FernUniversität in Hagen

**FernUniversität in Hagen**

**Fakultät für Wirtschaftswissenschaft**

Matrikel-Nr.: ____________________

Name: ____________________

Vorname: ____________________

**Klausur:** Finanzwirtschaftliche Bewertungstheorie und Kreditrisikomanagement

**Prüfer:** Prof. Dr. Rainer Baule

**Semester:** Wintersemester 2015/2016

**Termin: 25.02.2016; 14:00 - 16:00 Uhr**

| Aufgabe | 1 | 2 | 3 | 4 | | Summe |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Maximale Rohpunktzahl | 24 | 26 | 25 | 25 | | 100 |
| Erreichte Rohpunktzahl | | | | | | |
| Erreichte Klausurpunktzahl | | | | | | |

Gesamtpunktzahl:

Note:

Datum: Unterschrift des Prüfers: ____________________

**Hinweise für die Bearbeitung**:

- Die Klausur besteht aus 4 Aufgaben auf 17 Seiten einschließlich Deckblättern. Hinzu kommt im Anhang eine Formelsammlung. Sie dürfen diesen Anhang von der restlichen Klausur abtrennen.
- Bei jeder (Teil-)Aufgabe ist die maximal erreichbare Rohpunktzahl am Rand vermerkt. Die maximal erreichbare Punktzahl für die gesamte Klausur beträgt 100 Punkte. Beachten Sie dies bei der Zeitplanung für die Gesamtklausur sowie für die einzelnen Aufgaben und Aufgabenteile.
- Sofern nicht explizit anders angegeben, gelten die im Kurstext verwendeten Bezeichnungen und Konventionen.
- Tragen Sie auf dem Deckblatt der Klausur Ihren Namen und Ihre Matrikelnummer sowie auf jeder Seite Ihre Matrikelnummer ein!
- Unterschreiben Sie die Klausur auf der letzten Seite!
- **Hilfsmittel:**
  Die Verwendung eines Taschenrechners ist dann und nur dann erlaubt, wenn dieser einer der drei folgenden Modellreihen angehört:
  - Casio fx86
  - Texas Instruments TI 30 X II
  - Sharp EL 531

  Die Verwendung anderer Taschenrechnermodelle wird als Täuschungsversuch gewertet und mit der Note „nicht ausreichend“ (5,0) sanktioniert.
  Ob ein Taschenrechner einer der drei Modellreihen angehört, können Sie selbst überprüfen, indem Sie die vom Hersteller auf dem Rechner angebrachte Modellbezeichnung mit den oben angegebenen Bezeichnungen vergleichen: Bei *vollständiger* Übereinstimmung ist das Modell erlaubt. Ist die auf dem Rechner angebrachte Modellbezeichnung umfangreicher, enthält aber eine der oben angegebenen Bezeichnungen *vollständig*, ist das Modell ebenfalls erlaubt. In allen anderen Fällen ist das Modell nicht erlaubt.
  Eventuelle Vorgänger- oder Nachfolgemodelle, die nicht in der oben aufgeführten Liste enthalten sind, sind ebenfalls nicht erlaubt.

  Des Weiteren ist Zeichenmaterial zugelassen.
- Schreiben Sie leserlich. Unleserliches kann nicht gewertet werden.
- Verwenden Sie einen dokumentenechten Stift (Kugelschreiber oder Füllfederhalter), keinen Bleistift! Dies gilt auch für Grafiken, Schaubilder o. Ä.!
- Die Angabe einer numerischen Lösung ohne Angabe des Lösungswegs (bzw. ohne Skizzierung des zur Lösung führenden Gedankenganges) ist nicht hinreichend und wird als unvollständige Lösung bewertet.

1. **Capital Asset Pricing Model** **(24 P.)**

Gehen Sie davon aus, dass alle Voraussetzungen für das Capital Asset Pricing Model (CAPM) erfüllt sind und zwei gemäß Wertpapiermarktlinie korrekt bewertete Wertpapiere A und B existieren. Die erwartete Rendite beträgt für Wertpapier A $\mu_A = 15\,\%$ und für Wertpapier B $\mu_B = 25\,\%$. Die Betafaktoren der beiden Wertpapiere betragen $\beta_A = 0{,}5$ für Wertpapier A und $\beta_B = 1{,}5$ für Wertpapier B.

**Hinweis:** Verwenden Sie für die Teilaufgaben b) bis f), unabhängig von ihrem Ergebnis in Teilaufgabe a), folgende Form für die Wertpapiermarktlinie: $\mu_i = 0{,}1 + \beta_i \cdot 0{,}1$.

(a) Bestimmen Sie die Wertpapiermarktlinie! (6 P.)

(b) Unterstellen Sie, dass ein Wertpapier mit einem Betafaktor von 1,2 und einer erwarteten Rendite in Höhe von 15 % existiert. (3 P.)

Was folgern Sie hieraus? Ist das Wertpapier fair bewertet, unterbewertet oder überbewertet?

(c) Ein Investmentfonds erzielt eine Rendite in Höhe von 10 % und besitzt einen Betafaktor von 0,8. Welche Aussage über die Performance des Fonds lässt sich im Hinblick auf das eingegangene Risiko treffen? (3 P.)

(d) Wie setzt sich das Marktportfolio anteilsmäßig zusammen, falls dieses nur aus den Wertpapieren A und B besteht? (4 P.)

(e) Ein Investor möchte ausschließlich in riskante Anlagen investieren und trifft seine Anlageentscheidung auf Basis der Sharpe Ratio. (3 P.)

Wie wird sich das Portfolio des Investors anteilsmäßig aus den Wertpapieren A und B zusammensetzen?

(f) Unterstellen Sie, dass zusätzlich zwei weitere Wertpapiere auf dem Markt existieren, deren Renditen perfekt negativ miteinander korreliert sind. Welche Rendite wird das varianzminimale Portfolio aufweisen, welches sich aus diesen beiden Wertpapieren bilden lässt, wenn keine Arbitragemöglichkeit besteht? (5 P.)

2. **Forward Rate Agreements** **(26 P.)**

(a) Erläutern Sie kurz, wie man sich das Duplikationsprinzip zunutze machen kann, um ein Forward Rate Agreement (FRA) zu bewerten! Aus welchen beiden Komponenten lässt sich ein FRA-Vertrag nachbilden? (5 P.)

(b) Erläutern Sie kurz Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Zinsswaps und Forward Rate Agreements! (4 P.)

(c) Geben Sie an, welche der folgenden Aussagen zutrifft: (3 P.)

a) Bei einer Forward Rate handelt es sich um einen erwarteten zukünftigen Zinssatz in der realen Welt.

b) Bei einer Forward Rate handelt es sich um einen antizipierten Zinssatz in der realen Welt.

c) Bei einer Forward Rate handelt es sich sowohl um einen antizipierten Zinssatz in der realen Welt als auch um einen erwarteten zukünftigen Zinssatz in der realen Welt.

d) Bei einer Forward Rate handelt es sich weder um einen antizipierten Zinssatz in der realen Welt noch um einen erwarteten zukünftigen Zinssatz in der realen Welt.

(d) Ein Unternehmen hat in $t_0$ einen Kredit mit zwei Jahren Laufzeit in Höhe von 1 Mio. Euro aufgenommen, um eine Investition zu finanzieren. Da sich das geplante Investitionsprojekt kurzfristig nicht realisieren lässt, entscheidet sich das Unternehmen dazu in ein alternatives Projekt zu investieren. Dieses neue Projekt benötigt ebenfalls eine Investition in Höhe von 1 Mio. Euro, beginnt allerdings erst in drei Monaten und läuft 21 Monate lang. Aus diesem Grund entscheidet sich das Unternehmen dazu die bereits aufgenommene Kreditsumme, in Höhe von 1 Mio. Euro, für drei Monate zu verleihen. Der ursprüngliche Kredit wurde zur diskreten Spot Rate $r(2{,}0) = 4{,}5\,\%$ aufgenommen und das Gegengeschäft wurde zu einer diskreten Spot Rate von $r(0{,}25) = 1{,}75\,\%$ abgeschlossen. (4 P.)

Welchen Zinssatz hat das Unternehmen für den synthetischen Kredit zu zahlen, den es für die Realisierung des neuen Investitionsprojekts benötigt? Bei diesem synthetischen Kredit handelt es sich um die Kombination der beiden gegenläufigen Geschäfte, so dass in Summe ein Kredit entsteht, der in 3 Monaten beginnt und 21 Monate lang läuft.

Am 01.01.2015 wurde von Unternehmen A ein 6/9-FRA mit einer linearen Forward Rate von $fr(0{,}5; 0{,}75) = 5{,}0\,\%$ p. a. für ein Nominalvolumen von 5 Mio. Euro erworben. Am 01.04.2015 wird ein 3/6-FRA mit einer linearen Forward Rate von $fr(0{,}25; 0{,}50) = 4{,}9\,\%$ p. a. für ein Nominalvolumen von 5 Mio. Euro von Unternehmen A verkauft. Am 01.04.2015 beträgt der lineare Marktzins für eine Laufzeit von drei Monaten 4,2 % p. a. und für eine Laufzeit von sechs Monaten 4,8 % p. a. Unterstellen Sie außerdem die 30/360-Konvention, falls diese benötigt wird.

(e) Welche Gesamtposition resultiert am 01.04.2015 aus der Kombination der beiden Geschäfte? An welchen Tagen kommt es zu Zahlungen? (5 P.)

(f) Bestimmen Sie zum 01.04.2015 den Barwert aller noch ausstehenden Zahlungen, die Unternehmen A entweder noch zu leisten hat oder erhalten wird? (5 P.)

## 3. Merton-Modell (25 P.)

(a) Beschreiben Sie kurz die grundlegende Idee eines Unternehmenswertmodells! (3 P.)

(b) Betrachten Sie im Folgenden das Grundmodell nach Merton (1974). (8 P.)
Beschreiben Sie kurz die Fremdkapitalstruktur und stellen Sie die Rückzahlungsprofile für das Eigen- und Fremdkapital (bei Ausfall und Nicht-Ausfall) verbal und anhand eines Schaubilds dar!

(c) Es seien folgende Daten im Merton-Modell gegeben: (4 P.)

- Gesamtunternehmenswert: 100 Mio. Euro,
- Nominalwert des zweijährigen Zerobonds: 80 Mio. Euro,
- kontinuierlicher zweijähriger risikofreier Zinssatz: 2 % p. a.,
- fairer zweijähriger Credit Spread: 1 % p. a.

Berechnen Sie den Wert des Eigenkapitals!

(d) Der Gesamtunternehmenswert, der Nominalwert des zweijährigen Zerobonds und der kontinuierliche risikofreie Zinssatz nehmen weiterhin die gleichen Werte wie in Aufgabenteil (c) an. Die Unternehmenswertvolatilität betrage nun 20 % p. a. Bestimmen Sie den fairen Credit Spread und die Bonitätsprämie unter Anwendung des grundlegenden Merton-Modells! (10 P.)

4. **Value-at-Risk und Expected Shortfall** **(25 P.)**

   (a) Erläutern Sie verbal, formal und anhand einer Skizze den Value-at-Risk eines Kreditportfolios! Bitte achten Sie bei Ihrer Skizze auf aussagekräftige Beschriftungen. (8 P.)

(b) Das Kreditportfolio der Lilli-Put Bank besteht aus zwei Krediten. Der Vorstand der Bank schätzt die Ausfallwahrscheinlichkeit des Kredits an Unternehmen $X$ auf 0,5 % und den Verlust bei Ausfall auf 5 Mio. Euro. Die Ausfallwahrscheinlichkeit des Kredits an Unternehmen $Y$ wird auf 0,8 % geschätzt und der Verlust bei Ausfall auf 2 Mio. Euro. Die Ausfallereignisse seien unabhängig. Bestimmen Sie zunächst die Verlustverteilung des Kreditportfolios der Lilli-Put Bank! (6 P.)

(c) Definieren Sie zunächst formal die Subadditivitätsbedingung! Zeigen Sie dann am Beispiel der Lilli-Put Bank, dass der Value-at-Risk nicht subadditiv ist, der Expected Shortfall die Subadditivitätsbedingung jedoch erfüllt! Das Konfidenzniveau betrage dabei 99 %. (7 P.)

(d) Unterstellen Sie nun, die Ausfallereignisse seien nicht mehr unabhängig voneinander. Erläutern Sie, wie sich eine (positive) Abhängigkeit der Ausfallereignisse *ceteris paribus* – bei gegebenen Ausfallwahrscheinlichkeiten der Kredite $X$ und $Y$ von weiterhin 0,5 % bzw. 0,8 % – auf die Höhe von Value-at-Risk und Expected Shortfall des Kreditportfolios der Lilli-Put Bank qualitativ auswirkt! (4 P.)

# Formelsammlung zum Modul 32831 Finanzwirtschaftliche Bewertungstheorie und Kreditrisikomanagement

Vorbemerkung: Die Bezeichnungen der Variablen entsprechen denen im Kurstext. Die Formeln sind nicht zwingend allgemeingültig, sondern gelten für den im Kurstext behandelten Kontext.

## Kurs 42310 Finanzwirtschaftliche Bewertungstheorie

### Kurseinheit 1

Umrechnung verschiedener Zinsrechnungsmethoden

- Gegeben: linearer Zinssatz $i^l$
  - Gesucht: diskreter Zinssatz $i^d$

$$A_0 \cdot (1 + i^l T) = A_0 \cdot (1 + i^d)^T \quad \Longrightarrow \; i^d = \sqrt[T]{1 + i^l T} - 1$$

  - Gesucht: kontinuierlicher Zinssatz $i^k$

$$A_0 \cdot (1 + i^l T) = A_0 \cdot e^{i^k T} \quad \Longrightarrow \; i^k = \frac{\ln(1 + i^l T)}{T}$$

- Gegeben: diskreter Zinssatz $i^d$
  - Gesucht: linearer Zinssatz $i^l$

$$A_0 \cdot (1 + i^d)^T = A_0 \cdot (1 + i^l T) \quad \Longrightarrow \; i^l = \frac{(1 + i^d)^T - 1}{T}$$

  - Gesucht: kontinuierlicher Zinssatz $i^k$

$$A_0 \cdot (1 + i^d)^T = A_0 \cdot e^{i^k T} \quad \Longrightarrow \; i^k = \frac{\ln((1 + i^d)^T)}{T} = \ln(1 + i^d)$$

- Gegeben: kontinuierlicher Zinssatz $i^k$
  - Gesucht: linearer Zinssatz $i^l$

$$A_0 \cdot e^{i^k T} = A_0 \cdot (1 + i^l T) \quad \Longrightarrow \; i^l = \frac{e^{i^k T} - 1}{T}$$

  - Gesucht: diskreter Zinssatz $i^d$

$$A_0 \cdot e^{i^k T} = A_0 \cdot (1 + i^d)^T \quad \Longrightarrow \; i^d = \sqrt[T]{e^{i^k T}} - 1 = e^{i^k} - 1$$

### Kurseinheit 2

Preis einer Kuponanleihe

$$\begin{aligned} KA_t^{clean} &= KA_t - AI_t \\ &= \sum_{k=j}^{n-1} \left( \frac{\tau \cdot c}{(1 + r_t(t_k - t))^{t_k - t}} \right) + \frac{1 + \tau \cdot c}{(1 + r_t(T - t))^{T-t}} - (t - t_{j-1}) \cdot c \end{aligned}$$

Floating Rate Note (exakt)

$$FRN_t^0 = \frac{(1 + r_{t_{j-1}}(\tau))^\tau}{(1 + r_t(t_j - t))^{t_j - t}}$$

Floating Rate Note (vereinfacht)

$$FRN_t^0 = \frac{1 + \tau \cdot EURIBOR_{t_{j-1}}(\tau)}{(1 + r_t(t_j - t))^{t_j - t}}$$

Floater mit Auf- oder Abschlag

$$FRN_0^c = 1 + \sum_{k=1}^{n} \frac{\tau \cdot c}{(1 + r(k\tau))^{k\tau}}.$$

$$FRN_t^c = FRN_t^0 + \sum_{k=j}^{n} \frac{\tau \cdot c}{(1 + r_t(k\tau - t))^{k\tau - t}}$$

Swap Rate für eine Laufzeit von $T$ Jahren

$$sr(T) = \left(1 - \frac{1}{(1 + r(T))^T}\right) \Bigg/ \left(\sum_{k=1}^{T/\tau} \frac{\tau}{(1 + r(k\tau))^{k\tau}}\right)$$

Wert eines FRA aus Käufersicht

$$FRA_t = \frac{1}{(1 + r_t(t_1 - t))^{t_1 - t}} - \frac{1 + (t_2 - t_1) \cdot fr_0^l(t_1, t_2)}{(1 + r_t(t_2 - t))^{t_2 - t}}.$$

Forward Rate (lineare Zinsrechnung)

$$fr_0^l(t_1, t_2) = \frac{1}{t_2 - t_1} \left( \frac{(1 + r_0(t_2))^{t_2}}{(1 + r_0(t_1))^{t_1}} - 1 \right)$$

Forward Rate (diskrete Zinsrechnung)

$$fr(t_1, t_2) = \left( \frac{(1 + r(t_2))^{t_2}}{(1 + r(t_1))^{t_1}} \right)^{\frac{1}{t_2 - t_1}} - 1$$

Spot Rate

$$r(T) = \left( \frac{1 + \tau \cdot sr(T)}{1 - \sum_{k=1}^{T/\tau - 1} \left( \frac{\tau \cdot sr(T)}{(1 + r(k\tau))^{k\tau}} \right)} \right)^{1/T} - 1$$

## Kurseinheit 3

Forward-Wert

$$Fw_t^{long} = -Fw_t^{short} = S_t - F\,(1 + r_t(T-t))^{-(T-t)}$$

Forward-Preis eines dividendenlosen Underlyings

$$F = S_0\,(1 + r_0(T))^T$$

Forward-Preis einer Dividenden zahlenden Aktie

$$F = \left(S_0 - \sum_{j=1}^{k} \frac{D_{t_j}}{(1 + r(t_j))^{t_j}}\right)(1 + r(T))^T$$

Forward-Preis einer Anleihe

$$F = (KA_0^{clean} + AI_0)(1+r)^T - c(1+r)^{T-t_1} - AI_T$$

Terminwechselkurs

$$F = FX_0 \cdot \left(\frac{1+r}{1+r^f}\right)^T$$

Forward-Preis mit Lagerkosten und Convenience Yield

$$F = S_0\,(1 + r + c - q)^T, \quad c = \frac{C}{S_0 \cdot T}$$

Konversionsfaktor für die Cheapest-to-Deliver-Option bei Bund-Futures

$$kf = 1{,}06^{f-1}\left[\frac{c}{0{,}06}\left(1{,}06 - 1{,}06^{-Y}\right) + 1{,}06^{-Y}\right] - c \cdot f$$

Anzahl der Futures-Kontrakte im Minimum-Varianz-Hedge

$$x = -a \cdot \frac{\rho \cdot \sigma_S \cdot S_0}{\sigma_H \cdot H_0}$$

## Kurseinheit 4

Put-Call-Parität

$$f_0^{Call} - f_0^{Put} = S_0 - B \cdot (1+r)^{-T}$$

Risikoneutrale Wahrscheinlichkeit im Binomialmodell

$$q = \frac{(1+r)^T - d}{u - d}$$

Geometrische Brownsche Bewegung (Differenzialgleichung)

$$\frac{dS_t}{S_t} = \mu\,dt + \sigma\,dW_t$$

Geometrische Brownsche Bewegung (Differenzengleichung)

$$\frac{\Delta S_t}{S_t} = \mu\,\Delta t + \sigma\,\epsilon_t\,\sqrt{\Delta t}$$

Prozess des logarithmierten Aktienkurses

$$d\log S_t = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)dt + \sigma\,dW_t$$

Verteilung des logarithmierten Aktienkurses

$$\log S_T \sim N\left(\log S_0 + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)T; \sigma^2\,T\right)$$

Black/Scholes-Formeln

$$f_0^{Call} = S_0\,N(d_1) - e^{-rT} B\,N(d_2)$$

$$f_0^{Put} = -S_0\,N(-d_1) + e^{-rT} B\,N(-d_2)$$

$$d_1 = \frac{\log(S_0/B) + (r + \sigma^2/2)\,T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

Wertuntergrenze für Kaufoptionen (europäisch und amerikanisch)

$$f_t \geq S_0 - \frac{B}{(1+r)^{T-t}} \geq S_0 - B$$

Wertuntergrenze für europäische Verkaufoptionen

$$f_0^{Put} \geq B\,e^{-rT} - S_0$$

Schätzer der historischen Volatilität

$$\hat{\sigma}\,\sqrt{\Delta t} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(r_{t+i\,\Delta t} - \bar{r})^2}, \quad \bar{r} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} r_{t+i\,\Delta t}$$

Volatilitätskonsistente Parameterwahl nach Cox, Ross, Rubinstein im Binomialmodell

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}, \quad d = \frac{1}{u} = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}, \quad q = \frac{e^{r\,\Delta t} - d}{u - d}$$

# Kurs 42311 Kreditrisikomanagement

## Kurseinheit 1

Marginale Ausfallwahrscheinlichkeit in der $n$-ten Periode

$$p_n = \frac{PD_n - PD_{n-1}}{1 - PD_{n-1}}$$

Kumulative Ausfallwahrscheinlichkeit innerhalb der ersten $n$ Perioden

$$PD_n = 1 - \prod_{k=1}^{n} (1 - p_k)$$

Optimaler Gewichtsvektor in der bivariaten linearen Diskriminanzanalyse

$$w = \Sigma^{-1}(\mu^G - \mu^B),$$

$$\Sigma = \frac{1}{n_G + n_B - 2} \left( \sum_{i=1}^{n_G} (x^{G,i} - \mu^G)\,(x^{G,i} - \mu^G)^T + \sum_{i=1}^{n_B} (x^{B,i} - \mu^B)\,(x^{B,i} - \mu^B)^T \right)$$

Logit-Funktion

$$\operatorname{logit}(E[A_j]) = \log\left(\frac{E[A_j]}{1 - E[A_j]}\right) = \alpha + \beta_1\, x_1^j + \cdots + \beta_n\, x_n^j + \epsilon^j$$

Ausfallwahrscheinlichkeit als Umkehrfunktion des Logit

$$E[A_j] = \frac{\exp\left(\alpha + \beta_1\, x_1^j + \cdots + \beta_n\, x_n^j\right)}{1 + \exp\left(\alpha + \beta_1\, x_1^j + \cdots + \beta_n\, x_n^j\right)}$$

Bonitätsprämie im Merton-Modell

$$BP = NW\, e^{-rT} N(-d_2) - V\, N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\log(V/NW) + (r + \sigma_V^2/2)\,T}{\sigma_V \sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma_V \sqrt{T}$$

Credit Spread im Merton-Modell

$$s = \frac{1}{T} \log\left(\frac{NW}{NW e^{-rT} - BP}\right) - r$$

Unternehmenswertvolatilität und Eigenkapitalvolatilität

$$\sigma_{EK} = \frac{V}{EK} \cdot N(d_1) \cdot \sigma_V$$

## Kurseinheit 2

Verteilungsfunktion des Portfoliowertes im Vasicek-Modell

$$F_X(x) = P(X \le x) = N\left(\frac{1}{\sqrt{\rho}}\left(\sqrt{1-\rho}\, N^{-1}(x) + N^{-1}(p)\right)\right)$$

Value-at-Risk des Portfoliowertes im Vasicek-Modell zum Referenzwert $x_0 = 1$

$$\operatorname{VaR}(X) = N\left(\frac{N^{-1}(p) - \sqrt{\rho}\, N^{-1}(\alpha)}{\sqrt{1-\rho}}\right)$$

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,0 | 0,5000 | 0,5040 | 0,5080 | 0,5120 | 0,5160 | 0,5199 | 0,5239 | 0,5279 | 0,5319 | 0,5359 |
| 0,1 | 0,5398 | 0,5438 | 0,5478 | 0,5517 | 0,5557 | 0,5596 | 0,5636 | 0,5675 | 0,5714 | 0,5753 |
| 0,2 | 0,5793 | 0,5832 | 0,5871 | 0,5910 | 0,5948 | 0,5987 | 0,6026 | 0,6064 | 0,6103 | 0,6141 |
| 0,3 | 0,6179 | 0,6217 | 0,6255 | 0,6293 | 0,6331 | 0,6368 | 0,6406 | 0,6443 | 0,6480 | 0,6517 |
| 0,4 | 0,6554 | 0,6591 | 0,6628 | 0,6664 | 0,6700 | 0,6736 | 0,6772 | 0,6808 | 0,6844 | 0,6879 |
| 0,5 | 0,6915 | 0,6950 | 0,6985 | 0,7019 | 0,7054 | 0,7088 | 0,7123 | 0,7157 | 0,7190 | 0,7224 |
| 0,6 | 0,7257 | 0,7291 | 0,7324 | 0,7357 | 0,7389 | 0,7422 | 0,7454 | 0,7486 | 0,7517 | 0,7549 |
| 0,7 | 0,7580 | 0,7611 | 0,7642 | 0,7673 | 0,7704 | 0,7734 | 0,7764 | 0,7794 | 0,7823 | 0,7852 |
| 0,8 | 0,7881 | 0,7910 | 0,7939 | 0,7967 | 0,7995 | 0,8023 | 0,8051 | 0,8078 | 0,8106 | 0,8133 |
| 0,9 | 0,8159 | 0,8186 | 0,8212 | 0,8238 | 0,8264 | 0,8289 | 0,8315 | 0,8340 | 0,8365 | 0,8389 |
| 1,0 | 0,8413 | 0,8438 | 0,8461 | 0,8485 | 0,8508 | 0,8531 | 0,8554 | 0,8577 | 0,8599 | 0,8621 |
| 1,1 | 0,8643 | 0,8665 | 0,8686 | 0,8708 | 0,8729 | 0,8749 | 0,8770 | 0,8790 | 0,8810 | 0,8830 |
| 1,2 | 0,8849 | 0,8869 | 0,8888 | 0,8907 | 0,8925 | 0,8944 | 0,8962 | 0,8980 | 0,8997 | 0,9015 |
| 1,3 | 0,9032 | 0,9049 | 0,9066 | 0,9082 | 0,9099 | 0,9115 | 0,9131 | 0,9147 | 0,9162 | 0,9177 |
| 1,4 | 0,9192 | 0,9207 | 0,9222 | 0,9236 | 0,9251 | 0,9265 | 0,9279 | 0,9292 | 0,9306 | 0,9319 |
| 1,5 | 0,9332 | 0,9345 | 0,9357 | 0,9370 | 0,9382 | 0,9394 | 0,9406 | 0,9418 | 0,9429 | 0,9441 |
| 1,6 | 0,9452 | 0,9463 | 0,9474 | 0,9484 | 0,9495 | 0,9505 | 0,9515 | 0,9525 | 0,9535 | 0,9545 |
| 1,7 | 0,9554 | 0,9564 | 0,9573 | 0,9582 | 0,9591 | 0,9599 | 0,9608 | 0,9616 | 0,9625 | 0,9633 |
| 1,8 | 0,9641 | 0,9649 | 0,9656 | 0,9664 | 0,9671 | 0,9678 | 0,9686 | 0,9693 | 0,9699 | 0,9706 |
| 1,9 | 0,9713 | 0,9719 | 0,9726 | 0,9732 | 0,9738 | 0,9744 | 0,9750 | 0,9756 | 0,9761 | 0,9767 |
| 2,0 | 0,9772 | 0,9778 | 0,9783 | 0,9788 | 0,9793 | 0,9798 | 0,9803 | 0,9808 | 0,9812 | 0,9817 |
| 2,1 | 0,9821 | 0,9826 | 0,9830 | 0,9834 | 0,9838 | 0,9842 | 0,9846 | 0,9850 | 0,9854 | 0,9857 |
| 2,2 | 0,9861 | 0,9864 | 0,9868 | 0,9871 | 0,9875 | 0,9878 | 0,9881 | 0,9884 | 0,9887 | 0,9890 |
| 2,3 | 0,9893 | 0,9896 | 0,9898 | 0,9901 | 0,9904 | 0,9906 | 0,9909 | 0,9911 | 0,9913 | 0,9916 |
| 2,4 | 0,9918 | 0,9920 | 0,9922 | 0,9925 | 0,9927 | 0,9929 | 0,9931 | 0,9932 | 0,9934 | 0,9936 |
| 2,5 | 0,9938 | 0,9940 | 0,9941 | 0,9943 | 0,9945 | 0,9946 | 0,9948 | 0,9949 | 0,9951 | 0,9952 |
| 2,6 | 0,9953 | 0,9955 | 0,9956 | 0,9957 | 0,9959 | 0,9960 | 0,9961 | 0,9962 | 0,9963 | 0,9964 |
| 2,7 | 0,9965 | 0,9966 | 0,9967 | 0,9968 | 0,9969 | 0,9970 | 0,9971 | 0,9972 | 0,9973 | 0,9974 |
| 2,8 | 0,9974 | 0,9975 | 0,9976 | 0,9977 | 0,9977 | 0,9978 | 0,9979 | 0,9979 | 0,9980 | 0,9981 |
| 2,9 | 0,9981 | 0,9982 | 0,9982 | 0,9983 | 0,9984 | 0,9984 | 0,9985 | 0,9985 | 0,9986 | 0,9986 |
| 3,0 | 0,99865 | 0,99869 | 0,99874 | 0,99878 | 0,99882 | 0,99886 | 0,99889 | 0,99893 | 0,99896 | 0,99900 |
| 3,1 | 0,99903 | 0,99906 | 0,99910 | 0,99913 | 0,99916 | 0,99918 | 0,99921 | 0,99924 | 0,99926 | 0,99929 |
| 3,2 | 0,99931 | 0,99934 | 0,99936 | 0,99938 | 0,99940 | 0,99942 | 0,99944 | 0,99946 | 0,99948 | 0,99950 |
| 3,3 | 0,99952 | 0,99953 | 0,99955 | 0,99957 | 0,99958 | 0,99960 | 0,99961 | 0,99962 | 0,99964 | 0,99965 |
| 3,4 | 0,99966 | 0,99968 | 0,99969 | 0,99970 | 0,99971 | 0,99972 | 0,99973 | 0,99974 | 0,99975 | 0,99976 |
| 3,5 | 0,99977 | 0,99978 | 0,99978 | 0,99979 | 0,99980 | 0,99981 | 0,99981 | 0,99982 | 0,99983 | 0,99983 |
| 3,6 | 0,99984 | 0,99985 | 0,99985 | 0,99986 | 0,99986 | 0,99987 | 0,99987 | 0,99988 | 0,99988 | 0,99989 |
| 3,7 | 0,99989 | 0,99990 | 0,99990 | 0,99990 | 0,99991 | 0,99991 | 0,99992 | 0,99992 | 0,99992 | 0,99992 |
| 3,8 | 0,99993 | 0,99993 | 0,99993 | 0,99994 | 0,99994 | 0,99994 | 0,99994 | 0,99995 | 0,99995 | 0,99995 |
| 3,9 | 0,99995 | 0,99995 | 0,99996 | 0,99996 | 0,99996 | 0,99996 | 0,99996 | 0,99996 | 0,99997 | 0,99997 |

**Abbildung 1.** *Tabelle der Normalverteilungsfunktion* $N(x) = \int_{-\infty}^{x} \frac{e^{-y^2/2}}{\sqrt{2\pi}} dy$ *für* $x \ge 0$. *Es gilt* $N(-x) = 1 - N(x)$.