

Bioökonomie

Wie es in China und Japan läuft

Der europäischen Idee einer biobasierten Wirtschaft aus dem Jahr 2005 folgten um 2020 chinesische und japanische Pläne. Sie betonen die Entwicklung einer eigenen Spitzenforschung über Biowissenschaften und Computing, um ihre alternden Gesellschaften mit Nahrung und Medizin zu versorgen.

Das Modell Bioökonomie setzt auf nachwachsende Rohstoffe als Basis für Nahrungsmittel, Energie und Industrieprodukte, nutzt Bioabfälle und Reststoffe. So formuliert es der Bioökonomierat, der frühere Forschungs- und Technologierat Bioökonomie der deutschen Bundesregierung.¹⁾ Europa hat auf dem Weg in eine Bioökonomie Pionierarbeit geleistet. Dazu veranstaltete die EU in Brüssel im September 2005 eine Konferenz (Conference on the Knowledge-Based Bioeconomy in Europe, KBBE). Sie führte seit dem siebten Rahmenprogramm der EU zu Forschung und Innovation (2007) zu zahlreichen transnationalen Programmen und Projekten. Zeitgleich zur Brüsseler Konferenz gab es eine Parallelveranstaltung in Peking, bei der Offizielle der EU mitwirkten.²⁾

Nun legt China einen „Plan zur Entwicklung der Bioökonomie für die Periode des 14. Fünfjahresplans (2021 – 2025) vor und verweist dabei auf die „Vision 2035“.³⁾ Er ist anders als die Pläne der EU und erinnert an die japanische „Bio-Strategie 2019“, mit der Japan bis zum Jahr 2030 die fortschrittlichste Bioökonomie der Welt etablieren will.⁴⁾

China: unabhängig werden

Der chinesische Plan will als übergeordnetes Ziel „das Glück der Menschen im Sozialismus chinesischer Prägung fördern, und die Harmonie von Menschen und Natur erreichen“. Er benennt Stärken und Schwächen Chinas (Tabelle). Dies führt zu sechs Themen:

- biomedizinische Techniken wie personalisierte Medizin, genetisches Screening, Telemedizin und Ferndiagnose sowie verbesserte traditionelle chinesische Medizin (TCM);
- Landwirtschaft und Lebensmittel, darunter Sortensicherung und -verbesserung, molekulare Pflanzen- und Tierzucht, zirkuläre und umweltfreundliche Landwirtschaft, gesundheitsfördernde Nahrungsmittel wie Probiotika;
- Energie und Materialien aus Biomasse etwa Biogas, Ethanol aus Cellulose, Algenbiotreibstoffe, Biokerosin, biologisch abbaubarer Mulch und abbaubares Verpackungsmaterial;
- biologische Ressourcen sichern (nationaler Zensus für Wälder, Grasland, pflanzliche Wertstoffe inklusive Wirkstoffe für TCM, rote Liste für Biodiversität, satellitengestützte Ferndiagnose und

Den Beitrag haben Rolf Schmid (oben) und Xin Xiong verfasst. Schmid ist promovierter Chemiker und Gründer des Beratungsunternehmens Bio4Business in Stuttgart mit dem Schwerpunkt Technologie-Entwicklungen in China und Japan. Xiong ist promovierter Biotechnologe und Forschungsgruppenleiter für medizinische Biotechnologie am Naturwissenschaftlich-Medizinischen Institut NMI der Universität Tübingen in Reutlingen.



Tracking, digitale Bibliotheken und Ressourcenbanken);

- bei Technologien wie synthetischer Biologie, computergestütztem Proteindesign und Sequenzierertechniken führend sein;
- biologische Sicherungssysteme, also die nationale biologische Sicherheit priorisieren und einen internationalen Rahmen von Prinzipien, Regeln, Gesetzen und Prozessen entwickeln, um weltweite Probleme zu bewältigen (global governance).

Um diese Themen zu erschließen, erhöht die chinesische Regierung das Budget für die Grundlagenforschung. Es fließt in Zentren, die gemeinsam mit der Industrie forschen, und in Kliniken, die translationale Medizin betreiben, also Forschungsergebnisse in die Gesundheitsversorgung umsetzen.

Aus diesem Maßnahmenbündel sollen viele Biotechnikunternehmen entstehen, die einen Jahresumsatz von über 10 Milliarden Chinesischem Yuan (etwa 1,5 Mrd. Euro), eigenständiges geistiges Eigentum (intellectual property, IP) und First-in-class-Technologien haben. Internationale Zusammenarbeit soll den noch schwachen Biotechsektor stärken und die Bioökonomie mit der Seidenstraßeninitiative als „chinesische Weisheit und chinesische Lösungen in die Welt tragen“ (Abbildung).

Spezielle Fonds sollen diese Projekte finanzieren und dabei vor allem vier Bioökonomie-Pilotzonen bedienen:

- Großraum Beijing-Tianjin-Hebei,
- Yangtse-Flußdelta (Schanghai, Jiangsu, Zhejiang)

- Greater Bay Area (Guangdong, Shenzhen, Hong Kong, Macao) und
- Shuangcheng Economic Circle (Chengdu und Chongqing).

Die Strategie dabei lässt sich an der Pilotzone im Shuangcheng Economic Circle erkennen. Diese Region in der Provinz Sichuan ist ein Produktionsstandort für pflanzliche Arzneimittel, Landwirtschaft und Viehzucht, aber auch einer der größten Produktionsstandorte für Antibiotika. Sie leidet unter einer hohen Umweltbelastung, und die Bereitstellung von Nahrungsmitteln aus dekontaminierten Böden und gesäubertem Grundwasser sind Probleme, die durch Biotechnik bewältigt werden sollen. Die Pilotzone soll zeigen, wie sich biologische Wirkstoffe industriell in besseren Ausbeuten und umweltschonend herstellen lassen. Diese Erfahrungen lassen sich über Cloud- und Technologieplattformen dann auf andere Regionen übertragen.

Medizin und Gesundheit

In der medizinischen (roten) Biotechnologie ist China bereits sehr aktiv. War das Land schon seit Jahrzehnten Weltmarktführer bei der Herstellung von Impfstoffen und Antibiotika, so sind in den letzten Jahren immer mehr generische und neuerdings Biologika hinzugekommen. Auch bei In-vitro-Diagnostika sind chinesische Unternehmen aktiv und nutzen die mittlerweile ausgezeichnete IT-Infrastruktur des Landes für körpergebundene Diagnostiksysteme und die Telemedizin.⁵⁾



Der von der japanischen Regierung geprägte Begriff Society 5.0 steht für eine vollständig vernetzte Gesellschaft. Das Modell lässt sich als Weiterentwicklung der Industrie 4.0 auffassen. Grafik: / Adobe Stock

Die Probleme einer alternden Gesellschaft und die Covid-19-Pandemie haben die Versorgungssicherheit der Gesundheitsindustrie, deren Forschungs- und Entwicklungsprogramme und sogar die Ausbildungscurricula in Frage gestellt. Es zeigte sich, dass trotz jahrzehntelanger Investitionen in die pharmazeutische und medizinische Biotechnologie die weltweiten Pharma- und Biotechunternehmen der chinesischen Industrie immer noch weit voraus sind.

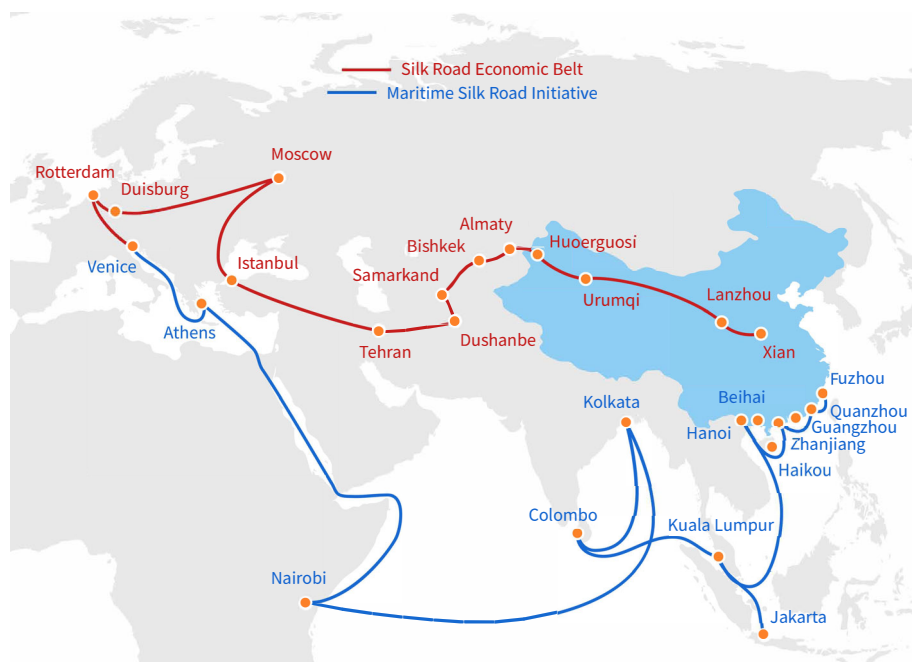
Angesichts der geopolitischen Blockbildung muss China dringend seine Versorgung sichern und dazu die eigene Forschung und Entwicklung stärken. Seit den Sanktionen der US-Regierung gegen den chinesischen IT-Ausrüster Huawei erhält das Unternehmen keine Halbleiter mit US-Technik mehr. Dies hat China vor Augen geführt, dass sich Blockaden bei Schlüsseltechnologien nur durch ausreichendes einheimisches Fachwissen vermeiden lassen. Dieser Gedanke zieht sich durch das Bioökonomiedossier und durch nahezu den gesamten 14. Fünfjahresplan.

Pflanzen- und Tierzucht

Im Umfeld der grünen Biotechnologie publizieren chinesische Forschergruppen schon seit Jahren Beiträge zur molekularen Pflanzen- und Tierzucht in internationalen Zeitschriften. Die Aussaat transgener Pflanzen beschränkt sich aber im Wesentlichen auf Baumwolle,

| Stärken und Chancen | Schwächen und Risiken |
|---|---|
| umfangreiche Ressourcen | mangelnde Sicherung und Nutzung der Bioressourcen |
| große Biodiversität | bedrohte biologische Sicherheit |
| umfassender Gesundheitsmarkt | schwache Grundlagenforschung |
| Meisterung der Covidkrise | geringe Forschungs- und Entwicklungsleistung sowie mangelnde internationale Kompetenz der Industrie |
| hohe, wenn auch dirigierte Forschungs- und Entwicklungsleistungen | Abhängigkeit von ausländischem geistigen Eigentum (intellectual property, IP) |
| gute Informationstechnik(IT)-Infrastruktur | schnell alternde Gesellschaft |
| zahlreiche bioindustrielle Cluster | |
| schneller Ausbau erneuerbarer Energien | |

Der chinesische Plan bis zum Jahr 2035 benennt Stärken und Schwächen Chinas.



Der Begriff „neue Seidenstraße“ fasst seit dem Jahr 2013 Projekte zusammen, die Handels- und Infrastrukturnetze zwischen der Volksrepublik China und Ländern Afrikas, Asiens und Europas auf- und ausbauen. Die offizielle chinesische Bezeichnung ist „ein Gürtel, eine Straße“ (Belt and Road Initiative).

Grafik: MicroOne / Adobe Stock

und transgene Tiere dienen bisher nur der Forschung.

Im technischen Bereich ist China Weltmarktführer bei der Herstellung von Amino- und Fruchtsäuren. Auch die industrielle Enzymproduktion hat zugelegt. Trotz enormer Ressourcen – China erzeugt beispielsweise etwa 700 Milliarden Tonnen Stroh im Jahr – ist die Verwertung von Biomasse beispielsweise zu Ethanol, Polymerbausteinen oder Wertstoffen – nicht vorangekommen; lediglich

die Biogaserzeugung in ländlichen Gebieten ist eine Ausnahme.⁶⁾

Im akademischen Umfeld wird dagegen intensiv Grundlagenforschung zur Bioökonomie betrieben. Dazu gehören Versuche eines Teams in Tianjin zur chemoenzymatischen Bildung von Stärke aus CO_2 .⁷⁾ Dazu reduzierte das Team CO_2 mit Wasserstoff und einem ZnO-ZrO₂-Katalysator zu Methanol und oxidierte mit Alkohol-Oxidase zu Formaldehyd. In einem getrennten Modul mit zehn Enzymen aus verschiedenen Organismen, von denen drei durch Computerdesign optimiert worden waren, steuerte es dann über zeitliche und räumliche Segregation von Einzelschritten die zellfreie Synthese von Stärke aus Formaldehyd. Die Syntheserate war etwa 8,5-fach höher als die Stärkesynthese in Mais, und ein 1000-Liter-Bioreaktor mit diesem System könnte theoretisch so viel Stärke produzieren wie 0,3 Hektar eines Maisfelds.

Ein anderes Forscherteam kombinierte die Produktion reiner Essigsäure aus CO_2 in einem Feststoffelektrolytreaktor mit einer ge-

netisch veränderten Backhefe.⁸⁾ Bei der waren alle Hexokinasegene entfernt und eine heterologe Glukose-1-Phosphatase überexprimiert worden. Sie bildete aus der elektrolitisch erzeugten Essigsäure Glukose als Hauptprodukt.

Japan: Ressourcen schonen

Verglichen mit China hat Japan weitaus geringere Ressourcen, ist aber in vielen Technologiebereichen weltweit führend, darunter Robotics, energiesparendes Computing und Wasserstofftechniken, sowie in Lebenswissenschaften wie Zelltechnologie, Ernährungsforschung oder molekularer Züchtung. Die japanische Bioökonomie zielt deshalb stark auf eine ressourcenschonende, nachhaltige „Society 5.0“ (Abbildung). Sie soll über die Integration von Biowissenschaften und Computing den Herausforderungen einer überalterten Gesellschaft begegnen. Typische japanische Themen der Bioökonomie sind

- medizinische Versorgung online, roboterunterstütztes Betreuen,
- Verlängern der Lebenserwartung bei voller Gesundheit,
- hochwertige Agrarprodukte durch molekulares Züchten,
- Energie und Material einsparen mit lokalen Ressourcen sowie
- innovative Biomaterialien und -prozesse.

Nach der Entdeckung induzierbarer pluripotenter Stammzellen (iPS) im Jahr 2006 durch Shin'ya Yamanaka ist Japan international führend in der autologen und allogenen Zelltherapie, also Zellen vom eigenen Körper oder von anderen.

Der personalisierten Medizin dient das Tohoku Medical Megabank Project: eine langfristige Gesundheitserhebung in den Präfekturen Miyagi und Iwate in Ostjapan. Es ist internationale Spitze bei gesundheits- und ernährungsmedizinischen Anwendungen von Genomanalysen über mehrere Generationen hinweg.

AUF EINEN BLICK

In Europa startete die Bioökonomie im September 2005 mit einer Konferenz. Die Europäische Union legte danach transnationale Programme und Projekte auf.

Chinas Strategie führt zu Pilotzonen. Sie sollen etwa zeigen, wie sich biologische Wirkstoffe industriell und umweltschonend herstellen lassen.

Japan konzentriert sich darauf, Ressourcen zu schonen. Dafür werden dort etwa energiesparendes Computing, Wasserstofftechniken, Zelltechnologie und molekulares Züchten entwickelt.

Auch bei der Entwicklung natürlicher Gesundheitspflege-mittel wie Probiotika führt das Land. Im Umfeld der landwirtschaftlichen Forschung sind transgene Varianten wirkstoffreicher Tomaten und transgene Fische zugelassen. Im Energiesektor bearbeiten mehrere Konsortien das Thema Biokerosin aus Algen und Lebensmittelabfällen. Das Recycling von Abfallstoffen erprobt das Kunststoffunternehmen Sekisui zusammen mit dem US-amerikanischen Biotechunternehmen Lanzatech sowie einem Entsorger und stellt Ethanol aus Hausmüll her.

Im Verbund mit Universitäten und dem Forschungsinstitut Riken haben zahlreiche Unternehmen das Thema „synthetische Biologie“ aufgenommen und berichten über die Herstellung von Kautschuk, Polymerbausteinen, und Pharma- oder Kosmetikvorstufen. Als Demonstrator dient dabei häufig ein „smart cell production center“ an der Universität von Kobe, das kürzlich von einem staatlich-privaten Konsortium um eine Pilotanlage für die industrielle Herstellung derartiger Produkte erweitert wurde.⁹⁾

Vergleich mit Europa

Im europäischen Kontext versteht man unter „Bioökonomie“ vor allem die Abkehr von fossilen Rohstoffen als Basis der Wirtschaft hin zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise. Diese setzt auf biologische Ressourcen und Verfahren und orientiert sich an natürlichen Stoffkreisläufen.

Die japanische Variante der Bioökonomie folgt diesem Konzept und betont dabei den Gesichtspunkt der Ressourcenschonung. Daneben tritt die Weiterentwicklung der Biomedizin, insbesondere einer regenerativen Medizin für eine alternde Gesellschaft, wie sie im japanischen Moonshot-Programm zum Ausdruck kommt.¹⁰⁾

In der chinesischen Variante steht dagegen im Vordergrund: in der Biotechnologie den Anschluss an die internationale Spitzenforschung zu finden und damit technologischen Blockaden vorzubeugen. Für Chinas alternde und regional medizinisch unterversorgte Bevölkerung sind die medizinische Biotechnik und die Seuchenprävention sehr wichtig. Dies wird kombiniert mit Projekten, die landwirtschaftliche Ressourcen sichern, zu einer gesunden Ernährung und zur Umweltsanierung beitragen. ■

- 1) bioeconomie-bw.de/bw/definition
- 2) C. Patermann, A. Aguilar, *New Biotechnol.* 2018, 40, 20
- 3) gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm
- 4) eu-japan.eu/publications/report-japanese-model-bioeconomy
- 5) GTAI Newsletter Exportinitiative Gesundheitswirtschaft, <https://t1p.de/fj1cr>
- 6) R. Schmid, X. Xiong, *Biotech in China*, Jenny Stanford Publishing, New York 2021, ISBN 978-981-4877-53-4
- 7) *Blick nach Asien*, Nachr. Chem. 2021, 69(11), 50
- 8) *Blick nach Asien*, Nachr. Chem. 2022, 70(6), 37
- 9) *Blick nach Asien*, Nachr. Chem. 2022, 70(7), 51
- 10) R. Schmid, *Nachr. Chem.* 2021, 69(9), 55

Wo es beim Wasserstoff lang geht

H₂-Atlas | Damit das deutsche Energiesystem mehr Wasserstoff nutzt, der mit Energie aus erneubaren Quellen erzeugt wurde, hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung einen Wasserstoffatlas herausgebracht. Er soll helfen, Potenzial, Verbrauch, Kosten und Emissionsminderungen verschiedener Wasserstoffanwendungen einzuschätzen.

wasserstoffatlas.de

H₂-Karte | An einer Wasserstoff-Roadmap für Deutschland arbeitet das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung im Rahmen des Projekts „H₂D – Eine Wasserstoffwirtschaft für Deutschland“. Es untersucht etwa Bund- und Länderstrategien, Forschung und Förderung sowie Kennzahlen zum Wasserstoffmarkt. Demnach hat das Netzwerk zu membranbasierten Elektrolysetechniken hier die größte Zahl von Projekten, Akteuren und von Deutschland aus angemeldeten Patenten.

[Zur Wasserstoffkarte: t1p.de/i35kb](http://ZurWasserstoffkarte.t1p.de/i35kb)

H₂-Kompass | Im Jahr 2030 wird der Wasserstoffbedarf in Deutschland höher sein, als als sich hier erzeugen lassen. Es wird nicht reichen, um den Minimalbedarf von etwa 50 Terawattstunden zu decken. Dies zeigen die Gesellschaften Acatech und Dechema. Herkunftsnachweise für klimaverträglichen Wasserstoff fördern demnach

den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft in Deutschland. Unzureichende Flächen für erneuerbare Energien hemmen dabei. Zudem sind akzeptanzfördernde Maßnahmen für den Ausbau erneuerbarer Energien und Wasserstofftransportinfrastrukturen notwendig.

wasserstoff-kompass.de

H₂-Sicherheit | Die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) entwickelt eine Testmethode, die Werkstoffe und Komponenten etwa für Armaturen, Dichtungen, Verteilnetze und Tankstellen auf ihre Eignung und Sicherheit für eine Wasserstoffwirtschaft prüft. Dabei wird Wasserstoff innen durch eine Materialprobe geleitet (Foto).

[Zur Wasserstoffsicherheit: t1p.de/a7tre](http://ZurWasserstoffsicherheit.t1p.de/a7tre)

Maren Bulmann



Ein BAM-Mitarbeiter inspiziert den Testaufbau eines Wasserstoffwerkstoffprüfers. Foto: BAM