

# Nachhaltiges Öl und Gas mit Blockchain

Soheil Saraji · Si Chen

# Nachhaltiges Öl und Gas mit Blockchain

 Springer Vieweg

Soheil Saraji   
Energy and Petroleum Engineering  
University of Wyoming  
Laramie, WY, USA

Si Chen  
Open Source Strategies, Inc  
Los Angeles, CA, USA

ISBN 978-3-031-45841-5      ISBN 978-3-031-45842-2 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-031-45842-2>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Übersetzung der englischen Ausgabe: „Sustainable Oil and Gas Using Blockchain“ von Soheil Saraji und Si Chen, © The Editor(s) (if applicable) and The Author(s), under exclusive license to Springer Nature Switzerland AG 2023. Veröffentlicht durch Springer International Publishing. Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Buch ist eine Übersetzung des Originals in Englisch „Sustainable Oil and Gas Using Blockchain“ von Saraji, Soheil, publiziert durch Springer Nature Switzerland AG im Jahr 2023. Die Übersetzung erfolgte mit Hilfe von künstlicher Intelligenz (maschinelle Übersetzung). Eine anschließende Überarbeitung im Satzbetrieb erfolgte vor allem in inhaltlicher Hinsicht, so dass sich das Buch stilistisch anders lesen wird als eine herkömmliche Übersetzung. Springer Nature arbeitet kontinuierlich an der Weiterentwicklung von Werkzeugen für die Produktion von Büchern und an den damit verbundenen Technologien zur Unterstützung der Autoren.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Nature Switzerland AG 2024

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Anthony Doyle

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Nature Switzerland AG und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland

Das Papier dieses Produkts ist recyclebar.

# Geleitwort

Ein globaler Energiewandel ist im Gange, der sich auf saubere Energie konzentriert und die Kohlenstoffemissionen aus traditionellen fossilen Brennstoffen reduziert. Es gibt auch schnelle technologische Innovationen in erneuerbaren Energien, die die Kosten senken und sie wirtschaftlich wettbewerbsfähig machen. Darüber hinaus steht die Öl- und Gasindustrie unter wachsendem Druck von Investoren, Aktivisten und Kunden, die Industrie an Umwelt-, Sozial- und Governance-Standards (ESG) anzupassen und transparenter über ihre Emissionen zu werden. Diese Veränderungen und Drücke haben die Öl- und Gasindustrie bereits beeinflusst und Nachhaltigkeitsinitiativen von innen heraus gefördert. Es ist klar, dass die Industrie ihre eigene Transition durchläuft, um in der Zukunft des Energiesektors relevant zu bleiben. Dies stellt neue Herausforderungen und Chancen für die Industrie dar. Ein Bereich der Herausforderung/Chance für die Industrie ist die Quantifizierung, Überwachung, Verifizierung und Berichterstattung über Kohlenstoffemissionen und die Verwaltung ihrer Kohlenstoffbilanzen. Dies ist ein kritischer Bereich für die Industrie, wenn sie transparent über ihre Emissionen sein und auf den wachsenden Pool von EGS-konformen Finanzmitteln für weiteres Wachstum zugreifen will. Die Hauptprobleme sind jedoch die Kosten, der Mangel an bestehenden Messstandards und die negative öffentliche Verfolgung der Industrie.

Eine neue aufkommende Technologie, die Blockchain, scheint ein ideales Werkzeug für die Überwachung, Berichterstattung und Verifizierung von Kohlenstoffemissionen und anderen Umweltattributen zu sein, insbesondere zwischen nicht vertrauenswürdigen Parteien. Diese Technologie könnte einige der Herausforderungen, denen sich die Öl- und Gasindustrie gegenüber sieht, potenziell lösen und neue Möglichkeiten und wirtschaftliche Anreize für die Quantifizierung der Emissionsdaten bieten. Letzteres wird manchmal als „Messwirtschaft“ bezeichnet, bei der Einheiten, die in zuverlässige Überwachungsausrüstung und -verfahren investieren, von detaillierten Emissionsdaten profitieren könnten, die ihren Kraftstoffprodukten beigefügt sind. Darüber hinaus hat sich die Blockchain

als hervorragendes Werkzeug für die Kreislaufwirtschaft und das Supply-Chain-Management erwiesen. Technische, kulturelle und regulatorische Fragen rund um die Blockchain müssen jedoch noch geklärt werden.

Dieses Buch begann als ein Weißbuch über die Verwendung von Blockchain-Technologie für die Kohlenstoffabscheidung und -speicherung. Wir haben schließlich beschlossen, es zu einem ganzen Buch über „nachhaltiges Öl und Gas“ zu erweitern und mehr Experten eingeladen, zu diesem Buch beizutragen. Es hat uns mehr als ein Jahr gedauert, mit Autoren aus der ganzen Welt zu verschiedenen Themen zusammenzuarbeiten, von Software bis hin zu Öl- und Gasfeldtechnologie bis hin zum Recht. Wir haben uns angesehen, wie sie auf die Kohlenstoffabscheidung und -speicherung, Kohlenstoffmärkte, Methanreduktion, nachhaltige Flugkraftstoffe und sogar Kunststoffe angewendet werden könnten.

Wir konzentrierten unsere Bemühungen auf zwei zentrale Fragen. Die erste Frage war: *„Kann die Öl- und Gasindustrie helfen, das Klimaproblem zu lösen?“* Wir glauben, dass dies möglich ist. Um dorthin zu gelangen, wären jedoch erhebliche Kapitalinvestitionen und unterstützende Politiken erforderlich. Das wiederum würde das Vertrauen der Investorengemeinschaft und der breiten Öffentlichkeit, einschließlich Umweltschützern und Klimagruppen, erfordern. Aber wenn wir es gut managen, wäre der potenzielle Gewinn enorm. Die Welt ist immer noch auf fossile Brennstoffe angewiesen und wird dies auch in den kommenden Jahrzehnten tun. Die Öl- und Gasindustrie ist also wirklich „wo die Action ist“ für die Reduzierung von Kohlenstoffemissionen. Allein die Beseitigung von Methanlecks aus der Öl- und Gasindustrie hätte beispielsweise heute eine erhebliche Auswirkung auf das Klima in der Welt.

Für die Öl- und Gasindustrie hoffen wir, dass dieses Buch eine neue Perspektive darauf bietet, wie man den Energiewandel erfolgreich bewältigen kann. Ein Übergang zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft ist unvermeidlich. Die Frage ist, wie wird es passieren? Der Schlüssel zu einem günstigen Ergebnis wird darin bestehen, den Ereignissen voraus zu sein, anstatt von ihnen überholt zu werden. Es werden Übergangsstrategien benötigt, die das Vertrauen der breiten Öffentlichkeit und der Finanzmärkte wecken. Richtig gemacht, könnte der Energiewandel dazu beitragen, dass die Industrie nicht nur umweltfreundlicher, sondern auch finanziell nachhaltiger wird.

Für diejenigen, die nicht in der Öl- und Gasindustrie tätig sind, hoffen wir, dass dieses Buch Ihnen hilft, das Potenzial zu erkennen, mit der Industrie zusammenzuarbeiten, um das Klimaproblem zu lösen. Ob es uns gefällt oder nicht, Öl und Gas sind das schlagende Herz der modernen Welt. Wir können nicht einfach aufhören, sie zu nutzen oder uns von der Industrie zu trennen. Diese Industrie muss Teil jeder Übergangsstrategie sein, auch einer, die uns letztendlich aus den fossilen Brennstoffen herausführt. Gleichzeitig unternimmt diese Industrie Schritte, um das Klimaproblem anzugehen und verfügt über enorme Ressourcen, die uns beim Übergang helfen könnten. Also, können wir ihr helfen, eine positive Rolle zu spielen und sie sogar herausfordern, das Beste zu tun, was sie kann?

Es wird nicht einfach sein, aber was ist die Alternative? Eine Welt, die in grüne und braune Wirtschaften gespalten ist, in der die Öl- und Gasindustrie von

den öffentlichen Finanzmärkten und den großen Industrieländern ausgeschlossen ist, während sie weiterhin Treibhausgase ausstößt, geschützt von einigen unterstützenden Regierungen und finanziert von Private-Equity- und Staatsfonds? Will das wirklich jemand in der Öl- und Gasindustrie passieren lassen? Wird das das Klimaproblem lösen?

Letztendlich bedeutet die Lösung des Klimaproblems, dass wir alle zusammenarbeiten müssen, die Öl- und Gasindustrie, Versorgungsunternehmen, Fluggesellschaften, Investoren, Banken und sogar Umweltschützer. Dies bringt uns zu der zweiten grundlegenden Frage, die uns dazu motiviert hat, dieses Buch zu schreiben, „*Kann die Blockchain eine Rolle bei der Erleichterung dieses Übergangs in der Öl- und Gasindustrie spielen?*“

Als wir 2021 mit der Arbeit an dem Buch begannen, waren Kryptowährungen in aller Munde. Aber während wir das Buch abschließen, sind viele Kryptowährungen abgestürzt, die Börse FTX hat Insolvenz angemeldet und ein Kryptowinter ist über uns hereingebrochen. Also, welche Rolle spielt die Blockchain in der Zukunft?

Es ist kein Zauberwerk, aber als Technologie ist die Blockchain viel mehr als nur Kryptowährung. Es ist letztendlich eine Kollaborationstechnologie, die es Menschen ermöglicht, Daten und Transaktionen zu teilen, und wir glauben, dass sie ein wichtiges Werkzeug für groß angelegte, globale Probleme wie den Klimawandel ist. Es ist ein Werkzeug, das eine Gruppe von misstrauischen Stakeholdern zusammenbringen und eine Wirtschaft um ein gemeinsames Anliegen entwickeln kann, d. h. Kohlenstoffemissionen. Dies ist das Thema, das wir in diesem Buch untersuchen.

Das Buch ist in drei Abschnitte unterteilt: *Grundlagen*, *Anwendungen* und *Interviews*. In *Grundlagen* behandeln wir eine Reihe von grundlegenden Themen, einschließlich der Herausforderungen und Chancen, denen die Öl- und Gasindustrie im Übergang gegenübersteht (Kap. 1), Klima und Finanzmärkte und ihre Auswirkungen auf die Öl- und Gasbetriebe (Kap. 2), eine Einführung in die Blockchain-Technologie (Kap. 3) und rechtliche und regulatorische Fragen der Blockchain (Kap. 4). Im zweiten Teil, *Anwendungen*, untersuchen wir verschiedene Anwendungsfälle von Blockchain bei der Entwicklung einer nachhaltigen Öl- und Gasindustrie. Dieser Teil beginnt mit einem Überblick über Blockchain und Nachhaltigkeit (Kap. 5). Wir konzentrieren uns dann auf spezifische Blockchain-Anwendungen zur Reduzierung von Methanemissionen (Kap. 6), Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (Kap. 7), nachhaltige Luftfahrt-Transportkraftstoffe (Kap. 8), nachhaltige Kunststoffe (Kap. 9) und Kohlenstoffkreditmärkte (Kap. 10). Der letzte Abschnitt, *Interviews*, ist der Text von acht Interviews, die wir mit Experten geführt haben, die sich in der Energiewirtschaft und Blockchain auskennen. Einige der Interviewmaterialien wurden in den Kap. 1 und 5 verwendet. Der vollständige Text dieser Interviews wird für interessierte Leser bereitgestellt, um tiefer in die Perspektive jedes befragten Experten einzutauchen.

Dieses Buch deckt eine vielfältige Palette von Themen von Upstream- bis zu Downstream-Operationen ab. Die hier diskutierten Anwendungen sind jedoch

keine erschöpfende Liste, und andere interessante Anwendungen haben es aufgrund von Zeitbeschränkungen nicht in dieses Buch geschafft. Auch die im Text erwähnten Beispiele und die interviewten Experten wurden aufgrund der Vertrautheit der Autoren mit den Personen und Anwendungsfällen ausgewählt. Es gibt viele weitere Beispiele und sachkundige Personen, die wir aufgrund von Zeitbeschränkungen nicht erkunden oder mit denen wir nicht sprechen konnten. Wir laden Experten aus der Öl- und Gasindustrie und darüber hinaus ein, uns ihr Feedback zu geben und uns bei der Verbesserung dieses Buches zu helfen.

# Anerkennung

Wir danken unseren Mitautoren und Beiträgern zu diesem Buch, Dayo Akindipe, Karisma Karisma, Fred J. McLaughlin, Bertrand W. Rioux, Pardis M. Tehrani und Joseph Wyer, aufrichtig. Dieses Buch wäre ohne ihre Hingabe und ihren Beitrag nicht möglich gewesen. Wir möchten auch allen Experten danken, die sich bereit erklärt haben, für dieses Buch interviewt zu werden: Kelly Bott, Dan Cearnau, Bryan Hassler, Kari Hassler, Aaron Lohmann, Karl Osterbuhr, Sriram Srinivasan, Steve Swanson, John Westerheide und Jasmine Zhu. Die Diskussion mit ihnen hat die Richtung dieses Buches informiert und beeinflusst. Wir schätzen auch Katerina Serada für die großartigen Diskussionen über die Kreislaufwirtschaft von Kunststoffen, die das Kap. 9 dieses Buches inspiriert haben. Schließlich möchten wir Benjamin Nweke für seine Hilfe beim Erstellen der Diagramme in diesem Buch und beim Bearbeiten einiger Interviewtexte danken.

Soheil Saraji möchte sich besonders bei Dr. Glen Murrell und Mr. Bryan Hassler für ihre ständige Ermutigung während des Schreibens dieses Buches und ihre großzügige Unterstützung seiner frühen Bemühungen um die Entwicklung eines Forschungsprogramms rund um die Blockchain-Anwendung in der Energie bedanken. Ich danke auch Sherona Simpson für das Korrekturlesen der Kap. 3 und 5; Joana Olsen für das Sammeln der Energie-Anwendungsfälle von Blockchain im Kap. 5; Autumn Bizon und Andrea Frosinini für großartige Diskussionen und für ihre Hilfe beim Ausbau meines Netzwerks von Blockchain-Experten. Letztendlich möchte ich dieses Buch Kai und Sherona widmen, die die größte Inspiration in allem sind, was ich tue.

Si Chen möchte der Hyperledger Foundation für ihre Unterstützung unserer Entwicklung einer Open-Source-Carbon-Accounting-Plattform mit der Blockchain danken; Shaun Frankson, Pedro Carvalho, Gabe Malek, Charles Ford und Mike Matthews für die gemeinsame Zeit und ihre Perspektiven; und Andrea Frosinini für die Verbindung zwischen Soheil und mir. Ich möchte meine Arbeit Carolina Con widmen. Danke, Carolina, für deine Beiträge, die ich so interessant gefunden habe, und für deine Unterstützung, ohne die nichts davon möglich gewesen wäre.

# Inhaltsverzeichnis

## Teil I Grundlagen

<b>1</b>	<b>Energiewende: Herausforderungen und Chancen für die Öl- &amp; Gasindustrie</b> .....	<b>3</b>
	Soheil Saraji und Dayo Akindipe	
1.1	Einführung .....	3
1.2	Öl und Gas in der Energiewende .....	4
1.3	Modernisierung und Digitalisierung .....	9
1.3.1	Internet der Dinge .....	9
1.3.2	Große Datenanalyse und Künstliche Intelligenz .....	11
1.3.3	Blockchain-Technologie .....	12
1.4	Niedrig-CO <sub>2</sub> -Kraftstoffe .....	13
1.4.1	Biokraftstoffe .....	15
1.4.2	Nachhaltige Luftfahrtkraftstoffe .....	16
1.4.3	Zertifiziertes Gas .....	17
1.4.4	Blauer Wasserstoff .....	19
1.5	Nutzung von unterirdischen & Offshore-Einrichtungen & Fachwissen .....	20
1.5.1	Unterirdische Wasserstoffspeicherung .....	20
1.5.2	Geologische Kohlenstoffsequestrierung .....	21
1.5.3	Geothermische Energie .....	23
1.5.4	Offshore-Wind- und Solarenergie .....	25
1.6	Zusammenfassung und Schlussfolgerung .....	28
	Literatur .....	28
<b>2</b>	<b>Klima und Finanzmärkte</b> .....	<b>37</b>
	Si Chen	
2.1	Einführung .....	37
2.2	Klimainvestitionen und der ESG-Boom .....	37
2.3	Auswirkungen auf die Öl- und Gasindustrie .....	43
2.4	Wer wird die Energiewende besitzen? .....	46
2.5	Krieg und die SEC: Ein Neustart .....	52

2.6	Zusammenfassung und Schlussfolgerung .....	55
	Literatur .....	56
<b>3</b>	<b>Einführung in Blockchain</b> .....	<b>61</b>
	Soheil Saraji	
3.1	Einführung .....	61
3.2	Eine kurze Geschichte von Geld und Ledger .....	62
3.3	Eine kurze Geschichte der Blockchain .....	64
3.4	Einführung in die Kryptographie .....	66
3.5	Verteilte und dezentrale Netzwerke .....	70
3.6	Konsensmechanismus .....	73
3.7	Blockchain-Netzwerke .....	74
3.8	Intelligente Verträge .....	77
3.9	Blockchain-Governance .....	78
3.10	Zusammenfassung und Schlussfolgerung .....	78
	Literatur .....	79
<b>4</b>	<b>Blockchain: Rechtliche und regulatorische Fragen</b> .....	<b>81</b>
	Karisma Karisma und Pardis Moslemzadeh Tehrani	
4.1	Einführung .....	81
4.2	Privatrecht .....	82
	4.2.1 Vertragsrecht .....	82
	4.2.2 Haftungszuteilung .....	83
	4.2.3 Sachrecht .....	84
4.3	Strafrecht .....	85
	4.3.1 Cybersecurity-Angriffe .....	85
	4.3.2 Geldwäsche-Probleme .....	87
4.4	Öffentliches und Verwaltungsrecht .....	88
	4.4.1 Wertpapierrecht .....	88
	4.4.2 Warenrecht .....	90
	4.4.3 Sicherheit und Datenschutz .....	91
	4.4.4 Steuerrecht .....	96
4.5	Regulatorische Ansätze zur Blockchain-Technologie in verschiedenen Gerichtsbarkeiten .....	97
	4.5.1 Vereinigte Staaten .....	97
	4.5.2 Gibraltar .....	100
	4.5.3 Estland .....	101
	4.5.4 Malta .....	102
	4.5.5 Schweiz .....	103
	4.5.6 Liechtenstein .....	104
	4.5.7 Extraterritoriale Gerichtsbarkeit und die Anwendbarkeit lokaler Gesetze .....	105
4.6	Smart Contracts .....	107
	4.6.1 Definition von Smart Contracts .....	107
	4.6.2 Evolution und Aufstieg von Smart Contracts im Energiesektor .....	108

4.6.3	Bildung von Smart Contracts . . . . .	109
4.6.4	Änderung und Erfüllung von Smart Contracts . . . . .	112
4.6.5	Durchsetzung, Beendigung, Rücktritt und Streitbeilegungsmechanismen . . . . .	115
4.6.6	Ausgewählte Herausforderungen bei der Anwendung von Smart Contracts . . . . .	115
4.6.7	Kompatibilität von Smart Contracts mit Verbraucherschutzgesetzen – Anwendbarkeit von Bestimmungen zu unfairen Vertragsbedingungen . . . . .	116
4.6.8	Sicherheits- und Datenschutzrisiken . . . . .	118
4.6.9	Die Szene der Smart Contracts setzen – Regulatorische Initiativen in verschiedenen Ländern zu Smart Contracts. . . . .	120
4.7	Zusammenfassung und Schlussfolgerung . . . . .	125
	Literatur. . . . .	126

## Teil II Anwendungen

<b>5</b>	<b>Blockchain und nachhaltige Energie. . . . .</b>	<b>135</b>
	Soheil Saraji	
5.1	Einführung . . . . .	135
5.2	Blockchain Nachhaltigkeit. . . . .	138
5.3	Nachhaltige Energieanwendungen. . . . .	139
	5.3.1 Überwachung, Verifizierung und Berichterstattung (MRV) . . . . .	140
	5.3.2 Zertifizierte und tokenisierte differenzierte Kraftstoffe . . . . .	141
	5.3.3 Kohlenstoffguthaben und -ausgleiche . . . . .	142
	5.3.4 Zertifikate für erneuerbare Energien . . . . .	144
	5.3.5 Energie Internet der Dinge (e-IoT) . . . . .	144
	5.3.6 Integriertes Verteiltes Stromnetz . . . . .	145
	5.3.7 Energie-Ware-Handel. . . . .	146
	5.3.8 Peer-to-Peer-Energiehandel . . . . .	147
	5.3.9 Internet der Fahrzeuge . . . . .	147
	5.3.10 Energie-Datenmanagement . . . . .	148
	5.3.11 Lieferkettenmanagement . . . . .	148
5.4	Fallstudie – Tokenisierung von Emissionsdaten und anderen überprüfbaren Umweltattributen . . . . .	149
	5.4.1 Überwachung und Zertifizierung. . . . .	149
	5.4.2 Monetarisierung und Märkte . . . . .	151
	5.4.3 Blockchain und Tokenisierung. . . . .	152
	5.4.4 Vorschriften und Standardisierung. . . . .	154
5.5	Herausforderungen und Risiken der Blockchain in der Energie. . . . .	155
	5.5.1 Digitale Kompetenzen der Belegschaft . . . . .	156
	5.5.2 Standardisierung und Interoperabilität. . . . .	156

5.5.3	Das Oracle-Problem . . . . .	157
5.5.4	Rechtliche und regulatorische Fragen . . . . .	158
5.6	Zusammenfassung und Schlussfolgerung . . . . .	158
	Literatur . . . . .	159
<b>6</b>	<b>Reduzierung von Methanemissionen . . . . .</b>	<b>161</b>
	Bertrand Williams Rioux	
6.1	Einführung . . . . .	161
6.1.1	Öl und Gas in einer Netto-Null-Zukunft . . . . .	163
6.1.2	Öl und Gas in der Messwirtschaft . . . . .	164
6.2	Das Ausmaß des Problems mit Methanemissionen . . . . .	166
6.3	Die Lösung des Methanproblems . . . . .	169
6.3.1	Methanmesswerkzeuge . . . . .	169
6.3.2	Normgebende Agenturen und Zertifikatsregister . . . . .	172
6.3.3	ESG-Investoren und nachhaltige Finanzierung . . . . .	173
6.3.4	Niedrig-CO <sub>2</sub> -Kraftstoffe . . . . .	174
6.3.5	Methan-Regulierung . . . . .	175
6.3.6	Grundbesitzer und Lizenzgesetze . . . . .	178
6.3.7	Freiwillige Verpflichtungen . . . . .	179
6.4	Reduzierung von Methanemissionen . . . . .	181
6.5	Die Rolle der Blockchain: Emissionsmanagement und Governance . . . . .	184
6.5.1	Blockchain für die Governance von Methadaten . . . . .	186
6.5.2	Blockchain-Gesetz und -Regulierung . . . . .	192
6.6	Emissionstoken und digitale Vermögenswerte . . . . .	194
6.6.1	Leistungszertifikate . . . . .	195
6.6.2	Emissionsreduktionen verfolgen . . . . .	198
6.6.3	Finanzierung von Emissionsreduktionen . . . . .	199
6.7	Zusammenfassung und Schlussfolgerung . . . . .	200
	Literatur . . . . .	202
<b>7</b>	<b>Kohlenstoffabscheidung und -speicherung . . . . .</b>	<b>207</b>
	Si Chen, Soheil Saraji und Fred J. McLaughlin	
7.1	Einführung . . . . .	207
7.2	Die Technologie hinter der Kohlenstoffabscheidung und -speicherung . . . . .	208
7.3	Politik, Investitionen und Wirtschaft . . . . .	211
7.4	Sicherheit, Risiken und Vorschriften . . . . .	212
7.5	Buchhaltung für CCS . . . . .	215
7.6	Blockchain für CCS . . . . .	218
7.7	Bewertung der Kohlenstoffabscheidung mit Emissions-Tokens . . . . .	223
7.8	Buchhaltung für Enhanced Oil Recovery mit Kohlenstoffspeicherung . . . . .	224
7.9	Zusammenfassung und Schlussfolgerung . . . . .	225
	Literatur . . . . .	226

<b>8 Nachhaltige Luftfahrt- und Transportkraftstoffe</b> .....	229
Si Chen	
8.1 Einführung.....	229
8.2 Auf der Suche nach dem richtigen Öl.....	232
8.3 Energie 2.0.....	236
8.4 Die Rolle der Blockchain.....	239
8.5 Zusammenfassung und Schlussfolgerung.....	244
Literatur.....	245
<b>9 Nachhaltige Kunststoffe</b> .....	249
Si Chen, Katerina Serada und Joseph Wyer	
9.1 Einführung.....	249
9.2 Wie schlimm ist das Kunststoffproblem?.....	252
9.3 Das Kunststoffproblem lösen.....	253
9.4 Lösung des Kunststoffproblems mit Blockchain.....	258
9.5 Eine nachhaltige Kunststoffwirtschaft mit Blockchain.....	260
9.6 Zusammenfassung und Schlussfolgerung.....	265
Literatur.....	268
<b>10 Märkte für Kohlenstoffgutschriften</b> .....	271
Si Chen	
10.1 Einführung.....	271
10.2 Wie Kohlenstoffmärkte funktionieren.....	272
10.3 Schlüsselprobleme der Kohlenstoffmärkte.....	276
10.4 Die Kohlenstoffmärkte reparieren.....	281
10.5 Rolle der Blockchain in den Kohlenstoffmärkten.....	284
10.6 Zusammenfassung und Schlussfolgerung.....	289
Literatur.....	289
<b>Interviewpartner</b> .....	293
<b>Abschließende Gedanken</b> .....	387

# Über die Autoren

**Dr. Soheil Saraji** ist ein außerordentlicher Professor für Energie- und Erdöltechnik, ein außerplanmäßiger Professor an der School of Energy Resources und Co-Direktor des Hydrocarbons Research Laboratory an der University of Wyoming. Er hat achtzehn Jahre Forschungserfahrung und mehr als 35 begutachtete Zeitschriftenveröffentlichungen in der unterirdischen Energiegewinnung, Speicherung und Kohlenstoff-Geo-Sequestrierung. Darüber hinaus ist Dr. Saraji ein Pionier in der angewandten Blockchain-Forschung für die Öl- und Gasindustrie. Er hat neue Kurse und Forschungsinitiativen zu diesem Thema an der University of Wyoming entwickelt.

**Herr Si Chen** ist der Präsident von Open Source Strategies, Inc. in Los Angeles, CA, das sich auf Open-Source-Software für Klimafinanzierung und Investitionen spezialisiert hat. Er leitet die Entwicklung von Open-Source-Blockchain-Kohlenstoffbuchhaltungssoftware bei Hyperledger Labs. Zuvor hat er Anlageportfolios für institutionelle Pensionsfonds, Zentralbanken und Hedgefonds verwaltet und wurde in *The Journal of Portfolio Management* veröffentlicht. Er ist auch Mitbegründer und CTO von GraciousStyle.com, einem Online-Händler.