



UNIVERSITÄT PADERBORN
Die Universität der Informationsgesellschaft

W2453 - Angewandte Zeitreihenanalyse und Einführung in die
Finanzökonometrie, SS 2025

Angewandtes Zeitreihenanalyse-Projekt mit R

Dozent: Prof. Dr. Yuanhua Feng
Assistenten: Dominik Schulz, Marvin Langen
Projektbeginn: 17.06.2025
Abgabefrist: 11.07.2025, 23.59 Uhr

Hinweise zur Bearbeitung des Projekts:

- Es gibt vier Aufgaben mit jeweils maximal 25 Punkten, Teilpunkte sind in eckigen Klammern angegeben.
- Beachten Sie bitte die in PANDA geteilten Regelungen zu den zu bearbeitenden Problemstellungen in Abhängigkeit der Gruppengröße.
- Nutzen Sie bitte die Titelseite, welche auf PANDA bereitgestellt wird.
- Beachten Sie die Hinweise zur Bearbeitung und Abgabe auf PANDA.
- Laden Sie Ihr Projekt innerhalb der Frist in dem vorgegebenen Bereich auf PANDA hoch.
- Zur Bearbeitung des Projekts müssen mindestens die folgenden Pakete installiert sein: `fGarch`, `smoots`, `yfR`, `TSA`, `tseries`.
- Sofern nicht anders angegeben, runden Sie bitte sämtliche Ergebnisse, die Sie aufführen müssen, auf vier Dezimalstellen.

Teil I: Grundlegende Zeitreihenanalyse

Problem 1: Zeitreihensimulation und AR-Modell-Auswahl anhand AIC

Bearbeiten Sie die folgenden Teilaufgaben und halten Sie die Codierungen zur Lösung der Teilaufgaben in der Datei *W2453-ZAFinOek-Projekt-Problem_1-SS2025-Gruppe_GRUPPENNR.R* fest. Tragen Sie in dieser Skriptdatei in Zeile 9 die Matrikelnummer eines Ihrer Gruppenmitglieder ein und fahren Sie erst dann mit der Bearbeitung fort.

- a) Die bereitgestellte Skriptdatei zu Problem 1 enthält bereits ein paar Codezeilen zur Simulation von Beobachtungen (x_t) , $t = 1, \dots, 400$, anhand des theoretischen Prozesses (X_t) definiert durch

$$X_t = Y_t + 4.5 \quad \text{mit} \quad Y_t = 0.8Y_{t-1} + \varepsilon_t,$$

wobei ε_t unabhängig sind und einer Standardnormalverteilung folgen. Nichtsdestotrotz enthält der Code fünf fehlerhafte Stellen, die beim Ausführen in R Fehlermeldungen in der R-Konsole hervorrufen. Korrigieren Sie die Fehler in der Skriptdatei und beschreiben Sie in dem Projektbericht, welche Fehler Sie gefunden haben, warum dies Fehler sind und wie Sie diese Fehler korrigiert haben. [5]

- b) Nutzen Sie die korrigierte Skriptdatei aus **a)**, um nun in R eine Beobachtungsreihe (x_t) , $t = 1, \dots, 400$, zu simulieren. (Keine Aufgaben für den Projektbericht.) [2]
- c) Erstellen Sie in R eine Grafik Ihrer simulierten Zeitreihe und fügen Sie diese in Ihren Projektbericht ein. Kommentieren Sie diese Grafik im Projektbericht und erläutern Sie ebenfalls anhand der Grafik, weshalb Sie denken, dass die simulierte Zeitreihe ungefähr stationär ist. [3]
- d) Nutzen Sie in R die Funktionen `acf()`, um die empirische Autokorrelationsfunktion Ihrer simulierten Zeitreihe grafisch darzustellen. Fügen Sie die Grafik in Ihren Projektbericht ein und interpretieren Sie diese in dem Bericht vor dem Hintergrund des Vorhandenseins oder der Abwesenheit signifikanter Autokorrelation in den Beobachtungen. [3]
- e) Wählen Sie in R unter den $AR(p)$ -Modellen für $p = 0, \dots, 3$ das beste Modell für Ihre simulierte Zeitreihe anhand des AIC aus, sowohl einerseits unter der Nutzung der Funktion `arma()` als auch andererseits unter Verwendung von `ar.yw()`. Nennen Sie in Ihrem Projektbericht die gewählten Ordnungen. [5]
- f) Nennen Sie die angepasste Modellformel des ausgewählten und durch `arma()`

geschätzten Modells für Ihre Beobachtungen in dem Projektbericht. (Keine Aufgaben in R.) [2]

g) Nennen Sie die angepasste Modellformel des ausgewählten und durch `ar.yw()` geschätzten Modells für Ihre Beobachtungen in dem Projektbericht. (Keine Aufgaben in R.) [2]

h) Durch die Nutzung der Befehle `?ar.yw` und `?arima` können Sie in R die Dokumentation zu den beiden Funktionen `ar.yw()` und `arima()` aufrufen. Unter Berufung auf die Dokumentation zu `ar.yw()` und `arima()` (und ggf. unter Berücksichtigung weiterer Recherchen) benennen Sie kurz ohne weitere Details in zwei bis drei Sätzen in Ihrem Projektbericht, welche statistischen Schätzmethoden für AR-Modelle durch die Anwendung von `ar.yw()` und `arima()` jeweils standardmäßig implementiert werden. Kommentieren Sie ferner kurz in ein bis zwei Sätzen anhand Ihrer Ergebnisse aus **f)** und **g)**, ob bei der Anpassung von AR-Modellen nach AIC die zwei durch `ar.yw()` und `arima()` implementierten Schätzmethoden im Allgemeinen für endliche Stichprobengrößen unweigerlich immer zu demselben Ergebnis, demnach derselben ausgewählten Ordnung und denselben geschätzten Koeffizienten, führen müssen oder nicht. (Keine Aufgaben in R.) [3]

[Gesamt: 25 Punkte]

Problem 2: Analyse trendstationärer Zeitreihen

Bearbeiten Sie die folgenden Teilaufgaben und halten Sie die Codierungen zur Lösung der Teilaufgaben in der Datei *W2453-ZAFinOek-Projekt-Problem_2-SS2025-Gruppe_GRUPPENNR.R* fest.

- a) Suchen Sie online nach einer (makro)ökonomischen Zeitreihe (**nicht** nach einer Finanzzeitreihe) mit mindestens 300 Beobachtungen, die entweder unmittelbar trendstationär ist oder trendstationär nach einer Log-Transformation¹. Lesen Sie den Datensatz in R ein und transformieren Sie die relevante Beobachtungsreihe ggf. in ein Zeitreihenobjekt. (Keine Aufgaben im Projektbericht.) [3]
- b) Beschreiben Sie kurz die von Ihnen gewählte Zeitreihe in dem Projektbericht. Gehen Sie unter anderem auf die Quelle Ihres gewählten Datensatzes, die Beobachtungsfrequenz (z.B. vierteljährlich, monatlich, etc.) und die Anzahl an Beobachtungen für Ihre Analyse ein. (Keine Aufgaben in R.) [3]
- c) Plotten Sie die von Ihnen gewählte Zeitreihe in R und fügen Sie die resultierende Grafik in Ihren Projektbericht ein. Achten Sie hierbei darauf, die Achsen passend zu beschriften, und fügen Sie einen Titel hinzu. Erläutern Sie anschließend in Ihrem Projektbericht anhand der Grafik,
 - i) ob Ihre Zeitreihe stationär ist oder, falls nicht, welche Stationaritätsbedingungen in Ihrem Beispiel verletzt werden,
 - ii) ob und warum ein additives oder multiplikatives Komponentenmodell für die Trendbereinigung Ihrer Daten zu bevorzugen ist. [5]
- d) Schätzen Sie den Trend Ihrer originalen bzw. log-transformierten Zeitreihe anhand des gewählten Komponentenmodells aus **c**). Nutzen Sie dazu in R anschließend die Funktion `msmooth()` des R-Pakets `smoots`, um einen lokal linearen Trend mit automatisch ausgewählter Bandbreite zu bestimmen. Nennen Sie in Ihrem Projektbericht die ausgewählte Bandbreite für den lokal linearen Trend und geben Sie die ungefähre Anzahl an Beobachtungen an, die für die Trendschätzung zu jedem Beobachtungszeitpunkt genutzt werden. Erstellen Sie ferner die zwei folgenden Grafiken in R, die ebenfalls in dem Projektbericht aufgeführt werden sollen:
 - i) eine Grafik der originalen bzw. log-transformierten Zeitreihe zusammen mit dem geschätzten Trend,

¹Demnach soll die (originale bzw. log-transformierte) Zeitreihe keine Saisonalität, keine Sprünge bzw. Strukturbrüche und eine durchweg ungefähr gleiche Varianz aufweisen.

- ii) eine Grafik der trendbereinigten Reihe (= originale bzw. log-transformierte Zeitreihe - geschätzter Trend).

Kommentieren Sie anschließend in Ihrem Projektbericht die Güte des angepassten Trends anhand der Grafik aus **i)** und die Stationarität der Residuen anhand der Grafik aus **ii)**. [8]

- e) Passen Sie in R verschiedene $\text{ARMA}(p, q)$ -Modelle für $p, q = 0, 1, 2, 3$ an die trendbereinigten Zeitreihe an. Berechnen Sie in R das BIC Kriterium für jedes geschätzte Modell und erstellen Sie extern, z.B. in Microsoft Excel, eine Tabelle über die berechneten BIC-Werte, die ebenfalls in den Bericht eingefügt werden soll. Wählen Sie die optimalen Ordnungen des ARMA-Modells nach dem BIC-Kriterium aus (entweder in R oder per Auge aus der zuvor erstellten Tabelle) und nennen Sie diese in Ihrem Projektbericht. Nennen Sie im Anschluss in Ihrem Projektbericht die angepasste Modellformel des ausgewählten Modells für die trendbereinigten Werte. [6]

[Gesamt: 25 Punkte]

Teil II: Finanzökonometrie

Problem 3: Explorative Analyse von Aktienrenditen

Bearbeiten Sie die folgenden Aufgaben. Wo notwendig, halten Sie Ihre Codierungen zur Lösung bitte in der Datei *W2453-ZAFinOek-Projekt-Problem_3-SS2025-Gruppe_GRUPPENNR.R* fest.

- a) Suchen Sie sich zwei US-amerikanische Börsenunternehmen aus, die im selben Wirtschaftssektor tätig sind (z.B. Technologie, Gesundheitswesen, Finanzwesen usw.). Verwenden Sie anschließend die Funktion `yf_get()` aus dem R-Paket `yfR`, um tägliche Preisreihen dieser beiden Unternehmen sowie des S&P 500 Index für einen Zeitraum von mindestens 5 Jahren herunterzuladen. Berechnen Sie anschließend die Log-Rendite-Reihen der beiden Finanzzeitreihen. (Keine Aufgaben im Projektbericht.) [4]
- b) Erstellen Sie in R Grafiken der originalen Finanzzeitreihen, der zuvor berechneten Log-Rendite-Reihen und ebenfalls der ACF der einfachen sowie der quadrierten Log-Renditen. Fügen Sie alle Grafiken in Ihren Projektbericht ein und kommentieren Sie dort ebenfalls schriftlich die zwei ACF-Grafiken im Hinblick auf signifikante Autokorrelation in den einfachen bzw. quadrierten Log-Renditen. [4]
- c) Berechnen Sie in R das Stichprobenmittel, die Stichprobenvarianz und mit Hilfe des R-Pakets `TSA` die empirische Schiefe (Funktion: `skewness()`) und den Exzess der empirischen Wölbung (Funktion: `kurtosis()`) der zwei Unternehmensrenditereihen und geben Sie die Werte in einer Tabelle, die zuvor von Ihnen extern z.B. in Microsoft Excel erstellt worden ist, in Ihrem Projektbericht an. [4]
- d) Erstellen Sie in R die Histogramme und die QQ-Normal Plots der beiden Unternehmensrenditereihen. Fügen Sie diese Grafiken in Ihren Projektbericht ein. Basierend auf beiden Grafiken und den Ergebnissen aus c) begründen Sie in Ihrem Bericht, ob eine Normalverteilung vorliegt. [5]
- e) Wenden Sie in R jeweils auf jede der beiden Renditereihen einen Jarque-Bera-Test zur Überprüfung von Normalität an. Nutzen Sie hierfür die Funktion `jarque.bera.test()` des R-Pakets `tseries`. Geben Sie in Ihrem Projektbericht die jeweiligen p -Werte der Tests an und interpretieren Sie die Ergebnisse im Hinblick auf die Annahme einer Normalverteilung in den Renditen. [2]
- f) Erläutern Sie in Ihrem Projektbericht unter Angabe mindestens einer wissenschaftlichen Quelle kurz den Unterschied zwischen einer unbedingten und einer bedingten Normalverteilung im Kontext von GARCH-Modellen. Gehen Sie ferner darauf ein,

inwiefern Ihre Schlussfolgerung hinsichtlich der unbedingten Normalverteilung der beobachteten Renditen aus **d)** und **e)** im Einklang mit der Annahme einer bedingten Normalverteilung bei GARCH-Modellen steht. [4]

- g) Berechnen Sie im nächsten Schritt in R den empirischen Korrelationskoeffizienten der zwei Unternehmensfinanzzeitreihen und der zwei Unternehmensrenditereihen. Nennen Sie die Ergebnisse in Ihrem Projektbericht und interpretieren Sie diese. [2]

[Gesamt: 25 Punkte]

Problem 4: Anwendung von GARCH-Modellen auf VaR und ES

Bearbeiten Sie die folgenden Aufgaben. Wo notwendig, halten Sie Ihre Codierungen zur Lösung bitte in der Datei *W2453-ZAFinOek-Projekt-Problem_4-SS2025-Gruppe_GRUPPENNR.R* fest.

- a) Nutzen Sie die Funktion `yf_get()` aus dem R-Paket `yfR`, um eine Finanzzeitreihe mit ungefähr 750 Beobachtungen von Yahoo Finance herunterzuladen². Speichern Sie die Aktien- oder Indexpreisreihe als `zoo`-Objekt ab mithilfe des R-Pakets `zoo`. (Keine Aufgaben im Projektbericht.) [3]
- b) Berechnen Sie in R die Log-Renditen für die in **a)** gewählte Aktienpreisreihen. Erstellen Sie in R eine Grafik der Renditen, fügen Sie diese in Ihren Bericht ein und kommentieren Sie im Bericht etwaige Auffälligkeiten in dem Plot (z.B. Zeiträume auffällig großer Variation etc.). [4]
- c) Passen Sie in R für $p = 1, 2$ und $q = 1, 2$ GARCH(p, q)-Modelle (mit bedingter t -Verteilung) an die Renditenreihe an und lassen Sie sich für jedes Modell den BIC-Wert berechnen. Wählen Sie anschließend das beste Modell anhand des BIC aus, erläutern Sie Ihre Wahl im Projektericht und geben Sie ebenfalls im Bericht die geschätzte Modellformel an. [5]
- d) Passen Sie in R für $p = 1, 2$ und $q = 1, 2$ APARCH(p, q)-Modelle (mit bedingter t -Verteilung) an die Renditenreihe an und lassen Sie sich für jedes Modell den BIC-Wert berechnen. Wählen Sie anschließend das beste Modell anhand des BIC aus, erläutern Sie Ihre Wahl im Projektericht und geben Sie ebenfalls im Bericht die geschätzte Modellformel an. [5]
- e) Wählen Sie aus den gewählten Modellen aus **c)** und **d)**, unter Angabe von Begründungen in Ihrem Projektbericht, das beste Modell anhand des BIC aus. Berechnen Sie in R für das ausgewählte Modell die 97.5%-VaR- und die 97.5%-ES-Reihe. [4]
- f) Erstellen Sie abschließend in R eine Grafik der negativen Renditen zusammen mit dem geschätzten 97.5%-VaR und dem 97.5%-ES des final gewählten Modells und füge Sie diese in Ihren Projektbericht ein. Kommentieren Sie die Abbildung in Ihrem Projektbericht und gehen Sie in Ihrem Kommentar auf die Funktionen von VaR und ES ein. [4]

[Gesamt: 25 Punkte]

²Die gewählte Zeitreihe soll keinem Unternehmen zuzuordnen sein, das bereits für Problem 3 betrachtet wurde.