltige Vorräte an unkonventionellem Erdgas erschlossen und sind als potenzielle neue Energiequelle begehrt. Ihre Ausbeutung sorgt wegen der Umweltfolgen der Produktionsverfahren jedoch für Kontroversen. Um einzuschätzen, ob Gas aus diesen Ressourcen im Energiemix der Zukunft eine Rolle spielen könnte, müssen wir seine geologischen und physikalischen Eigenschaften sowie die Abbautechnologien und ihre möglichen Risiken besser verstehen. Von Anfang an sollten die Ansichten verschiedener gesellschaftlicher Akteure einbezogen, und es sollte über die Rolle nachgedacht werden, die unkonventionelles Erdgas bei der Energiewende übernehmen kann.



**Abb. 1: Weltweite Verteilung der wichtigsten Reserven an unkonventionellem Erdgas
(basierend auf Daten von PacWest und dem US Geological Survey)**

Was ist unkonventionelles Erdgas?

Unkonventionelles Erdgas kommt in Sedimenten wie Schiefer (**Schiefergas – SG**) und Kohleflözen (**Kohleflöz-Methan – CBM**) vor, die reich an organischen Substanzen sind, oder in Eis (**Methanhydrat – MH**). Anreicherungen finden sich in der Regel in tieferen geologischen Formationen (**SG und CBM**), treten aber auch in flacheren Sedimenten auf, z. B. im Permafrostboden oder in unterseeischen Kontinentalrändern. Wie konventionelles besteht auch unkonventionelles Erdgas vor allem aus Methan (CH_4).

Der Begriff „unkonventionell“ bezieht sich darauf, dass andere Fördertechniken benötigt werden, um das Gas aus der Formation zu lösen, weil es in einem undurchlässigen Muttergestein absorbiert bzw. gefangen (SG bzw. CBM) oder in einem Kristallgitter gebunden ist (MH).

Konventionelles Gas wird durch ein Bohrloch in einer porösen, durchlässigen Gesteinsformation gefördert, die das Gas an die Oberfläche aufsteigen lässt. Im Unterschied dazu wird Gas aus Schiefer durch Hydraulische Fracturing (kurz „Fracking“ genannt) gewonnen, wobei ein Gemisch aus Wasser, Sand und chemischen Zusätzen unter sehr hohem Druck in die Lagerstätte gepumpt und ein Netz an Rissen erzeugt wird, durch die das Gas entweichen kann. Kohleflöz-Methan und Methanhydrat erfordern ebenfalls unterschiedliche, auf deren geologische Eigenschaften abgestimmte Fördertechniken.

Warum wird über unkonventionelles Erdgas debattiert?

Unkonventionelle Erdgasreserven wecken das Interesse von Industrie, Wissenschaft und Regierungen, weil sie potenziell sehr viel Energie aus Lagerstätten in aller Welt liefern können (Abb. 1). Zurzeit wird Schiefergas und Kohleflöz-Methan in den USA und Kanada kommerziell gefördert, während in China, Australien, Argentinien, Polen, Rumänien, der Ukraine und in Großbritannien (Schiefergas) sowie Japan (Methanhydrat) geforscht wird. Die geschätzten förderbaren Reserven (ohne Methanhydrate) entsprechen ungefähr den verbleibenden Öl- und Gasreserven (rund 400 Billionen Kubikmeter oder tcm);¹ Methanhydrat allein könnte weitere 1.000 bis 5.000 tcm liefern. Um diese Zahlen ins Verhältnis zu setzen: Der globale Gasverbrauch liegt zurzeit bei

3,4 tcm pro Jahr und soll laut Prognosen bis 2035 5 tcm erreichen. Unkonventionelles Gas wird als Möglichkeit gesehen, schwindende konventionelle Reserven wettzumachen, Gasimporte durch heimische Produktion zu ersetzen oder die Energiesicherheit zu erhöhen. So werden zurzeit in den USA mehr als 90 Prozent der Gasnachfrage durch heimische konventionelle und unkonventionelle Produktion gedeckt. Der US-amerikanische Schiefergas-„Boom“ hat zu einer Senkung der Energiepreise geführt, was energieintensiven Branchen und insbesondere dem petrochemischen Sektor nützt. Jedoch bedrohen niedrige Gaspreise mittlerweile die Rentabilität der Schiefergasindustrie. Letztlich ist eine umfassende Einschätzung möglicher wirtschaftlicher Vorteile der Förderung schwierig, weil sie von Land zu Land variiert.

Die Förderung von unkonventionellem Erdgas birgt zudem eine Reihe von Problemen und potenziellen Risiken. Zu den mit Fracking verbundenen Umweltgefahren zählen die Kontamination des Grundwassers, induzierte Seismizität (Erdbeben) und unkontrollierte Emissionen von Methan, einem starken Treibhausgas. Der Bau von Bohrtürmen wird von betroffenen Kommunen oft entschieden abgelehnt und wirft zahlreiche Fragen zu Landverbrauch, Lärm und Luftverschmutzung auf. Bei Schiefergas erfordert die kurze Lebensdauer eines Bohrlochs häufige Neubohrungen. Aufgrund all dieser Bedenken, wegen erheblichen öffentlichen Drucks und des Fehlens überzeugender wissenschaftlicher Bewertungen haben einige europäische Länder, darunter Frankreich und Deutschland, die Förderung von unkonventionellem Erdgas auf Eis gelegt. Durch dieses Vorsorgeprinzip unterscheidet sich der europäische vom amerikanischen Ansatz.

Zur Debatte steht überdies, inwiefern eine umfangreiche Nutzung von unkonventionellem Gas mit Klimaschutz vereinbar ist. Erdgas gilt als der ‚sauberste‘ fossile Brennstoff, der im Vergleich zu Kohle pro erzeugter Energieeinheit weniger als halb so viel CO_2 freisetzt. Daher kann die Substitution von Kohle durch Gas im Energiemix zu einer Senkung der CO_2 -Emissionen führen, wie es in den USA teils der Fall war. Einige Beobachter betonen, dass Gaskraftwerke wegen ihrer Flexibilität eine geeignete Option als Grundlastkraftwerke sein könnten, um erneuerbare Energien zu unterstützen.

Dennoch bleibt der Einsatz von Erdgas zur Energieerzeugung eine Quelle von Treibhausgasemissionen und könnte unsere Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen fortsetzen. Die Förderung von unkonventionellem Erdgas könnte die weitere Entwicklung der erneuerbaren Energien behindern, indem sie beispielsweise ihre Wettbewerbsfähigkeit vermindert oder Investitionen und Subventionen ableitet. So bleibt die mögliche Rolle von unkonventionellem Erdgas für ein nachhaltigeres Energiesystem eine offene und umstrittene Frage.

Welche Arten von unkonventionellem Erdgas gibt es, und welche Risiken bergen sie?

Schiefergas

Reserven

Schiefergas kommt in Sedimentbecken vor, die reich an organischem Material sind und in denen Methan vor allem an organischen Überresten gebunden ist. Ohne den Einsatz von Hydraulic Fracturing erlaubt die sehr geringe Durchlässigkeit des Muttergesteins keine wesentliche Gasförderung (Abb. 2b). Weltweit liegen Schätzungen zufolge die förderbaren Schiefergasreserven bei rund 200 tcm,² davon entfallen etwa 16 tcm auf Europa. Dennoch besteht eine große Unsicherheit über die Gesamtreserven, weil bisher nur in wenigen Ländern weltweit exploriert wurde.

Förderung

In den letzten zehn Jahren wurde durch die Kombination von horizontalen Bohrungen und Hydraulic Fracturing große Schiefergasmengen erschlossen. Die für das Aufbrechen des Gesteins verwendete Fracking-Flüssigkeit, bestehend aus Wasser mit einem Anteil von 5 bis 10 Prozent Sand und 0,1 bis 0,5 Prozent chemischen Zusätzen, wird unter hohem Druck in die Bohrlöcher gepresst, um in der Schieferformation Risse zu erzeugen. Der Sand hält die Risse offen, während das Erdgas mit einem Mix aus Fracking-Flüssigkeit und Lagerstättenwasser (Rückflusswasser) an die Oberfläche wandert. Eine typische mehrstufige Fracking-Operation wird in der Regel nur einmal zu Beginn der Nutzungsdauer eines Bohrlochs durchgeführt und verbraucht zwischen 11 und 30 Millionen Liter Wasser.

In den USA und Kanada hat der extensive Einsatz dieser Technologie seit 2008 zu einer rapiden Steigerung der Schiefergasförderung geführt. Heute stammen 40 Prozent des in den USA verbrauchten Gases aus Schiefer. In Europa sieht es von Land zu Land unterschiedlich aus: Manche Staaten streben eine kommerzielle Förderung an (Polen, Rumänien, Ukraine, Großbritannien), andere haben die Exploration eingestellt (Frankreich, Deutschland). Ende 2014 hatte die deutsche Regierung einen Gesetzentwurf angekündigt, der voraussichtlich Fracking zu kommerziellen Zwecken verbieten und nur wissenschaftliche Probebohrungen unter strengen Umweltauflagen zulassen soll.³

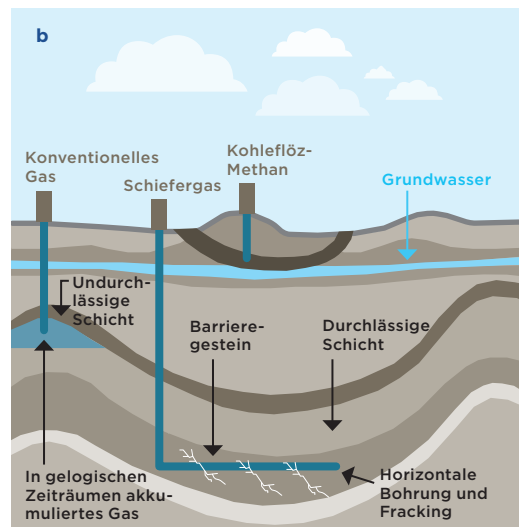
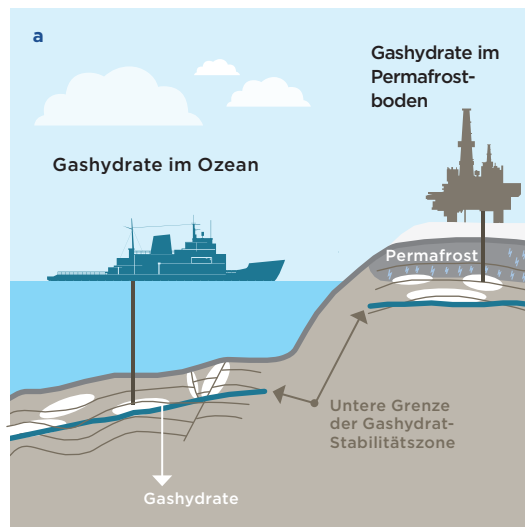


Abb. 2: Vereinfachtes geologisches Profil von Erdgaslagerstätten und Gewinnungsmethoden für Methanhydrat (a), konventionelles Erdgas, Schiefergas und Kohleflöz-Methan (b)

© IASS

Risiken und Ungewissheiten

Die Umweltrisiken des Hydraulic Fracturing sind im Wesentlichen: Verschmutzung des Grundwassers, induzierte Erdbeben und Emissionen von Methan. Die Fracking-Flüssigkeit kann potenziell schädliche Chemikalien enthalten, die Grundwasser und Böden vergiften. Zudem kann das Rückflusswasser zusätzliche natürliche toxische Elemente wie Schwermetalle (z. T. auch radioaktive Elemente) aus dem Schiefergestein enthalten. Durch eine ordentliche Abdichtung der Bohrlöcher könnte das Risiko der Kontamination minimiert und sichergestellt werden, dass das gesamte Rückflusswasser an der Oberfläche gesammelt wird, denn 30 bis 70 Prozent des in den Boden gepumpten Wassers verbleiben in den Schiefer-schichten. An der Oberfläche ist das Kontaminationsrisiko durch unkontrollierte Freisetzung, wie an einigen Standorten in den USA geschehen, größer. Abhängig von lokalen Vorschriften und Kosten wird das gesammelte Wasser entweder für den erneuten Einsatz aufbereitet oder entsorgt. „Saubere“ Fracking-Flüssigkeiten werden von der Industrie zwar entwickelt, aber ihr Einsatz ist von gesetzlichen Rahmenbedingungen und ihrer Durchsetzung abhängig.

Es gab bereits Fracking-induzierte schwache Erdbeben (z. B. 2011 im britischen Blackpool). In Gegenden mit natürlicher seismischer Aktivität wird Hydraulic Fracturing höchstwahrscheinlich Erdbeben auslösen und sollte deshalb verboten werden. In Gebieten mit geringer natürlicher seismischer Aktivität ist ein Risikomanagement ratsam, wie die Überwachung mikro-seismischer Ereignisse während des Frackings und die Beendigung der Operation, sobald ihre Stärke charakteristische Schwellenwerte überschreitet (0,5 auf der Richterskala).

Ein weiteres Problem bei der Förderung von sowohl konventionellem als auch unkonventionellem Erdgas sind die Methanemissionen; sie werden weitgehend davon beeinflusst, wie sorgfältig Prozesse wie Gewinnung, Verarbeitung, Lagerung und Transport ausgeführt werden. Bei Schiefergas schätzt man die unkontrollierten Emissionen auf 1 bis 8 Prozent der gesamten Fördermenge.⁴

Der Treibhauseffekt von Methan ist vielfach höher als der von CO₂, daher könnten solch unkontrollierte Emissionen den Nettonutzen für das Klima zunichtemachen, der sich durch das Verbrennen von Gas anstelle von Kohle ergibt.⁵ Das Risiko des Austretens

von Methan könnte durch Einsatz einer grünen Endbearbeitungstechnik für die Wasser-Gas-Trennung und durch die Anwendung von Leckerkennungs- und -reparatursystemen reduziert werden.⁶ Der Einsatz dieser Technologien hängt von Kostenvorgaben und gesetzlichen Bestimmungen ab.

Kohleflöz-Methan

Reserven

Kohleflöz-Methan (CBM) bezeichnet das in Kohle eingeschlossene Methan, das aus nicht abgebauten oder nicht abbaubaren Kohleflözen gewonnen werden könnte. Die riesigen Kohlevorräte in aller Welt haben erhebliche Mengen an CBM hervorgebracht: bis zu 50 tcm weltweit.⁷ Aufgrund der großen inneren Oberfläche von Kohle können diese Lagerstätten sechs- bis siebenmal mehr Methan speichern als vergleichbare konventionelle. Die größten Lagerstätten liegen in Russland (17 tcm), China (10 tcm), Australien (8 tcm) und Nordamerika (7 tcm). In Europa könnten 2,5 tcm an Ressourcen lagern, aber die Schätzungen sind unsicher, weil die Reserven schlecht quantifiziert und kartiert sind. Seit 2012 sammelt die Europäische Kommission Daten zu den Ressourcen in Europa (EUCORES).

Förderung

Obwohl CBM seit den Anfängen des Kohlebergbaus bekannt ist, kam eine kommerzielle Gewinnung erst in jüngster Zeit in Gang. Den Weltmarkt führt Nordamerika an (78,9 Prozent des Marktes 2011), gefolgt vom Raum Asien-Pazifik (Australien, China) und Europa (Großbritannien).⁸

Die USA sind 1989 als Erste in die kommerzielle Produktion eingestiegen. Seither wurden die Fördermengen erheblich gesteigert: von 2,5 Milliarden Kubikmeter (bcm) 1989 auf 43,5 bcm 2012. In Europa wurde bisher nur in Großbritannien nach CBM gebohrt.

Die Fördertechnologie unterscheidet sich in der Regel von jener bei Schiefergas: Ein Teil des Grundwassers, das in die Kohle einsickert, wird herausgepumpt, was für einen allmählichen Druckabfall sorgt, sodass das Gas auf natürlichem Weg durch die Bohrung an die Oberfläche wandert. Weil CBM-Formationen (im Vergleich zu Schiefergas) in der Regel durchlässiger sind, ist Hydraulic Fracturing selten erforderlich, außer bei besonders tiefen und/oder dicken Flözen.

Risiken und Ungewissheiten

Die CBM-Produktion erzeugt große Abwassermengen, und die Entsorgung sowie der Wasserverbrauch sind die größten Umweltprobleme. Das Abwasser unterscheidet sich je nach Brunnen und kann lösliche Substanzen wie Salze, Chemikalien, Schwermetalle und Radionuklide enthalten. Lösungen zur Wasseraufbereitung und -entsorgung (z. B. Belüftung, Filtrierung) gibt es, sie werden aber wegen der hohen Kosten nicht flächendeckend angewendet. Auch während der CBM-Gewinnung kommt es zu Methanentweichungen. Verlässliche Daten zu den Emissionen pro Land gibt es noch nicht. Schätzungen zufolge liegt ihr Anteil bei 1 bis 4,5 Prozent der Gesamtfördermenge.⁹

Methanhydrat

Reserven

Methanhydrat (MH, auch Methaneis) ist die größte Quelle für unkonventionelles Erdgas; Schätzungen zufolge liegen die Reserven bei 1.000 bis 5.000 tcm. Es handelt sich um einen kristallinen, eisartigen Feststoff, bei dem Methanmoleküle in Poren eingeschlossen und bei bestimmten Temperatur- und Druckniveaus stabil sind. Die marinen Lagerstätten, die 95 Prozent der Reserven darstellen, sind in den oberen Schichten der Kontinentalränder 300 bis 1.200 Meter unter dem Meeresspiegel zu finden und können bis zu 500 Meter dick sein. Die übrigen 5 Prozent befinden sich im Permafrostboden (Abb. 2a).

Förderung

Fördertechniken ändern Temperatur oder Druck in den Methanhydrat-Lagerstätten, um das Gas freizusetzen. Bisher werden Gashydrate nicht kommerziell gewonnen, die künftige Förderung hängt von geeigneten

ten Lagerstätten, den Förderkosten und -technologien ab. Die Abbaumethoden stecken in den Kinderschuhen und sind mit zahlreichen technischen Problemen behaftet. Bisher wurden zwei Methoden angewandt:

■ **Thermische Stimulation:** In das Bohrloch wird heißes Wasser gepumpt, was zur Instabilität des Hydrats führt und Gas freisetzt. Diese Methode wurde 2001/2002 und 2008 bei Onshore-Tests an Permafrostlagerstätten auf der kanadischen Insel Mallik angewendet und hat gezeigt, dass Gasgewinnung aus Hydrat technisch machbar ist.

■ **Druckentlastung:** Der Druck in der Lagerstätte wird vermindert, indem man etwas Wasser oder freies Gas abpumpt, das sich innerhalb und unter der MH-Formation befindet. Diese Methode wurde 2013 im östlichen Nankai-Graben vor der Küste Japans in einem Offshore-Test angewendet.

Risiken und Ungewissheiten

Über die Offshore-Förderung wird debattiert, weil mehrere potenzielle Umweltrisiken nicht vollständig bekannt sind, wie etwa mögliche toxische Substanzen in der Wassersäule. Die Förderung könnte zur Instabilität des Ozeanbodens führen, was umfangreiche unkontrollierte Gasfreisetzungen und unterseeische Erdbeben auslösen könnte. Allerdings kann eine solche Instabilität auch auf natürliche oder anthropogene Ursachen zurückgehen wie unterseeische Erdlawinen und steigende Temperaturen. Die globale Erwärmung könnte aufgrund des schmelzenden Eises sogar Permafrostlagerstätten und durch veränderte Temperaturen in der Tiefsee marine Lagerstätten angreifen. Derzeit gibt es keinen wissenschaftlichen Konsens über Wahrscheinlichkeit und Ausmaß dieser Ereignisse.

¹ International Energy Agency (IEA), *World Energy Outlook 2013*.

² Ebd., S. 1.

³ Bundesministerium für Umwelt und Bundesministerium für Wirtschaft, *Überblick über die geplante „Fracking“-Regelung*, Juli 2014.

⁴ Howarth u. a., A bridge to nowhere: methane emissions and the greenhouse gas footprint of natural gas, in: *Energy Science and Engineering*, 2(2): S. 47–60, 2014.

⁵ Neuere Studien belegen, dass dies der Fall sein könnte, wenn die unkontrollierten Emissionen 2,4 bis 3,2 Prozent der Gesamtfördermenge des Brunnens überschreiten. Siehe Alvarez u. a., Greater focus needed on methane leakage from natural gas infrastructure, in: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 109: S. 6435–6440, 2012 und ebd., S. 3.

⁶ International Energy Agency, *Golden Rules for a Golden Age of Gas*, Mai 2012.

⁷ Ebd., S.1.

⁸ Coal Bed Methane Market – Global Industry Size, Market Share, Trends, Analysis, and Forecast, 2010–2018, *Transparency Market Research*, June 2014.

⁹ Stuart Day u. a., Fugitive Greenhouse Gas Emissions from Coal Seam Gas Production in Australia, *CSIRO*, Oktober 2012.

ZUSAMMENFASSUNG

- Gasangebot und -nachfrage werden in den kommenden Jahrzehnten voraussichtlich zunehmen. Für viele Regionen und Länder liegen nur unsichere Schätzungen der unkonventionellen Erdgasreserven vor, diese dürften mindestens den verbliebenen konventionellen Reserven entsprechen (ohne Methanhydrat).
- Aus Schiefer und Kohleflözen wird in einigen Ländern bereits Erdgas gewonnen. Die Nutzung von Methanhydrat liegt in weiter Ferne.
- Die Fördertechniken bringen viele potenzielle Umweltrisiken und -bedenken mit sich, insbesondere gilt dies für das Wassermanagement und unkontrollierte Emissionen.
- Maßnahmen zur Bewältigung und Minderung dieser Risiken, einschließlich der Emissionen über den gesamten Lebenszyklus des Erdgases, werden entwickelt. Bei vielen Fragen ist weitere Forschung notwendig.
- Diese Maßnahmen erfordern strenge gesetzliche Vorschriften und deren Durchsetzung.
- Die mögliche Rolle von unkonventionellem Erdgas bei der Energiewende bezüglich Fragen der Wirtschaftlichkeit, der gesellschaftlichen Akzeptanz und der Klimaziele bleibt umstritten. Wesentliche Konfliktpunkte sind das Risiko, fossile Pfadabhängigkeiten zu verfestigen, und die Kompatibilität mit dem Einsatz erneuerbarer Energien.

Ansprechpartner:

Lorenzo Cremonese (Wissenschaftlicher Mitarbeiter):
lorenzo.cremonese@iass-potsdam.de

Übersetzung:

Sonja Schuhmacher

Redaktion:

Corina Weber und Anne Boden

Adresse:

Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS)
Berliner Straße 130
14467 Potsdam
Deutschland
Telefon: 0049 331-28822-340
E-Mail: media@iass-potsdam.de
www.iass-potsdam.de

DOI: 10.2312/iass.2015.005

