

Inhaltsverzeichnis

Einleitung und Aufbau der Untersuchung	15
---	----

1. Teil

Technische Grundlagen	20
A. Blockchain	20
I. Die Distributed Ledger-Technologie (DLT)	22
II. Hash	22
III. Blöcke	23
IV. Chain	24
V. Erstellung eines Blocks	25
1. Proof of Work (PoW)	26
a) Technische Grundlage	26
b) Motivation eines Miners	28
c) Kritik am Proof of Work-System	29
2. Proof of Stake (PoS)	30
a) Technische Grundlage	30
b) Angriffe auf das Netzwerk	31
c) Auswahl des Validators	33
aa) Chain-based Proof of Stake	33
bb) Committee-based Proof of Stake	33
cc) BFT-based Proof of Stake	34
dd) Delegated Proof of Stake	34
d) Zusammenfassung	35
3. Andere	36
VI. Zugangsbeschränkungen und Öffentlichkeit	36
VII. Ablauf einer Transaktion	38
1. Art der Transaktion	38
2. Konto	38
3. Asymmetrische Kryptografie	40
4. Autorisierung der Transaktion	42
5. Senden an die Nodes	43

6. Pool verifizierter Transaktionen	44
7. Anhängen an die Blockchain	44
a) Erstellung des Blocks	45
b) Übermittlung an Nodes	45
c) Aktualisierung des Ledgers	46
d) Forks	46
aa) Entstehung eines Forks	47
bb) Auflösung des Forks	47
e) Bestätigte oder gescheiterte Transaktion	49
VIII. Zusammenfassung	50
B. Smart Contracts	51
I. Begriffserklärung	52
II. Smart Legal Contract	54
III. Anwendungsbereiche	55
IV. Funktionen	57
V. Smart Contracts und Blockchain	59
1. Schreiben eines Smart Contracts	59
2. Anfrage beim Netzwerk	61
3. Erstellung eines internen Kontos	62
4. Ethereum Virtual Machine (EVM)	63
5. Interaktion durch die Parteien	65
6. Ausführen des Programmcodes	66
7. „Gas“	66
8. Oracles	68
9. Scheitern eines Smart Contracts	70
10. Beispiel eines Smart Legal Contracts	71
11. Decentralized Applications (DApps)	73
12. Decentralized Autonomous Organisations (DAOs)	74
13. Token	74
C. Zusammenfassung	76

2. Teil

Vertragsschluss	78
A. Konkurrenz des technischen und rechtlichen Regimes	79
I. Digitale Rechtsordnung	79
II. Privatautonomie als Verdrängung von Recht?	81

III. Auflösung der Kollision	82
B. Smart Contract als rechtlicher Vertrag	84
C. Vertragsschluss	85
I. Smart Legal Contracts „on-chain“ vs. „off-chain“	86
II. Vorliegen einer Willenserklärung	88
1. Äußerer Tatbestand	89
a) Bloßes Vollzugsvehikel	89
b) Programmcode als „Black Box“	91
c) Interessenlage der Parteien	95
2. Innerer Tatbestand	97
III. Problem der Pseudonymität	99
IV. Zurechnung der Willenserklärung	100
1. Von automatisierten bis autonomen Systemen	101
2. Rückblick auf Funktionsweise von Smart Contracts	104
3. Unmittelbare Interaktion durch Rechtssubjekte	104
4. Mittelbare Interaktion durch Rechtssubjekte	105
5. Sonstige Konstellationen und Zwischenergebnis	107
6. Bestimmung des Vertragspartners hinter dem externen Konto	108
V. Angebot und Annahme	112
1. Angebot	113
a) Unter Anwesenden oder unter Abwesenden	113
b) Programmierung des Smart Legal Contracts	114
c) Einsetzen auf der Blockchain	115
d) Interaktion durch Transaktion	117
aa) Abgabe	119
(1) Grundlagen	120
(2) Autorisierung der Transaktion	120
(3) Senden an die Nodes	121
(4) Pool verifizierter Transaktionen	123
bb) Zugang	124
(1) Grundlagen	124
(2) Empfang der Transaktionsdaten durch die Nodes	125
(3) Pool verifizierter Transaktionen	126
(4) Anhängen des neuen Blocks	128
(a) Zugang durch Blockerstellung	129
(aa) Proof of Work-Blockchain	130
(bb) Proof of Stake-Blockchain	130

(cc) Blockerstellung im Allgemeinen	131
(b) Zugang durch Übermittlung des neuen Blocks	131
(aa) Erste Übermittlung des neuen Blocks	132
(bb) Der Empfänger-Node hat den neuen Block	133
(cc) Über 50 % der Nodes haben den neuen Block	133
(dd) Beweisprobleme	135
(ee) Folge für den Zugang	136
(5) Problem der „Forks“	137
(a) Problemstellung	138
(b) Bisherige Lösungsansätze	138
(c) Zugangsfrage, Wirksamkeitsbedingung oder Formfrage? ..	141
(d) Risiko- und Interessenlage	142
(aa) Art des Forks	143
(bb) Prozessbasierte Forks	144
(cc) Protokollbasierte Forks	148
(e) Umsetzung des eigenen Lösungsansatzes	151
(f) Bedeutung für die Rechtspraxis	152
2. Annahme	153
a) Korrespondierend	153
b) Übereinstimmend	155
c) Abgabe	156
aa) Willenserklärung verkörpert in der Transaktion	156
bb) Willenserklärung verkörpert in der Transaktionsquittung?	158
d) Zugang	159
aa) Entbehrlichkeit des Zugangs, § 151 S. 1 BGB	159
bb) Anwendung der Zugangsregeln	161
cc) Problem der Forks	161
dd) Annahmefrist, §§ 146 ff. BGB	162
VI. Token	164
VII. Zwischenergebnis	165

3. Teil

Schranken der Wirksamkeit	167
A. Überblick	167
B. Formerfordernisse	171
I. Anknüpfung für die Form der Erklärungen auf der Blockchain	171
II. Anwendbarkeit der Formvorschriften	172

III. Notarielle Beurkundung und öffentliche Beglaubigung, §§ 128, 129 BGB	173
IV. Schriftform, § 126 BGB	174
V. Elektronische Form, § 126a BGB	174
VI. Textform, § 126b BGB	178
1. Lesbarkeit	179
2. Nennung der Person des Erklärenden	180
3. Abgabe auf einem dauerhaften Datenträger	183
4. Abschlussfunktion	183
VII. Blockchain-Form, § 125 S. 2 BGB	184
VIII. Zwischenergebnis	184
C. Bedeutung einer (Teil-)Unwirksamkeit für den Smart Legal Contract	185

4. Teil

Bestimmung der Vertragsart 188

A. Atypischer Werkvertrag	188
B. Kaufvertrag	189
C. Tauschvertrag	193

5. Teil

Vertragsauslegung 196

A. Zweispurigkeit des Smart Legal Contracts	196
B. Auslegungsfähigkeit des Programmcodes	198
I. Übersetzung von Programmiersprache und natürlicher Sprache	199
II. Programmcode ohne Wertungsspielraum	199
III. Programmcode mit Wertungsspielraum	200
IV. Ricardian Contract	201
C. Auslegung des Smart Legal Contracts	202
I. Art des Vertragsschlusses	203
II. Absolute Auslegungsregeln	204
III. Bestimmung des objektiven Empfängerhorizonts	207
1. Sicht eines Programmierers	208
2. Sicht eines erfahrenen Netzwerkteilnehmers	210
3. Sicht eines unerfahrenen Netzwerkteilnehmers	211

4. Problem des pseudonymen Vertragspartners	211
5. Wahl des objektiven Empfängers bei Pseudonymität	212
6. Ausnahmsweise „Code is Contract“?	214
7. Ausdrückliche „Code is Contract“-Klausel	215
IV. Falsa demonstratio non nocet	217
V. Fehler im Code	218
VI. Lückenhafte Verträge und ergänzende Vertragsauslegung	219
VII. Folge für die Vertragsabwicklung	221
VIII. Blick in die Praxis	221
D. Zwischenergebnis	222

6. Teil

Verfügungen durch den Smart Legal Contract	223
A. Verfügung durch Übertragung von Kryptowährung	223
B. Dinglicher Vertrag	224
I. Zusammentreffen der schuldrechtlichen und dinglichen Ebene	226
II. Dingliche Einigung durch technischen Vollzug	228
III. Stellungnahme	230
C. Widerruf der dinglichen Einigung	231
I. Grundlagen	232
II. Kollision mit Smart Legal Contracts	233
III. Lösungsansatz	235
D. Folge bei Abweichung zwischen technischer und rechtlicher Vermögenszuweisung ..	236
E. Zwischenergebnis	236

7. Teil

De Lege Ferenda	237
A. Blick in die USA	239
B. Formvorschriften	241
I. Formfunktionen	241
II. Änderung der Formvorschriften	244
Zusammenfassung in Thesen	246

Anhang	250
A. Anhang 1	250
B. Anhang 2	251
I. Solidity	251
II. Opcodes	254
III. Bytecode und ABI.	258
Literaturverzeichnis.	261
Sachverzeichnis	282