

# Handelsvolumina und Preisvolatilität an den Day Ahead und Intraday Strommärkten mit Lieferort Schweiz, Deutschland und Frankreich: Belohnung für Flexibilität?

# Studie

Bern, Mai 2022

# Inhaltsverzeichnis

2	Ausba	au der erneuerbaren Energien in der Schweiz, Deutschland und Frankreich	6
3	Entwi	cklung der Handelsvolumina und Preisvolatilität am Day Ahead Markt	8
	3.1	Schweiz	8
	3.2	Deutschland	. 10
	3.3	Frankreich	. 11
4	Entwi	cklung der Handelsvolumina und Preisvolatilität am Intraday Markt	. 13
	4.1	Schweiz	. 14
	4.1.1	Intraday Auktionshandel (CH-IDA1 und CH-IDA2 Auktionen)	. 14
	4.1.2	Intraday kontinuierlicher Handel	. 17
	4.2	Deutschland	. 20
	4.2.1	Intraday Auktionshandel	. 20
	4.2.2	Intraday kontinuierlicher Handel	. 22
	4.3	Frankreich	. 25
5	Cross	s-Market Vergleich: Nettoerlöse eines Gaskraftwerks	. 28
6	Wert	der Flexibilität	. 30
7	Fazit.		. 32
Abb	oildung	gsverzeichnis	
Abbi	ldung 1:	Entwicklung der installierten Leistung und der tatsächlichen Windenergieproduktion in	der
	-	z von 2002 bis 2018	
Abbi	ldung 2:	Windkraftleistung in Deutschland pro Übertragungsnetzbetreiber 2001 bis 2031	6
Abbi	ldung 3:	Solarleistung in Deutschland 2001 bis 2031	7
		Wind und Solarleistung in Deutschland von 2001 bis 2031	
		Wind und Solarleistung in Frankreich von 2006 bis 2031	
	_	Box Plot für die Verteilung des Datensets	
	_	Box Plot für das stündliche Handelsvolumen an der Day Ahead Auktion Schweiz	
	_	Summe des jährlich gehandelten Volumens an der Day Ahead Auktion Schweiz	
	•	Box Plot für den stündlichen Spot Preis aus der EPEX Day Ahead Auktion Schweiz	
	•	D: Box Plot für das stündliche Handelsvolumen an der Day Ahead Auktion Deutschland	
	_	1: Summe des jährlich gehandelten Volumens an der Day Ahead Auktion Deutschland	
	_	2: Box Plot für den stündlichen Börsenpreis an der Day Ahead Auktion Deutschland	
	•	•	
	_	3: Box Plot für das stündliche Handelsvolumen an der Day Ahead Auktion Frankreich	
	_	4: Summe des jährlich gehandelten Volumens an der Day Ahead Auktion Frankreich	
	_	5: Box Plot für den stündlichen Börsenpreis an der Day Ahead Auktion Frankreich	
	_	6: Handelsvolumina der Intraday Mäkte an der EPEX SPOT	
	_	7: Box Plot für das stündliche Handelsvolumen an der CH IDA1 Intraday Auktion	
Abbi	ldung 18	8: Box Plot für das stündliche Handelsvolumen an der CH IDA2 Intraday Auktion	. 15
Abbi	ldung 19	9: Summe des jährlich gehandelten Volumens an der CH IDA1 Intraday Auktion	. 15
Abbi	ldung 20	0: Summe des jährlich gehandelten Volumens an der CH IDA2 Intraday Auktion	. 15
Abbi	ldung 21	1: Box Plot für den stündlichen Börsenpreis an der CH IDA 1 Intraday Auktion	. 16

Einführung ......5

EICom-D-048A3401/36 2/33

Abbildung 22: Box Plot für den stündlichen Börsenpreis an der CH IDA 2 Intraday Auktion
Abbildung 23: Box Plot für den stündlichen Börsenpreis an der CH IDA 1 Intraday Auktion vs Day Ahead Auktion Schweiz
Abbildung 24: Summe des jährlich gehandelten Volumens am Schweizer Intraday kontinuierlichen Handel für Stundenprodukte
Abbildung 25: Summe des jährlich gehandelten Volumens am Schweizer Intraday kontinuierlichen Handel für 30-Minuten Produkte
Abbildung 26: Summe des jährlich gehandelten Volumens am Schweizer Intraday kontinuierlichen Handel für 15-Minuten Produkte
Abbildung 27: Box Plot für den kontinuierlichen Intraday Index Preis für Stundenprodukte für Lieferort Schweiz
Abbildung 28: Box Plot für den kontinuierlichen Intraday Index Preis für 30-Minuten Produkte für Lieferort Schweiz
Abbildung 29: Box Plot für den kontinuierlichen Intraday Index Preis für 15-Minuten Produkte für Lieferort Schweiz
Abbildung 30: Preis Box Plot Day Ahead Index vs Intraday Hourly für Lieferort Schweiz
Abbildung 31: Summe des jährlich gehandelten Volumens an der 15-Minuten Intraday Auktion für Deutschland
Abbildung 32: Box Plot für das für jede 15 Minuten gehandelte Volumen an der Deutschland Intraday Auktion
Abbildung 33: Box Plot für den stündlichen Börsenpreis an Day Ahead Auktion vs an der 15-Minuten Intraday Auktion für Deutschland22
Abbildung 34: Summe des jährlich gehandelten Volumens am deutschen Intraday kontinuierlichen Handel für Stundenprodukte
Abbildung 35: Summe des jährlich gehandelten Volumens am deutschen Intraday kontinuierlichen  Handel für 30-Minuten Produkte
Abbildung 36: Summe des jährlich gehandelten Volumens am deutschen Intraday kontinuierlichen  Handel für 15-Minuten Produkte
Abbildung 37: Box Plot für den kontinuierlichen Intraday Index Preis für Stundenprodukte für Lieferort  Deutschland
Abbildung 38: Box Plot für den kontinuierlichen Intraday Index Preis für 30-Minuten Produkte für Lieferort Deutschland
Abbildung 39: Box Plot für den kontinuierlichen Intraday Index Preis für 15-Minuten Produkte für Lieferort Deutschland
Abbildung 40: Preis Box Plot Day Ahead Index vs Intraday Hourly für Lieferort Deutschland
Abbildung 41: Summe des jährlich gehandelten Volumens am französischen Intraday kontinuierlichen Handel für Stundenprodukte
Abbildung 42: Summe des jährlich gehandelten Volumens am französischen Intraday kontinuierlichen Handel für 30-Minuten Produkte
Abbildung 43: Box Plot für den kontinuierlichen Intraday Index Preis für Stundenprodukte für Lieferort Frankreich
Abbildung 44: Box Plot für den kontinuierlichen Intraday Index Preis für Stundenprodukte für Lieferort Frankreich
Abbildung 45: Preis Box Plot Day Ahead Index vs Intraday Hourly für Lieferort Frankreich27
Abbildung 46: Formel für die Berechnung der Grenzkosten
Abbildung 47: Einnahmen eines Gaskraftwerks mit 1 MW Leistung mit Wirkungsgrad 50% (links) und 60% (rechts) nach Markt (Day Ahead, Intraday Auktion, Intraday kontinuerlich) und nach Lieferperiode (stündlich vs. 15-Minuten)

EICom-D-048A3401/36 3/33

Abbildung 48: Einnahmen eines Gaskraftwerks mit 1 MW Leistung mit Wirkungsgrad 50% (links) und 60% (rechts) am Intraday Markt, nach Lieferperiode (Stündlich vs. 15-Minuten) und nach	
Referenzpreis (Index vs. Max Preis)2	9
Abbildung 49: Einnahmen Unterschiede zwischen den Märkten, links mit Wirkungsgrad 50% rechts mi Wirkungsgrad 60%3	
Abbildung 50: Trianel Flexindex Entwicklung seit Basisjahr 2017	1

ElCom-D-048A3401/36 4/33

#### 1 Einführung

In den letzten Jahren sind die erneuerbaren Energien stark ausgebaut worden. Wurden früher Handelsportfolien auf Basis von erneuerbaren Energien nur bis in den Day Ahead optimiert, werden Prognoseabweichungen zunehmend im Intraday auf Basis von algorithmischem Handel bis kurz vor Lieferung noch glattgestellt. Der Intraday Markt hat bei den Marktteilnehmern aufgrund der zunehmenden Entwicklung der erneuerbaren Energien und der automatisierten Handelsstrategien an Beliebtheit gewonnen.

Der zunehmend dezentral produzierte Strom kann zu technischen Herausforderungen im Netzbereich führen, dieser muss optimiert und ausgebaut werden, um Überlastungen zu vermeiden. Auch steigen die Anforderungen und die Möglichkeiten zur Erbringung der für einen stabilen Betrieb notwendigen Systemdienstleistungen. Zurzeit werden solche Dienstleistungen überwiegend durch konventionelle Kraftwerke bereitgestellt. Durch die Zunahme der Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energien nehmen die Zeitspannen, in denen konventionelle Kraftwerke aus dem Strommarkt verdrängt werden, zu. Die Teilnahme konventioneller Kraftwerke an anderen Mechanismen im kurzfristigen Bereich wie den Regelleistung- und Regelenergiemärkten (Primär, Sekundär und Tertiär), dem Mechanisme d'ajustement, dem Integrierten Markt, dem Redispatch (national und international) oder den internationalen Balancing Plattformen TERRE, MARI und PICASSO bleibt bestehen. Das Zusammenspiel mit den Day Ahead und Intraday Märkten muss im Hinblick auf die kontinuierliche Optimierung all dieser Mechanismen betrachtet werden, die darauf abzielt, die Hürden für den Markteintritt zu senken und letztlich bessere Teilnahmebedingungen für die Marktteilnehmer zu ermöglichen.

Die zunehmende Vernetzung und der überregionale Austausch im europäischen Strommarkt erhöhen die Anforderungen auf allen Netzebenen. Eine höhere Anzahl dezentraler Anlagen steigert den überregionalen Kommunikations- und Steuerungsbedarf.

Das Konzept der Flexibilität wird wahrscheinlich mit dem Vordringen grosser intermittierender erneuerbarer Kapazitäten eine noch grössere Rolle spielen.

Aufgrund der begrenzten Fähigkeit, den Strom zu speichern, der geringen Elastizität auf der Nachfrageseite und der ständigen Notwendigkeit, Angebot und Nachfrage aufeinander abzustimmen, können die Grosshandelspreise für Strom extreme Preisschwankungen mit positiven und negativen Preisspitzen erreichen.

Die zunehmende Marktkopplung und Verbindungsleitungen sorgen für eine stärkere Preiskonvergenz der europäischen Märkte. Der Bericht der Europäischen Kommission über Energiepreise und -kosten in Europa stellt fest, dass die Zunahme der erneuerbaren Energien zu einer Preissenkung an den Spotmärkten geführt hat (hier sind eventuell die aktuell hohen Spotpreise noch nicht mitberücksichtigt). Dennoch «werden die Preistrends insgesamt nach wie vor von Kohle- und Gaspreisen dominiert, die im Allgemeinen den Grenzpreis bestimmen» (Europäische Kommission, 2019).

Im Rahmen dieser Analyse soll aufgezeigt werden, wie sich die Handelsvolumina und Preise der kurzfristigen Märkte, des Day Ahead Markts und des Intraday Markts entwickelt haben. Es soll analysiert werden, ob die kurzfristigen Preisschwankungen auf diesen Märkten zugenommen haben und wie sich die Differenz der Preisschwankungen zwischen Day Ahead und Intraday Markt tendenziell entwickelt hat. Darüber hinaus sollen die Nettoerlöse für ein MW aus einem Gaskraftwerk, das auf Basis von Day Ahead oder Intraday Preisen hoch- und heruntergefahren werden kann, berechnet werden. Dies soll wichtige Inputs für den Wert der Flexibilität liefern.

EICom-D-048A3401/36 5/33

# 2 Ausbau der erneuerbaren Energien in der Schweiz, Deutschland und Frankreich

Die Schweiz zählte 2021 41 grosse Windkraftanlagen mit einer installierten Gesamtleistung von 87 MW. Die Stromproduktion aus Windkraft betrug im Jahr 2020 rund 146 GWh (Suisse Éole, 2020).

Dies ist im Vergleich zu Deutschland (Windkraftleistung 2020 ca. 65 GW) und Frankreich (Windkraftleistung 2020 ca.18.5 GW) sehr wenig.

Im Folgenden werden die Wind- und Solarleistungen von der Schweiz, Deutschland und Frankreich pro Jahr dargestellt.

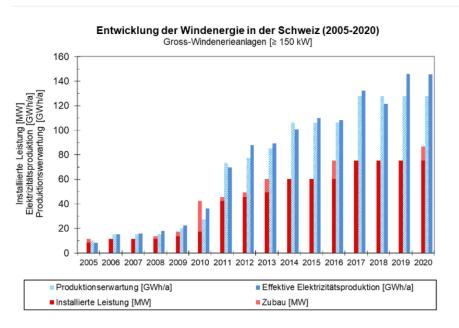


Abbildung 1: Entwicklung der installierten Leistung und der tatsächlichen Windenergieproduktion in der Schweiz von 2002 bis 2018 (Quelle: Suisse Éole 2020)

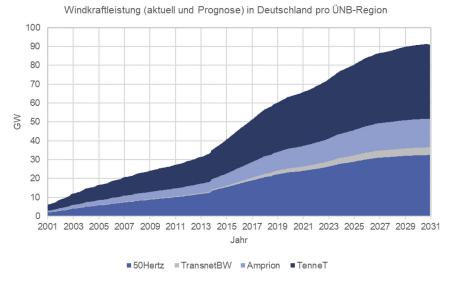


Abbildung 2: Windkraftleistung in Deutschland pro Übertragungsnetzbetreiber 2001 bis 2031 (Quelle: Refinitiv Power Research)

EICom-D-048A3401/36 6/33

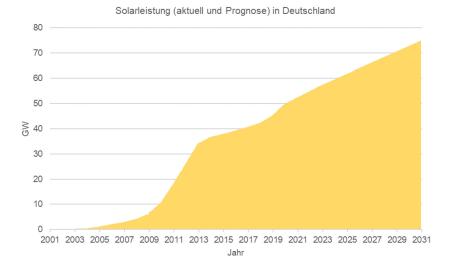


Abbildung 3: Solarleistung in Deutschland 2001 bis 2031 (Quelle: Refinitiv Power Research)

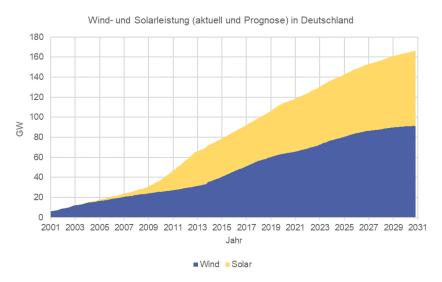


Abbildung 4: Wind und Solarleistung in Deutschland von 2001 bis 2031 (Quelle: Refinitiv Power Research)

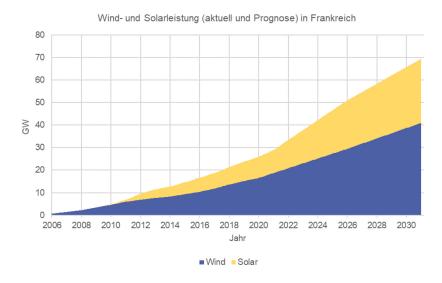


Abbildung 5: Wind und Solarleistung in Frankreich von 2006 bis 2031 (Quelle: Refinitiv Power Research)

EICom-D-048A3401/36 7/33

Das Bild ist in allen drei Ländern ähnlich, der Ausbau der erneuerbaren Energien nimmt stark zu. In Deutschland sind im Jahr 2021 fast 120 GW an Wind- und Solarleistung verfügbar. In Frankreich sind es fast 30 GW. Auf der Angebotsseite wird eine viel grössere Unsicherheit in das System eingebracht, während die Fähigkeit der Verbraucher, auf Preisschwankungen zu reagieren, nicht so stark zugenommen hat.

Diskrepanzen zwischen einem variablen Angebot und einer sehr unelastischen Nachfrage können zu einer höheren Preisvolatilität und Preisspitzen auf dem kurzfristigen Markt führen. Die Volatilität der kurzfristigen Preise kommt den flexiblen Ressourcen zu Gute, die in der Lage sind, schnell zu reagieren.

Deshalb wird im nächsten Abschnitt der Verlauf der Handelsvolumina und Preisvolatilität am Day Ahead und Intraday Markt untersucht.

#### 3 Entwicklung der Handelsvolumina und Preisvolatilität am Day Ahead Markt

In den folgenden Grafiken wird die jährliche Quartil-Verteilung des Datensets dargestellt. Die kastenartige Form im Diagramm ist der Interquartilsbereich (IQR), d. h. Q3-Q1. Dann wird mit den horizontalen Linien, die an der Box angebracht sind, das Minimum und Maximum der beobachteten Werte dargestellt. Handelt es sich beim Minimum und Maximum um Werte, die sehr weit vom Interquartilsbereich ausfallen, werden diese als Text dargestellt. Der Median in der Box deutet auch auf die Schiefe der Daten hin.

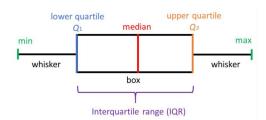


Abbildung 6: Box Plot für die Verteilung des Datensets

Zusätzlich wird der Mittelwert der Daten bei den unteren Preisgrafiken als gestrichelte schwarze Linie und als Zahl in der Box dargestellt.

#### 3.1 Schweiz

Beim Day Ahead Stromvolumen handelt es sich um die stündlichen Handelsvolumina, die an der EPEX SPOT Day Ahead Auktion Schweiz ausgeführt wurden. Bei Day Ahead Auktionen wird zur Bestimmung der Handelsvolumina, analog zu EPEX SPOT, das Maximum von Kauf oder Verkaufsvolumen pro Stunde ausgerechnet, danach wird die Summe über alle Stunden des Jahres gebildet.

Es ist gut zu sehen, dass das Maximum beim stündlichen Handelsvolumen von ca. 2 GWh im Jahr 2010 auf ca. 6.5 GWh im Jahr 2020 zugenommen hat (siehe Abbildung 7). Auch der Interquartilsbereich hat in den letzten Jahren zugenommen. Das minimal gehandelte Stundenvolumen an der Day Ahead Auktion Schweiz im Jahr 2020 entspricht in etwa dem Median des stündlich gehandelten Volumens in der Schweiz für das Jahr 2010. Seit 2015 ist das durchschnittliche stündliche Handelsvolumen in der Schweiz annähernd konstant. 2021 ist sowohl das Maximum, wie auch das Minimum, wie auch der Median beim stündlichen Handelsvolumen an der Day Ahead Auktion zurückgegangen.

EICom-D-048A3401/36 8/33

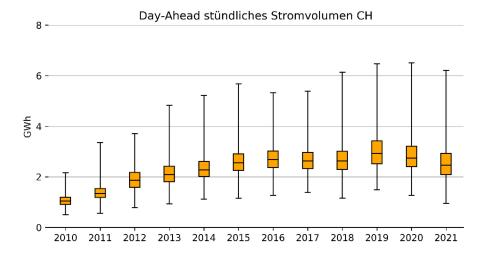


Abbildung 7: Box Plot für das stündliche Handelsvolumen an der Day Ahead Auktion Schweiz

In Abbildung 8 wird das gehandelte Volumen als Jahressumme betrachtet. Auch hier ist gut zu sehen, dass das gehandelte Volumen am Day Ahead Markt Schweiz stetig zugenommen hat. Das bisherige Maximum wurde im Jahr 2019 mit ca. 26 TWh erreicht. Die Jahre 2020 und 2021 waren wiederum leicht tiefer. Für 2020 womöglich eine Folge der Coronapandemie, aber der Trend 2021 deutet darauf hin, dass Schweizer verfügbare Handelsvolumina vermehrt in den Intraday Auktionsmärkten (also in kurzfristigeren Märkten) als am Day Ahead Markt verkauft werden. Die Auswertung der Volumina der Schweizer Intraday Auktionen (zum Beispiel CH-IT gekoppelte Intraday Auktion ab 2019) sind weiter unten zu sehen.

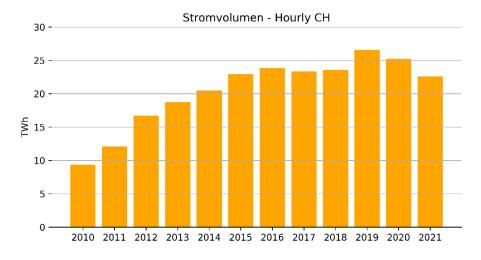


Abbildung 8: Summe des jährlich gehandelten Volumens an der Day Ahead Auktion Schweiz

Die jährliche Preisspanne der letzten Jahre wird in Abbildung 9 dargestellt. Der Interquartilsbereich hat in den letzten Jahren tendenziell abgenommen (Ausnahme 2021). Das heisst, die Preisdifferenz bei 75% der Stunden ist tendenziell kleiner. Jedoch scheinen in der Schweiz die Ausreisser nach unten zuzunehmen. Auch die Preisspanne zwischen dem maximalen Preis und dem minimalen Preis hat ab 2016 im Vergleich zu früher tendenziell zugenommen, vor allem, weil die Minima tiefer liegen. Die Analyse zu den negativen Preisen der ElCom hat bereits gezeigt, dass die Anzahl von negativen Preisen in den letzten Jahren zugenommen hat. Die Grafik unterstreicht aber auch das Ausnahmejahr in Bezug auf die Preise für 2021. Während in den Jahren zuvor der Median und der Mittelwert der Preise auf ähnlichem Preisniveau lagen, liegt im Jahr 2021 der Durchschnitt der Preise deutlich höher als der Median. Dies deutet auf eine linksschiefe Preisverteilung hin.

EICom-D-048A3401/36 9/33



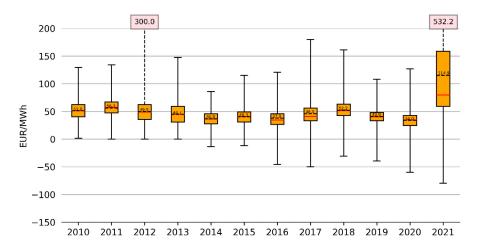


Abbildung 9: Box Plot für den stündlichen Spot Preis aus der EPEX Day Ahead Auktion Schweiz

#### 3.2 Deutschland

Interessanterweise zeigt die jährliche Quartil-Verteilung für die stündlichen Handelsvolumina an der Day Ahead Auktion mit Lieferort Deutschland ein anderes Bild als für die Schweiz. Wobei hier zu berücksichtigen ist, dass ab November 2018 die Gebotszone DE-AT an der Day Ahead Auktion getrennt wurde. Entsprechend sollten die stündlichen Handelsvolumina für Lieferort DE ab November 2018 tiefer ausfallen. Dennoch sind bereits ab 2015 tiefere Handelsvolumina zu erkennen. Sowohl die stündlichen Handelsvoluminawerte für das Minimum wie auch für das Maximum sind von 2010 bis 2013 stetig gestiegen. Für 2014 sind sie auf ähnlichem Niveau geblieben, während sie ab 2015 wieder stetig gefallen sind. Im Dezember 2014 wurde die 15-Minuten-Auktion auf dem deutschen Intraday Markt eingeführt, um ein zuverlässiges Preissignal auf Viertelstundenbasis bereitzustellen. Es ist davon auszugehen, dass ein Teil des bisher am stündlichen Day Ahead Markt gehandelten Volumens zugunsten der 15 Minuten Intraday Aukion verschoben wurde, um Portfolios während Vorhersageabweichungen und Produktionsrampen auf einer 15-Minuten-Basis anpassen zu können.

Der Interquartilsbereich hat in den letzten Jahren keine grossen Veränderungen durchgemacht. Ausser 2021, als sich der Median und die Quartilswerte Q1 und Q3 nach unten verschoben haben.

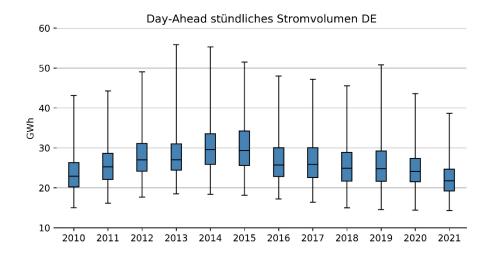


Abbildung 10: Box Plot für das stündliche Handelsvolumen an der Day Ahead Auktion Deutschland

EICom-D-048A3401/36 10/33

Das gehandelte Jahresvolumen an der Day Ahead Auktion Deutschland hat seit 2015 abgenommen, was womöglich wie bereits oben erwähnt im Zusammenhang mit der Einführung der 15 Minuten Intraday Auktion in Deutschland steht. Die Trennung der Strompreiszone Deutschland-Österreich im Oktober 2018 hat nicht zu einer Abnahme des an der Day Ahead Auktion Deutschland gehandelten Volumens in 2019 geführt. Hingegen ist 2020, wie auch 2021, eine leichte Abnahme des jährlichen gehandelten Stromvolumens festzustellen.

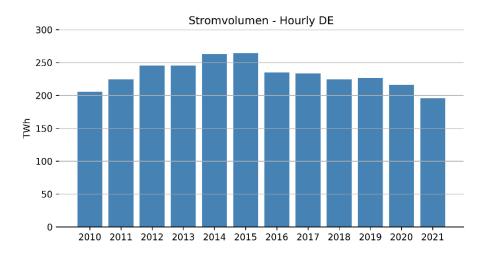
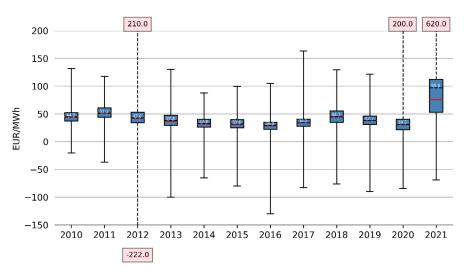


Abbildung 11: Summe des jährlich gehandelten Volumens an der Day Ahead Auktion Deutschland

Schaut man sich die Day Ahead Preise für Deutschland an, fällt auf, dass bis ins Jahr 2017 der Interquartilsbereich tendenziell abgenommen hat. Das heisst, die Preisdifferenz bei 75% der Stunden ist tendenziell kleiner geworden. Danach scheint dieser Wert wieder grösser zu werden. Dies könnte auch im Zusammenhang mit der Trennung der Preiszonen stehen. 2021 ist, wie auch in der Schweiz, ein Ausnahmejahr. Der Interquartilsbereich hat stark zugenommen, wobei die Zunahme im Vergleich zur Schweiz nicht so stark ausfiel. Die erneuerbaren Energien, insbesondere Wind, haben in Deutschland immer wieder dafür gesorgt, dass die Preise tiefer lagen als in der Schweiz.



Day-Ahead-Strompreis - Hourly DE

Abbildung 12: Box Plot für den stündlichen Börsenpreis an der Day Ahead Auktion Deutschland

#### 3.3 Frankreich

In Frankreich macht sich ab 2015 eine Änderung in der Quartil-Verteilung beim gehandelten Volumen bemerkbar. Der Interquartilsbereich ist ab 2015 deutlich breiter. Die Minimal- und Maximalwerte bei den

EICom-D-048A3401/36 11/33

stündlichen Handelsvolumina haben im Jahr 2015 stark zugelegt und sind dann bis 2017 stabil geblieben. Ab 2018 sind sowohl die Werte für Q1 und Q3 höher und ab 2015 fallen auch die Maximalwerte höher aus.

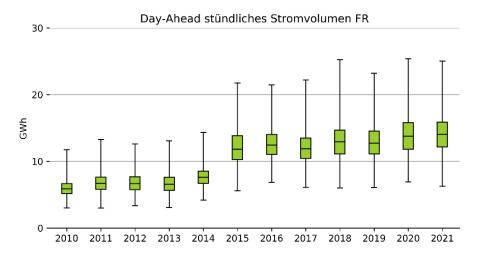


Abbildung 13: Box Plot für das stündliche Handelsvolumen an der Day Ahead Auktion Frankreich

Das gehandelte Jahresvolumen an der Day Ahead Auktion Frankreich hat von 2014 auf 2015 stark zugenommen und ist seitdem relativ stabil geblieben. Am 20. Mai 2015 wurde das Flow Based Market Coupling eingeführt. Dies hat sich womöglich stark auf die Handelsvolumina in Frankreich ausgewirkt. Die Handelsvolumina an der Day Ahead Auktion 2020 und 2021 haben in Frankreich im Vergleich zu 2019 anders als in der Schweiz und in Deutschland weiter zugenommen. Es ist zu erwähnen, dass es in Frankreich erst seit dem 14. Oktober 2020 eine Intraday Auktion in 30-minütiger Granularität gibt.

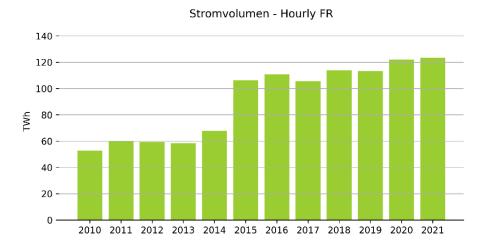


Abbildung 14: Summe des jährlich gehandelten Volumens an der Day Ahead Auktion Frankreich

Preislich zeigt sich für Frankreich, dass der Interquartilsbereich bis inkl. 2020 relativ stabil war. Auch der Median war manchmal höher, manchmal tiefer als im Vorjahr, blieb aber auf ähnlichem Preisniveau. Die Ausreisser nach unten haben in den letzten Jahren zugenommen. Das stündliche Maximum von 1'938.5 EUR/MWh im Jahr 2012 wurde im Jahr 2021 trotz hoher Preise noch nicht erreicht. Am 4. April 2022 wurde es dann aber übertroffen. Das Jahr 2021 sticht, wie bereits in Deutschland und der Schweiz, auch in Frankreich heraus.

EICom-D-048A3401/36 12/33

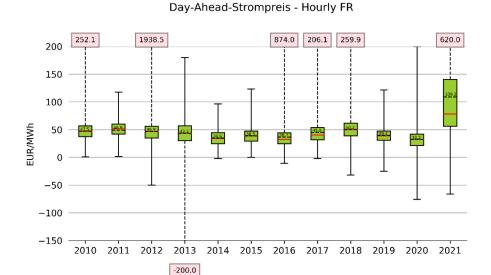


Abbildung 15: Box Plot für den stündlichen Börsenpreis an der Day Ahead Auktion Frankreich

### 4 Entwicklung der Handelsvolumina und Preisvolatilität am Intraday Markt

Der Intraday Markt ist unterteilt in kontinuierlichen Handel und Auktionshandel.

Er wird hauptsächlich verwendet für:

- Planung der Erzeugung und Anpassung von Käufen und Verkäufen näher an der Lieferung
- Management von Prognosefehlern oder unvorhergesehenen Ereignissen
- Anpassung von stündlichen Positionen an feinere Granularitäten (30 min oder 15 min)
- Anbieten von flexibler Erzeugung als Ersatz für erneuerbare Energien
- Ermöglichen von grenzüberschreitender Arbitrage und Handel

Die Handelsvolumina an den Intraday Märkten sind in den letzten Jahren im Ausland stetig gewachsen.

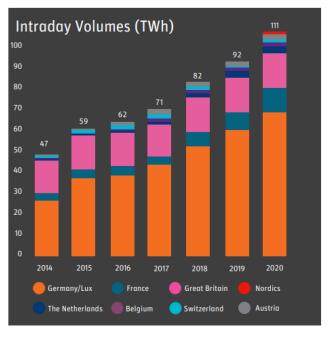


Abbildung 16: Handelsvolumina der Intraday Mäkte an der EPEX SPOT (Quelle: EPEX SPOT (2021))

EICom-D-048A3401/36 13/33

Im Folgenden sollen die Volumina und Preise der verschiedenen verfügbaren Produkte (60-Minuten, 30-Minuten, und 15-Minuten Laufzeiten) für die Schweiz, Deutschland und Frankreich untersucht werden.

#### 4.1 Schweiz

## 4.1.1 Intraday Auktionshandel (CH-IDA1 und CH-IDA2 Auktionen)

Um die tiefe Liquidität am Schweizer Intraday Markt nach der Einführung von XBID im Juni 2018 zu kompensieren hat EPEX SPOT für die Schweiz neue Intraday Auktionen geschaffen. Am 17. April 2019 für den Liefertag 18.04.2019 wurden implizite Intraday Auktionen an der italienisch-schweizerischen Grenze in Betrieb genommen. Es handelt sich dabei um zwei Auktionen:

- CH IDA 1: wobei bis 16:30 Uhr Stundengebote abgegeben werden können für Stromlieferungen für alle Stunden am nächsten Tag
- CH IDA 2 wobei bis 11:15 Uhr Stundengebote abgegeben werden können für Stromlieferungen am gleichen Tag von Stunde 16 bis 24 d.h. von 15:00 Uhr bis 24:00 Uhr.

Durch die Einführung des Local Implementation Project (LIP 14) und der Single Intraday Coupling (SIDC) in Italien am 21. September 2021 konnten die impliziten Intraday Auktionen an den schweizerischitalienischen Grenzen technisch nicht mehr durchgeführt werden. Ab dem 21. September 2021 wurden somit die impliziten Auktionen in explizite Auktionen umgewandelt. Kapazitäten an den schweizerischitalienischen Grenzen mussten neu explizit im Voraus über JAO auktioniert werden. Auch der Zeitpunkt, bis wann Gebote abgegeben werden können und die Stunden, für die in der CH IDA 2 Auktion geboten werden kann, wurden angepasst. Neu gilt:

- CH IDA 1: wobei bis 17:40 Uhr Stundengebote abgegeben werden können für Stromlieferungen für alle Stunden am nächsten Tag
- CH IDA 2 wobei bis 10:30 Uhr Stundengebote abgegeben werden können für Stromlieferungen am gleichen Tag von Stunde 13 bis 24 d.h. von 12:00 Uhr bis 24:00 Uhr.

Bei Intraday Auktionen wird zur Bestimmung der Handelsvolumina, analog zu EPEX SPOT, das Maximum von Kauf oder Verkaufsvolumen pro Lieferperiode ausgerechnet, danach wird die Summe aller Lieferperioden des Jahres gebildet. Abbildung 19 und Abbildung 20 zeigen gut, dass das jährliche Handelsvolumina 2021 der IDA1 und IDA2 Auktionen deutlich tiefer lag als 2020. Der Wechsel am 21. September 2021 von einer impliziten auf eine explizite Auktion hat sicherlich dazu beigetragen. Die Box Plots der stündlichen Handelsvolumina (Abbildung 17 und Abbildung 18) verdeutlichen aber auch die Illiquidität der CH IDA1 und CH IDA2 Auktionen. In vielen Stunden liegt das Markträumungsvolumen bei der Auktion bei 0.

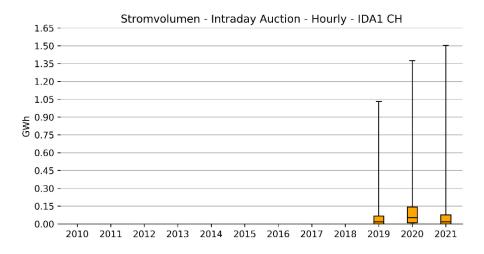


Abbildung 17: Box Plot für das stündliche Handelsvolumen an der CH IDA1 Intraday Auktion

ElCom-D-048A3401/36 14/33

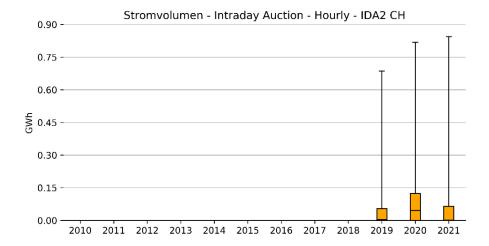


Abbildung 18: Box Plot für das stündliche Handelsvolumen an der CH IDA2 Intraday Auktion

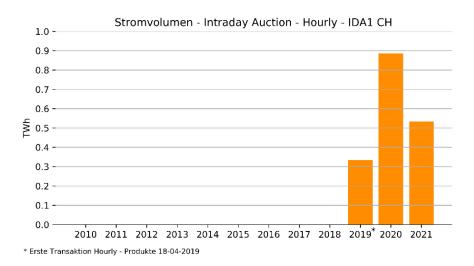


Abbildung 19: Summe des jährlich gehandelten Volumens an der CH IDA1 Intraday Auktion

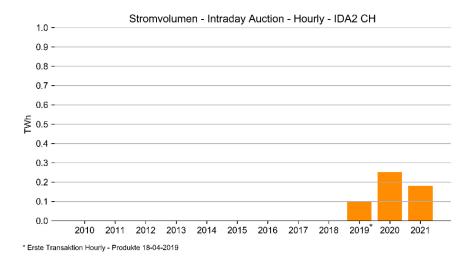


Abbildung 20: Summe des jährlich gehandelten Volumens an der CH IDA2 Intraday Auktion

Ein Vergleich zu den Day Ahead Stundenpreisen zeigt aber, dass an der CH IDA1 und CH IDA2 höhere Minima und höhere Maxima möglich sind. Da an der CH IDA2 nicht alle Stunden für den entsprechenden

EICom-D-048A3401/36 15/33

Liefertag auktioniert werden, ist ein direkter Vergleich mit den Day Ahead Preisen in Bezug auf Interquartilsbereich, Median und Mittelwert nur mit CH IDA1 sinnvoll, und dies erst ab 2020 (da die Auktion erst im April 2019 eingeführt wurde). Der Interquartilsbereich ist ähnlich, der Mittelwert der Preise liegt bei der CH IDA1 Auktion sowohl für 2020 (34.6 vs 34) als auch für 2021 (118.4 vs 114.9) leicht höher.

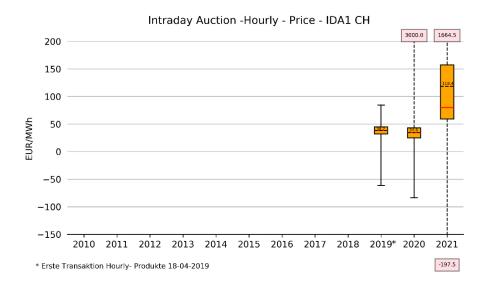


Abbildung 21: Box Plot für den stündlichen Börsenpreis an der CH IDA 1 Intraday Auktion

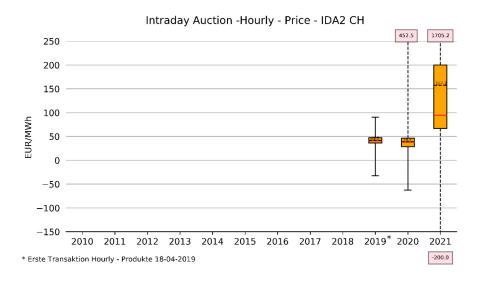


Abbildung 22: Box Plot für den stündlichen Börsenpreis an der CH IDA 2 Intraday Auktion

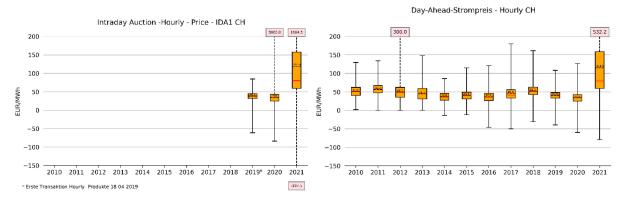


Abbildung 23: Box Plot für den stündlichen Börsenpreis an der CH IDA 1 Intraday Auktion vs Day Ahead Auktion Schweiz

EICom-D-048A3401/36 16/33

#### 4.1.2 Intraday kontinuierlicher Handel

Die Liquidität am Schweizer Intraday Markt hat seit der Einführung von XBID am 12. Juni 2018 stark abgenommen. Die folgenden Grafiken stellen die Handelsvolumina und Preise am Schweizer kontinuierlichen Intraday Markt dar. Der Schweizer Intraday kontinuerliche Handel begann im Jahr 2013. Beim Intraday kontinuerlichen Handel wird das Handelsvolumina analog zu EPEX SPOT als Durchschnitt zwischen Kauf Volumina und Verkaufsvolumina für jede Lieferperiode ausgerechnet. Danach wird die Summe aller Lieferperioden über das Jahr gebildet.

Es ist festzustellen, dass der Intraday Handel in der Schweiz mit Handelsprodukten in tieferer Granularität (30-Minuten (Handelseinführung in 2017) und 15-Minuten (Handelseinführung in 2013)) seit der Einführung von XBID fast inexistent ist. In 2019 wurde beim 15-Minuten Lieferprodukt lediglich an zwei Lieferperioden 5MW gehandelt, 2020 fand überhaupt kein Handel statt und 2021 wurden über das ganze Jahr 120 MWh gehandelt. Beim 30-Minuten-Produkt fand seit 2019 kein Handel statt. Dies ist ein deutlicher Nachteil für die Flexibilitätsvermarktung in der Schweiz.

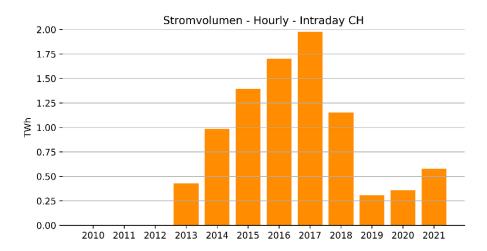
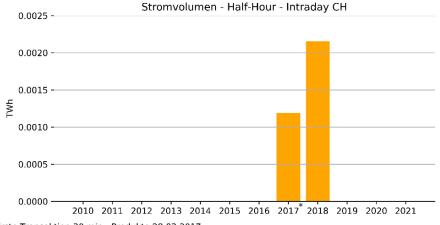


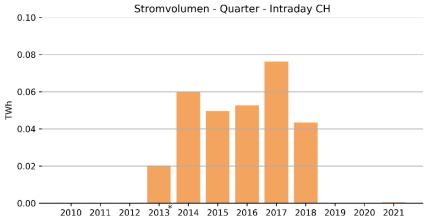
Abbildung 24: Summe des jährlich gehandelten Volumens am Schweizer Intraday kontinuierlichen Handel für Stundenprodukte



\* Erste Transaktion 30 min - Produkte 28.03.2017

Abbildung 25: Summe des jährlich gehandelten Volumens am Schweizer Intraday kontinuierlichen Handel für 30-Minuten Produkte

EICom-D-048A3401/36 17/33



\* Erste Transaktion 15 min - Produkte 26.06.2013

Abbildung 26: Summe des jährlich gehandelten Volumens am Schweizer Intraday kontinuierlichen Handel für 15-Minuten Produkte

In Bezug auf die Preise werden nun die Index Preise am Intraday Markt (bei EPEX SPOT als ID-Full bezeichnet) für die verschiedenen Handelsprodukte dargestellt. Der IDFull 60-min-Index basiert nur auf stündlichen Abschlüssen. Jeder stündliche Index ist ein volumengewichteter Durchschnitt der Preise aller Trades für eine bestimmte Lieferstunde und ein bestimmtes Marktgebiet. Findet aber im Intraday Stundenprodukt kein Handel oder nur wenig Handel statt (<10 MW), dann wird der Intraday Stunden Index Preis gleich dem Day Ahead Index Preis gesetzt.

Der IDFull 15-Minuten-Index basiert ausschliesslich auf 15-Minuten-Geschäften. Jeder 15-Minuten-Index ist ein volumengewichteter Durchschnitt der Preise aller Abschlüsse für eine bestimmte 15-minütige Lieferperiode in einem bestimmten Marktgebiet. Fürs Marktgebiet Deutschland wird, wenn weniger als 10 MW gehandelt werden, der Intraday Auktionswert (Intraday Auktion 15-Minuten) verwendet. Für die anderen Marktgebiete gilt: Wenn weniger als 10MW in einem bestimmten 15-Minuten-Zeitraum gehandelt werden, wird eine arithmetische Regel angewendet, um sich am Intraday stündlichen Index für diesen spezifischen 15-Minuten-Zeitraum in dem betreffenden Marktgebiet anzugleichen. Bei der Index-Bestimmung für den 30-Minuten-Kontrakt wird analog vorgegangen wie beim 15-Minuten-Kontrakt (andere Marktgebiete). Auch für Deutschland wird diese Berechnung vorgenommen.

Fürs Marktgebiet Schweiz und 15-Minuten Intraday Handelsprodukte sind in den EPEX SPOT Files erst ab Dezember 2019 Index Preise angegeben. Deshalb wurde für die vorherigen Jahre 2013-2018 auf Basis des volumengewichteten Durchschnitts der Preise aller Transaktionen der Index gebildet, wobei Lieferperioden, in denen kein Handel stattfand, nicht berücksichtigt wurden.

Fürs Marktgebiet Deutschland und 15-Minuten Intraday Handelsprodukte sind in den EPEX SPOT Files erst ab 2015 Index Preise vorhanden. Deshalb wurde für die vorherigen Jahre 2011-2014 auf Basis des volumengewichteten Durchschnitts der Preise aller Transaktionen der Index gebildet, wobei Lieferperioden, in denen kein Handel stattfand, nicht berücksichtigt wurden.

EICom-D-048A3401/36 18/33

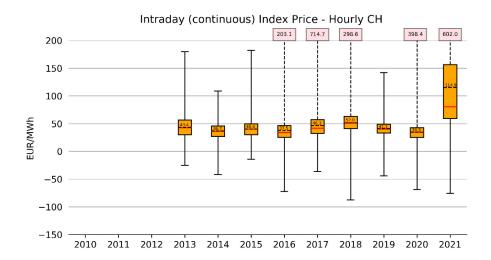


Abbildung 27: Box Plot für den kontinuierlichen Intraday Index Preis für Stundenprodukte für Lieferort Schweiz

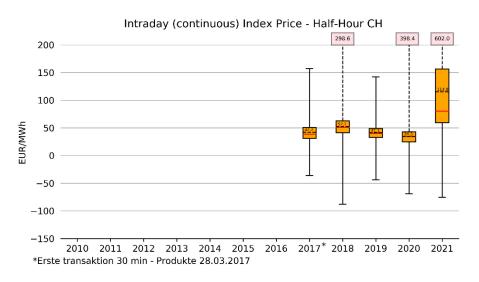


Abbildung 28: Box Plot für den kontinuierlichen Intraday Index Preis für 30-Minuten Produkte für Lieferort Schweiz

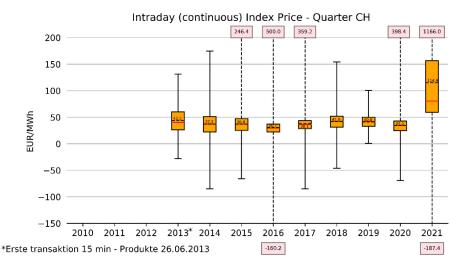


Abbildung 29: Box Plot für den kontinuierlichen Intraday Index Preis für 15-Minuten Produkte für Lieferort Schweiz

Für die Schweiz haben die Preise bei den Stundenprodukten, den 30-Minuten-Produkten und den 15-Minuten-Produkten meistens das gleiche Preisniveau (eine Ausnahme bildet der Maximumpreis beim

EICom-D-048A3401/36 19/33

15-Minuten Intraday Produkt 2021). Der Jahresmittelwert der Index Preise ist für alle drei Intraday-Handelsprodukte (Stunde, 30 Minuten, 15 Minuten) für 2020 und 2021 sehr ähnlich. Dies ist nicht, weil diese Produkte auf gleichem Preisniveau handeln, sondern weil bei den 15-Minuten- und 30-Minuten-Produkten kaum gehandelt wurde und auf die Preispolitik für die Bestimmung des Indexpreises der EPEX SPOT zurückzuführen (siehe oben). Dies ist ein weiteres Zeichen der Illiquidität am Schweizer Intraday Markt.

Beim Vergleich der Box Plots für den Schweizer Day Ahead und den Schweizer Intraday Markt Stundenprodukt (unten nochmals nebeneinander gestellt) ist festzustellen, dass am Intraday Markt höhere Maxima und tiefere Minima erreicht werden. Seit Einführung von XBID (2018) sind die Preisabweichungen zwischen dem Day Ahead Markt und dem Intraday Markt deutlich geringer. Vor 2018 waren die Jahresmittelwerte, die Mediane und die Interquartilbereiche auf dem Intraday Markt deutlich unterschiedlicher als nach 2018.

Für Kraftwerksbetreiber mit viel Flexibilität können allenfalls am Intraday Markt bessere Preise erzielt werden, denn dort werden sie für ihre Flexibilität belohnt. Sie können von höheren Maxima und tieferen Minima profitieren. Flexible Kraftwerke profitieren von grossen Preisschwankungen zwischen Day Ahead und Intraday Markt. Sie können allenfalls am Day Ahead Markt bereits verkaufte Kraftwerke am Intraday Markt unter Grenzpreis wieder zurückkaufen oder am Day Ahead Markt noch nicht verkaufte Kraftwerke (weil Day Ahead Preis unter Grenzpreis des Kraftwerks lag) am Intraday Markt verkaufen. Seit 2018 hat aber nicht nur die Liquidität am Schweizer Intraday Markt abgenommen (Handelsvolumina) sondern auch die Preisdifferenzen zwischen Day Ahead und Intraday Markt. Flexible Kraftwerke können somit ihre Flexibilität in der Schweiz nicht mehr so gut vermarkten und sind noch mehr auf das Ausland angewiesen.

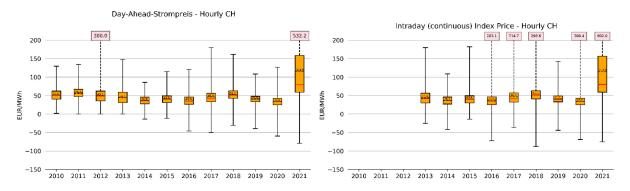


Abbildung 30: Preis Box Plot Day Ahead Index vs Intraday Hourly für Lieferort Schweiz

### 4.2 Deutschland

#### 4.2.1 Intraday Auktionshandel

Für Lieferort Deutschland findet am Vortag um 15:00 Uhr eine 15-Minuten-Auktion statt. EPEX SPOT bezeichnet solche Auktionen als Intraday Auktionen, obwohl diese am Vortag stattfinden. Dabei können Marktteilnehmer ihre stündlichen Positionen bereits am Vortag in feineren Granularitäten ausgleichen.

Die Handelsvolumina zeigen, dass zwischen 2015 und 2021 das jährliche Handelsvolumina an der 15-Minuten Intraday Auktion Deutschland um ca. 3.5 TWh zugelegt hat.

EICom-D-048A3401/36 20/33

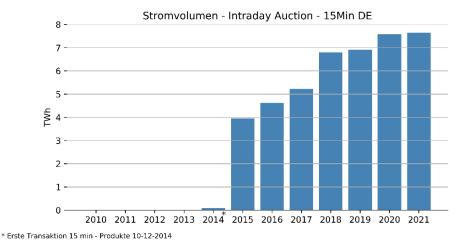


Abbildung 31: Summe des jährlich gehandelten Volumens an der 15-Minuten Intraday Auktion für Deutschland

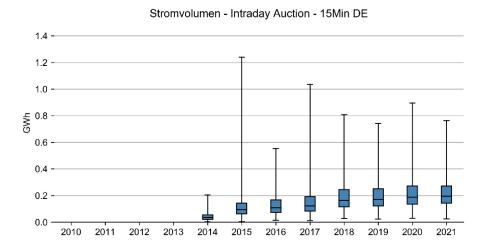


Abbildung 32: Box Plot für das für jede 15 Minuten gehandelte Volumen an der Deutschland Intraday Auktion

Bei den Preisen sieht man, dass sich die Preismittelwerte, der Median und die Interquartilsbereiche ähnlich verhalten wie bei der stündlichen Day Ahead Auktion. Dies ist nicht verwunderlich, denn die 15-Minuten Auktion findet lediglich drei Stunden nach der Day Ahead Auktion statt. Und der Mittelwert der vier 15-Minuten Produkte orientiert sich am Stundenpreis der Day Ahead Auktion. Dennoch zeigt die Grafik, dass in der 15-Minuten Auktion höhere Maxima und tiefere Minima erreicht werden. Einzelne 15-Minuten Produkte werden deutlich höher gehandelt als das entsprechende Stundenprodukt. Kann ein Kraftwerk nur im Stundenmodus fahren und liegt der Grenzpreis unter dem Stundenpreis, wird es im Day Ahead nicht abgerufen. Kann es aber flexibel auch in der 15-Minuten Granularität hochgefahren werden, kann das Kraftwerk in der Viertelstunde, die über dem Stundenpreis der Day Ahead Auktion und auch über dem Grenzpreis des Kraftwerks liegt, seine Energie verkaufen.

Es ist festzustellen, dass die Preisspanne bei den 15-Min-Produkten der 15-Min-Auktion höher ist als bei den Stundenprodukten der Day Ahead Auktion. Dies widerspiegelt einen Flexibilitätszuschlag, «die Rampenfähigkeit», die mit den technischen Eigenschaften der Anlage und ihrer Optimierung zusammenhängen und bereits in der Day Ahead Phase durch Auktionen mit 15-Min-Produkten bepreist werden.

EICom-D-048A3401/36 21/33

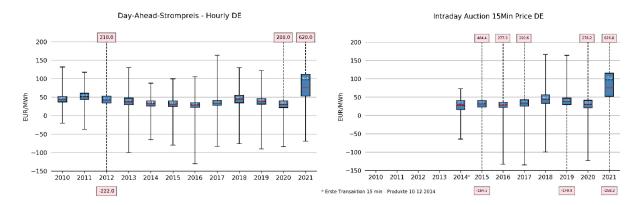


Abbildung 33: Box Plot für den stündlichen Börsenpreis an Day Ahead Auktion vs an der 15-Minuten Intraday Auktion für Deutschland

# 4.2.2 Intraday kontinuierlicher Handel

Im Folgenden werden Handelsvolumina und Preise am deutschen kontinuierlichen Intraday Markt dargestellt.

Nach wie vor werden am deutschen kontinuierlichen Intraday Markt vor allem Stundenprodukte gehandelt (die erste Transaktion am kontinuerlichen Intraday Markt Stundenprodukt Deutschland fand am 3. Oktober 2001 statt). Die jährlichen Handelsvolumina bei den Stundenprodukten haben stetig zugenommen und erreichten 2021 fast die 50 TWh. 15-Minuten Produkte werden auch in Deutschland viel gehandelt und erreichten 2021 das Maximum mit ca. 12.8 TWh. Von 2019 bis 2021 hat sich das jährliche Handelsvolumen beim 15-Minuten Produkt in Deutschland fast verdoppelt. Dies verdeutlicht den Trend zu immer kurzfristigeren Lieferprodukten. Der Intraday Markt gewinnt in Deutschland stark an Bedeutung, während er in der Schweiz seit 2018 stark eingebüsst hat.

30-Minuten Kontrakte werden in Deutschland am kontinuierlichen Intraday Markt auch gehandelt, aber volumenmässig scheinen diese nicht so relevant zu sein.

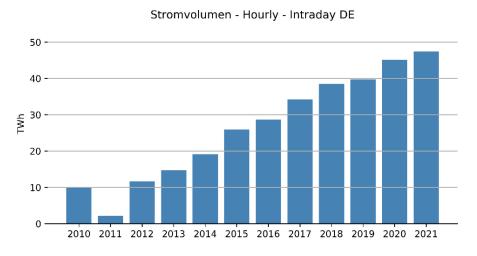


Abbildung 34: Summe des jährlich gehandelten Volumens am deutschen Intraday kontinuierlichen Handel für Stundenprodukte

ElCom-D-048A3401/36 22/33

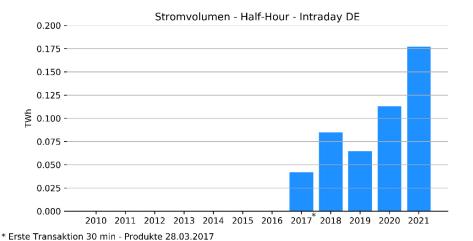


Abbildung 35: Summe des jährlich gehandelten Volumens am deutschen Intraday kontinuierlichen Handel für 30-Minuten Produkte

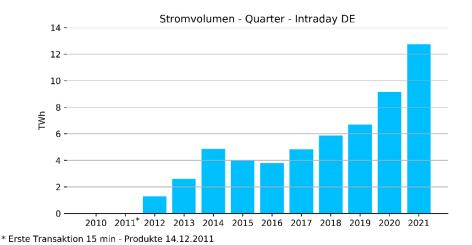


Abbildung 36: Summe des jährlich gehandelten Volumens am deutschen Intraday kontinuierlichen Handel für 15-Minuten Produkte

Der deutsche Intraday Markt gilt als einer der liquidesten in Europa. Der Vergleich der Index-Preise der verschiedenen Intraday Produkte sollte somit gute Erkenntnisse liefern über die zusätzlichen Einnahmen, die ein Kraftwerksbetreiber mit einer grösseren Flexibilität (und der somit in der Lage ist, die Assets in kürzerer zeitlicher Granularität einzustellen) erzielen kann.

Es zeigt sich, dass bei 30-Minuten und 15-Minuten Produkten höhere Maxima und tiefere Minima erreicht werden, als in den Stundenprodukten im Intraday Markt Deutschland. Marktteilnehmer, die in der Lage sind, ihre Kraftwerke mit kürzerer zeitlicher Granularität zu fahren, werden mit besseren Preisen als bei den Stundenprodukten belohnt. Dass sich die Mittelwerte nicht stark unterscheiden, hat aber auch mit Arbitragemöglichkeiten zu tun. Der Durchschnitt der gehandelten 15-Minuten oder der 30-Minuten Produkte für die gleiche stündliche Lieferperiode sollte dem Stundenpreis entsprechen. Falls nicht, kann ein Händler mittels Arbitrage (Kauf von vier 15-Minuten Produkten für die entsprechende Stunde und Verkauf des Stundenprodukts) einen risikofreien Gewinn erzielen. Solche Arbitragemöglichkeiten werden von Marktteilnehmern schnell erkannt und in Anspruch genommen.

EICom-D-048A3401/36 23/33

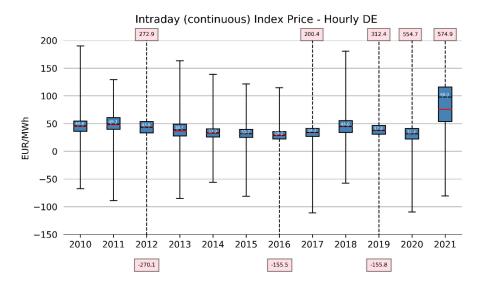


Abbildung 37: Box Plot für den kontinuierlichen Intraday Index Preis für Stundenprodukte für Lieferort Deutschland

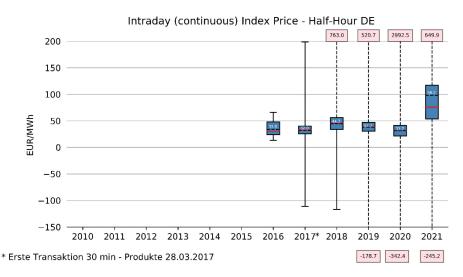


Abbildung 38: Box Plot für den kontinuierlichen Intraday Index Preis für 30-Minuten Produkte für Lieferort Deutschland

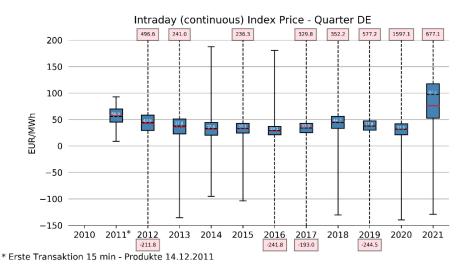


Abbildung 39: Box Plot für den kontinuierlichen Intraday Index Preis für 15-Minuten Produkte für Lieferort Deutschland

EICom-D-048A3401/36 24/33

Auch der Vergleich Day Ahead Stundenprodukt vs. Intraday Stundenprodukt zeigt, dass sich preislich die Flexibilität durchaus lohnt. Zwar wurde im Jahr 2021 der höchste Stundenpreis in der Day Ahead Auktion erreicht, aber ansonsten wurden stets im Intraday höhere Maxima und tiefere Minima erreicht.

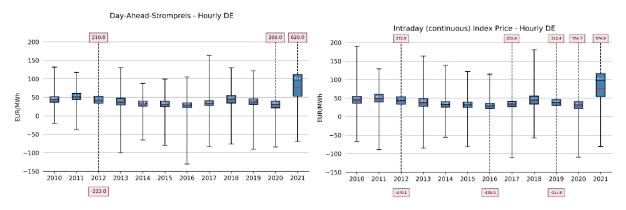


Abbildung 40: Preis Box Plot Day Ahead Index vs Intraday Hourly für Lieferort Deutschland

#### 4.3 Frankreich

Für Lieferort Frankreich findet seit Oktober 2020 am Vortag um 14:30 Uhr eine Auktion für 30-Minuten Lieferprodukte statt, die komplementär zur stündlichen Day Ahead Auktion, die am Vortag um 12:00 Uhr stattfindet, ist. Da diese Auktion erst seit einem Jahr im Einsatz ist, wird auf eine Analyse der Preise und Volumina für den Intraday Auktionshandel verzichtet und für Frankreich konzentriert sich diese Analyse lediglich auf den kontinuierlichen Intraday Handel.

Am französischen Intraday Markt werden lediglich Handelsprodukte in Stunden oder 30-Minuten Granularität gehandelt. 15-Minuten Produkte werden in Frankreich zurzeit nicht gehandelt. Es ist aber davon auszugehen, dass mit zunehmenden Mengen an erneuerbaren Energien hier der Bedarf und Nutzen von 15-Minuten Handelsprodukten in Frankreich steigen wird. Der Handel mit 30-Minuten Produkten wurde 2017 eingeführt.

Die jährlichen Handelsvolumina bei den Stundenprodukten in Frankreich haben stetig, vor allem zwischen 2017 und 2020, stark zugenommen und erreichten im Jahr 2020 fast 10 TWh. Erst 2021 war das jährliche Handelsvolumen leicht tiefer als im Vorjahr. Dies zeigt, dass die Einführung der lokalen Intraday Auktion in Frankreich ab Oktober 2020 sich womöglich auf die stündlichen Handelsvolumina im kontinuierlichen Intraday Markt ausgewirkt hat. Der kontinuierliche Handel mit 30-Minuten Produkten ist zwar volumenmässig noch gering, ist aber 2021 im Vergleich zu 2020 stark gewachsen. Die Flexibilität, welche kurzfristigere Produkte bieten, wird zunehmend genutzt.

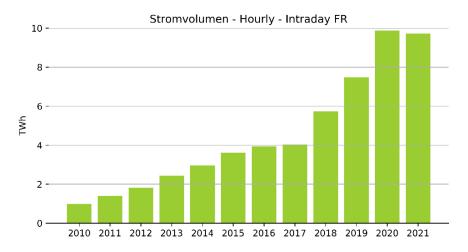
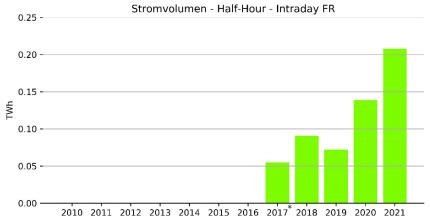


Abbildung 41: Summe des jährlich gehandelten Volumens am französischen Intraday kontinuierlichen Handel für Stundenprodukte

EICom-D-048A3401/36 25/33



<sup>\*</sup> Erste Transaktion 30 min - Produkte 28.03.2017

Abbildung 42: Summe des jährlich gehandelten Volumens am französischen Intraday kontinuierlichen Handel für 30-Minuten Produkte

In Bezug auf Preise zeigt sich in Frankreich das gleiche Bild wie für Deutschland und die Schweiz. Bei Intraday Produkten mit tieferer zeitlicher Granularität (30-Minuten Produkte) werden höhere Maxima und tiefere Minima gehandelt.

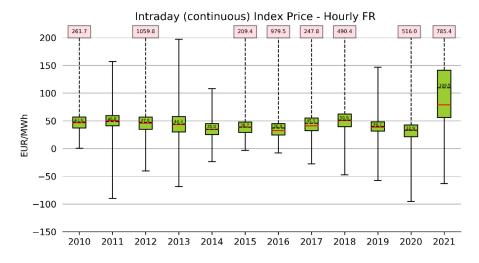


Abbildung 43: Box Plot für den kontinuierlichen Intraday Index Preis für Stundenprodukte für Lieferort Frankreich

EICom-D-048A3401/36 26/33

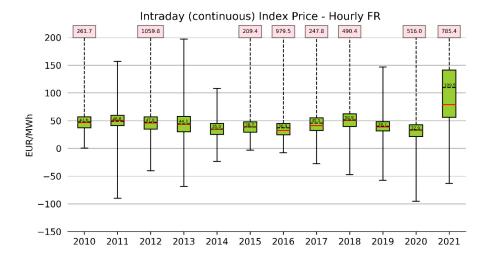


Abbildung 44: Box Plot für den kontinuierlichen Intraday Index Preis für Stundenprodukte für Lieferort Frankreich

Auch der Vergleich Day Ahead versus Intraday zeigt, dass kurzfristige Flexibilität mit höheren Preisen belohnt wird.

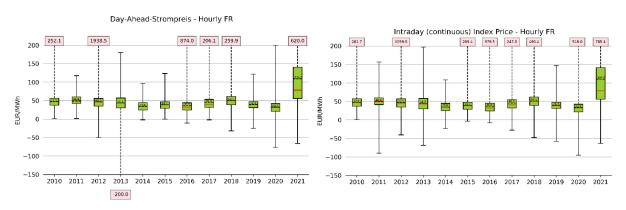


Abbildung 45: Preis Box Plot Day Ahead Index vs Intraday Hourly für Lieferort Frankreich

EICom-D-048A3401/36 27/33

#### 5 Cross-Market Vergleich: Nettoerlöse eines Gaskraftwerks

Im Folgenden werden die Nettoerlöse für ein MW aus einem Gaskraftwerk berechnet, das auf Basis von Day Ahead oder Intraday Preisen hoch- und heruntergefahren werden kann. Liegt der Börsenpreis über den Grenzkosten des Gaskraftwerkes, erzielt das Kraftwerk die Differenz zwischen dem Markträumungspreis und seinen Grenzkosten als Erlös. Wenn der Preis unter den Grenzkosten liegt, produziert das Kraftwerk nicht und hat einen Gewinn von Null. Dies ist ein einfaches Modell, welches weder die technischen Beschränkungen des Kraftwerks berücksichtigt (min. An-/Abfahrzeit, Rampen, Effizienzschwankungen, ...) noch die Auswirkung der Kraftwerksverfügbarkeit auf den Markträumungspreis. Die Anfahrtszeiten sind insbesondere für GuD Kraftwerke in der Regel höher als 15 Minuten. Läuft das Kraftwerk aber schon, kann die Leistung relativ rasch erhöht werden.

Für die Berechnung der Grenzkosten (Short Run Marginal Cost in EUR/MWh) wurde nachfolgende Formel angewendet, wobei Fuel Price den Brennstoffpreis, WG den Wirkungsgrad, El die Emissionsintensität, HV (Heating Value) den Heizwert und O&M (Operation and Maintenance) Costs die Betriebs- und Wartungskosten bezeichnen.

$$GK[\mathfrak{S}/MWh] = -\frac{FuelPrice[\mathfrak{S}/GJ]}{WG} \cdot 3.6[GJ/MWh] + -\frac{CO_{2,FEUA}[\mathfrak{S}/tCO2] \cdot EI[tCO2/GJ]}{WG} \cdot 3.6[GJ/MWh] + -O\&M_{Costs}[\mathfrak{S}/MWh] \\ FuelPrice[\mathfrak{S}/GJ] = \frac{FuelPrice[\mathfrak{S}/t]}{HV[GJ/t]}$$

Abbildung 46: Formel für die Berechnung der Grenzkosten

Beim Fuel Price wurde der Einfachheit halber der rollierende Frontmonatskontrakt TTF genommen<sup>1</sup>. Es kann aber durchaus sein, dass der Gaspreis für den Day Ahead eventuell einen besseren Referenzpreis darstellt. Es stellt sich hier die Frage auf welcher Basis einen Kraftwerksoptimierer seine Grenzpreise definiert, sind es Day Ahead Preise, Frontmonatspreise oder tatsächliche Einkaufspreise.

Aufgrund der höheren Marktliquidität wird die Berechnung nur für Deutschland ausgeführt, dort aber für alle Märkte, kontinuierlich oder Auktion, stündlich oder viertelstündlich.

Die tiefe Liquidität in den Schweizer Intraday Auktionen und dem kontinuierlichen Handel und die daraus errechneten Indices könnten hier die Aussagekraft für den Wert der Flexibilität verfälschen.

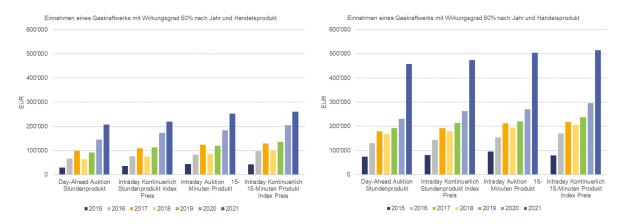


Abbildung 47: Einnahmen eines Gaskraftwerks mit 1 MW Leistung mit Wirkungsgrad 50% (links) und 60% (rechts) nach Markt (Day Ahead, Intraday Auktion, Intraday kontinuerlich) und nach Lieferperiode (stündlich vs. 15-Minuten)

EICom-D-048A3401/36 28/33

.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> HV wurde auf 0.1055 GJ/therm gesetz. EI auf 0.056 TCO2 /GJ und O&M auf 4.1 EUR/MWh

Abbildung 47 bestätigt einerseits, dass die Einnahmen im Kurzfristhandel seit 2015 stetig zugenommen haben (Ausnahme 2018) und ein höherer Wirkungsgrad (von 50% auf 60%) die Einnahmen an den Kurzfristmärkten teilweise verdoppelt. Im Jahr 2021 hätten Gaskraftwerksbetreiber, trotz der sehr hohen Gaspreise, hohe Einnahmen generieren können.

Im Durchschnitt (auf Basis vom Intraday Full Index) führt das Intraday Stundenprodukt zu höheren Einnahmen als das Stundenprodukt im Day Ahead Markt. Die kurzfristigere Flexibilität wird hiermit entlohnt.

Die Einnahmen bei der 15-Minuten Intraday Auktion fallen auch höher aus als die Einnahmen an der Day Ahead Auktion, obwohl die Auktionen nur mit 3 Stunden Verzögerungen, beide am Vortag, stattfinden. Sie sind auch leicht höher als die Einnahmen am kontinuierlichen Intraday Stundenmarkt. Dies zeigt, dass belohnt wird, wer in der Lage ist, in einer kürzeren Granularität sein Kraftwerk hoch- und runterzufahren. Die höchsten Einnahmen werden am 15-Minuten Intraday-kontinuierlicher Markt generiert.

Wie bereits erwähnt ist der Intraday-Full Index ein volumengewichteter Durchschnitt aller Intraday-Geschäfte. Um herauszufinden, wie viel Einnahmen diese Gaskraftwerke hätten erzeugen können, wenn sie zu jeder Stunde oder Viertelstunde zum maximalen gehandelten Intraday Preis hätten verkaufen können, wurde die ganze Berechnung nochmals mit dem von EPEX SPOT publizierten Maximal (Max) Preis gemacht.

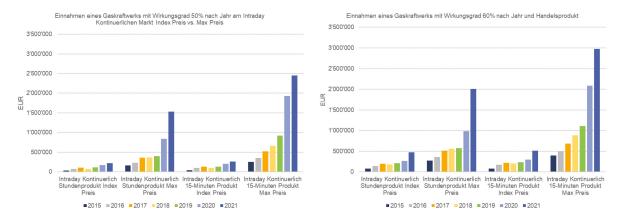


Abbildung 48: Einnahmen eines Gaskraftwerks mit 1 MW Leistung mit Wirkungsgrad 50% (links) und 60% (rechts) am Intraday Markt, nach Lieferperiode (Stündlich vs. 15-Minuten) und nach Referenzpreis (Index vs. Max Preis)

Es zeigt sich, dass die Einnahmen sich mit dem maximalen Preis gegenüber dem Index vervierfachen können. Und dass, wenn anhand des maximalen Intraday Preises berechnet wird, die Einnahmen beim 15-Minuten Produkt im Vergleich zum Stundenprodukt je nach Jahr um einen Drittel oder sogar um die Hälfte höher ausfallen.

EICom-D-048A3401/36 29/33

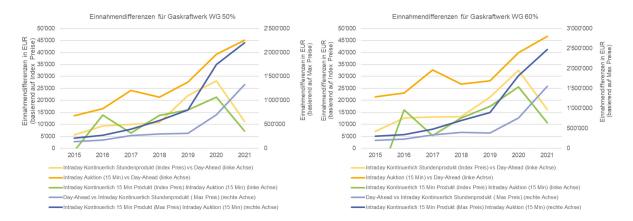


Abbildung 49: Einnahmen Unterschiede zwischen den Märkten, links mit Wirkungsgrad 50% rechts mit Wirkungsgrad 60%

Abbildung 49 zeigt, dass der Unterschied bei den Einnahmen bei einer Optimierung des Gaskraftwerks mit Intraday Produkten im Vergleich zu Day Ahead Produkten in den letzten Jahren zugenommen hat. Lediglich das Jahr 2021 hat im Vergleich zum Jahr 2020 tiefere Unterschiede bei den Einnahmen Day Ahead vs Intraday verzeichnet, wenn der Intraday Index berücksichtigt wird. Wenn der Max Intraday Preis angeschaut wird, sind auch 2021 die Einnahmedifferenzen gewachsen.

Je kurzfristiger die Märkte, desto höher das Einnahmenpotenzial. Es ist also nicht verwunderlich, dass der Intraday Markt bei den Marktteilnehmern an Beliebtheit gewonnen hat.

#### 6 Wert der Flexibilität

Die vorherige Berechnung wurde auch schon im Paper "The Value of Flexibility in Power Markets" von Goutte und Vassilopoulos 2019 durchgeführt.

Das Ergebnis der Berechnung zeigte auch dort, dass der lohnendste Markt für eine flexible Ressource das Erhalten der hohen Preise auf dem kontinuierlichen 15-Minuten-Markt ist, gefolgt von der 15-Minuten-Auktion, dem stündlichen kontinuierlichen Markt und zuletzt der stündlichen Day Ahead Auktion. Sie stellten auch bereits fest, dass die Differenz zwischen Day Ahead und Intraday Einnahmen für eine flexible Ressource zugenommen hat (obwohl die Rentabilität auf beiden Märkten gesunken ist). Daraus quantifizieren sie zwei Komponenten für den Wert der Flexibilität:

Der Wert der "Unmittelbarkeit", wenn wir uns der Echtzeit nähern und die Dringlichkeit der Lieferung zunimmt. Dieser Wert zeigt sich während des kontinuierlichen Intraday Prozesses und ist eng mit dem Risiko von Prognosefehlern verbunden. Dies entspricht dem Nettoerlös der von einer flexiblen Ressource auf dem kontinuierlichen Stundenmarkt im Vergleich zur stündlichen Day Ahead Auktion erzielt werden kann.

Die "Rampenfähigkeit" als Ressource kann Schwankungen von kürzerer Granularität erfassen. Dies hängt eher mit den technischen Merkmalen der Anlage und ihrer Optimierung zusammen und kann bereits während des Day Ahead Prozesses durch Auktionen für 15/30-Minuten-Produkte eingepreist werden.

Dass das Interesse steigt, auch am Markt den Wert der Flexibilität zu quantifizieren, zeigt der durch die Stadtwerkekooperation Trianel entwickelte FlexIndex. Laut dem Interview vom 18. Oktober 2021 mit Stephan Oberreuter und Matthias Leuthold im Energate wurde mit dem FlexIndex im Oktober 2021 «eine Kennziffer entwickelt, die anzeigt, wie hoch der Wert von Flexibilität am Strommarkt ist und wie sich dieser verändert. Durch den Zubau der Erneuerbaren sind die Spreads zwischen Day Ahead und Intraday, aber auch zwischen Stundenprodukten und 15-Minuten-Produkten in den vergangenen Jahren kontinuierlich gestiegen. Der FlexIndex wird quartalsweise erhoben und setzt sich aus insgesamt 6

EICom-D-048A3401/36 30/33

Indikatoren zusammen. Die einzelnen Indikatoren bilden jeweils die Preisdifferenzen an den Spot- und Intraday-Märkten ab und werden im Trianel FlexIndex zusammengeführt. Ziel ist, die zunehmende Wertigkeit von Flexibilität marktnah zu visualisieren und gleichzeitig die Notwendigkeit von Flexibilität über die aktuellen gehandelten Volumina an den Märkten zu spiegeln. »

Im dritten Quartal 2021 ist der FlexIndex um 30 Punkte auf 196 Punkte im Vergleich zum zweiten Quartal gestiegen. Im Vergleich zum Vorjahresquartal ist der Index um 60 Punkte gestiegen. Zum Basisjahr 2017 kletterte der Index von 100 Punkten auf 196 Punkte. Auch im vierten Quartal 2021 ist der Trianel FlexIndex im Vergleich zum Vorjahresquartal um 115 Punkte gestiegen (siehe Abbildung 50).

Der Trianel FlexIndex hat sich im Vergleich zum Basisjahr 2017 inzwischen mehr als verdreifacht.



Abbildung 50: Trianel Flexindex Entwicklung seit Basisjahr 2017 (Quelle: Trianel via Energate Messenger)

EICom-D-048A3401/36 31/33

#### 7 Fazit

Diese Analyse unterstreicht die Bedeutung des Intraday Marktes für die wirtschaftliche Aufrechterhaltung genügend flexibler Ressourcen, um die intermittierende Erzeugung zu unterstützen. Granulare Produkte wie 15/30-Minuten (und möglicherweise 5-Minuten zu einem späteren Zeitpunkt) verbessern das Preissignal für den Betrieb des Stromsystems und lenken Investitionen in Flexibilitäten in den Ländern, in denen in den nächsten Jahren ein starkes Wachstum der intermittierenden Erzeugungskapazität zu verzeichnen ist. Der Bedarf an ausreichender Flexibilität, um die grossen Erzeugungsrampen zu berücksichtigen, wird zunehmen.

Durch den enormen Preisanstieg der letzten Monate am Strommarkt mit Stundenpreisen von zum Teil mehreren hundert Euro in Kombination mit den fluktuierenden erneuerbaren Energien ist auch der Wert der Flexibilität gestiegen. Sollte er weiterhin hoch bleiben, dürfte das ein wichtiges Signal für Investitionen in Flexibilitäten sein. Gleichzeitig dürften getätigte Investitionen etwa in Speicher nach einer Zeit den Anstieg des Indexes abbremsen beziehungsweise auspendeln. Zunehmende Flexibilitäten werden sich kannibalisieren. Dies ist jedoch ein normaler Marktzyklus, der auch dazu führt, dass die am wenigsten effizienten Flexibilitäten aus dem Markt bereinigt werden.

Diese Analyse hebt aber auch hervor, dass während die Intraday Märkte sich in den Nachbarländern stark entwickeln, die Handelsvolumina in den verschiedenen Produkten zunehmen, um diesen Flexibilitätsbedarf der Energiewende durch die zunehmenden fluktuierenden Erneuerbaren entgegenzuwirken, der Intraday Markt in der Schweiz seit 2018 stark ausgetrocknet ist. Das fehlende Abkommen mit der EU wirkt sich auf die Schweizer Strommärkte stark aus und gefährdet langfristig die Wettbewerbsfähigkeit der Schweiz in Bezug auf Flexibilität. Schweizer Flexibilität muss im Ausland vermarktet werden, was technische und kommerzielle Hürden bedeutet und die Schweizer Flexibilität gegenüber der ausländischen Flexibilität benachteiligt.

Die Berechnung der Nettoerlöse für ein MW aus einem Gaskraftwerk, das auf Basis von Day Ahead oder Intraday Preisen hoch- und heruntergefahren werden kann, zeigt, dass der Intraday Markt hohe potentielle Einnahmen generiert auch in einem Markt mit hohen Gaspreisen. Die Schweizer Wasserkraftwerke können dieses Potential nicht vollständig ausschöpfen, da der inländische Intraday Markt stark an Liquidität und Attraktivität verloren hat. Die Optimierung findet somit vor allem im Ausland statt, aber dort beschränken die vorhandenen Grenzkapazitäten allenfalls den potentiellen Einsatz von Flexibilität.

EICom-D-048A3401/36 32/33

## Bibliographie:

- Energate messenger (18. Oktober 2021). Interview mit Stephan Oberreuter und Matthias Leuthold, Trianel: «Der Wert von Flexibilitäten ist in den vergangenen Jahren gestiegen». Abgerufen am 10. Januar 2022 von https://www.energate-messenger.de/news/216468/
- EPEX SPOT (2021). Trading Brochure.

  Abgerufen am 10. Januar 2022 https://www.epexspot.com/en/downloads#trading-products
- Europäische Kommission (2019). Bericht der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen-Energiepreise und Energiekosten in Europa.

  Abgerufen am 16.03.2021 https://op.europa.eu/de/publication-detail/-/publication/0ca18334-13f4-
  - 11e9-81b4-01aa75ed71a1

Goutte S. & Vassilopoulos P. (2019). The Value of Flexibility in Power Markets. *Energy Policy*, vol. 125, issue C, 347-357

EICom-D-048A3401/36 33/33