



International University
of Applied Sciences
Internationale Hochschule
Duales Studium

Untersuchungen zur Berücksichtigung von Systemeigenzeiten
in Marktmodellen am Beispiel der Kraftstoffmärkte
in Deutschland

Prof. Dr. Jörg Herold und Kerstin Polzin

ARBEITSPAPIER DER IUBH DUALES STUDIUM

Untersuchungen zur Berücksichtigung von Systemeigenzeiten in Marktmodellen am Beispiel der Kraftstoffmärkte in Deutschland

von Prof. Dr. Jörg Herold und Kerstin Polzin

Zusammenfassung

Das Wissen um die Dynamik von Angebot und Nachfrage und die Entwicklung von Verhaltensstrategien kann heute ein entscheidender Faktor sein, um die Wirtschaftlichkeit weiter auszubauen. Das Verständnis, das Anbieter und Nachfrager jeweils eigene Systemeigenzeiten besitzen, die trotz großer technischer Errungenschaften nicht vollständig synchron laufen, ergeben für Anbieter ein zusätzliches Umsatzpotenzial. Dieses wird anhand der Mineralölbranche untersucht, da für diese Branche detailreiche und empirische Untersuchungen vorliegen. Die Angebotspreisfunktion für Dieselpreise, die den Edgeworth-Zyklen folgen und die Nachfragemengenfunktion werden aus empirischen Sekundärdaten ermittelt.

Abstract

The knowledge of the dynamics of supply and demand and the development of behavioral strategies can now be a critical factor to further strengthen the economy. Understanding that buyers and sellers each have their own system operating times that do not run completely synchronously despite great technical achievements. This can arise an additional sales potential. The potential is examined with reference to the petroleum industry, since literature gives detailed empirical studies. The offer price function for diesel prices, which follow the Edge-worth cycles and the amount of demand function are determined from empirical secondary data.

1 Theoretische Ansätze und Auswahl des mathematischen Modells

Das mathematische Modell basiert auf der Theorie dynamischer Marktmodelle, der Preisbildung auf dem Mineralölmarkt (Edgeworth-Zyklen) und der Tatsache der Eigenzeit von Systemen.

1.1 Statische und dynamische Marktmodelle von Angebot und Nachfrage

Marktmodelle lassen sich bezüglich ihrer zeitlichen Dimensionen unterscheiden. In der Literatur werden diesbezüglich zwei Modellansätze diskutiert (Woll, 2006, S.278). Dieses ist zum Ersten das klassische Modell des idealen Marktes, unter der Maßgabe der vollständigen Konkurrenz und zum Zweiten wird das Konzept der workable competition beschrieben.

Die Gesetze des idealen Marktes sind zeit- und raumlos und die korrespondierende Größe ist der Marktpreis, den die Beteiligten zum Informationsaustausch nutzen. Er ist der Gleichgewichtspunkt, auf welchen das System zustrebt. In der ursprünglichen Gestalt des idealen Marktes stehen sich eine große Zahl von Anbietern und Nachfragern gegenüber. Sie haben den Marktüberblick. Eine Austauschgeschwindigkeit wird nicht betrachtet, da Zeit und Raum in den Gleichungen nicht enthalten sind. Nach demselben Konzept der Zeitlosigkeit entwickelte Bachelier (1900, S. 21 ff.) ein Marktmodell für Finanzmärkte.

Das Konzept der workable competition von Clark (1961, S 70 ff.) wählt einen anderen mathematischen Ansatz, der Wettbewerb wird als dynamischer Prozess verstanden. Er beinhaltet nun Vorstoß und Verfolgung der Marktteilnehmer in zeitlicher Abfolge. Die Dynamisierung wird u. a. durch Berechnungsmodelle, wie „Value at risk“ beschrieben. Mainzer (2014, S. 206, 207) untersucht diese Methode, unter Berücksichtigung einer Sicherheitswahrscheinlichkeit, die Verlustobergrenze einer Kapitalanlage, die innerhalb eines bestimmten Zeithorizonts nicht überschritten wird. Mainzer (2014, S 208) stellt an dieser Stelle fest, diese Methode war auch nicht in der Lage die Finanzkrise 2008 vorherzusagen.

1.2 Preisbildung für Oligopole und speziell für den Mineralölmarkt

Das Bundeskartellamt (BuKartA 2011, S. 12) stellte in einer Analyse fest, dass BP (Aral), ConocoPhillips (Jet), ExxonMobil (Esso), Shell und Total auf regionalen Tankstellenmärkten ein marktbeherrschendes Oligopol bilden. Die dynamische Preisanalyse der Mineralölpreise ergibt eine zyklische Entwicklung (BuKartA 2011, S. 26), die in der Theorie als Edgeworth-Zyklen (vgl. Tirole, A 1988 S. 571-599) beschrieben werden. Legner (2014, S. 4) zieht als Erklärung spieltheoretische Erkenntnisse heran und diese verursachen in Konsequenz die Dynamik der Preisbildung. Zur Erhöhung der Markttransparenz wurde 2013 die Verordnung zur Markttransparenz für Kraftstoffe (MTSKraftV) erlassen. Bei Änderung der Mineralölpreise an den meldepflichtigen Tankstellen (§ 2 MTSKraftV) sind diese Informationen gemäß § 4 MTSKraftV, innerhalb von 5 min nach Änderung zu übermitteln. Weitere Informationen werden nach § 5 MTSKraftV zur Datenweitergabe an Anbieter von Verbraucher-Informationendiensten gesendet. Die Verbraucher können sich über das Internet oder spezielle Applikationen (App) informieren (BuKartA 2011, S. 12).

1.3 Angebot und Nachfrage als System mit Eigenzeiten

Die wichtigste Erkenntnis zur Systemdynamik ist die Feststellung der endlichen Übertragungsgeschwindigkeit von Informationen und Energien (vgl. Einstein 1972, S. 14, 15). Die bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts herrschenden liberalen Staats- und Wirtschaftsideen, nachdem die Volkswirtschaft als Uhrwerks und die Bürger in ihrer Funktion als Zahnräder fungierten, wurde widerlegt (vgl. Mainzer 2002 S. 115). Levin (2011, S. 101) baut auf der Systemeigenzeit auf und beschreibt die Notwendigkeiten der Synchronisierungen, anhand der Standardisierung der Uhrzeit. Vor allem die Eisenbahngesellschaften und die Meteorologen übten im 19. Jahrhundert Druck aus (Levin 2011, S. 103). Withrow (1999, S. 244) stellt fest, mit dem Aufkommen der Fabrikarbeit bestimmte nun der Arbeitsablauf der Produktion den Zeitablauf der Fabrikarbeiter und die Synchronisierung wurde eine entscheidende Grundlage für das Funktionieren der Volkswirtschaft. Bofinger (2011, S.71) beschreibt im Zusammenhang mit den Marktaktionen ein Informationssystem zwischen Anbietern und Nachfragern. Durch diesen Informationsaustausch wird es möglich den Marktpreis zu bestimmen. Ohne Informationsaustausch, gibt es keinen kausalen Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung oder der Nachfrager reagiert nicht kausal auf die Aktion des Anbieters (Woll 2007, S. 179). Um dieses im Fall der Mineralölpreise zu verhindern/abzumildern wird die Informationsübermittlung mit einer Zeitverzögerung im Minutenbereich durch § 4 MTSKraftV bewirkt.

2 Mathematische Modellierung des Mineralölmarkts in Deutschland

Umsatzerlöse werden durch die Multiplikation von Menge (Nachfrage) mal Angebotspreis pro Menge berechnet. Ändert sich der Preis und die Nachfrage mit der Zeit, dann müssen die beiden Funktionen bestimmt, gefaltet und integriert werden. Das Umsatzpotenzial von der Zeitverschiebung zwischen Preis und Marktreaktion auf die Preisveränderung wird final Gegenstand der Untersuchungen sein. Folgendes Integral gibt die mathematische Basis für die Betrachtungen an:

$$\text{Umsatzerlöse} = \int_{t_1}^{t_2} [\text{Preis pro Mengeneinheit (t)} * \text{Abnahmemenge pro Zeiteinheit (t - x)}] dt$$

Der Wert x entspricht der Zeitdifferenz zwischen Angebotspreis und Marktreaktion.

2.1 Ermittlungen der Angebotspreis- und Nachfragemengenfunktionen

Mittels Fourier-Transformationen (siehe Dreszer (1975, S. 846 ff.) werden die empirischen Ergebnisse der zeitlichen Entwicklungen von Angebotspreis und Kundennachfrage in analytische trigonometrische Funktionen umgewandelt. Nach Dreszer (1975, S. 1036) kann eine solche Funktion durch ein Fourier-Polynom aufgeschrieben werden. Im Ergebnis lassen sich Angebotspreis und Nachfrage mit folgenden Gleichungen beschreiben:

$$\text{Angebotspreis (t)} = c_0 + a_1 \cos(t) + b_1 \sin(t) + \dots + a_{n-1} \cos(mt) + b_{n-1} \sin(mt)$$

$$\text{Nachfragemenge (t)} = c_0 + a_1 \cos(t) + b_1 \sin(t) + \dots + a_{n-1} \cos(mt) + b_{n-1} \sin(mt)$$

Zur vollständigen Bestimmung der Funktionen werden die Koeffizienten $a_0 \dots a_{n-1}$ und $b_0 \dots b_{n-1}$ mit dem Programm von Bahr (2015) ermittelt.

Angebotspreisfunktion von Dieselkraftstoffen

Die Koeffizienten $a_0 \dots a_{n-1}$ werden auf Basis der Ergebnisse vom Bundeskartellamt (2011, S. 26) und Dewenter et. al (2012, S. 8, 9) zum durchschnittlichen täglichen Edgeworth-Zyklus von Dieselkraftstoffen, siehe Abbildung 1, ermittelt.

Tabelle 1: Fourier-Koeffizienten und Summandengewichtung für den Tagesverlauf der Dieselpreise für einen durchschnittlichen Wochentag (Zeitraum vom Oktober 2013 bis September 2014)

r	a_r	b_r	$A_r = \sqrt{a_r^2 + b_r^2}$	Summandengewicht A_r in Prozent	Summe A_r in Prozent
0	$\frac{a_0}{2} = 0,046$	-	0,046	0,7	0,7
1	2,381	3,448	4,190	62,5	63,2
2	0,924	0,169	0,939	14,0	77,2
3	0,326	-0,449	0,555	8,3	85,5
4	-0,031	-0,177	0,180	2,7	88,2
5	0,025	0,058	0,063	0,9	89,1
6	0,138	0,021	0,139	2,1	91,2
7	0,111	-0,096	0,147	2,2	93,4
8	-0,040	-0,141	0,146	2,1	95,5
9	-0,093	-0,040	0,101	1,5	97
10	-0,086	0,089	0,124	1,8	98,8
11	0,050	0,061	0,079	1,2	100
$\sum A_r$			6,709	100 %	100 %

Für die Approximation des Edgeworth-Zyklus werden sieben Glieder des Polynoms berücksichtigt, welches einer Summandengewichtung von 93,4 % entspricht. Der Tagesmittelwert bildet die Nullachse. Das in den Gleichungen angegebene Argument x wird ersetzt durch den Ausdruck $x = \omega t$. Hierbei ist ω die Änderungsfrequenz und berechnet sich für die Zeitspanne von 24 Stunden: $\omega = \frac{24}{2\pi}$. Es ergibt sich:

Angebotspreis (t)=

$$\begin{aligned}
 &0,046 + 2,38 \cdot \cos(0,2617t) + 3,448 \cdot \sin(0,2617t) + 0,924 \cdot \cos(0,523t) + 0,169 \cdot \sin(0,523t) \\
 &+ 0,326 \cdot \cos(0,785t) - 0,449 \cdot \sin(0,785t) - 0,031 \cdot \cos(1,047t) - 0,177 \cdot \sin(1,047t) \\
 &+ 0,025 \cdot \cos(1,308t) + 0,058 \cdot \sin(1,308t) + 0,138 \cdot \cos(1,57t) + 0,021 \cdot \sin(1,57t)
 \end{aligned}$$

Das Ergebnis wird in Abbildung 1 dem tatsächlichen Verlauf gegenübergestellt.

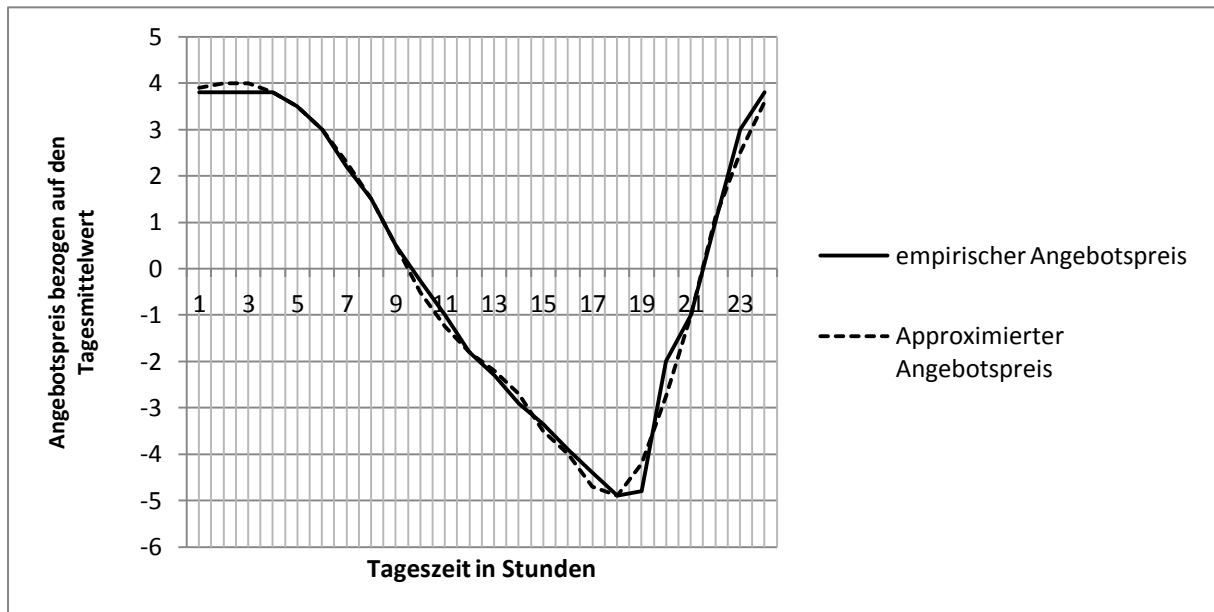


Abbildung 1: durchschnittlicher realer und simulierter Tagesverlauf der Dieselpreise für einen durchschnittlichen Wochentag (Zeitraum vom Oktober 2013 bis September 2014)

Quelle: www.adac.de/mmm/pdf/Tagesganglinien_195636.pdf (2015)

Nachfragemengenfunktion von Dieselkraftstoffen

Im Gegensatz zum zeitlichen Verhalten der Kraftstoffpreise liegen zum Kaufverhalten mehr qualitative Aussagen vor. Das Bundeskartellamt (2011, S. 16) stellte fest, 40 % des Verkaufs erfolgte über Tank- und Servicekarten. Sie werden hauptsächlich von Geschäftskunden verwendet. Dewenter et. al (2012, S. 25 ff.) stellte die Ergebnisse einer Befragung zum Kaufverhalten beim Kraftstoffkonsum, wie folgt fest:

- 43 % der Befragten tanken, wenn der Tank fast leer ist.
- Über 54 % tanken an festen Tagen oder wahrgenommenen Preissenkungen.
- Über 72 % der Befragten tanken immer an einer oder zwei Tankstellen.
- 32 % nehmen einen kleinen Umweg in Kauf, wenn die Preisdifferenz bis vier Cent beträgt. Erst ab mehr als fünf Cent steigt diese Zahl auf 60,5 %.

Die Studie von Dewenter et. al (2012, S. 26, 30, 51) stellt mehrfach ein überwiegend unelastisches Nachfrageverhalten fest. Diese Unelastizität entsteht insbesondere durch die Dominanz von Geschäftskunden und dem Güterverkehr. In erster Näherung wird nun angenommen, dass die getankten Dieselmengen dem täglichen Verkehrsaufkommen folgt.

In der Studie von Schmidt et. al. (2013, S. 84) werden durchschnittliche Verkehrsaufkommen dargestellt. Abbildung 2 zeigt das Verkehrsaufkommen im Tagesverlauf. Für die weitere Darstellung wurden die Werte in Prozent, bezogen auf das Gesamttagesaufkommen umgerechnet. Diese ist durch die spätere

Integralbildung zur Bestimmung der Umsatzerlöse notwendig. Der dargestellte Kurvenverlauf ist zyklisch, sodass dieser durch ein Fourier-Polynom approximiert werden kann. Die Koeffizienten werden in der Tabelle 2 bis $r=6$ dargestellt. Für die Fehlerdiskussionen gelten die bereits diskutierten Kriterien. Die Approximation erfolgt bis $r=6$.

Tabelle 2: Fourier-Koeffizienten und Summanden Wichtung für das durchschnittliche Verkehrsaufkommen eines Arbeitstages in Abhängigkeit von der Tageszeit

R	a_r	b_r	$A_r = \sqrt{a_r^2 + b_r^2}$
0	$\frac{a_0}{2} = 4,167$	-	
1	-2,722	-1,744	3,233
2	-1,125	-0,829	1,398
3	0,856	0,383	0,937
4	0,058	0,257	0,263
5	-0,337	-0,452	0,564
6	0,098	0,103	0,141

Im Ergebnis entsteht die Gleichung des Verkehrsaufkommens in der Darstellung von Cosinus- und Sinusfunktion als Approximation sechsten Grades. Das in den Gleichungen angegebene Argument x wird ersetzt durch den Ausdruck $x = \omega t$, mit $\omega = \frac{24}{2\pi}$.

Verkehrsaufkommen (t)=

$$\begin{aligned}
 &4,167 - 2,722 \cdot \cos(0,2617x) - 1,744 \cdot \sin(0,2617x) - 1,125 \cdot \cos(0,523x) - 0,829 \cdot \sin(0,523x) \\
 &+ 0,856 \cdot \cos(0,785x) + 0,383 \cdot \sin(0,785x) + 0,058 \cdot \cos(1,047x) + 0,257 \cdot \sin(1,047x) \\
 &- 0,337 \cdot \cos(1,308x) - 0,452 \cdot \sin(1,308x) + 0,098 \cdot \cos(1,57x) + 0,103 \cdot \sin(1,57x)
 \end{aligned}$$

Das Ergebnis wird in Abbildung 2 dem unterstellten Verlauf gegenübergestellt.

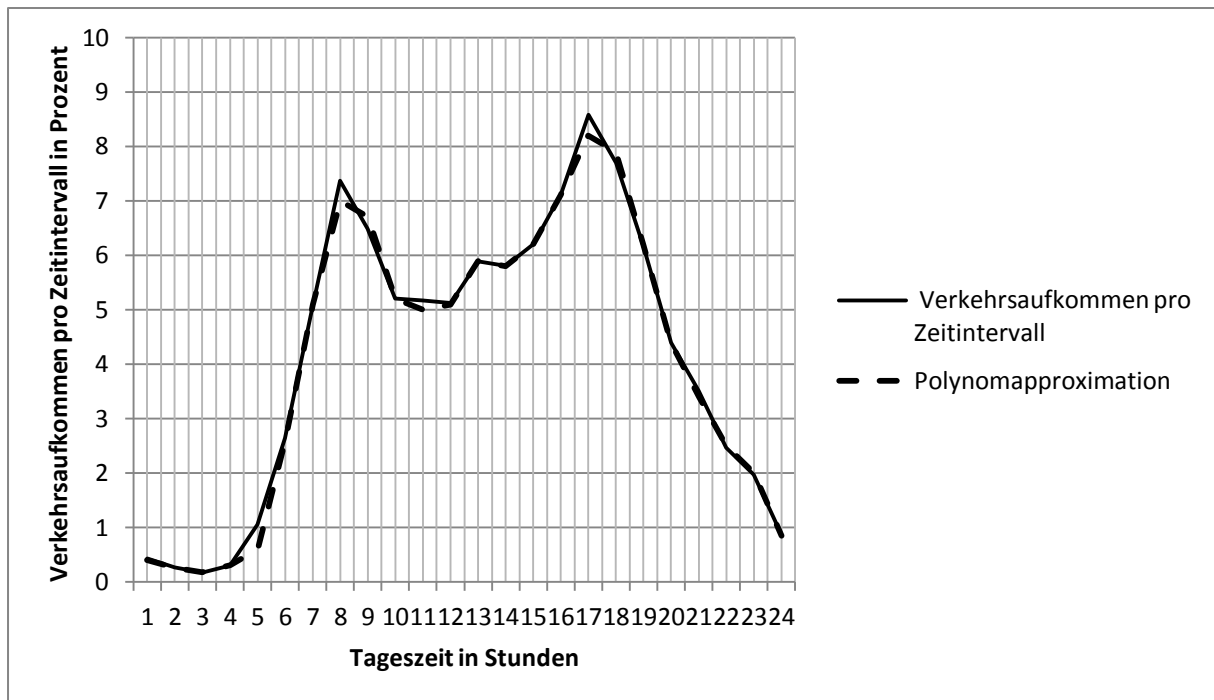


Abbildung 2: Prozentuales Verkehrsaufkommen nach Mineralöl in Abhängigkeit von der Tageszeit

Quelle: Datenübernahme aus der Studie von Schmidt et. al. (2013), S. 84; Bild 102

Durch die festgestellte feste Kopplung zwischen Verkehrsaufkommen und Abnahmemenge gilt näherungsweise:

$$\text{Abnahmemenge pro Zeitintervall} = \text{Tagesabnahmemenge} * \text{Verkehrsaufkommen pro Zeitintervall}$$

4 Dynamische Analyse des Mineralölmarktes und Ableitung von Verhaltensstrategien der Marktteilnehmer

Die Umsatzerlöse ergeben sich aus der Multiplikation von Angebotspreis- und Nachfragemengenfunktion bei gleichzeitiger Integration. Da die Abnahmemenge prozentual und nicht absolut ermittelt wurde, geben die Aussagen den qualitativen Zusammenhang wieder. Es wird mit folgendem Integral gearbeitet, wobei für die Bestimmung der Ergebnisse die System Dynamics verwendet werden. Die Konstante V ist die Zeitverschiebung Angebotspreis und Nachfrage (Desynchronisierung).

$$\text{Umsatzerlöse (t1)} = \int_0^{t1} [\text{Preis pro Mengeneinheit (t)} * \text{Abnahmemenge pro Zeiteinheit (t + V)}] dt$$

Der Screenshot der Arbeitsoberfläche zeigt sowohl das System, als auch im oberen Teil das Ergebnis der Desynchronisation zwischen Angebotspreis und Nachfragemenge. Die Ergebnisse werden in der vierten Abbildung gesondert aufgeführt und diskutiert.

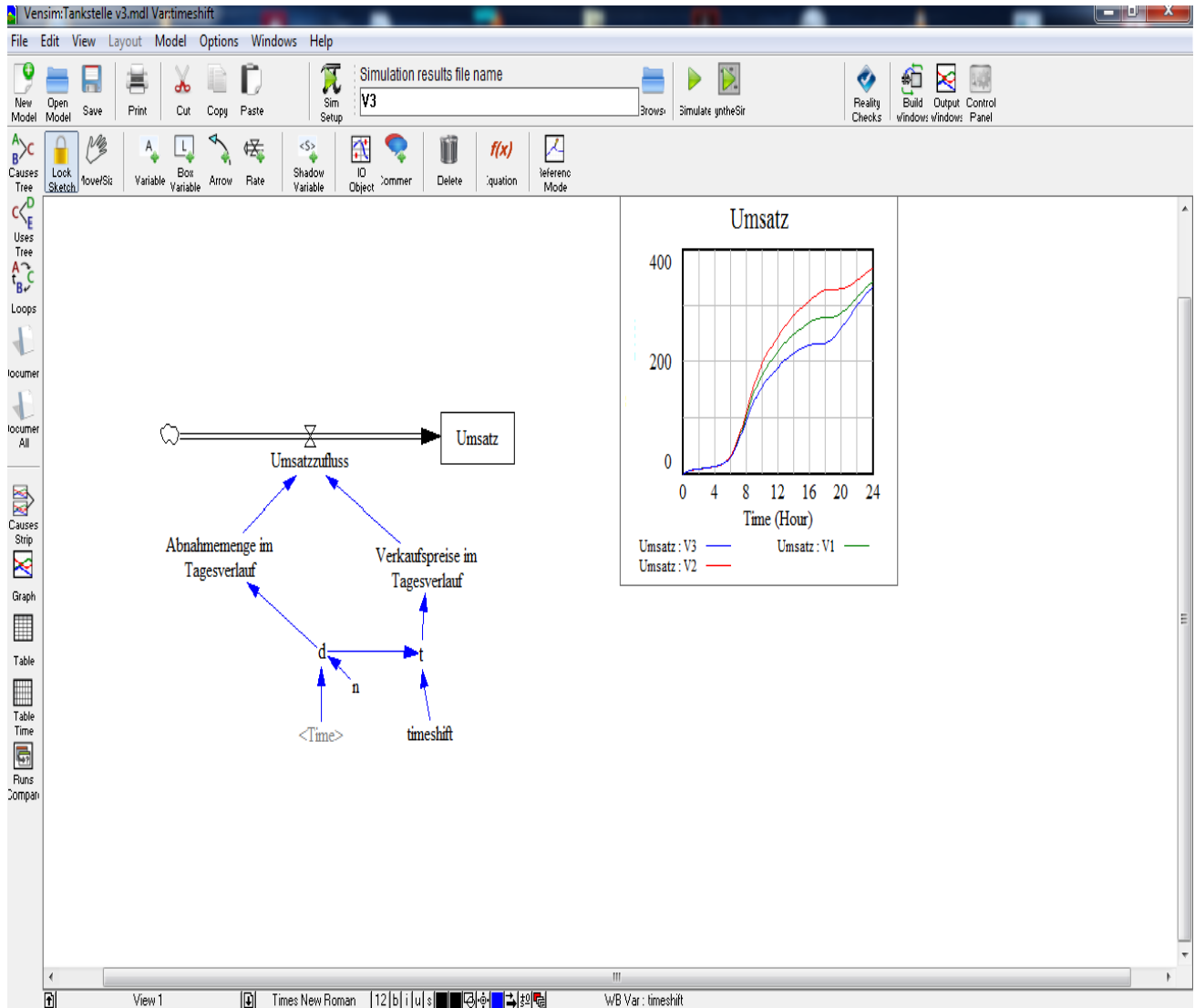


Abbildung 3: Screenshot der Arbeitsoberfläche zur Ermittlung der Umsatzerlöse als Funktion der Zeit, unter Verwendung des Programms System Dynamics von Vensim PTE

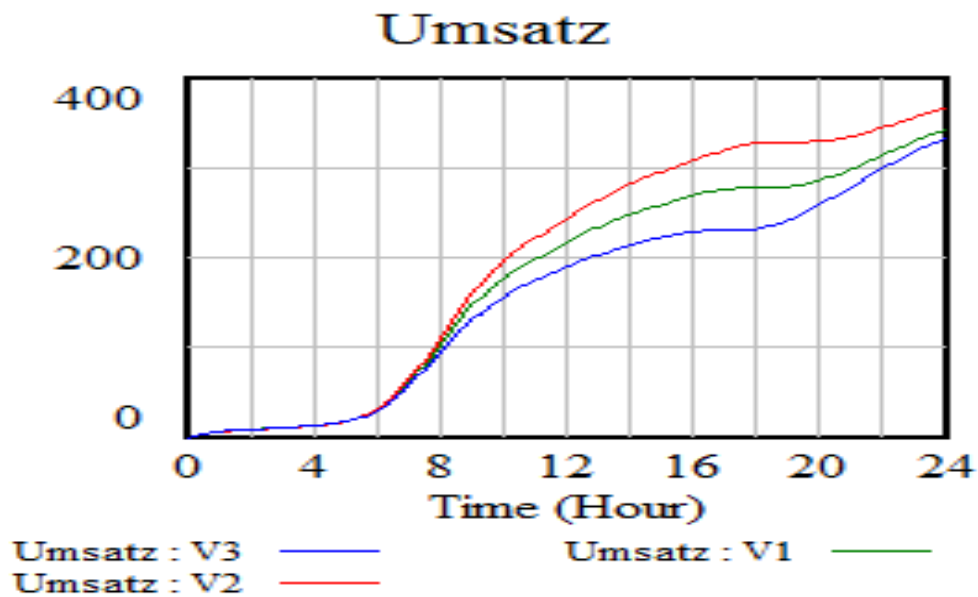


Abbildung 4: Qualitative Darstellung der Tagesentwicklung der Summe der Umsatzerlöse aus dem Verkauf von Dieselmotoren.

Zeitverschiebung Angebotspreis und Nachfrage für V 1 = 0 Stunden

Zeitverschiebung Angebotspreis und Nachfrage für V 2 = - 1 Stunde

Zeitverschiebung Angebotspreis und Nachfrage für V 3= + 1 Stunde

Im Ergebnis kann festgestellt werden, dass eine zeitliche Varianz zwischen Angebotspreis und Marktreaktion zu einer deutlichen Veränderung der Umsatzerlöse führt. Durch eine dynamische Desynchronisierung über den Tag kann der beschriebene Effekt verstärkt werden. Die zurzeit am Markt herrschende Zeitverschiebung liegt exakt in der Umsatzmitte. Das bedeutet die Mineralindustrie verschafft sich weder einen Vorteil, noch einen Nachteil.

5. Fazit

Der Markt mit Angebot und Nachfrage ist geprägt vom Handeln zeitlich unabhängiger Teilnehmer. Selbst durch das Internet und Mobiltelefon lässt sich eine sofortige Reaktion auf dem Mineralölmarkt nicht herstellen. Der Angebotspreis folgt dem Edgeworth-Zyklus. Die Nachfrage ist eher starr und folgt dem Verkehrsaufkommen. Durch zeitliche Desynchronisierung von Angebotspreis und Nachfrage können die Umsatzerlöse positiv oder negativ beeinflusst werden. In der durchgeführten Untersuchung wurde für Dieselpreise eine Win-win-Situation festgestellt.

Literatur

Bachelier, Louis (1900): Théorie de la spéculation. Dissertation, Annales scientifiques de l'École Normale Supérieure, Sér. 3, tome 17, S. 21 – 86

stable URL: http://www.numdam.org/item?id=ASENS_1900_3_17__21_0

Bofinger, Peter (2011): Grundzüge der Volkswirtschaftslehre, Verlag Pearson Studium, München, 3. Auflage

Bundeskartellamt (Mai 2011): Sektoruntersuchung Kraftstoffe – Abschlussbericht – Zusammenfassung

Clark, John Murice (1961): Competition as a Dynamic Process, Washington D. C.: The Brookings Institution

Dewenter, Ralf; Haucap, Justus; Heimeshoff, Ulrich (2012): Maßnahmen zur Steigerung des Wettbewerbs auf den Kraftstoffmärkten in Deutschland, ADAC e. V. München

Dreszer, Jerzy (1975): Mathematikhandbuch für Technik und Naturwissenschaften, Fachbuchverlag Leipzig

Einstein, Albert (1905): Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen. In: Annalen der Physik. 322, Nr. 8, S. 549–560

Levin, Robert (2011): Eine Landkarte der Zeit, Piper Verlag München, 16. Auflage

Maskin, Eric; Tirole, Jean (May 1988): A Theory of Dynamic Oligopoly, Source: Econometrica, Vol. 56, No. 3

Mainzer, Klaus (2002): Zeit – Von der Urzeit zur Computerzeit, Verlag C. H. Beck, 4. Auflage

Mainzer, Klaus (2014): Die Berechnung der Welt, Verlag C. H. Beck

Schmidt, Gerhard; Frenken, Toni; Hellebrandt, Pia; Regniet, Georg; Mahmoudi, Saeid (2013): Straßenverkehrszählung (SVZ) mit mobilen Mess-Systemen, Berichte der Bundesanstalt für Verkehrswesen – Verkehrstechnik Heft V 229, MUVEDA-Verlag

Woll, Artur (2007): Volkswirtschaftslehre, Verlag Vahlen München, 15. Auflage

Withrow, Gerald James (1999): Die Erfindung der Zeit, Fourier Verlag Wiesbaden

Internetquellen:

ADAC e.V. (2005): www.adac.de/mmm/pdf/Tagesganglinien_195636.pdf

Legner, Sahrah (2014): Die Preisbildung im Oligopol, Freilaw 1/2014, über <http://www.freilaw.de/die-preisbildung-im-oligopol-und-moegliche-gegenmassnahmen-sektoruntersuchung-kraftstoffe/1151>

Programme

Bahr, Helmut (01.06.2015): Diskrete Fourieranalyse
<http://www.heise.de/download/fourier-1189460.html>, Österreich

Dreher, G; Dreher, H.-J.: TurboPlot - Version v3.7d, Lizenz: xxxx784, Zell a. H.

Ventena Systems, Inc. (2015), Vensim PLE Version 6.4a, Serial Number PL9999:
<http://www.vensim.com/index.html>, 25.05.2016