

# Energiehandel

## Klausur

Die Bearbeitungszeit beträgt 90 Minuten. Als Hilfsmittel ist nur ein nicht-programmierbarer Taschenrechner, ein Lineal und ein dokumentenechter Stift erlaubt. Begründen Sie Ihre Antworten und machen Sie Ihre endgültige Lösung deutlich. Runden Sie alle Ergebnisse auf drei Nachkommastellen genau. Verwenden Sie für jede Aufgabe ein eigenes Blatt. Beantworten Sie alle Fragen!

Der Veröffentlichung der vorläufigen Klausurergebnisse in Moodle2 stimme ich zu:

Unterschrift: \_\_\_\_\_

Eine verbindliche Bekanntmachung der Note findet ausschließlich durch das Prüfungsamt statt.

Name:

Vorname:

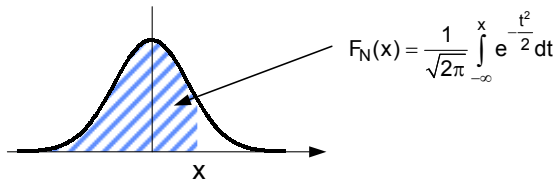
Matrikel-Nr.:

Bewertung:

1	2	3	4	Gesamt
max. 40	max. 19	max. 11	max. 20	max. 90

Note:

**Tabelle der Standardnormalverteilung ( $\mu = 0, \sigma = 1$ )**



Ablesebeispiel:  $F_N(2,36) = 0,990863$

	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,00	0,500000	0,503989	0,507978	0,511967	0,515953	0,519939	0,523922	0,527903	0,531881	0,535856
0,10	0,539828	0,543795	0,547758	0,551717	0,555670	0,559618	0,563559	0,567495	0,571424	0,575345
0,20	0,579260	0,583166	0,587064	0,590954	0,594835	0,598706	0,602568	0,606420	0,610261	0,614092
0,30	0,617911	0,621719	0,625516	0,629300	0,633072	0,636831	0,640576	0,644309	0,648027	0,651732
0,40	0,655422	0,659097	0,662757	0,666402	0,670031	0,673645	0,677242	0,680822	0,684386	0,687933
0,50	0,691462	0,694974	0,698468	0,701944	0,705402	0,708840	0,712260	0,715661	0,719043	0,722405
0,60	0,725747	0,729069	0,732371	0,735653	0,738914	0,742154	0,745373	0,748571	0,751748	0,754903
0,70	0,758036	0,761148	0,764238	0,767305	0,770350	0,773373	0,776373	0,779350	0,782305	0,785236
0,80	0,788145	0,791030	0,793892	0,796731	0,799546	0,802338	0,805106	0,807850	0,810570	0,813267
0,90	0,815940	0,818589	0,821214	0,823814	0,826391	0,828944	0,831472	0,833977	0,836457	0,838913
1,00	0,841345	0,843752	0,846136	0,848495	0,850830	0,853141	0,855428	0,857690	0,859929	0,862143
1,10	0,864334	0,866500	0,868643	0,870762	0,872857	0,874928	0,876976	0,878999	0,881000	0,882977
1,20	0,884930	0,886860	0,888767	0,890651	0,892512	0,894350	0,896165	0,897958	0,899727	0,901475
1,30	0,903199	0,904902	0,906582	0,908241	0,909877	0,911492	0,913085	0,914656	0,916207	0,917736
1,40	0,919243	0,920730	0,922196	0,923641	0,925066	0,926471	0,927855	0,929219	0,930563	0,931888
1,50	0,933193	0,934478	0,935744	0,936992	0,938220	0,939429	0,940620	0,941792	0,942947	0,944083
1,60	0,945201	0,946301	0,947384	0,948449	0,949497	0,950529	0,951543	0,952540	0,953521	0,954486
1,70	0,955435	0,956367	0,957284	0,958185	0,959071	0,959941	0,960796	0,961636	0,962462	0,963273
1,80	0,964070	0,964852	0,965621	0,966375	0,967116	0,967843	0,968557	0,969258	0,969946	0,970621
1,90	0,971284	0,971933	0,972571	0,973197	0,973810	0,974412	0,975002	0,975581	0,976148	0,976705
2,00	0,977250	0,977784	0,978308	0,978822	0,979325	0,979818	0,980301	0,980774	0,981237	0,981691
2,10	0,982136	0,982571	0,982997	0,983414	0,983823	0,984222	0,984614	0,984997	0,985371	0,985738
2,20	0,986097	0,986447	0,986791	0,987126	0,987455	0,987776	0,988089	0,988396	0,988696	0,988989
2,30	0,989276	0,989556	0,989830	0,990097	0,990358	0,990613	0,990863	0,991106	0,991344	0,991576
2,40	0,991802	0,992024	0,992240	0,992451	0,992656	0,992857	0,993053	0,993244	0,993431	0,993613
2,50	0,993790	0,993963	0,994132	0,994297	0,994457	0,994614	0,994766	0,994915	0,995060	0,995201
2,60	0,995339	0,995473	0,995603	0,995731	0,995855	0,995975	0,996093	0,996207	0,996319	0,996427
2,70	0,996533	0,996636	0,996736	0,996833	0,996928	0,997020	0,997110	0,997197	0,997282	0,997365
2,80	0,997445	0,997523	0,997599	0,997673	0,997744	0,997814	0,997882	0,997948	0,998012	0,998074
2,90	0,998134	0,998193	0,998250	0,998305	0,998359	0,998411	0,998462	0,998511	0,998559	0,998605
3,00	0,998650	0,998694	0,998736	0,998777	0,998817	0,998856	0,998893	0,998930	0,998965	0,998999
3,10	0,999032	0,999064	0,999096	0,999126	0,999155	0,999184	0,999211	0,999238	0,999264	0,999289
3,20	0,999313	0,999336	0,999359	0,999381	0,999402	0,999423	0,999443	0,999462	0,999481	0,999499
3,30	0,999517	0,999533	0,999550	0,999566	0,999581	0,999596	0,999610	0,999624	0,999638	0,999650
3,40	0,999663	0,999675	0,999687	0,999698	0,999709	0,999720	0,999730	0,999740	0,999749	0,999758
3,50	0,999767	0,999776	0,999784	0,999792	0,999800	0,999807	0,999815	0,999821	0,999828	0,999835
3,60	0,999841	0,999847	0,999853	0,999858	0,999864	0,999869	0,999874	0,999879	0,999883	0,999888
3,70	0,999892	0,999896	0,999900	0,999904	0,999908	0,999912	0,999915	0,999918	0,999922	0,999925
3,80	0,999928	0,999930	0,999933	0,999936	0,999938	0,999941	0,999943	0,999946	0,999948	0,999950
3,90	0,999952	0,999954	0,999956	0,999958	0,999959	0,999961	0,999963	0,999964	0,999966	0,999967
4,00	0,999968	0,999970	0,999971	0,999972	0,999973	0,999974	0,999975	0,999976	0,999977	0,999978
4,10	0,999979	0,999980	0,999981	0,999982	0,999983	0,999983	0,999984	0,999985	0,999985	0,999986
4,20	0,999987	0,999987	0,999988	0,999988	0,999989	0,999989	0,999990	0,999990	0,999991	0,999991
4,30	0,999991	0,999992	0,999992	0,999993	0,999993	0,999993	0,999993	0,999994	0,999994	0,999994
4,40	0,999995	0,999995	0,999995	0,999995	0,999995	0,999996	0,999996	0,999996	0,999996	0,999996
4,50	0,999997	0,999997	0,999997	0,999997	0,999997	0,999997	0,999997	0,999998	0,999998	0,999998

## Aufgabe 1 (40 Punkte)

- (a) Erläutern Sie die Unterschiede zwischen Forwards und Futures. (4 Punkte)

**Lösung:**

- börsengehandelt ; OTC
- standardisiert ; nicht-standardisiert
- counterparty risk durch clearing gering ; keine zentrale counterparty
- tägliche Abrechnung ; Abrechnung bei Kontraktende

Ein Stromproduzent kauft zum Zeitpunkt  $t_0$  einen Forward-Kontrakt über 1000 Tonnen Kohle, die in zwei Jahren, also zum Zeitpunkt  $T = t_0 + 2$ , zum Basispreis  $K = 60\text{USD/Tonne}$  geliefert werden muss.

- (b) Zeichnen Sie das Profitdiagramm aus einer long-Position im Forwardkontrakt. (3 Punkte)
- (c) Wie viel gewinnt oder verliert der Stromproduzent, wenn der Kohlepreis am Ende der Kontraktlaufzeit bei  $62\text{USD/Tonne}$  liegt? (2 Punkte)

**Lösung:**

$(S_T - K) \cdot 1000 = (62 - 60) \cdot 1000 = 2000$  Der Stromproduzent macht einen Gewinn von 2000 USD

- (d) Ein Jahr später zum Zeitpunkt  $t_1 = t_0 + 1$  ist der Preis des Forwards für Kohle mit Lieferungszeitpunkt  $T$  zum Basispreis  $K = 60\text{ USD/Tonne}$  auf  $F(t_1; T) = 68\text{USD/Tonne}$  gestiegen. Der kontinuierliche Jahreszinssatz ist 5%. Was ist der faire Wert des Forward-Kontraktes zum Zeitpunkt  $t_1$  aus Sicht des Kohleverkäufers? (3 Punkte)

**Lösung:**

$$\begin{aligned} V_t &= e^{-r(T-t)} \cdot 1000 \cdot (K - F(t_1, T)) \\ &= e^{-0,05} \cdot 1000 \cdot (60 - 68) = -7609,835\text{USD} \end{aligned}$$

- (e) Was besagt die Spot-Forward-Relationship? (5 Punkte)

$$F(t; T) = S(t)e^{(r-y)(T-t)}$$

- Spot und Forward sind redundant und es besteht eine lineare Beziehung
- $r - y < 0$ : backwardation;  $r - y > 0$ : contango
- wenn spot-forward relationship gilt, gilt Arbitragefreiheit.

- (f) Angenommen es wird zusätzlich ein einjähriger Forward-Kontrakt (also mit Lieferzeitpunkt  $t_1 = t_0 + 1$ ) über 1000 Tonnen Kohle zum Basispreis  $K = 67\text{USD/Tonne}$  am Markt gehandelt und der risikofreie Zinssatz liegt bei 5%. Bestimmen Sie den aktuellen Kohlepreis und die Verfügbarkeitsprämie (convenience yield). Handelt es sich um eine Contango- oder um eine Backwardation-Situation? Erläutern Sie die Begriffe Contango, Backwardation und convenience yield kurz. (8 Punkte)

**Lösung:**

$$F(t, T) = S(t)e^{(r-y)(T-t)}$$

$$\begin{cases} 67 = S_0 e^{0,05-y} \\ 62 = S_0 e^{(0,05-y)2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} S_0 = 67 e^{y-0,05} \\ 62 = S_0 e^{0,1-2y} \end{cases}$$

$$62 = 67 e^{y-0,05} e^{0,1-2y}$$

$$y = 0,128$$

$$S_0 = 72,435$$

$$r - y = 0,05 - 0,128 = -0,078 < 0 \quad \text{Backwardation}$$

Backwardation beschreibt den Zustand, wenn die aktuelle Nachfrage größer ist als die zukünftige.

Je höher die Wahrscheinlichkeit, dass Engpässe auftreten, desto höher ist der Convenience Yield (Verfügbarkeitsprämie). Verfügbarkeitsprämie ist der Ertrag, der dem Halter eines Gutes allein durch seinen Besitz in Zeiten von drohenden und tatsächlichen Lagerengpässen erwächst.

Contango beschreibt den Zustand, wenn die aktuelle Nachfrage geringer ist als die zukünftige.

- (g) Was versteht man unter Basisrisiko? (2 Punkte)

**Lösung:**

Die Differenz aus Spot- und Futureskurs des selben Underlyings nennt man Basis. In einer arbitragefreien Welt entspricht der Futureskurs zum Zeitpunkt der Fälligkeit T dem Spotkurs des Underlyings zum Zeitpunkt T. Basisrisiko ist der Fall, bei dem diese Differenz nicht Null ist.

- (h) Welche Arten von Settlement kennen Sie? Erläutern Sie kurz. (2 Punkte)

**Lösung:**

Es ist zwischen financial und physical settlement zu unterscheiden. Liegt physical settlement vor, wird am Ende der Kontraktlaufzeit z.B. bei Maturität eines Futures das Underlying beispielsweise Elektrizität tatsächlich ausgetauscht. Handelt es sich um financial settlement, wird die offene Position kurz vor Maturität glatt gestellt und es findet nur der Austausch der Preisdifferenz zwischen Strike und Futureskurs statt.

- (i) Bestimmen Sie den fairen Preis einer Europäischen Call-Option auf den Futures-Kontrakt zum Zeitpunkt  $t_1$ . Die Volatilität beträgt 40% und der risikofreie Zins 5%. (6 Punkte)

**Lösung:**

$$C_t = e^{-r(T-t)} \cdot (F(t_0, T)\phi(d_1) - K\phi(d_2))$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{F(t_0, T)}{K}\right) + \frac{\sigma^2}{2}(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} = 0,513$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T-t} = 0,113$$

$$\phi(d_1) = 0,695$$

$$\phi(d_2) = 0,544$$

$$C_t = e^{-0,05}(68 \cdot 0,695 - 60 \cdot 0,544) = 13,907$$

- (j) Was versteht man unter einem „Clean Dark Spread“? Erläutern Sie. Schreiben Sie auch die Formel zur Berechnung des Clean Dark Spreads auf. (5 Punkte)

**Lösung:**

$\text{CleanDarkSpread} = \text{PowerPrice} - \text{HeatRate} \cdot \text{CoalPrice} - \text{CoalEmissionIntensityFactor} \cdot \text{CarbonPrice}$   
Clean Dark Spread reflects the cost of generating power from coal after taking into account coal and carbon allowance costs. A positive spread effectively means that it is profitable to generate electricity for the period in

question, while a negative spread means that generation would not be profitable. Clean Dark Spreads do not account for additional generating charges beyond coal and carbon.

## Aufgabe 2 (19 Punkte)

(a) Erklären Sie die verschiedenen Parameter der stochastischen Differentialgleichung:

$$dX(t) = \kappa(\alpha - X(t))dt + \sigma dW_t$$

Um welchen Prozess handelt es sich? (5 Punkte)

**Lösung:** Ornstein-Uhlenbeck Prozess

Hier ist

- $\alpha$  das mean reversion level
- $\kappa$  die mean reversion speed
- $\sigma$  die Volatilität
- $dW_t$  - Brownian increments

(b) Lösen Sie die Stochastische Differentialgleichung mit Hilfe von Itô's Lemma. Nehmen Sie an:  $f(x) = e^{\kappa t}x$ . (10 Punkte)

**Lösung:** Wir betrachten  $e^{\kappa t}X(t)$  und definieren  $f(x) = e^{\kappa t}x$ . Die Ableitungen sind dann  $f'(x) = e^{\kappa t}$ ,  $f''(x) = 0$ ,  $f_t(x) = \kappa e^{\kappa t}x$ . Drift und Volatilität des Itô Prozesses  $X(t)$  sind  $\mu(t, X(t)) = \kappa(\alpha - X(t))$  und  $\sigma(t, X(t)) = \sigma$ . Itô's Lemma gibt:

$$\begin{aligned}df(x) &= (f_t(x) + \mu f'(x) + \frac{1}{2}\sigma^2 f''(x))dt + \sigma f'(x)dW(t) \\d(e^{\kappa t}X(t)) &= (\kappa e^{\kappa t}X(t) + \kappa(\alpha - X(t))e^{\kappa t})dt + \sigma e^{\kappa t}dW(t) \\d(e^{\kappa t}X(t)) &= \kappa\alpha e^{\kappa t}dt + \sigma e^{\kappa t}dW(t) \\\int_t^T d(e^{\kappa s}X(s)) &= \int_t^T \kappa\alpha e^{\kappa s}ds + \int_t^T \sigma e^{\kappa s}dW(s) \\e^{\kappa T}X(T) - e^{\kappa t}X(t) &= \kappa\alpha \frac{1}{\kappa}(e^{\kappa T} - e^{\kappa t}) + \sigma \int_t^T e^{\kappa s}dW(s) \\e^{\kappa T}X(T) &= e^{\kappa t}X(t) + \alpha(e^{\kappa T} - e^{\kappa t}) + \sigma \int_t^T e^{\kappa s}dW(s) \\X(T) &= e^{-\kappa(T-t)}X(t) + \alpha(1 - e^{-\kappa(T-t)}) + \sigma \int_t^T e^{-\kappa(T-s)}dW(s)\end{aligned}$$

(c) Welcher Prozess, den Sie in Energiehandel kennen gelernt haben, eignet sich am besten als Elektrizitätspreisprozess? Begründen Sie Ihre Antwort. (4 Punkte)

**Lösung:**

Ornstein-Uhlenbeck: mean-reverting, negative Preise, Sprünge können eingebaut werden

### Aufgabe 3 (11 Punkte)

- (a) Wozu dient Clearing? (2 Punkte)

**Lösung:**

Clearing dient als counter party für jeden trade und sichert so die finanzielle Integrität jedes Kontraktes. Somit minimiert Clearing das Kontrahentenausfallrisiko und dient der Transparenz bzgl. Pricing und der Abwicklung des Geschäfts.

- (b) Erläutern Sie den Unterschied zwischen Initial Margin und Variation Margin und deren Anwendung. (4 Punkte)

**Lösung:**

Die Initial Margin muss zu Beginn der Laufzeit eines Futures-Kontraktes von beiden Vertragspartnern an das Clearing Haus gezahlt werden. Somit wird das Ausfallrisiko bei einer starken Kursänderung innerhalb des ersten Handelstages minimiert. Nachfolgend findet die Variation Margin Anwendung, die täglich die Kursentwicklung auf dem Marginkonto nachhält.

- (c) Beschreiben Sie kurz Inhalt und Ziel von EMIR. (5 Punkte)

**Lösung:** ist eine EU-Verordnung des außerbörslichen Handels mit Derivat-Produkten. Kern der Regulierung ist die Verpflichtung der Marktteilnehmer zum Clearing ihrer außerbörslichen Standard-Derivatgeschäfte über eine Central Counterparty sowie die Meldung dieser OTC-Geschäfte an ein Transaktionsregister.

- Central Clearing for certain classes of OTC derivatives
- Application of risk mitigation techniques for non-centrally cleared OTC derivatives
- Reporting to trade repositories
- Application of organisational, conduct of business and prudential requirements for CCPs
- Application of requirements for Trade repositories, including the duty to make certain data available to the public and relevant authorities

#### Aufgabe 4 (20 Punkte)

Ein Investor kauft einen Floor.

- (a) Definieren Sie einen Floor. Nennen Sie alle relevanten Größen eines Floors. (4 Punkte)

**Lösung:**

Der Käufer eines Floors hat das Recht, aber nicht die Pflicht, eine bestimmte Menge des Underlyings zu Zeitpunkten  $t_1, \dots, t_N$  während einer Lieferperiode zu einem festen Preis  $K$  zu kaufen. Ein Floor kann als Reihe unabhängiger Put-Optionen gesehen werden.

- (b) Wozu dient ein Floor? (2 Punkte)

**Lösung:**

Hedging. Der Floor sichert einen Mindestverkaufspreis.

- (c) Kann ein Floor einen negativen Wert annehmen? Begründen Sie. (2 Punkte)

**Lösung:**

Nein, da ein Floor eine Reihe unabhängiger Put-Optionen darstellt. Im schlechtesten Fall ist der Floor Null wert.

- (d) Wie bewertet man einen Floor? Schreiben Sie hierzu die Formel auf und erläutern Sie Ihre Antwort. (4 Punkte)

**Lösung:**

$$U_f(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e^{-r(t_1-t)} \mathbb{E}[\max(K - S(t_i), 0)]$$

It can be viewed as a strip of independent put options, for each time  $t_i$  the holder of the floor holds put options with maturity  $t_i$  and Strike  $K$ . The price is quoted in Euro/MW.

- (e) Beschreiben Sie den Unterschied zwischen einem Floor und einer Swing-Option. (2 Punkte)

**Lösung:**

bei Swing-Optionen sind die Anzahl der Ausübungen und die Ausübungszeitpunkte nicht festgelegt, sondern liegen zwischen  $E_{min}$  und  $E_{max}$ . Dadurch kann der Wert der Swing-Option negativ sein.

- (f) Was versteht man unter einem Swap? Benennen Sie die Determinanten eines Swap-Kontraktes. (6 Punkte)

**Lösung:**

A swap is an agreement whereby two parties undertake to exchange, at known dates in the future, various financial assets (or cash flows) according to a prearranged formula that depends on the value of one or more underlying assets or a (commodity price) index. When traders are negotiating a swap contract (OTC deal) they have to define:

- the fixed price
- the floating-price reference
- the pricing period (e.g. one month, quarterly, calendar year)
- the start date (effective date) and the end date (termination)
- the payment-due date