

Martin Sternberg

# Algorithmische Preissetzung und tacit collusion



**Nomos**

## Wirtschaftsrecht und Wirtschaftspolitik

herausgegeben von  
Prof. Dr. Florian Bien  
Prof. Dr. Ulrich Schwalbe  
Prof. Dr. Heike Schweitzer

begründet von  
Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Ernst-Joachim Mestmäcker

Band 316

Martin Sternberg

# Algorithmische Preissetzung und tacit collusion



**Nomos**



MAX PLANCK  
digital library

Die Open-Access-Veröffentlichung der elektronischen Ausgabe dieses Werkes wurde ermöglicht mit Unterstützung durch die Max Planck Digital Library.

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

Zagl.: Bonn, Univ., Diss., 2022

1. Auflage 2023

© Martin Sternberg

Publiziert von  
Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG  
Waldseestraße 3 – 5 | 76530 Baden-Baden  
[www.nomos.de](http://www.nomos.de)

Gesamtherstellung:  
Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG  
Waldseestraße 3 – 5 | 76530 Baden-Baden

ISBN 978-3-7560-0235-1 (Print)

ISBN 978-3-7489-3762-3 (ePDF)

DOI <https://doi.org/10.5771/9783748937623>



Onlineversion  
Nomos eLibrary



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz.

## *Meiner Mutter*



## Vorwort

Die vorliegende Arbeit betrachtet die Marktauswirkungen algorithmischer Preissetzung aus kartellrechtlicher und (verhaltens-)ökonomischer Sicht. Sie wurde von mir als Research Fellow des Max-Planck-Instituts zur Erforschung von Gemeinschaftsgütern in Bonn erarbeitet und im Sommer 2022 von der Rechts- und Staatswissenschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn als Dissertation angenommen.

Mein erster Dank gilt meinem Doktorvater Prof. Dr. Christoph Engel. Bereits während meiner Zeit als studentische Hilfskraft haben er und die vielen Wissenschaftler und Gäste am Institut mein Interesse für die Verhaltensökonomie geweckt. Im Rahmen der Promotion genoss ich große Freiheiten, ohne die Sorge haben zu müssen, mich darin zu verlieren. Prof. Dr. Daniel Zimmer danke ich für die Erstellung des Zweitgutachtens. Darüber hinaus durfte ich sehr viel von Prof. Dr. Hans-Theo Normann lernen, der als Koautor für das in dieser Arbeit besprochene verhaltensökonomische Experiment viel Zeit und Engagement investierte, wovon ich und diese Arbeit sehr profitiert haben. Ebenso danke ich Prof. Dr. Alexander Morell, der mich an das Institut gebracht hat und mir seitdem mit Rat und Tat zur Seite steht.

Auch meine Freunde und ehemaligen Kollegen, Dr. Maj-Britt Sterba, Dr. Eugenio Verrina und Dr. Cornelius Schneider haben mir – als dem einzigen Juristen in der Runde – nicht nur inhaltlich oft geholfen, sondern vor allem dafür gesorgt, dass ich eine schöne Zeit als Doktorand hatte. Die Kollegen aus der Verwaltung des Instituts, insbesondere Heidi Morgenstern und die leider zu früh verstorbene Regina Goldschmitt, haben mir meine Arbeit ebenfalls sehr erleichtert.

Zuletzt möchte ich meiner Familie und meiner Frau Susanne Wegehaupt für ihre ausdauernde Unterstützung danken. Ich bin mir sicher, dass sie heute deutlich mehr über *tacit collusion* wissen, als ihnen lieb ist. Für das viele Korrekturlesen, Zuhören und Diskutieren bin ich sehr dankbar. Hervorheben möchte ich meine verstorbene Mutter, die mich bis in die Promotionszeit hinein immer unterstützt hat und die sich über die Fertigstellung der Arbeit bestimmt sehr gefreut hätte. Ihr widme ich dieses Buch.

Köln, im Dezember 2022

*Martin Sternberg*



# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	21
Einleitung	23
I. Hinführung	23
II. Problemstellung	25
III. Gang der Untersuchung	26
A. Kollidierende Algorithmen	29
I. Algorithmen im Allgemeinen	29
1. Begriffsbestimmung	29
2. Statische und selbstlernende Algorithmen	30
a) Statische Algorithmen	31
b) Selbstlernende Algorithmen	31
aa) Trainingsarten	32
(1) <i>Supervised learning</i>	32
(2) <i>Unsupervised learning</i>	33
(3) <i>Reinforcement learning</i>	33
bb) <i>Deep learning</i>	34
c) Die Bedeutung von Daten	35
II. Algorithmen zur Unterstützung der Marktteilnehmer	36
1. Algorithmen zur Stärkung der Verbraucher	36
2. Algorithmen zur Unterstützung der Anbieter	37
III. Preisalgorithmen	38
1. Unterscheidung der Arten von Preisalgorithmen	38
2. Preisstrategien	40
a) Dynamische Preissetzung	40
b) Personalisierte Preissetzung	41
3. Der Einsatz von Preisalgorithmen	43
a) Verbreitung	43
b) Konkret eingesetzte Algorithmen	44
aa) Fallbeispiele	45
(1) <i>The Making of a fly</i>	45
(2) Das Poster-Kartell	46

bb) <i>Bol.com</i>	46
cc) Der Tankstellenmarkt	48
IV. Auswirkungen algorithmischer Preissetzung auf den Wettbewerb	48
1. Algorithmische ( <i>tacit collusion</i> )	49
a) <i>Tacit collusion</i>	49
aa) Begriffsbestimmung	49
bb) Oligopolistische Interdependenzen	50
cc) Das Tankstellen-Beispiel	52
b) Algorithmisches Zusammenwirken	52
2. Instrumente zur Kartelldurchsetzung, Sternkartelle und die selbstständige Absprache	56
a) Algorithmen zur Durchsetzung eines Kartells	56
b) Das Sternkartell ( <i>hub-and-spoke</i> )	57
c) Die selbstständige Absprache selbstlernender Algorithmen	58
V. Zwischenergebnis	59
B. Algorithmische Kollusion als Lücke des Kartellrechts	61
I. Vorrang des europäischen Rechts	61
II. Die wettbewerbsrechtliche Erfassung (algorithmischer) <i>tacit collusion</i>	63
1. Kartellverbot	63
a) Übersicht über den Tatbestand	64
b) Wettbewerbswidriges Verhalten	66
aa) Vereinbarung, Beschluss und abgestimmte Verhaltensweise	66
bb) Bewusstes Parallelverhalten in Abgrenzung zur Kontaktaufnahme	68
c) Zwischenergebnis	70
2. Missbrauchsverbot	70
a) Übersicht über den Tatbestand	71
b) Kollektive Marktbeherrschung	72
c) Missbräuchliches Ausnutzen	73
aa) Ausbeutungsmissbrauch	74
bb) Behinderungsmissbrauch	75
cc) Marktstrukturmissbrauch	76
d) Besonderheiten im deutschen Recht	77

e) Zwischenergebnis	78
3. Fusionskontrolle	79
a) Übersicht über den Tatbestand	79
b) SIEC-Test	81
aa) Koordinierte Wirkungen	82
bb) Ausgleichsfaktoren	83
c) Prognoseentscheidung	83
d) Rechtspraxis	84
aa) Die europäische Rechtsprechung	85
bb) Kommissionspraxis	86
e) Besonderheiten des deutschen Rechts	88
f) Zwischenergebnis	89
Exkurs: <i>Tacit collusion</i> im US-amerikanischen Kartellrecht	90
a) Sherman Act	91
b) Clayton Act	92
4. Zwischenergebnis	93
III. Instrument zur Kartelldurchsetzung, Sternkartelle und die selbständige Absprache	94
1. Algorithmen zur Durchsetzung eines Kartells	94
2. Das Sternkartell ( <i>hub-and-spoke</i> )	95
a) Eturas	97
b) Plattform-Preise	98
aa) Festgelegte Algorithmen	98
bb) Vorgeschlagene und anpassbare Algorithmen	101
3. Absprachen zwischen Algorithmen	102
IV. Zwischenergebnis	105
C. Ökonomische Erkenntnisse zu <i>tacit collusion</i>	107
I. Ökonomie und Kartellrecht	108
II. Grundlagen zum Auftreten einer <i>tacit collusion</i>	110
1. Wettbewerb und Wohlfahrt	110
a) Der Markt und seine Akteure	110
aa) Wohlfahrtsgewinne bei perfektem Wettbewerb	112
bb) Wohlfahrtsverluste im Monopol	114
cc) Kollusionsgefahr im Oligopol	115
2. Das Oligopol aus spieltheoretischer Sicht	116
a) Statische Oligopolmodelle	117
aa) <i>Cournot</i> -Markt	118

bb) <i>Bertrand</i> -Markt	118
cc) Wahl des Marktmodells	119
b) Das Dilemma im Wettbewerb	120
c) Dynamische Betrachtung	122
d) Eine Theorie der Kollusion	124
aa) Das Grundmodell	124
bb) Kollusionsfördernde Faktoren	127
(1) Marktkonzentration	127
(2) Markttransparenz	129
(3) Marktzutrittsschranken	130
(4) Frequenz der Interaktion	132
(5) Homogenität der Produkte	132
(6) Weitere kollusionsfördernde Faktoren	133
(7) Zusammenspiel unterschiedlicher Faktoren	134
e) <i>Tacit collusion</i> und das Problem der Koordinierung	134
III. Verhaltensökonomische Erkenntnisse	136
1. Laborexperimente	138
2. Experimentelle Erkenntnisse zu <i>tacit collusion</i>	139
a) Der Einfluss der Marktkonzentration	139
b) Der Einfluss des Informationsaustausches	140
c) Markttransparenz	141
d) Homogenität der Produkte	142
e) Weitere kollusionsfördernde Faktoren	143
3. Die Übertragung der Einflussfaktoren auf Algorithmische Preissetzung	144
IV. Zwischenergebnis	145
D. Ökonomische Erkenntnisse zur algorithmischen Kollusion	147
I. Theoretische Ansätze	147
1. Informationsaustausch durch Preissetzungsalgorithmen	147
2. Bessere Vorhersage der Zahlungsbereitschaft durch Preisalgorithmen	148
3. Der frequenzielle Wettbewerb mit Algorithmen	149
II. Simulationen	150
1. <i>Q-Learning</i> Algorithmen	150
2. Algorithmische Kollusion mittels <i>Q-learning</i> Algorithmen	153
a) Das Scheitern zu Konkurrieren	153

b)	Das Erlernen zu Kolludieren	154
c)	Die Bestätigung der Befunde in weiteren Simulationen	155
3.	Algorithmische Kollusion mittel <i>deep learning</i> Algorithmen	159
a)	Vorteile gegenüber Q-Learning	159
b)	Der überlegene Algorithmus?	161
4.	<i>Overfitting</i> und mögliche Probleme in der Praxis	162
III.	Daten aus dem Feld	164
1.	Verbreitung algorithmischer Preissetzung auf dem <i>Amazon Marketplace</i>	164
2.	Die Gefahr des Einfachen	165
3.	Hohe Preise aufgrund zyklischer Strategien	166
4.	Der Preisanstieg an der Tankstelle	167
IV.	Zwischenergebnis	169
E.	Eigener experimenteller Ansatz zur algorithmischen Kollusion auf heterogenen Märkten	173
I.	Der Aufbau des Experiments	175
1.	Das grundlegende Marktdesign	175
2.	Die vier verschiedenen Treatments	176
3.	Die Wahl des Algorithmus	177
a)	Vorteile statischer Algorithmen gegenüber selbstlernenden Algorithmen	177
aa)	Die Strategie des <i>proportional tit-for-tats</i>	179
II.	Das theoretische Modell	181
1.	Grundlagen des Modells	181
2.	Strategische Unsicherheit	182
III.	Hypothesen	185
1.	Das Verhalten des Algorithmus	185
2.	Vorstellungen über das Verhalten des Algorithmus	186
3.	<i>Treatment</i> Vergleich	187
IV.	Durchführung des Experiments	188
V.	Ergebnisse des Experiments	189
1.	Allgemeine Übersicht	189
2.	Statistische Auswertung	192
a)	Zentrale Ergebnisse	192

b) Weitere Ergebnisse	194
aa) Vermutungen der Teilnehmer	194
bb) Gewinner der Kollusion	194
3. Diskussion der Ergebnisse	196
VI. Ein weiteres Experiment zu hybriden Märkten	197
VII. Die Übertragbarkeit (verhaltens-)ökonomischer Erkenntnisse	198
1. Die Realitätsferne ökonomischer Modelle	199
2. Die Validität verhaltensökonomischer Experimente	199
a) Die Studierenden als Unternehmer	201
b) Die Besonderheiten der Laborumgebung	203
c) Schlussfolgerung	204
VIII. Zwischenergebnis	205
F. Wettbewerbspolitische Antworten auf eine algorithmische Kollusion	209
I. Die regulierten Tankstellenmärkte	212
1. Die Erhöhung der Transparenz auf Seiten der Nachfrage	213
a) Die MTS-Kraftstoffe	214
b) Auswirkungen der MTS-Kraftstoffe auf den deutschen Tankstellenmarkt	215
2. Der tägliche Maximalpreis	218
3. Das umgesetzte <i>Bertrand</i> -Marktmodell	219
4. Die Einführung von Preisober- und Preisuntergrenzen	220
II. Ein generelles Verbot einer <i>tacit collusion</i>	222
III. Vorschläge zur kartellrechtlichen Erfassung algorithmischer Kollusion	224
1. Der Algorithmen-TÜV	225
2. Die erweiterte abgestimmte Verhaltensweise	226
a) Informationssignale als Abstimmung	226
aa) Derzeitige Praxis im Umgang mit öffentlichen Preisankündigungen	226
bb) Das Verbot verbraucherschädlicher Informationssignale	228
cc) Verbraucher ausschließende Algorithmen	230
dd) Das Verbot programmierter Informationssignale	231

b)	Algorithmen als <i>plus factors</i>	233
c)	Die Pflicht zur Beobachtung und die Umkehr der Beweislast	233
3.	Die Ausweitung der Sektoruntersuchung	235
a)	Sektoruntersuchung nach europäischem und deutschem Recht	236
b)	Die Sektoruntersuchung zur Identifikation algorithmischer Kollusion	237
c)	Die Neutralisierung algorithmenspezifischer Kollusionsrisiken	239
d)	Der Referentenentwurf zur 11. GWB Novelle	240
4.	Die Erweiterung der Eingriffsbefugnisse der Kommission	241
a)	Das Vorbild der britischen <i>Market Investigation</i>	241
b)	Das <i>New Competition Tool</i>	245
c)	Die Integration des NCT in den DMA-E	246
IV.	Weniger ist mehr - Einordnung der bisherigen Ansätze	248
1.	Tankstellenmärkte als schlechtes Vorbild – Gründe gegen eine Regulierung der Preissetzung	249
a)	Einführung von Höchstpreisen auf digitalen Märkten	249
b)	Einführung einer Tagespreisbindung auf digitalen Märkten	251
2.	Die negativen Anreize überwiegen – Gründe gegen das Verbot (algorithmischer) <i>tacit collusion</i>	252
a)	Generelles Verbot einer <i>tacit collusion</i>	253
b)	Verbot algorithmischer Kollusion	255
aa)	Das verbraucher-schädliche Informationssignal	257
bb)	Das verbraucher-ausschließende Verhalten	258
cc)	Der verbotene Code des Algorithmus	259
3.	Compliance und Beweislast	260
4.	Erweiterte Sektoruntersuchungen	261
V.	Die „MTS-Digitaler Handel“ – Ein eigener Ansatz zur Stärkung der Verbraucher	262
1.	Die Grenzen algorithmischer Kollusion und die Rolle der Verbraucher	263
2.	Die Vorteile des digitalen Preisvergleichs	265
3.	Die Nachteile des digitalen Preisvergleichs	266

## *Inhaltsverzeichnis*

4. Das unzureichende Angebot privater Suchanbieter	267
5. Die „MTS-Digitaler Handel“ als objektives Vergleichsangebot	269
6. Förderung der erstmaligen Nutzung	271
7. Weiterführende Instrumentarien	272
VI. Zwischenergebnis	273
G. Ergebnis	275
Appendix	281
Literaturverzeichnis	285
Entscheidungsverzeichnis	315

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Teilgebiete der Künstlichen Intelligenz	34
Abbildung 2: Nachgestellte Funktionsweise zweier beispielhafter Preissetzungsalgorithmen	47
Abbildung 3: Vergleich der Konsumenten- und Produzentenrente beim Marktgleichgewicht unter perfektem Wettbewerb (Preis $P_W$ , Menge $X_W$ ).	113
Abbildung 4: Nettowohlfahrtsverlust im Monopol (Preis $P_M$ , Menge $X_M$ )	115
Abbildung 5: Gefangenendilemma ( <i>prisoner's dilemma</i> ).	121
Abbildung 6: Ergebnisse aus dem Laborexperiment von Normann und Sternberg (2021). Dargestellt sind die Kooperationsraten (in %) über die Perioden 6-19 aller Supergames hinweg.	191
Abbildung 7: Ergebnisse aus dem Laborexperiment von Normann und Sternberg (2021). Dargestellt ist der Anteil der jeweiligen Marktergebnisse (in %) im dritten Supergame (Periode 6-19).	192
Abbildung 8: Ergebnisse aus dem Laborexperiment von Normann und Sternberg (2021). Dargestellt sind die Gewinne der Unternehmen (in %) im dritten Supergame (Periode 6-19).	195



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auszahlungsmatrix für das Laborexperiment von Normann und Sternberg (2021).	175
Tabelle 2: Treatments aus dem Laborexperiment von Normann und Sternberg (2021).	177
Appendix- Laborexperiment Normann und Sternberg (2021), Tabelle 1: Kooperationsraten	281
Appendix- Laborexperiment Normann und Sternberg (2021), Tabelle 2: Treatment Effekte	281
Appendix- Laborexperiment Normann und Sternberg (2021), Tabelle 3: Treatment Ranking	282
Appendix- Laborexperiment Normann und Sternberg (2021), Tabelle 4: Gewinne	282
Appendix- Laborexperiment Normann und Sternberg (2021), Tabelle 5: Vermutung der Teilnehmer	283



# Abkürzungsverzeichnis

%P	Prozentpunkte
AD	<i>Always defect</i>
AEUV	Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union
AI	<i>Artificial Intelligence</i> (Künstliche Intelligenz)
BGH	Bundesgerichtshof
BKartA	Bundeskartellamt
CMA	<i>Competition and Markets Authority</i>
DICE	<i>Düsseldorf Institute for Competition Economics</i>
DMA-E	Entwurf für einen Digital Markets Act
DoJ	<i>Department of Justice</i>
DQN	<i>Deep-Q-networks</i>
DSA-E	Entwurf für einen Digital Services Act
ECU	Experimental Currency Unit
<i>Et al.</i>	<i>Et alii</i> oder <i>et aliae</i>
EU	Europäische Union
EuG	Europäische Gericht erster Instanz
EuGH	Europäischer Gerichtshof
FKVO	Europäische Fusionskontrollverordnung
FTC	<i>Federal Trade Commission</i>
GK	Grenzkosten
GT	<i>Grim trigger</i>
GWB	Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen
Lab	Labor
MPI	Max-Planck-Institut
MTS	Markttransparenzstelle
NCT	<i>New Competition Tool</i>
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
pTFT	<i>Proportional tit-for-tat</i>
SAC	<i>Soft Actor Critic</i>

*Abkürzungsverzeichnis*

SIEC	<i>Significant Impediment to Effective Competition</i>
SLC	<i>Substantial Lessening of Competition</i>
VO	Verordnung