

Thomas C. Fallak

Die Prüfung der Zahlungsunfähigkeit mittels Algorithmen

Zugleich ein rechtswissenschaftlicher Beitrag zum
Verständnis von Prognosen und künstlicher Intelligenz



Nomos

Schriften zur Rechtstatsachenforschung

Herausgegeben von

Prof. Dr. Andreas Engert

Prof. Dr. Alexander Hellgardt

Prof. Dr. Jan Lieder

Band 2

Thomas C. Fallak

Die Prüfung der Zahlungsunfähigkeit mittels Algorithmen

Zugleich ein rechtswissenschaftlicher Beitrag zum
Verständnis von Prognosen und künstlicher Intelligenz



Nomos



Onlineversion
Nomos eLibrary

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

Zugl.: FU Berlin, Univ., Diss., 2021

ISBN 978-3-8487-8436-3 (Print)

ISBN 978-3-7489-2811-9 (ePDF)

D188

1. Auflage 2022

© Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden 2022. Gesamtverantwortung für Druck und Herstellung bei der Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen, der fotomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung, vorbehalten. Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier.

Vorwort

Die Arbeit wurde im Jahr 2020 an der Freien Universität Berlin am Fachbereich der Rechtswissenschaften als Dissertation eingereicht und von Herrn Prof. Dr. Andreas Engert als Erstgutachter und Herrn Prof. Dr. Bertram Lomfeld als Zweitgutachter bewertet. Die Ausführungen spannen einen großen Bogen von speziellen insolvenzrechtlichen Fragen zum Begriff der Zahlungsunfähigkeit, über das Verständnis und die Justiziabilität von Prognosen, statistischen Prognosemodellen und schließlich bis hin zur Anwendung von Algorithmen aus dem Bereich des *deep learning*. Insofern gilt mein herzlicher Dank vor allem Herrn Prof. Dr. Andreas Engert, welcher mich als Betreuer der Dissertation stets in der Anfertigung der Arbeit bestärkt und unterstützt hat. Meine Dankbarkeit gilt ebenfalls Herrn Prof. Dr. Bertram Lomfeld, welcher nicht zögerte, die Zweitkorrektur dieser doch recht atypischen juristischen Dissertation zu übernehmen.

Die veröffentlichte Fassung entspricht weitestgehend der eingereichten Fassung, obgleich vor Drucklegung noch diverse Änderungen erfolgten. Neuerscheinungen wurden bis zum 15. April 2020 kurz vor Einreichung berücksichtigt. Sämtliche Normen beziehen sich auf den Stand der jeweiligen Gesetze im August 2021. Vor der Drucklegung wurde das Literaturverzeichnis in weiten Teilen aktualisiert. Die in der Arbeit genannten Webadressen wurden zuletzt im Juli 2021 abgerufen. Der Autor kann naturgemäß keine Gewähr dafür übernehmen, dass genannte Internetadressen weiterhin gültig bleiben und nach diesem Datum den zitierten Inhalt abbilden. Zeitschriften aus Fachbereichen außerhalb der Rechtswissenschaft wurden nicht verkürzt, um nicht eine Vielzahl ungebräuchlicher Abkürzungen zu schaffen. Dieser Stilbruch ist den unterschiedlichen Zitierweisen in den Natur- und Rechtswissenschaften geschuldet. Sofern in der Arbeit Algorithmen, Programmiersprachen oder Programmbibliotheken zitiert wurden, wurde auf eine Zitation der jeweils abhängigen Bestandteile verzichtet.

Formeln sind teilweise aus anderer Quelle übernommen, ohne dass die Formel selbst in Anführungszeichen gesetzt wird. Die Quelle wird jeweils in der Fußnote genannt. Angepasst wurden bei ähnlicher Notation nur vereinzelt die Bezeichnung der Variablen oder die mathematische Form der Darstellung. Für den Nachweis wird nicht differenziert, ob in den angegebenen Quellen die gleiche oder nur eine ähnliche Notation verwen-

Vorwort

det wurde. Die Nummerierung der Formeln und Abbildungen besteht an erster Stelle aus der Ziffer des Kapitels und an zweiter Stelle aus der Position innerhalb des Kapitels.

Diagramme wurden, sofern nicht anders vermerkt, mit *ggplot2*¹ erstellt. Dreidimensionale Diagramme beruhen auf *rgl*.² Die Berechnungen erfolgten in der Programmiersprache *R*.³ Die zugrundeliegenden Daten wurden willkürlich gewählt oder simuliert und bilden daher keinen realen Lebenssachverhalt ab.

Der Autor hat sich bemüht, die Arbeit möglichst geschlechterneutral zu formulieren. Allerdings orientieren sich die Ausführungen am Wortlaut des Gesetzes. Zumindest soll daher an dieser Stelle betont werden, dass sich die verwendete Terminologie ohne irgendeine Wertung auf sämtliche Geschlechter bezieht.

1 Wickham, *ggplot2* für *R* (*R Core Team*, <www.r-project.org/>).

2 Adler/Murdoch/Nenadic et al., <cran.r-project.org/package=rgl> für *R* (*R Core Team*, <www.r-project.org/>).

3 *R Core Team*, <www.r-project.org/>.

Inhaltsübersicht

Inhaltsverzeichnis	9
Abbildungsverzeichnis	19
Tabellenverzeichnis	25
Abkürzungsverzeichnis	31
Symbolverzeichnis	35
Kapitel 1 Einleitung	37
Kapitel 2 Die Grundlagen der Prüfung der Zahlungsunfähigkeit	45
A. Systematische Einordnung der Zahlungsunfähigkeit	45
B. Voraussetzungen der Zahlungsunfähigkeit	60
Kapitel 3 Die Methodik zur Feststellung der Zahlungsunfähigkeit und die Abgrenzung zur Zahlungsstockung	86
A. Liquiditätskennzahl aus Liquiditätsbilanz und Finanzplan	86
B. Definition der Zahlungsunfähigkeit über Liquiditätsbilanz oder Finanzplan	106
C. Die Relevanz der zeitraumbezogenen Elemente (Aktiva II und Passiva II)	122
D. Die Entwicklung der Liquiditätslücke im Prognosezeitraum	130
E. Das hier vertretene Konzept der Zahlungsunfähigkeit	142
Kapitel 4 Das Verständnis von Prognosen zur Ex-Ante-Beurteilung des Eintritts der Zahlungsunfähigkeit	150
A. Die Einschränkungen des tatsächlichen Liquiditätsverlaufs	150
B. Prüfung von Prognosen	165

Inhaltsübersicht

Kapitel 5 Die Prüfung der Zahlungsunfähigkeit im Tagesverlauf	255
A. Der Zeitpunkt der Prüfung	255
B. Materielle Prüfung und Verschulden	257
C. Simulationsansatz für die Prüfung des Stichtags	259
Kapitel 6 Digitale Auswertung der Buchhaltungsdaten als Ansatz zur Ermittlung des Liquiditätsverlaufs in der Vergangenheit	264
A. Feststellung der Zahlungsunfähigkeit anhand der Buchhaltung	264
B. Datensicherung und Datenimport	268
C. Feststellung der Elemente der Zahlungsunfähigkeit	270
Kapitel 7 Die Fortschreibung des Liquiditätsverlaufs der Vergangenheit mittels quantitativer Prognosemodelle	291
A. Zeitreihenanalyse und <i>Forecast</i>	291
B. Prognosemodelle	326
C. Prognoseintervalle	406
D. Cross Validation	415
E. Weitere methodische Ansätze zur Prognose der Liquidität	418
F. Grenzen quantitativer Prognosemodelle	421
Kapitel 8 Generelle Grenzen der Leistungsfähigkeit von Algorithmen	432
A. Die Datengrundlage	432
B. Algorithmen in der Rechtswissenschaft – ein Ausblick	446
Kapitel 9 Zusammenfassung in Thesen	461
Literaturverzeichnis	467

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	19
Tabellenverzeichnis	25
Formelverzeichnis	27
Abkürzungsverzeichnis	31
Symbolverzeichnis	35
Kapitel 1 Einleitung	37
Kapitel 2 Die Grundlagen der Prüfung der Zahlungsunfähigkeit	45
A. Systematische Einordnung der Zahlungsunfähigkeit	45
I. Zahlungsunfähigkeit als Insolvenzeröffnungsgrund	45
II. Zahlungsunfähigkeit als Tatbestandsvoraussetzung	47
1. Relevanz der Zahlungsunfähigkeit	47
2. Der Nachweis der Zahlungsunfähigkeit im Zivilprozess	52
3. Nachweis der Zahlungsunfähigkeit über eine Zahlungseinstellung	54
4. Zur Darlegungs- und Beweislast	58
B. Voraussetzungen der Zahlungsunfähigkeit	60
I. Legaldefinition der Zahlungsunfähigkeit und Auslegung	60
II. Die Ausgestaltung des Begriffs durch die höchstrichterliche Rechtsprechung	63
1. Die Grundsatzentscheidung des IX. Zivilsenats aus dem Jahr 2005	63
a) Die Leitsätze des Urteils	63
b) Kritik an der Entscheidung	66
2. Die Rechtsprechung des II. Zivilsenats zur Berücksichtigung der Passiva II im Rahmen der Prüfung der Zahlungsunfähigkeit	70

Inhaltsverzeichnis

III. Fällige Verbindlichkeiten und liquide Mittel	74
1. Die insolvenzrechtlich relevanten, fälligen Verbindlichkeiten	74
2. Die einzubeziehenden liquiden Mittel	80
a) Berücksichtigung von Vermögen außerhalb von Bar- und Buchgeld?	80
b) Verwertung betriebsnotwendigen Vermögens	84
Kapitel 3 Die Methodik zur Feststellung der Zahlungsunfähigkeit und die Abgrenzung zur Zahlungsstockung	86
A. Liquiditätskennzahl aus Liquiditätsbilanz und Finanzplan	86
I. Die unterschiedlichen Betrachtungsweisen	86
1. Die Entwicklung innerhalb der drei Wochen nach dem Stichtag	86
2. Die aggregierte Liquiditätsbilanz	90
3. Der Finanzplan	93
4. Der wesentliche Unterschied zwischen Liquiditätskennzahl und Liquiditätsbilanz: Die zeitversetzte Erfassung	95
II. Die unterschiedlichen Berechnungsansätze	96
1. Liquiditätskennzahl des II. Zivilsenats	96
2. Liquiditätskennzahl nach Hinzurechnung des Liquiditätsüberschusses	97
3. Berechnung der Unterdeckung nach dem IDW S 11	101
4. Alternative Vorschläge	102
5. Auswertung der digitalen Buchhaltung zur Feststellung der Kennzahlen	103
B. Definition der Zahlungsunfähigkeit über Liquiditätsbilanz oder Finanzplan	106
I. Die Unterschiede zwischen Liquiditätsbilanz und Finanzplan	106
1. Mittelbare und unmittelbare Berücksichtigung von Zahlungsausgängen	106
2. Cash-Pooling und andere Formen des Hin- und Herzählens	108
II. Gegen ein manipulationsanfälliges Verständnis der Zahlungsunfähigkeit	111
1. Manipulation durch Zurückhalten von Zahlungen	111
2. Gesellschaftsrechtliche Notwendigkeit dieser Fallgruppe?	115

3. Verwerfung der relativen Unterdeckung	116
C. Die Relevanz der zeitraumbezogenen Elemente (Aktiva II und Passiva II)	122
I. Die Liquiditätslücke als Anknüpfungspunkt	122
II. Definition der Wiederherstellung der Zahlungsfähigkeit als Problem der Prüfung	126
D. Die Entwicklung der Liquiditätslücke im Prognosezeitraum	130
I. Relevanz der kurzfristigen Unter- oder Überdeckung im dreiwöchigen Prognosezeitraum	130
II. Der Zeitraum außerhalb der drei Wochen ab dem Stichtag	136
1. Die Entwicklung der Liquidität „demnächst“	136
2. Ein absehbares Vergrößern der Lücke	138
3. Zum Merkmal „demnächst“	139
4. Prognose bei Unterdeckung von 10 % oder mehr	140
E. Das hier vertretene Konzept der Zahlungsunfähigkeit	142
Kapitel 4 Das Verständnis von Prognosen zur Ex-Ante-Beurteilung des Eintritts der Zahlungsunfähigkeit	150
A. Die Einschränkungen des tatsächlichen Liquiditätsverlaufs	150
I. Unterschied zwischen tatsächlichem Liquiditätsverlauf und Ex-ante-Prognose	150
II. Feststellung der Zahlungsunfähigkeit ex ante oder ex post?	153
III. Beurteilung nach ausgebliebener Schließung der Liquiditätslücke	159
1. Zeitpunkt des Eintritts der Zahlungsunfähigkeit	159
2. Erneuter Prognosezeitraum am Ende von drei Wochen?	161
IV. Kein Schluss vom tatsächlichen Liquiditätsverlauf auf die Prognose in der Vergangenheit	163
B. Prüfung von Prognosen	165
I. Prognosen im Rahmen von Insolvenzgründen	165
1. Zahlungsunfähigkeit	165
2. Drohende Zahlungsunfähigkeit	168
3. Zur Fortbestehensprognose im Rahmen der Überschuldung	170
a) Anforderungen	170

Inhaltsverzeichnis

b) Das Verständnis der Wahrscheinlichkeit im Rahmen der Prüfung der Insolvenzeröffnungsgründe	174
aa) Die positive Fortbestehensprognose und Ansätze der Rechtsprechung	174
bb) Subjektive Prognose und Szenarioplanung	178
cc) Juristisches Beweismaß und objektiv(iert)e Feststellung	180
II. Einbettung dieser Streitstände in die betriebswirtschaftliche Planung	182
1. Betriebswirtschaftliche Planungen und Prognosen	182
a) Finanzplanung	182
aa) Direkte Finanzplanung aus einer Prognose des Liquiditätsstatus	182
bb) Anbindung der Finanzplanung an die betrieblichen Teilpläne	184
cc) Anbindung der Finanzplanung an die Erfolgsrechnung	185
b) Sanierungskonzepte	187
c) Die insolvenzrechtlichen Anforderungen an die Finanzplanung	188
d) Betriebswirtschaftliche Prognosen	191
aa) Differenzierung zwischen prognostischen Annahmen und der Planungsmethode	191
bb) Prognosemethoden im engeren Sinne	192
e) Planung als Prozess der subjektiven Unternehmensleitung	194
2. Schwellenwerte für die der Planung zugrundeliegenden Prämissen	199
3. Methodenauswahl	200
a) Die Ermittlung einer Gesamtwahrscheinlichkeit für die Beseitigung der Liquiditätslücke durch das Gegenüberstellen von Szenarien	200
b) Kombination der Prognoseszenarien	204
c) Annäherung von Gesamtwahrscheinlichkeiten durch Monte-Carlo-Simulation	208
aa) Planzahlen als Wahrscheinlichkeitsverteilung	208
bb) Monte-Carlo-Simulation	212
cc) Alternative Ansätze zur Liquiditätsprognose	218
d) Kritik an der Szenarioplanung und der Monte-Carlo-Simulation	219

4. Bestimmung der überwiegenden Wahrscheinlichkeit	222
a) Der Begriff der Wahrscheinlichkeit in der Mathematik	222
aa) Wahrscheinlichkeit als Axiom oder als Teil der deskriptiven Statistik	222
bb) Grenzen der mathematischen Wahrscheinlichkeit für betriebswirtschaftliche Prognosen	225
b) Wahrscheinlichkeit als Beweismaß?	227
c) Subjektive Wahrscheinlichkeiten	233
aa) <i>Degree of Belief</i>	233
bb) Rechtliche Anforderungen an subjektive Einschätzungen	235
(1) Orientierung an der business judgment rule	235
(2) Nachvollziehbarkeit der Prognose	238
(3) Prognose als subjektive Erwartungshaltung mit kontextualem Begründungserfordernis	239
(4) Deduktives Schließen im Rahmen der Prognose?	244
(5) Rechtfertigung der der Prognose zugrundeliegenden Prämissen	247
(6) Justiziabilität	249
Kapitel 5 Die Prüfung der Zahlungsunfähigkeit im Tagesverlauf	255
A. Der Zeitpunkt der Prüfung	255
B. Materielle Prüfung und Verschulden	257
C. Simulationsansatz für die Prüfung des Stichtags	259
I. Problemstellung bei unbekannter Buchungsabfolge	259
II. Wahrscheinlichkeit einer Unterschreitung durch Monte-Carlo-Simulation	261
Kapitel 6 Digitale Auswertung der Buchhaltungsdaten als Ansatz zur Ermittlung des Liquiditätsverlaufs in der Vergangenheit	264
A. Feststellung der Zahlungsunfähigkeit anhand der Buchhaltung	264
I. Ansätze zur Auswertung von Buchhaltungsdaten	264
II. Grundlagen zur digitalen Buchhaltung	266
B. Datensicherung und Datenimport	268

Inhaltsverzeichnis

C. Feststellung der Elemente der Zahlungsunfähigkeit	270
I. Aktiva	270
1. Ermittlung der Konten- und Kassenbestände	270
2. Summierung der Zahlungseingänge für die aggregierte Liquiditätsbilanz	273
a) Betrachtung des dreiwöchigen Zeitraums	273
b) Einschränkungen bei Stornobuchungen	274
c) Transferbuchungen	274
II. Passiva	275
1. Kreditorenliste als Ausgangspunkt	275
a) Orientierung an den Fälligkeits- und Ausgleichsdaten	275
b) Kreditorenposten als Ausgangspunkt	277
2. Ergänzung weiterer Verbindlichkeiten außerhalb von Lieferung und Leistung	280
a) Ermittlung der entsprechenden Verbindlichkeitskonten	280
b) Arbeitnehmer, Sozialversicherungsbeiträge, Lohnsteuer	282
c) Kreditverbindlichkeiten	283
d) Umsatzsteuer	284
e) Die Berücksichtigung von Rückstellungen?	284
3. Probleme dieser Betrachtung	284
III. Empirische Erkenntnisse aus der Prüfung von Buchhaltungsdaten	286
IV. Exkurs: Darstellung der im Folgenden verwendeten Datengrundlage	288
Kapitel 7 Die Fortschreibung des Liquiditätsverlaufs der Vergangenheit mittels quantitativer Prognosemodelle	291
A. Zeitreihenanalyse und <i>Forecast</i>	291
I. Zeitreihenanalyse als Teil der quantitativen Prognose	291
1. Eignung quantitativer Prognosen für den Liquiditätsverlauf?	291
2. Grundlagen der Zeitreihenanalyse	294
II. Beschreibung der Zeitreihe durch Komponenten	305
1. Dekomposition der Zeitreihe	305
a) Grundlagen	305
b) Extrahieren der Trend-Komponente	307
c) Bestimmung der Saisonkomponente	310

d) Länge der saisonalen zyklischen Schwankungen bei täglichen Beobachtungen	311
2. Seasonal and Trend decomposition using Loess (STL)	315
a) Glättung durch polynome Zeitreihen	315
b) Locally Weighted Regression and Smoothing Scatterplots (Loess)	318
c) <i>Loess</i> im Rahmen von STL	323
3. Exkurs: Komplexere Dekompositionsverfahren	325
B. Prognosemodelle	326
I. Bestimmung der individuellen Prognosegenauigkeit	326
II. STL und Naïve-Forecast	330
III. Error Trend Seasonal (ETS)	332
IV. ARIMA-Modelle	337
1. AR-Modelle	337
2. MA-Modelle	344
3. ARMA-Prozesse	345
4. Differenzierung für nichtstationäre Prozesse	346
5. Prognose durch ARIMA-Prozesse	350
a) Saisonale ARIMA-Prozesse	350
b) Automatisierter Algorithmus für ARIMA-Modelle	351
c) STL-ARIMA	354
d) ARIMA-Bagged-Prozesse	356
V. Artificial Neural Networks (ANN)	359
1. Grundlagen der künstlichen Intelligenz	359
a) Exkurs: Kurze Historie der künstlichen Intelligenz	359
b) Maschinelles Lernen	361
c) Deep Learning	363
2. Grundlagen von ANN	365
a) Schematische Funktionsweise	365
b) Die Struktur des Netzwerkes	367
aa) Neuronen und Gewichtungen	367
bb) Aktivierungsfunktionen	371
cc) <i>Feature Scaling</i>	376
c) Backpropagation	377
d) Probleme des Gradient Descent	379
e) Overfitting und Underfitting	382
3. ANN als spezielle Form der Autoregression	385
a) Feed-Forward-Netzwerk	385
b) Recurrent Neural Networks (RNN) und long short-term memory (LSTM)	391

Inhaltsverzeichnis

c) Zeitreihenanalyse	397
aa) Long-Short-Term-Memory	397
bb) Sequence-to-Sequence-Modelle	400
4. Ansätze zu Verbesserung	401
a) Statistische Transformationen	401
b) Erweiterung der Variablen	402
c) Hybride Modelle	403
d) Kombinationsmodelle	404
C. Prognoseintervalle	406
I. Als Ausprägung der Residuen	406
II. Bei neuronalen Netzwerken	411
D. Cross Validation	415
E. Weitere methodische Ansätze zur Prognose der Liquidität	418
I. Kombination aus Prognosen sämtlicher Buchhaltungskonten	418
II. Etablierung multivariater Modelle	420
F. Grenzen quantitativer Prognosemodelle	421
I. Zeitstabilitätshypothese	421
1. Einwendungen im Rahmen der Krise	421
2. Erschütterung der Zeitstabilitätsprognose	423
II. Die Ausprägung der deterministischen Komponente	424
III. Zur Anwendung von quantitativen Prognosen	426
1. Im Bereich der Zahlungsunfähigkeit	426
2. Im Rahmen betriebswirtschaftlicher Planungen	429
Kapitel 8 Generelle Grenzen der Leistungsfähigkeit von Algorithmen	432
A. Die Datengrundlage	432
I. Grenzen von Algorithmen als statistisches Problem	432
1. Fehleinschätzungen über künstliche Intelligenz	432
2. Daten als Grundlage der Auswertung	432
a) Maschinelles Lernen aus Daten	432
b) Triviale Grundlage: Die Qualität der Daten	433
c) Auswahl der Variablen	435
d) Die Quantität der Stichprobe	437
3. Abhängigkeiten und Zufall	439

Inhaltsverzeichnis

II. Die rechtliche Ungleichheit von Abhängigkeiten	440
1. Unerwünschte Abhängigkeiten als Entscheidungskriterium	440
2. Kenntnis der Entscheidungsgrundlage	441
3. Beschränkung von Algorithmen und Auditing	443
B. Algorithmen in der Rechtswissenschaft – ein Ausblick	446
I. Sprachverständnis durch Algorithmen	446
II. Computerwissenschaftliche Grenzen von Algorithmen?	450
III. Systemimmanente Grenzen von Algorithmen in der Rechtswissenschaft?	453
IV. Das Verhältnis zur künstlichen Intelligenz	456
Kapitel 9 Zusammenfassung in Thesen	461
Literaturverzeichnis	467

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1: Vorübergehende Schließung der Liquiditätslücke (Bsp.)	87
Abbildung 3.2: Absolute und kumulierte Deckung	96
Abbildung 3.3: Grenze des Volumeneffekts	100
Abbildung 3.4: Liquiditätsfenster	104
Abbildung 3.5: Gegenüberstellung der unterschiedlichen Berechnungen des Deckungsgrades	105
Abbildung 3.6: Verhältnis der relativen Unterdeckung	113
Abbildung 3.7: Beispiel – Finanzplan	133
Abbildung 3.8: Beispiele für vorübergehende Schließung der Liquiditätslücke	134
Abbildung 4.1: Baumdiagramm Planungszustände	202
Abbildung 4.2: Wahrscheinlichkeitsverteilungen im Beispiel für Monte-Carlo-Simulation	211
Abbildung 4.3: Approximation der Kreiszahl π durch Monte-Carlo-Simulation	213
Abbildung 4.4: Approximation durch Monte-Carlo-Simulation	215
Abbildung 4.5: Monte-Carlo-Simulation des Beispiels	218
Abbildung 5.1: Ermittlung der minimalen und maximalen Entwicklung	261
Abbildung 5.2: Monte-Carlo-Simulation Unterdeckung	263

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 6.1: Im Folgenden verwendeter Liquiditätsverlauf als absolute Deckung	289
Abbildung 7.1: Normalverteilter White-Noise-Prozess (Normalprozess)	296
Abbildung 7.2: Random-Walk	297
Abbildung 7.3: <i>Naïve</i> -Forecast mit Prognoseintervallen	298
Abbildung 7.4: ARMA und White-Noise-Prozess	299
Abbildung 7.5: Random-Walk, Lagplot 1	300
Abbildung 7.6: ACF für Random-Walk	302
Abbildung 7.7: ACF-Vergleich <i>white noise</i> und ARMA (2,1)	304
Abbildung 7.8: ACF des Finanzstatus und der differenzengebildeten Zeitreihe	305
Abbildung 7.9: Gleitende Durchschnitte 9. („9-MA“) Und 23. Ordnung („23-MA“)	308
Abbildung 7.10: Gleitender Durchschnitt 30. („30-MA“) und 2x30. Ordnung („2x30-MA“)	309
Abbildung 7.11: Trendbereinigter Datensatz (MA-30)	310
Abbildung 7.12: Dekomposition	311
Abbildung 7.13: Dekomposition nach Minimierung des Remainders	313
Abbildung 7.14: Dekomposition der Zeitreihe	315
Abbildung 7.15: Anpassung polynomiales Regressionsmodell	317
Abbildung 7.16: Polynomiale Regression 4. und 8. Ordnung	317

Abbildung 7.17: Lokale polynomiale Glättung mit Bandbreite 27 und 39	320
Abbildung 7.18: Näherungsweise Bestimmung der Saisonkomponente	324
Abbildung 7.19: STL-Dekomposition, bereinigter Datensatz	325
Abbildung 7.20: STL-Naïve-Vorhersage	331
Abbildung 7.21: STL-ETS(A,N,N)-Vorhersage, bereinigter Datensatz	335
Abbildung 7.22: ACF des STL-ETS-Modells	336
Abbildung 7.23: Beispiel für Realisierung eines AR(2)-Prozesses	339
Abbildung 7.24: Realisierung eines AR(2)-Prozesses ohne <i>Innovationen</i>	340
Abbildung 7.25: AR(2)-Prozess mit geschätzten Parametern (<i>fitted</i>)	341
Abbildung 7.26: ACF und PACF für AR(2)-Prozess	342
Abbildung 7.27: Beispiel für Realisierung eines MA(2)-Prozesses	345
Abbildung 7.28: Beispiel eines ARMA(2,2)-Prozess	346
Abbildung 7.29: Realisierung eines ARIMA(2,1,2)-Prozesses	349
Abbildung 7.30: Zeitreihe und differenzengebildete Zeitreihen	350
Abbildung 7.31: auto.arima()-Forecast der Liquiditätsentwicklung	352
Abbildung 7.32: ACF der Residuen	353
Abbildung 7.33: STL-ARIMA-Forecast der Liquiditätsentwicklung	355
Abbildung 7.34: ACF	356

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 7.35: ARIMA-Bagged-Forecast der Liquiditätsentwicklung	358
Abbildung 7.36: Schema der Funktionsweise eines ANN	366
Abbildung 7.37: Beispiel für einfaches neuronales Netzwerk	368
Abbildung 7.38: Schema des Netzwerks (ANN)	371
Abbildung 7.39: Einfaches künstliches neuronales Netzwerk	372
Abbildung 7.40: Diverse Aktivierungsfunktionen mit Formeln	375
Abbildung 7.41: Exemplarische <i>loss function</i> in Abhängigkeit von	378
Abbildung 7.42: Lokales Minimum und <i>vanishing gradient</i>	380
Abbildung 7.43: Globales Minimum in höheren Dimensionen	381
Abbildung 7.44: Overfitting	384
Abbildung 7.45: Struktur für einstufiges ANN	386
Abbildung 7.46: Strukturformel einstufiges ANN, zweiter Vorhersageschritt	387
Abbildung 7.47: Saisonales AR-ANN	388
Abbildung 7.48: Struktur ANN, Mehrfachvorhersage	389
Abbildung 7.49: Vorhersage eines NN-AR für Liquiditätsverlauf	391
Abbildung 7.50: Funktionsweise eines Neurons in einem <i>feed forward</i> Netzwerk	392
Abbildung 7.51: Funktionsweise der RNN-Zelle	393
Abbildung 7.52: Schema einer LSTM-Zelle	395
Abbildung 7.53: Beispiel für die Kombination von Netzwerkschichten	397

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 7.54: Einstufige LSTM-Prognose	398
Abbildung 7.55: Mehrstufige LSTM-Prognose	399
Abbildung 7.56: Autoencoding	400
Abbildung 7.57: Sequence-to-Sequence Netzwerk	401
Abbildung 7.58: Prognoseintervalle für Naïve-Forecast	407
Abbildung 7.59: Normalverteilung	408
Abbildung 7.60: Intervallgrenzen für 95 %	409
Abbildung 7.61: Dreidimensionale Darstellung von Intervallgrenzen	410
Abbildung 7.62: Vorhersage und Anpassung des Netzwerkes	413
Abbildung 7.63: Residuendiagramme	414
Abbildung 7.64: Simulation von Prognosen und 95 %iges Prognoseintervall	414
Abbildung 7.65: <i>cross validation</i> für STL-ETS	416
Abbildung 7.66: Vergleich für kombinierte Prognose aus Aktiva und Passiva	418
Abbildung 7.67: ARIMA mit Fourier	420

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4.1:	Beispiel vereinfachte Liquiditätsplanung	209
Tabelle 4.2:	Realisierungsmöglichkeiten für Monte-Carlo-Beispiel	217
Tabelle 6.1:	Ermittlung des Tagessaldo	271
Tabelle 6.2:	Stornobuchungen auf Aktivkonto	274
Tabelle 6.3:	Verbuchung von a-conto-Zahlungen	279
Tabelle 6.4:	Berechnung des Fälligkeitsdatums für Passivkonten	283
Tabelle 7.1:	Bildung von Dummy-Variablen	403

Formelverzeichnis

Formel 3.1:	Liquiditätskennzahl nach dem II. Zivilsenat des BGH	97
Formel 3.2:	Liquiditätskennzahl durch Liquiditätsüberschuss	98
Formel 3.3:	Liquiditätskennzahl nach <i>Kuleisa</i>	101
Formel 3.4:	Liquiditätskennzahl nach dem IDW S 11	101
Formel 3.5:	Relative Unterdeckung am Ende des Prognosezeitraums	102
Formel 3.6:	Vorschlag I von <i>Zabel/Pütz</i> zur Berechnung der Liquiditätskennzahl	103
Formel 3.7:	Vorschlag II von <i>Zabel/Pütz</i> zur Berechnung der Liquiditätskennzahl	103
Formel 3.8:	Angepasster Vorschlag von <i>Zabel/Pütz</i>	103
Formel 3.9:	Liquiditätskennzahl nach IDW S 11	117
Formel 3.10:	Vorschlag I von <i>Zabel/Pütz</i> zur Berechnung der Liquiditätskennzahl	118
Formel 3.11:	Vorschlag II von <i>Zabel/Pütz</i> zur Berechnung der Liquiditätskennzahl	118
Formel 3.12:	Vorschlag einer schwieriger manipulierbaren Liquiditätskennzahl	120
Formel 4.1:	Erwartungswert für diskrete Variablen	205
Formel 4.2:	Laplace'sche Wahrscheinlichkeit	222
Formel 4.3:	Nichtnegativitätsaxiom	223

Formelverzeichnis

Formel 4.4: Normierungsaxiom	223
Formel 4.5: Additivitätsaxiom	224
Formel 4.6: Satz von Bayes	225
Formel 7.1: Zeitreihe als Regressionsgleichung	295
Formel 7.2: White-Noise-Prozess	296
Formel 7.3: Random-Walk	297
Formel 7.4: Berechnung der Residuen	299
Formel 7.5: Autokorrelationsfunktion (ACF)	301
Formel 7.6: 95 %iges Konfidenzintervall für ACF	303
Formel 7.7: Komponentenmodell	306
Formel 7.8: Remainderkomponente	306
Formel 7.9: Polynomiale Zeitreihen	316
Formel 7.10: Epanechnikov-Kern	319
Formel 7.11: Trikubischer Kern für <i>Loess</i>	321
Formel 7.12: Robustheitsgewichte für <i>Loess</i>	322
Formel 7.13: Berechnung des Prognosefehlers	327
Formel 7.14: Mean-Absolute-Error	327
Formel 7.15: Root-Mean-Squared-Error	328
Formel 7.16: Mean-Absolute-Percentage-Error	328
Formel 7.17: Symmetric Mean-Absolute-Percentage-Error	329
Formel 7.18: Skalierter Fehler	329

Formelverzeichnis

Formel 7.19: Skalierungsparameter	330
Formel 7.20: Mean-Absolute-Scaled-Error	330
Formel 7.21: Exponentielle Glättung	332
Formel 7.22: Partielle Komponentenform der exponentiellen Glättung	333
Formel 7.23: Autoregressives Modell	337
Formel 7.24: Autoregressives Modell erster Ordnung	338
Formel 7.25: Moving-average-Modell	344
Formel 7.26: ARMA-Modell	346
Formel 7.27: Differenzenbildung	347
Formel 7.28: Saisonale Differenzenbildung	347
Formel 7.29: ANN-Abhängigkeiten	365
Formel 7.30: Mean-Squared-Error (MSE)	366
Formel 7.31: Berechnung Ausgabeneuron	369
Formel 7.32: Exemplarische Berechnung eines Neurons der zweiten Schicht	370
Formel 7.33: Exemplarische Berechnung eines Neurons der dritten Schicht	370
Formel 7.34: Exemplarische Berechnung eines Neurons der letzten Schicht	370
Formel 7.35: Berechnung Ausgabeneuron	373
Formel 7.36: Berechnung Ausgabeneuron mit Aktivierungsfunktion	373

Formelverzeichnis

Formel 7.37: <i>feature scaling</i>	376
Formel 7.38: <i>ranged feature scaling</i>	377
Formel 7.39: <i>cost function</i> für einen Ausgabewert	378
Formel 7.40: Strukturformel einstufiges ANN	386
Formel 7.41: Strukturformel einstufiges ANN, zweiter Schritt	388
Formel 7.42: Strukturformel mehrstufiges ANN	390
Formel 7.43: Berechnung Ausgabewert RNN-Zelle	394
Formel 7.44: Zwischenproduktvektoren (LSTM)	396
Formel 7.45: Berechnung des Carry-Tracks und <i>hidden state</i> (LSTM)	396
Formel 7.46: Kombinationsformel	405
Formel 7.47: Prognoseintervalle	408
Formel 7.48: Künstliches neuronales Netzwerk (ANN) und Fehlerterm	412
Formel 7.49: Simulation durch neuronales Netzwerk ($t + 1$)	412
Formel 7.50: Simulation durch neuronales Netzwerk ($t + 2$)	412

Abkürzungsverzeichnis

a.F.	alte Fassung
aA.	anderer Auffassung
Abs.	Absatz
ACF	Autocorrelation Function / Autokorrelationsfunktion
ACL	Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics
AG	Die Aktiengesellschaft <i>oder</i> Amtsgericht
AktG	Aktiengesetz
ANN	Artificial Neural Network
API	Application Programming Interface
AR	Autoregressive
ARIMA	Autoregressive Integrated Moving Average
ARMA	Autoregressive Moving Average
BB	Betriebs-Berater
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BGH	Bundesgerichtshof
BKR	Zeitschrift für Bank- und Kapitalmarktrecht
CLS	conditional least sums of squares
COVInsAG	Gesetz zur vorübergehenden Aussetzung der Insolvenzantragspflicht und zur Begrenzung der Organhaftung bei einer durch die COVID-19-Pandemie bedingten Insolvenz
dass.	dasselbige
DB	Der Betrieb
ders.	derselbige
dies.	dieselbige/dieselbigen
DStR	Deutsches Steuerrecht
DZWIR	Deutsche Zeitschrift für Wirtschafts- und Insolvenzrecht
ebd.	ebenda
ETS	Error Trend Seasonal
EWiR	Entscheidungen zum Wirtschaftsrecht
f.	folgende
ff.	fortfolgende

Abkürzungsverzeichnis

Fn.	Fußnote
FS	Festschrift
GenG	Genossenschaftsgesetz
GmbHG	Gesetz betreffend die Gesellschaften mit beschränkter Haftung
GmbHR	GmbH-Rundschau
HanLR	Hanover Law Review
HGB	Handelsgesetzbuch
hM.	herrschende Meinung
Hrsg.	Herausgeber
IDW	Institut der Wirtschaftsprüfer in Deutschland e.V.
iE.	im Ergebnis
IEEE	Institut of Electrical and Electronic Engineers
InsBürO	Zeitschrift für Insolvenz-sachbearbeitung und Entschuldungs-verfahren
InsO	Insolvenzordnung
InsVV	Insolvenzrechtliche Vergütungsverordnung
JZ	JuristenZeitung
KO	Konkursordnung
KPSS	Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin-Test
KTS	Zeitschrift für Insolvenzrecht
LG	Landgericht
Loess	Locally Weighted Regression and Smoothing Scatterplots
LSTM	Long Short Term Memory
MA	Moving Average
mwN.	mit weiteren Nachweisen
No.	Number / Nummer
Nr.	Nummer
NZBau	Neue Zeitschrift für Baurecht und Vergaberecht
NZG	Neue Zeitschrift für Gesellschaftsrecht
NZI	Neue Zeitschrift für Insolvenz- und Sanierungsrecht
OLG	Oberlandesgericht
PAC	Partial Autocorrelation Function / partielle Autokorrelationsfunktion
RE	Rechnungseinheit
Rn.	Randnummer
RNN	Recurrent Neural Network

Abkürzungsverzeichnis

RW	Rechtswissenschaft
Rz.	Randzeichen
S.	Seite
SanInsFoG	Gesetz zur Fortentwicklung des Sanierungs- und Insolvenzrechts
SGB	Sozialgesetzbuch
StaRUG	Gesetz über den Stabilisierungs- und Restrukturierungsrahmen für Unternehmen (Unternehmensstabilisierungs- und -restrukturierungsgesetz – StaRUG)
STL	Seasonal and Trend decomposition using Loess
T	tausend
UStG	Umsatzsteuergesetz
Urt.	Urteil
v.	vom
vgl.	vergleiche
Vol.	Volume
wistra	Zeitschrift für Wirtschafts- und Steuerstrafrecht
WM	Wertpapier-Mitteilungen
WPg	Die Wirtschaftsprüfung
ZfB	Zeitschrift für Betriebswirtschaft
ZGR	Zeitschrift für Unternehmens- und Gesellschaftsrecht
ZHR	Zeitschrift für das gesamte Handels- und Wirtschaftsrecht
ZIK	Zeitschrift für Insolvenzrecht und Kreditschutz
ZInsO	Zeitschrift für das gesamte Insolvenz- und Sanierungsrecht
ZIP	Zeitschrift für Wirtschaftsrecht

Weitere Abkürzungen werden im Literaturverzeichnis aufgelöst. Im Übrigen werden nur allgemein gebräuchliche Abkürzungen verwendet.

Symbolverzeichnis

Die nachfolgenden Ausdrücke werden im Text eingeführt. Das Verzeichnis dient nur der Übersicht. Hier nicht aufgeführte Symbole sind als unspezifische Variable oder Formel zu verstehen. Die Notation für Zeitreihen orientiert sich an den Ausführungen von *Hyndman & Athanasopoulos*¹ und für künstliche neuronale Netzwerke an der Darstellung bei *Nielsen*.² Vorhersage, Prognose und Forecast werden synonym verwendet.

A_I	Aktiva I
A_{II}	Aktiva II
e_t	Residuum zum Zeitpunkt t
ε_t	Störterm/Störgröße/Innovation zum Zeitpunkt t
$\dot{\varepsilon}_t$	Störterm/Störgröße/Innovation (Simulation) zum Zeitpunkt t
$f_\theta[V]$	Funktionsformel für ein künstliches neuronales Netzwerk mit den Eingabewerten des Vektors V
$f_{ab}(x)$	Skalierung der Variable x mit Intervall $[a, b]$
L_k	Liquiditätskennzahl, Berechnung der prozentualen Liquiditätsunterdeckung
max	Maximum
min	Minimum
P_I	Passiva I
P_{II}	Passiva II
R_t	Remainderkomponente einer Zeitreihe zum Zeitpunkt t
S_t	Saisonkomponente einer Zeitreihe zum Zeitpunkt t
t	Index für einen bestimmten Zeitpunkt.
T_t	Trendkomponente einer Zeitreihe zum Zeitpunkt t
y_t	Realisierung/Beobachtung einer Zeitreihe zum Zeitpunkt t
$\hat{y}_{t+1}$	prognostizierter Wert einer Zeitreihe für den Zeitpunkt $t + 1$
$\hat{y}_{t+1 t}$	prognostizierter Wert einer Zeitreihe für den Zeitpunkt $t + 1$ mit dem Kenntnisstand zum Zeitpunkt t

1 *Hyndman/Athanasopoulos*, Forecasting.

2 *Nielsen*, <neuralnetworksanddeeplearning.com/>.

