



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössische Elektrizitätskommission EICom
Fachsekretariat

Algorithmischer Handel

Mitteilung

Bern, April 2020

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage	3
2	Einleitung	3
2.1	Definition algorithmischer Handel	4
2.2	Übersicht der rechtlichen Grundlagen in der EU und in der Schweiz	4
2.3	Einsatz von Handelsalgorithmen in der Energiewirtschaft	6
3	Mögliche «Best Practices» beim Einsatz von Handelsalgorithmen	6
3.1	Entwicklungs-, Test-, Validierungsphase und Dokumentation von Handelsalgorithmen	7
3.1.1	Entwicklungsphase	7
3.1.2	Testphase	7
3.1.3	Validierungsphase	9
3.1.4	Dokumentation der Algorithmen	9
3.2	Risikokontrollen und Governance von Handelsalgorithmen	10
3.2.1	Risikokontrollen	10
3.2.2	Governance	11
3.3	Marktbeeinflussung von Handelsalgorithmen	12
4	Fazit und Ausblick	12
	Bibliographie	14

1 Ausgangslage

Die Eidgenössische Elektrizitätskommission EICom ist für die Aufsicht des Schweizer Elektrizitätsgrosshandels zuständig und setzt sich für einen transparenten und fairen Elektrizitätsgrosshandel ein. Während der algorithmische Handel bereits fest im Währungs- und Aktienmarkt etabliert ist, ist seine Ausprägung im Elektrizitätsgrosshandelsmarkt ein relativ junges Phänomen. Aus diesem Grund hat die EICom im August 2019 eine Umfrage zum Thema algorithmischer Handel durchgeführt. Im Fokus der Befragung standen der Einsatz von Algorithmen am Schweizer Elektrizitätsmarkt sowie deren Einsatz durch Schweizer Marktteilnehmer an den Elektrizitätsgrosshandelsmärkten der EU. Das Ziel dieser Umfrage war es, einen Überblick über die Präsenz von Handelsalgorithmen am Schweizer Elektrizitätsgrosshandelsmarkt zu erhalten. Weiters sollte die Umfrage zum Verständnis beitragen, wie die zugrunde liegenden Risikokontrollen und Governance von den Energieversorgungsunternehmen (EVUs) gehandhabt werden.

Im Rahmen der Umfrage hat die EICom insgesamt 61 Marktteilnehmer angeschrieben. Zwei davon haben ihren Sitz im Ausland, sind aber stark auf den Schweizer Kurzfristmärkten aktiv. Insgesamt haben 75 Prozent der Marktteilnehmer den Fragebogen ausgefüllt. Zehn Prozent haben den Fragebogen nicht ausgefüllt, weil sie gemäss eigenen Aussagen nicht mehr am Stromgrosshandelsmarkt aktiv sind. Von 15 Prozent der befragten Marktteilnehmer hat die EICom keine Rückmeldung erhalten.

Die Auswertung der Umfrage hat gezeigt, dass sich der Einsatz von algorithmischem Handel bei Schweizer Marktteilnehmern am Stromgrosshandelsmarkt in Grenzen hält. Nur acht der Unternehmen setzen Handelsalgorithmen ein. Am häufigsten werden Algorithmen im Intraday-Handel und vor allem am deutschen Strommarkt eingesetzt. Dabei werden externe Lösungen einer Eigenentwicklung vorgezogen. Drei der acht Unternehmen haben diese selbst entwickelt. Öfters wird aber die Verantwortlichkeit von einzelnen Aspekten (insbesondere die Sicherstellung der Marktintegrität) fälschlicherweise beim Entwickler des Algorithmus anstatt beim Anwender gesehen. Zudem bestehen durchaus Optimierungspotentiale. Insbesondere bei der Dokumentation der einzelnen Prozessschritte, der Algorithmen-Inventare und bei der Governance.

In dieser Mitteilung sind Empfehlungen und Best Practices in Zusammenhang mit dem algorithmischen Handel dargelegt. Diese Empfehlungen sind unverbindlich, können aber bei der Erarbeitung interner Weisungen und Prozesse behilflich sein.

2 Einleitung

Der algorithmische Handel gewinnt in der Energiewirtschaft immer mehr an Bedeutung. Durch die zunehmende fluktuierende und schwer prognostizierbare Einspeisung aus erneuerbaren Energien sind Marktteilnehmer gezwungen, ihre Stromposition am Intraday-Markt ständig auszugleichen. Zusätzlich schafft die Digitalisierung neue Möglichkeiten. Der Einsatz von intelligenten Messsystemen liefert Echtzeit-Verbrauchsdaten von Haushalts- und Gewerbekunden. Um Ausgleichsenergiekosten gering zu halten, haben EVUs zusätzlich einen Anreiz, auch Verbrauchspositionen am Intraday-Markt zu optimieren. Die Automatisierung des Intraday-Handels mittels algorithmischem Handel zur Ausgleichung der Erzeugungs- und/oder der Verbrauchsposition, um offene Positionen automatisch zu schliessen und Ausgleichsenergiekosten gering zu halten, reduziert den Aufwand bei den Intraday-Händlern und erlaubt eine Optimierung auch ohne 24/7-Schichtbetrieb.

Aufgrund der sinkenden Marktzutrittsbarrieren für den algorithmischen Handel werden immer mehr auch kleinere Unternehmen in diesem Umfeld aktiv. Trotz der positiven Effekte, wie steigende Marktliquidität, sinkende Transaktionskosten, verringerte Bid-Ask-Spreads und somit erhöhte Preisbildungseffizienz, und Ausschluss von menschlichen emotionalen und psychologischen Faktoren, birgt der automatisierte Handel auch Risiken, welche allenfalls Massnahmen erfordern, insbesondere dann, wenn der algorithmische Handel extreme Kursereignisse auslöst, zur Überlastung von Börsensystemen führt oder die Marktintegrität verletzt. Durch die schnellen Änderungen der Marktbedingungen und die wachsende Komplexität im Energiehandel kann der Mangel an korrekt laufenden Systemen und

Überwachungsmechanismen bei Unternehmen enormen Schäden anrichten (diese begrenzen sich nicht nur auf finanzielle Schäden).

Im Folgenden wird erläutert, was unter dem Begriff des algorithmischen Handels zu verstehen ist, welche rechtlichen Grundlagen dazu in der Schweiz und der EU bestehen (nicht abschliessend), welche Einsatzfelder sich in der Energiewirtschaft ergeben und welchen Anforderungen unternehmensseitig die Entwicklungs-, Test- und Validierungsphase sowie die Risikokontrollen und Governance genügen sollten.

2.1 Definition algorithmischer Handel

Contratto (2014, S. 145) erklärt, »der algorithmische Handel läuft automatisiert, d.h. ohne direkten menschlichen Zugriff ab, basiert jedoch auf komplexen, von einem Menschen programmierten und in eine Software eingebetteten Handlungsanweisungen«.

Die ECom lehnt sich beim Begriff «algorithmischer Handel» an die Definition in der Richtlinie 2014/65/EU über Märkte für Finanzinstrumente (Finanzmarktrichtlinie, MiFID II) an. Artikel 4 (1) 39 MiFID II definiert algorithmischen Handel als «Handel mit einem Finanzinstrument, bei dem ein Computeralgorithmus die einzelnen Auftragsparameter automatisch bestimmt, beispielsweise ob der Auftrag eingeleitet werden soll, Zeitpunkt, Preis bzw. Quantität des Auftrags oder wie der Auftrag nach seiner Einreichung mit eingeschränkter oder gar keiner menschlichen Beteiligung bearbeitet werden soll, unter Ausschluss von Systemen, die nur zur Weiterleitung von Aufträgen zu einem oder mehreren Handelsplätzen, zur Bearbeitung von Aufträgen ohne Bestimmung von Auftragsparametern, zur Bestätigung von Aufträgen oder zur Nachhandelsbearbeitung ausgeführter Aufträge verwendet werden». Bei diesen letzten Systemen handelt es sich nicht um algorithmischen Handel, aber um automatisierten Handel.

Demnach geht die ECom dann von algorithmischem Handel aus, wenn der Algorithmus autonom und ohne menschliche Interaktion in der Lage ist, an Börsen oder Broker-Plattformen Orders einzustellen und/oder Trades auszuführen. Dabei wird die Order, insbesondere deren Preis, Menge und der Zeitpunkt der Order-Einstellung durch den Algorithmus selbst bestimmt.

2.2 Übersicht der rechtlichen Grundlagen in der EU und in der Schweiz

Unter der Verordnung (EU) Nr. 1227/2011 (EU-REMIT-Verordnung) und der Stromversorgungsgesetzgebung (Stromversorgungsgesetz vom 23. März 2007 [StromVG; SR 734.7] sowie Stromversorgungsverordnung vom 14. März 2008 [StromVV; SR 734.71]) bestehen keine expliziten Auflagen für Unternehmen, welche algorithmischen Handel anwenden. MiFID II hingegen führt eine Reihe von Anforderungen an Unternehmen auf, die bei ihrer Handelstätigkeit Algorithmen einsetzen. Die Regulierung des algorithmischen Handels betrifft jedoch ausschließlich Finanzinstrumente, wie sie unter MiFID II definiert sind. Spot- und Intraday-Produkte wie sie zum Beispiel an der Strombörse EPEX SPOT angeboten werden, fallen nicht in den Anwendungsbereich von MiFID II. Als Folge davon gibt es derzeit keine für die Schweiz verbindliche Regelung für den algorithmischen Handel von solchen Handelsprodukten, weshalb nachfolgend behelfsmässig die Regelung in MiFID II näher betrachtet wird.

Zu den MiFID II-Anforderungen gehören (Financial Conduct Authority, 2018):

- Gewährleistung wirksamer Systeme und Kontrollen, insbesondere um sicherzustellen, dass Handelssysteme widerstandsfähig sind, die Handelsschwellwerte und -limiten eingehalten werden, falsche Orders, welche zu einem unregulierten Markt beitragen, vermieden werden, und Verletzungen der Regeln eines Handelsplatzes oder der Verordnung (EU) Nr. 596/2014 über Marktmissbrauch (EU-Marktmissbrauchsverordnung) verhindert werden.

Algorithmischer Handel Mitteilung

- Das Unternehmen muss über wirksame Notfallvorkehrungen verfügen, um mit jeglichem Handelssystemversagen umgehen zu können und sicherzustellen, dass seine Systeme vollständig getestet und ordnungsgemäss überwacht werden. Insbesondere
 - muss es einen klaren und formalisierten Governance-Rahmen geben;
 - muss das Compliance-Personal über ein allgemeines Verständnis von algorithmischem Handel verfügen und Kontakt zu Mitarbeitenden haben, welche die Möglichkeit haben, alle nicht ausgeführten Aufträge zu stornieren;
 - bleibt das Unternehmen für seine regulatorischen Verpflichtungen voll verantwortlich, auch wenn die Informatikdienste ausgelagert werden bzw. sind;
 - muss das Unternehmen über ausreichendes Fachpersonal im technischen Bereich aber auch in den Bereichen Recht, Überwachung, Risiko und Compliance verfügen;
 - muss das Unternehmen ein automatisiertes Überwachungssystem einsetzen, um Marktmanipulation zu erkennen;
 - muss das Unternehmen über Vorhandelskontrollen in Bezug auf Preis, Wert, Handelsvolumen, Nachrichtenvolumen, Händlerrechte und Markt- und Kreditrisikolimiten verfügen;
 - muss das Unternehmen seine Handelsaktivitäten mit Fokus auf unkontrolliertem Handel in Echtzeit überwachen und über wirksame Nachhandelskontrollen verfügen.
- Die Systeme müssen vollständig getestet werden (einschließlich Konformitätstests mit dem Marktplatz, an dem sie eingesetzt werden), bevor sie in Betrieb genommen werden. Wesentliche Anpassungen sollten nur im Auftrag eines leitenden Mitarbeitenden gemacht werden und nur dort, wo es vordefinierte Handelslimiten gibt. Das Unternehmen muss festgelegte Vorhandelskontrollen bei der Auftragseingabe durchführen, all seine Handelsaktivitäten in Echtzeit überwachen und kontinuierlich Nachhandelskontrollen durchführen, einschließlich solcher betreffend seiner Markt- und Kreditrisiken.
- Das Unternehmen muss über eine Notfall-«Kill-Funktionalität» verfügen, welche die sofortige Löschung aller nicht ausgeführten Aufträge ermöglicht.
- Wenn das Unternehmen an einem EU-Handelsplatz tätig ist und dort algorithmischen Handel anwendet, muss es die zuständige Behörde des Handelsplatzes und den Regulator darüber informieren.
- Das Unternehmen muss eine jährliche Selbstbewertung durchführen und einen Validierungsbericht erstellen, der folgendes abdeckt:
 - Algorithmische Systeme und Strategien
 - Governance- und Kontrollrahmen
 - Notfallvorkehrungen
 - Stresstests
 - Allgemeine Übereinstimmung mit den anderen MiFID II-Anforderungen.

In Bezug auf die Verantwortlichkeit von Unternehmen, die Algorithmen anwenden, welche von einer Drittfirma beschafft wurden und durch deren Einsatz die Marktintegrität verletzt wurde, gilt in der EU ausdrücklich Artikel 4 der Delegierten Verordnung (EU) 2017/589 vom 19. Juli 2016 zur Ergänzung der Finanzmarkttrichtlinie. Der Artikel besagt, dass die Verantwortung für «die Einhaltung der [...] Verpflichtungen in vollem Umfang bei den *Wertpapierfirmen* verbleibt, wenn diese für algorithmische Handelstätigkeiten verwendete Software oder Hardware auslagern oder beschaffen».

In der Schweiz ist algorithmischer Handel im Bundesgesetz über die Finanzmarktinfrastrukturen und das Marktverhalten im Effekten- und Derivatehandel vom 19. Juni 2015 (Finanzmarktinfrastrukturgesetz, FinfraG; SR 958.1) geregelt, welches sich am EU-Recht orientiert. In Bezug auf vorbeugende Massnahmen im Zusammenhang mit algorithmischem Handel sind insbesondere Artikel 30 und 45 FinfraG sowie Artikel 30 ff. und 40 f. der Verordnung über die Finanzmarktinfrastrukturen und das Marktverhalten im Effekten- und Derivatehandel vom 25. November 2015 (Finanzmarktinfrastrukturverordnung, FinfraV; SR 958.11) relevant. Das aufsichtsrechtliche Verbot von Insiderhandel und Marktmanipulation ist in Artikel 142 und 143 FinfraG geregelt. Die Strafbarkeit von Insiderhandel und Kursmanipulation ist in Artikel 154 f. FinfraG definiert. Es ist davon auszugehen, dass grundsätzlich der Betreiber des Algorithmus für die von diesem vorgenommenen Handelsaktivitäten verantwortlich ist. Eine komplementäre Strafbarkeit des Unternehmens, das den Algorithmus entwickelt hat, ist ebenfalls denkbar (z.B. als Gehilfe). Die strafrechtliche Beurteilung obliegt jedenfalls den dafür zuständigen Strafverfolgungsbehörden, die aufsichtsrechtliche Beurteilung hingegen der FINMA.

2.3 Einsatz von Handelsalgorithmen in der Energiewirtschaft

Handelsalgorithmen werden primär zur automatisierten Schliessung einer offenen Position, die sich bei einem Portfolio aus Erneuerbaren Energien zum Beispiel aufgrund einer neu eingetroffene Wind- oder Solarprognose ergibt, verwendet. Auch nachfrageseitig erlauben «Smart-Meter» eine «fast» Echtzeit-Messung des Verbrauchs. Aktualisierte Nachfrageprognosen könnten durch Handelsalgorithmen direkt am Intraday-Markt optimiert werden. Haupttreiber für den Einsatz von algorithmischem Handel sind hier die Reduzierung von Ausgleichsenergiekosten und eine Optimierung der Stromposition auch ausserhalb der normalen Bürozeiten, falls der Aufwand eines 24/7-Schichtbetrieb zu hoch ist (Keitsch, Bornhöft, Becker & Wieland, 2017).

Ein weiterer Grund für den Einsatz von Handelsalgorithmen ist es, Gewinne zu erschliessen. Die wachsende Palette der kurzfristig handelbaren Stromprodukte (Stunden-, Halbstunden- und Viertelstundenprodukte), aber auch der unterschiedlichen Marktplätze, erhöht einerseits den Aufwand bei den Händlern, eröffnet andererseits aber auch Arbitragemöglichkeiten zwischen den Produkten (beispielsweise Kauf des Stundenprodukts vs. Verkauf der vier Viertelstundenprodukte) oder zwischen verschiedenen Handelsplätzen (Keitsch et al., 2017).

Zusätzlich können Handelsalgorithmen für die spekulative Portfolio-Optimierung eingesetzt werden. Dies setzt aber voraus, dass das Unternehmen über gute Preismodelle verfügt und bereit ist, gewisse Risiken einzugehen. Eine weitere Möglichkeit bilden Algorithmen, die ein automatisiertes Market Making machen und interne Orders zuerst zusammenbringen (*match*), bevor diese nach aussen an den Markt gelangen. Dies reduziert das Handelsvolumen und entsprechend die Börsen- und Brokergebühren.

3 Mögliche «Best Practices» beim Einsatz von Handelsalgorithmen

Keitsch et al. (2017) sehen einen sicheren Betrieb, eine hohe Kosteneffizienz, eine hohe Flexibilität und die Unterstützung von mehreren zentralen Märkten und Produkten als zentrale Anforderung an den algorithmischen Handel. Unter Sicherheit versteht sich, dass der Algorithmus sich immer so verhält wie beabsichtigt, und der Algorithmus kein fehlerhaftes oder unerwartetes Verhalten erzeugt, das dem Unternehmen (finanziell, rechtlich oder imagemässig) schaden könnte. Der Algorithmus sollte flexibel konfigurierbar sein, damit sein Einsatz in stark veränderlichen Marktsituationen schnell optimiert werden kann.

Wie bereits oben erwähnt, bietet der algorithmische Handel für Energieunternehmen viele Chancen, aber auch Risiken. Im Folgenden sollen Empfehlungen und Massnahmen im Zusammenhang mit der

Entwicklung, dem Testen und dem Validieren von Handelsalgorithmen gegeben werden, um einen sicheren Betrieb von eingesetzten Handelsalgorithmen zu ermöglichen.

Nachfolgend sollen unter Anhandnahme von Regelungen insbesondere in der EU mögliche Best Practices aufgezeigt werden. Diese für die Schweiz unverbindlichen Regelungen können bei der Erarbeitung interner Weisungen und Prozesse behilflich sein.

3.1 Entwicklungs-, Test-, Validierungsphase und Dokumentation von Handelsalgorithmen

In diesem Abschnitt liegt der Fokus auf den getroffenen Massnahmen in der Entwicklungs-, Test- und Validierungsphase eines Algorithmus sowie auf deren Dokumentation. Einzelne Empfehlungen und Massnahmen zu diesen Themen sind bereits im Bericht zur Compliance des algorithmischen Handels auf Großhandelsmärkten der Financial Conduct Authority (FCA) (2018) zu finden.

Auch wenn der Algorithmus extern beschafft wird, sollte das Unternehmen in der Entwicklungs- und Testphase mitinvolviert werden oder allenfalls eine ordentliche Dokumentation zu dieser Phase von der Drittfirma bekommen, um in der Lage zu sein, selber beurteilen zu können, wie gut und unter welchen Marktbedingungen die Algorithmen getestet worden sind.

3.1.1 Entwicklungsphase

Der Aufbau eines Algorithmus folgt folgendem Prozess. Am Anfang wird der Datenzugriff geregelt und die Daten aufbereitet. Dann steht eine Ex-Ante-Datenanalyse an, um Handelsopportunitäten zu identifizieren und zu bewerten, zum Beispiel nach Risiken und Profitabilität. Bei positivem Ergebnis der Analyse folgt ein Handelssignal. Anschliessend wählt das Ausführungsmodul den Markt und die Ausführungsstrategie aus. Danach folgt eine Ex-Post-Analyse des getätigten Handels und Berichterstattung der Transaktionen und Ergebnissen. Jede einzelne Phase des Prozesses sollte geprüft und dokumentiert werden (Keitsch et al., 2017).

Eine Guideline oder Vorgaben zur Entwicklung und zum Testen von Algorithmen, welche intern von allen Einheiten gleich übernommen und angewendet wird, gehört zu den *Best Practices* eines Unternehmens, welches Handelsalgorithmen anwendet. Diese Guideline sollte sich nicht nur auf den Prozess der Entwicklung neuer Algorithmen begrenzen, sondern sollte auch klar den Prozess der Änderung an vorhandenen Algorithmen definieren. Wenn die Algorithmen extern beschafft werden, sollten diese internen Vorgaben helfen, Mindestanforderungen und kritische Fragen an die Drittfirma zu stellen. Die Guideline sollte mit den internen Richtlinien im Einklang stehen und die Risikobereitschaft und den Verhaltenserwartungen des Unternehmens entsprechen.

Neben einem Projektleiter, der die Verantwortung für die gesamte Entwicklungs- und Testphase übernimmt, sollten Mitarbeitende aus verschiedenen Handelseinheiten involviert werden. Es sollte sichergestellt werden, dass sämtliches vorhandenes und relevantes Knowhow miteinbezogen wird, die Rollen und Verantwortlichkeiten klar definiert sind und unabhängige Reviews stattfinden können. Unerlässlich ist dabei die Teilnahme von Händlern, deren Vorgesetzten, Risikomanagern, Compliance Managern und einem Mitglied des oberen Managements, das als Entscheidungsträger die Phase formell genehmigen sollte.

3.1.2 Testphase

Eine intensive Testphase und eine detaillierte Dokumentation von allen Schritten ist unabdingbar, um potenzielle Probleme in Handelsalgorithmen zu identifizieren, bevor diese vollständig ausgerollt werden. Wie in der Delegierten Verordnung (EU) 2017/589 vom 19. Juli 2016 steht, sollten sich die Anforderungen an Tests für Handelsalgorithmen nach den potenziellen Auswirkungen dieser Algorithmen auf das faire und ordnungsgemässe Funktionieren des Marktes richten.

In der Testphase soll sichergestellt werden, dass:

Algorithmischer Handel Mitteilung

- der Algorithmus sich so verhält wie beabsichtigt;
- auch unter extremen Marktbedingungen der Algorithmus funktionsfähig bleibt und nicht zu einem ungeordneten Handel führt;
- die «Kill-Funktionalität» immer und jederzeit funktioniert;
- der Algorithmus mit der Risikobereitschaft und den Verhaltenserwartungen des Unternehmens übereinstimmt;
- die Regeln des jeweiligen Handelsplatzes nicht verletzt werden;
- REMIT-Regeln, insbesondere Regeln bezüglich Marktmanipulation, nicht verletzt werden;
- der Konformitätstest des Handelsplatzes positiv ausfällt. Durch den Konformitätstest «sollte überprüft werden, ob die Handelssysteme ordnungsgemäß mit den Handelssystemen des Handelsplatzes oder des Bereitstellers des direkten Marktzugangs (DMA¹-Bereitstellers) kommunizieren und interagieren und ob die Marktdaten fehlerfrei verarbeitet werden».

Um die Tests durchführen zu können, sollte eine Testumgebung verwendet werden, welche unbedingt von der Produktionsumgebung getrennt ist. Hauptsächlich sollten die Händler und IT-Spezialisten involviert sein, aber Risikomanager, Risikokontrollen und das obere Management sollten durch den Projektleiter über die einzelnen, wichtigsten Stufen der Testphase informiert werden.

In der Testphase sollte auch das erste «Go Live» getestet werden. Bei der Einführung von Handelsalgorithmen empfiehlt sich, in einem ersten Schritt unbedingt ein kontrolliertes Verfahren anzuwenden, d.h. einen Testlauf mit vordefinierten Limits für die Anzahl Aufträge durchzuführen, die Anzahl Handelsprodukte, den Preis, das Handelsvolumen und die Anzahl Marktplätze (Broker- oder Börsenplattformen), an denen die Orders platziert werden sollen. Dadurch wird sichergestellt, dass sich der Algorithmus auch in der Produktionsumgebung so wie vorgesehen verhält. Der Verlauf der Testphase, die benutzten Marktdaten und die Marktumstände, unter denen die Tests stattgefunden haben, sollten dabei detailliert dokumentiert werden.

Wenn der Algorithmus extern beschafft worden ist, sollte dieser vor seinem effektiven Einsatz intern, in einer Testumgebung, nochmals anhand der oben erwähnten Kriterien, getestet werden, denn schliesslich liegt die Verantwortung beim Unternehmen, welches den Algorithmus einsetzt.

Keitsch et al. (2017) beschreiben zwei Möglichkeiten, um Algorithmen zu testen: das Back-Testing und die agentenbasierte Marktsimulation.

Beim Back-Testing-Verfahren können Handelsalgorithmen gegen aufgezeichnete historische Marktverläufe getestet werden. Um die Liquidität des Marktes zu berücksichtigen und somit auch eine mögliche Marktbeeinflussung des Algorithmus zu ermitteln, sollte es nicht beim klassischen Back-Testing bleiben, wo lediglich historische Preise verwendet werden, sondern es sollten auch die kompletten historischen Orderbuchdaten in den Tests miteinbezogen werden. Diese Orderbuchdaten sollten mittels Replay-Verfahren in die Marktsimulation einfließen, und zeitlich anhand der Tick-Daten beschleunigt werden, um einen längeren historischen Bereich abdecken zu können. Der Vorteil dieser Methode ist, dass das Verhalten von Algorithmen in vielen realen historischen Marktsituationen getestet werden kann und Optimierungen des Algorithmus, um das gewünschte Verhalten zu erzielen, zeitnah und effektiv geprüft werden können. Es sollte aber nicht ausser Acht gelassen werden, dass sich die Marktsituation im Energiemarkt in den letzten Jahren stark verändert hat und die historischen Marktdaten eventuell veraltet sind. Flow Based Market Coupling oder XBID stellen beispielsweise ganz neue Marktsituationen dar.

Bei der agentenbasierten Marktsimulation erzeugen Software-Agenten auf Basis von anpassbaren Regeln einen Markt. In diesen Markt treffen «Liquidity Maker Agents» (solche, die Liquidität in den Markt bringen) auf «Liquidity Taker Agents» (solche, die dem Markt Liquidität entziehen). Das Verhalten des Algorithmus kann in diesem Markt getestet werden. Da die Szenarien konfigurierbar sind, ermöglicht dieser Ansatz, den Algorithmus in bisher nicht beobachteten Marktsituationen in Echtzeit zu verfolgen. Der hohe Zeitaufwand, den diese Methode erfordert, ist hier als Nachteil zu sehen.

¹ DMA: Direct Market Access.

3.1.3 Validierungsphase

Bevor ein Algorithmus produktiv ausgerollt wird, sollte der gesamte Prozess von allen betroffenen Handelseinheiten (Handel, Risikomanagement, Compliance, Recht, IT und Back Office) validiert werden. Idealerweise werden während des gesamten Entwicklungs- und Testprozesses Kontrollpunkte definiert und eine vollständige Überprüfung am Ende jeder Phase durchgeführt und dokumentiert. Diese Unterlagen sollten durch eine unabhängige Einheit geprüft und dabei sichergestellt werden, dass alle Kontrollpunkte zufriedenstellend abgeschlossen wurden und der Algorithmus mit den ursprünglichen Spezifikationen konsistent ist.

3.1.4 Dokumentation der Algorithmen

Unternehmen, welche algorithmischen Handel betreiben, sollten ein umfassendes Inventar aller Algorithmen, inklusive deren Strategien und Systeme, führen und pflegen (unabhängig davon, ob der Algorithmus intern oder extern entwickelt wurde). Im Inventar sollte Folgendes klar festgehalten werden:

- Arten von Algorithmen, Handelsstrategien und dafür beanspruchte Systeme, operative Ziele, Parameter der Algorithmen und Verhaltensmerkmale
- Algorithmusverantwortlicher und Mitarbeitende, welche die Berechtigungen haben, die Strategie oder das System zu verwalten
- Richtlinien über den Abschluss von Entwicklungs-, Test- und Validierungsverfahren
- technische Details und Systemarchitektur
- Marktbedingungen, unter welchen die Algorithmen getestet wurden
- geltende regulatorische und Marktplatzanforderungen
- Liste aller Risikokontrollen (einschließlich der Kill-Funktionalität), die für jede Strategie oder jedes System gelten, einschließlich der Gesamtrisikolimits und der Limits für jeden einzelnen Algorithmus.

In Bezug auf die Arten von Algorithmen sollte klar sein, ob die Entwicklung des Algorithmus auf regelbasierten Systemen oder auf maschinellem Lernen beruht. Regelbasierte Systeme beruhen auf explizit festgelegten und statischen Modellen und Regeln eines Bereichs. Diese Regeln werden in Form von «if-then-else»-Aussagen in das System kodiert. Das Wissen, das dem Algorithmus mitgegeben wird, ändert sich im Verlauf der Zeit nicht. Es kann also sein, dass der Algorithmus stecken bleibt, wenn er auf ein Problem stösst, für das keine Regeln entworfen wurden, und somit nicht in der Lage ist, das Problem zu lösen oder eventuell sogar ausser Kontrolle gerät. Regelbasierte Systeme können auch andere Probleme verursachen. Es ist zum Beispiel schwierig (bis fast unmöglich), einer bereits grossen Wissensbasis Regeln hinzuzufügen, ohne widersprüchliche Regeln einzuführen. Dadurch kann die Pflege von regelbasierten Systemen oft sehr zeitaufwändig und teuer werden.

Maschinell lernende Systeme erstellen ihre eigenen Modelle. Das hat den Vorteil, dass sich die Modelle schnell an wechselnde Trends anpassen können und die Flexibilität zur Anpassung der beteiligten Parameter gegeben ist. Ein neuronales Netz ist zum Beispiel eine Instanz eines lernenden Systems. Obwohl der Lernprozess deterministisch ist, ist es aus praktischer Sicht fast unmöglich, das Modell aus der internen Funktionsweise eines lernenden Systems zu extrahieren. Der Grund dafür ist die hohe Komplexität, die durch die hohe Anzahl dynamischer Parameter (z.B. Gewichtung, Verzerrungen) verursacht wird. Eine natürliche Folge davon ist, dass die gelernten und angewendeten Modelle von Menschen nicht mehr gut genug interpretiert, erklärt und verstanden werden können. Es ist oft nicht mehr nachvollziehbar, wie diese Systeme ihre Entscheidungen treffen (Tricentis). Deshalb werden lernende Systeme oft als Black Boxes bezeichnet.

Unternehmen, die solche Algorithmen einsetzen, müssen sich dieser Tatsache bewusst sein und sich daher die Frage stellen, ob sie sich auf eine «Black Box» verlassen können und ob und in welcher Form solche maschinell lernenden Algorithmen compliance-fähig sind.

Das Inventar sollte versuchen, die Komplexität des algorithmischen Handels klar und verständlich darzustellen. Es sollte die Informationsgrundlage für das obere Management bilden und den Beweis liefern, dass die algorithmische Handelsaktivität des Unternehmens klar identifizierbar ist, ausreichend überwacht wird und dass genügende Risikokontrollen vorhanden sind.

3.2 Risikokontrollen und Governance von Handelsalgorithmen

3.2.1 Risikokontrollen

Um potentielle Handelsrisiken im Zusammenhang mit dem algorithmischen Handel zu identifizieren und zu reduzieren, sollten alle Unternehmen angemessene Risikokontrollen durchführen. Einerseits ist dies im Sinne des eigenen Unternehmens (operative Fehler durch ausser Kontrolle geratene Algorithmen können hohe Kosten verursachen), andererseits ist es auch im Sinne der Sicherstellung der Marktintegrität der Handelsplätze, an denen die Algorithmen aktiv eingesetzt werden.

MiFID II beschreibt in Artikel 17 Abs. 1 die Anforderungen an die Risikokontrollen wie folgt:

« Eine Wertpapierfirma, die algorithmischen Handel betreibt, verfügt über wirksame Systeme und Risikokontrollen, die für das von ihr betriebene Geschäft geeignet sind, um sicherzustellen, dass ihre Handelssysteme belastbar sind und über ausreichende Kapazitäten verfügen, angemessenen Handelsschwellen und Handelsobergrenzen unterliegen sowie die Übermittlung von fehlerhaften Aufträgen oder eine Funktionsweise der Systeme vermieden wird, durch die Störungen auf dem Markt verursacht werden könnten bzw. ein Beitrag zu diesen geleistet werden könnte. Eine solche Wertpapierfirma verfügt außerdem über wirksame Systeme und Risikokontrollen, um sicherzustellen, dass die Handelssysteme nicht für einen Zweck verwendet werden können, der gegen die Verordnung (EU) Nr. 596/2014 oder die Vorschriften des Handelsplatzes verstößt, mit dem sie verbunden ist. Die Wertpapierfirma verfügt über wirksame Notfallvorkehrungen, um mit jeglichen Störungen in ihren Handelssystemen umzugehen, und stellt sicher, dass ihre Systeme vollständig geprüft sind und ordnungsgemäß überwacht werden, damit die in diesem Absatz festgelegten Anforderungen erfüllt werden. »

Die Delegierten Verordnung (EU) 2017/589 vom 19. Juli 2016 unterscheidet verschiedene Arten von Risikokontrollen.

An erster Stelle sind die Vorhandelskontrollen zu nennen, d.h. Kontrollen, die vor der Einreichung eines Auftrages bei einem Marktplatz stattfinden. Die Vorhandelskontrollen setzen folgende Vorgaben durch:

- Preisbänder: Im Idealfall werden Orders, welche den festgelegten Preisparametern nicht entsprechen, automatisch gesperrt und nicht an den Marktplatz übermittelt. Die Preisbänder sollten nach Handelsprodukten differenziert werden.
- Auftragshöchstwerte: Diese sollten verhindern, dass Aufträge mit hohem Auftragswert in den Markt gelangen.
- Auftragshöchstvolumina: Aufträge, bei denen das Volumen den festgestellten Wert übersteigt, sollten automatisch gesperrt werden und nicht am Markt platziert werden können.
- Obergrenzen für Mitteilungen: Es sollte verhindert werden, dass zu viele Mitteilungen über die Einreichung, Änderung oder Stornierung von Aufträgen an den Markt gelangen.
- Händler, die zum Handel von bestimmten Handelsinstrumenten zugelassen sind.

Des Weiteren soll von vornherein sichergestellt werden, dass sich das Handelssystem nach einer vorab festgelegten Anzahl wiederholter Transaktionen automatisch abschaltet, bis der verantwortliche Mitarbeitende es wieder einschaltet. Es sollten klare Obergrenzen für Markt- und Kreditrisiken festgelegt werden. Alle Unternehmen sollten auch über eine Kill-Funktionalität verfügen, um Handelsaktivitäten zu deaktivieren, um damit auch die Integrität des Marktes gewährleisten zu können. Sollte das Unternehmen Handelsaufträge, welche durch die Vorhandelskontrollen gesperrt wurden, dennoch ausführen wollen, sollte ein vordefiniertes Verfahren zur Anwendung kommen.

In einem zweiten Schritt folgen die Echtzeitkontrollen. Hierbei geht es um die Überwachung der Handelstätigkeit, um Verstöße gegen Vorhandelsobergrenzen durch Warnmeldungen (Alerts) in Echtzeit anzuzeigen. Zudem sollten Anzeichen für marktstörende Handelsbedingungen überwacht werden. Die Überwachung übernimmt der für den Algorithmus zuständige Händler oder der Risikomanager.

Zuletzt sollten die Unternehmen Nachhandelskontrollen durchführen, um ihre Handelsaktivitäten zu überwachen und entsprechende Massnahmen einzuleiten, sollten Warnmeldungen getriggert worden sein. Im Extremfall sollte diese Massnahme die Abschaltung des betreffenden Handelsalgorithmus zur Folge haben. Die Nachhandelskontrollen ermöglichen die kontinuierliche Bewertung und Überwachung der Markt- und Kreditrisiken des Unternehmens. Dafür müssen vollständige, genaue und konsistente Handels- und Kontoinformationen gepflegt werden. Es müssen elektronische Handelsprotokolle geführt werden, die mit relevanten Dritten, wie dem Handel abgestimmt sind. Es muss sichergestellt werden, dass die Warnmeldungen möglichst zeitnah ausgegeben werden, wenn potenzielle Anzeichen von Marktmanipulation oder Verstöße gegen die Börsenplatzregeln vorliegen, und dass die Händler und die Risikomanager eine Nachhandelsüberwachung durchführen.

3.2.2 Governance

Ein starker Governance-Rahmen mit geeigneten Richtlinien und klaren und formalisierten Vorgaben und einem effektiven Risikomanagement ist von grundlegender Bedeutung für die Reduzierung der Risiken, die mit algorithmischen Handelsstrategien verbunden sind.

Artikel 1 der Delegierten Verordnung (EU) 2017/589 vom 19. Juli 2016 stellt folgende organisatorische Anforderungen an die Unternehmen, die algorithmischen Handel betreiben:

- klare Hierarchien und Rechenschaftspflichten
- Vorhandensein von Verfahren zur Weiterleitung von Informationen, um Anweisungen effizient und rechtzeitig einzuholen und auszuführen.
- «Chinese Walls» zwischen Handelsabteilung und unterstützenden Funktionen wie Risikomanagement und Compliance.

Des Weiteren sieht Artikel 9 dieser Verordnung eine jährliche Selbstbeurteilung und Validierung vor, wobei die algorithmischen Handelssysteme, die Algorithmen und die Handelsstrategien überprüft werden. Zudem werden die Unternehmensführung, die Rechenschaftspflichten und die Genehmigungsverfahren untersucht. Anhang 1 der Verordnung gibt klare Kriterien für die Selbstbeurteilungsanalyse. Der dazugehörige Validierungsbericht muss von der Geschäftsleitung genehmigt werden.

Robuste Entwicklungs-, Test- und Ausrollprozesse, unabhängige Validierungsverfahren, geeignete Risikomanagementkontrollen und angemessene Überwachung sorgen für einen starken Governance-Rahmen. Für eine starke Governance sorgt auch die Tatsache, dass das Senior Management von Anfang an bei der Entwicklungs- sowie Testphase von Handelsalgorithmen involviert ist. Damit wird sichergestellt, dass der algorithmische Handel und die potenziellen Auswirkungen auf das Marktverhalten verstanden werden und die notwendigen Verfahren zur Weiterleitung von Informationen frühzeitig und nicht erst nach Eintritt einer kritischen Situation implementiert werden.

Sollte dennoch eine kritische Situation eintreten, sollte das Unternehmen klare Prozesse etabliert haben, um durch erfolgreiches Krisenmanagement positiv aus der Krise herauszukommen. Die Situation sollte zuerst identifiziert und analysiert werden. Danach müssen Strategien entwickelt werden, um die Krise zu bewältigen und Gegenmassnahmen einzuleiten und zu verfolgen.

Ein Krisen-Management-System, welches im Ernstfall die Eskalation eines Ereignisses mit Hilfe von vorbereiteten Massnahmenplänen vermindern soll, kann dabei helfen. Die Bildung eines Krisenstabs, welcher im Notfall aktiv wird und sämtliche Kommunikationsarbeit (nach innen sowie nach aussen) übernimmt, ist auch empfehlenswert. Um das Unternehmen vor Imageverlusten zu schützen ist die

Etablierung einer Kommunikationsstrategie für Krisenfälle ratsam. Denn Unternehmenskrisen können oft auch eine negative Medienwirkung haben.

Ein gutes Risiko- und Compliance Management stellt eine weitere Anforderung an die Governance dar. Idealerweise ist ein Mitglied des Compliance-Teams bereits bei der Entwicklungs- und Testphase von Handelsalgorithmen involviert. Dabei sollte es seinen Überwachungsfokus auf Verhaltensrisiken (z.B. Marktpreisrisiken) richten und sicherstellen, dass die Vorschriften in Bezug auf Marktintegrität eingehalten werden. Zudem sollten die Mitglieder des Compliance-Teams die Handelssysteme oder Handelsalgorithmen gut genug verstehen, um die Händler mit kritischen Fragen konfrontieren zu können.

3.3 Marktbeeinflussung von Handelsalgorithmen

Es ist von entscheidender Bedeutung, dass die Unternehmen die Auswirkungen ihrer Handelstätigkeit auf das Marktverhalten und die Auswirkungen auf die allgemeine Marktintegrität berücksichtigen. Insbesondere auch deshalb, weil Energiemärkte teilweise eine deutlich geringere Liquidität aufweisen als Wertpapiermärkte. Sollte ein Unternehmen mehrere Algorithmen im Einsatz haben, sollte sichergestellt werden, dass ihr Zusammenwirken keine Auswirkungen auf die Marktintegrität hat. Werden Algorithmen extern beschafft, stellt sich die Frage, wie stark personalisierbar die Parameter sind, und wie viele Marktteilnehmer nach derselben Logik handeln.

Die Delegierten Verordnung (EU) 2017/589 vom 19. Juli 2016 erfordert im Artikel 13 von den Unternehmen ein automatisiertes Überwachungssystem für die Aufdeckung von Marktmanipulation. Dabei sollten Aufträge und Geschäfte wirksam kontrolliert, Warnmeldungen und Berichte erzeugt und, sofern angebracht, Visualisierungstools bereitgestellt werden.

Die Art der Überwachungsinstrumente, die eingesetzt werden, hängt von der Grösse des Unternehmens ab, aber sie sollten sicherstellen, dass sie verhältnismässig sind und auf die spezifischen Risiken ihrer algorithmischen Handelstätigkeit zugeschnitten sind.

4 Fazit und Ausblick

Algorithmischer Handel ist bei den Schweizer Marktteilnehmern noch nicht stark etabliert. Dennoch wird sich algorithmischer Handel in Zusammenhang mit der zunehmenden Digitalisierung in den Energiemärkten festsetzen. Unternehmen sollten die Chancen, die dies mit sich bringt, nutzen und potentielle Risiken identifizieren und vermeiden.

Die erwähnten Massnahmen für die Entwicklungs-, Test- und Validierungsphase eines Algorithmus sowie für deren Dokumentation sollten einen Grundstein bilden, um mögliche Risiken im Zusammenhang mit algorithmischem Handel frühzeitig zu erkennen und die notwendigen Prozesse einzuleiten, um diese zu reduzieren. Die Entwicklungen im Zusammenhang mit künstlicher Intelligenz (AI) und Machine Learning haben ihren Einzug auch schon beim algorithmischen Handel gefunden. AI Algorithmen sind unterschiedlich, da sie sich anpassen, lernen und die Umwelt beeinflussen, ohne dafür programmiert zu sein. In Zukunft werden viele Algorithmen "trainiert" und nicht "entwickelt" werden. Das bedeutet, dass die Funktionsweise vieler Algorithmen in Grenzfällen undurchsichtig und schwer vorhersehbar und die Verantwortung für ihre Schäden diffus und schwer zuzuordnen sein wird. AI Algorithmen werden das Testen von Algorithmen zu einer immens grossen Herausforderung machen (Barnett, Koshiyama & Treleaven, 2017).

Aus regulatorischer Sicht ist klar, dass der Regulator nicht jeden Algorithmus prüfen kann, bevor dieser produktiv ausgerollt wird. Um eine wirksame Beaufsichtigung zu gewährleisten und geeignete Massnahmen gegen fehlerhafte oder betrügerische algorithmische Strategien ergreifen zu können, stellt sich

die Frage, ob die Tabelle 1 des Anhangs zu den «Implementing Acts»² der EU-REMIT-Verordnung erweitert werden sollte, damit alle durch algorithmischen Handel generierten Aufträge gekennzeichnet werden. Der Regulator wäre damit in der Lage, Orders und Trades, die durch verschiedene Algorithmen generiert werden, zu erkennen und voneinander zu unterscheiden. Die von algorithmischen Händlern angewandten Strategien können damit effizienter rekonstruiert und evaluiert werden. Die Kennzeichnung von Algorithmen ist im Finanzmarktbereich bereits umgesetzt.

In Anbetracht der sich schnell verändernden Landschaft in Bezug auf die Möglichkeiten, solche Algorithmen zu programmieren, stellt sich die Frage, ob in Zukunft Algorithmen zertifiziert werden sollten, bevor sie produktiv ausgerollt werden (Barnett et al., 2017). Bei der Algorithmen-Zertifizierung sollte dann sichergestellt werden, dass ein bestimmter Algorithmus mit einem oder mehreren Standards übereinstimmt, d.h. entspricht der Algorithmus den protokollierten Anforderungen (Richtigkeit, Vollständigkeit, Konsistenz und Genauigkeit) und werden die Standards, Praktiken und Marktregeln erfüllt.

Die Aufgabe des Regulators wäre dann, in Abstimmung mit der Branche Leitlinien, Standards und Fachwissen in Zusammenhang mit algorithmischem Handel zu entwickeln, um ein Gleichgewicht zwischen Innovation, Marktsicherheit und Integrität herzustellen.

² Artikel 8 des REMIT besagt, dass die Kommission durch «Implementing Acts», die Liste der zu meldenden Verträge, den Zeitplan und die Form der Berichterstattung sowie die Personen, die Transaktionen melden sollen, festlegt.

Bibliographie

Barnett, J., Koshiyama, A.S. & Treleaven, P. (18. Juli 2017). *Algorithms and the Law*. Abgerufen am 10. Januar 2020 von <http://www.jeremybarnett.co.uk/algorithms-and-the-law>

Contratto, F. (2014). Hochfrequenzhandel und systemische Risiken - Risikovorsorge im Finanzmarktrecht gestützt auf das Vorsorgeprinzip. *GesKR*, 2, 143-160.

Financial Conduct Authority. (Februar 2018). *Algorithmic Trading Compliance in Wholesale Markets*. Abgerufen am 01. November 2019 von <https://www.fca.org.uk/publication/multi-firm-reviews/algorithmic-trading-compliance-wholesale-markets.pdf>

Keitsch, K., Bornhöft, N., Becker, J. & Wieland, A. (2017). Algorithmic Trading - Der Einsatz von Handelsalgorithmen in der Energiewirtschaft. *emw - Energie. Markt. Wettbewerb.*, 2, 48-51.

Tricentis. *AI Approaches Compared: Rule-Based Testing vs. Learning*. Abgerufen am 26. Februar 2020 von <https://www.tricentis.com/artificial-intelligence-software-testing/ai-approaches-rule-based-testing-vs-learning/>