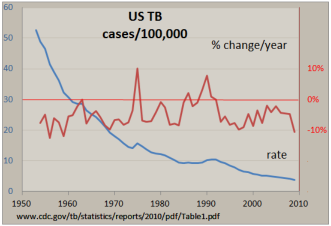
Zeitreihen

Statistik II


US TB
cases/100,000
% change/year
rate
10%
0%
-10%
60
50
40
30
20
10
0
1950
1960
1970
1980
1990
2000
2010
www.cdc.gov/tb/statistics/reports/2010/pdf/Table1.pdf

Wiederholung

Literatur

Zeitreihen

Zeitreihen-Daten

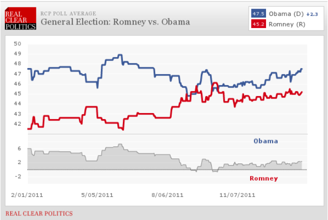
Modelle

Probleme

Trends und Saisonalität

Fehlerstruktur

Zusammenfassung



Zum Nachlesen

- Wooldridge ch 10.1 & 10.2

Für nächste Woche

- *Einfache* Modelle für Paneldaten
- Wooldridge ch. 13.1-13.4 (im Reader)

Was sind Zeitreihen?

- Bisher: „Fälle“
- Länder, Parteien, Städte, Personen ...
- Unabhängig voneinander erhoben, in der Regel durch Zufallsverfahren aus Population (Grundgesamtheit) ausgewählt
- Jeder Fall hat Ordnungsnummer (Index) n: $y_1, y_5, y_{27}, y_n \ldots$
- *Reihenfolge im Datensatz beliebig*

Was sind Zeitreihen?

- Bisher: „Fälle“
- Länder, Parteien, Städte, Personen ...
- Unabhängig voneinander erhoben, in der Regel durch Zufallsverfahren aus Population (Grundgesamtheit) ausgewählt
- Jeder Fall hat Ordnungsnummer (Index) n: $y_1, y_5, y_{27}, y_n \dots$
- *Reihenfolge im Datensatz beliebig*
- Datenmatrix kann umsortiert werden (Spalten und Zeilen)

Inwiefern sind Zeitreihen anders?

- Zeitreihen beziehen sich auf ein Objekt (z. B. ein politisches System)
- Beobachtungen sind nicht voneinander unabhängig

Inwiefern sind Zeitreihen anders?

- Zeitreihen beziehen sich auf ein Objekt (z. B. ein politisches System)
- Beobachtungen sind nicht voneinander unabhängig
- Reihenfolge der Beobachtungen im Datensatz ist nicht beliebig, sondern durch Kalenderzeit vorgegeben
- Spalten der Datenmatrix können umsortiert werden, Zeilen nicht

Inwiefern sind Zeitreihen anders?

- Zeitreihen beziehen sich auf ein Objekt (z. B. ein politisches System)
- Beobachtungen sind nicht voneinander unabhängig
- Reihenfolge der Beobachtungen im Datensatz ist nicht beliebig, sondern durch Kalenderzeit vorgegeben
- Spalten der Datenmatrix können umsortiert werden, Zeilen nicht
- Beobachtungen haben Ordnungsnummer (Index) t, beginnend mit $t = 1$ (erste Beobachtung)
- Abstände zwischen Beobachtungen sind (normalerweise) gleich groß

Abstände

- Typischerweise an Kalenderzeit orientiert
- In der Politikwissenschaft gängige Abstände:
  - Tage
  - Wochen
  - Monate
  - Quartale

  - Jahre
  - (Legislaturperioden)

Abstände

- Typischerweise an Kalenderzeit orientiert
- In der Politikwissenschaft gängige Abstände:
  - Tage (tracking polls im Wahlkampf)
  - Wochen
  - Monate
  - Quartale
  - Jahre
  - (Legislaturperioden)

Abstände

- Typischerweise an Kalenderzeit orientiert
- In der Politikwissenschaft gängige Abstände:
  - Tage (tracking polls im Wahlkampf)
  - Wochen (Anzahl terroristischer Anschläge im Irak)
  - Monate
  - Quartale
  - Jahre
  - (Legislaturperioden)

Abstände

- Typischerweise an Kalenderzeit orientiert
- In der Politikwissenschaft gängige Abstände:
  - Tage (tracking polls im Wahlkampf)
  - Wochen (Anzahl terroristischer Anschläge im Irak)
  - Monate (Anteil der Parteiidentifizierer in Deutschland)
  - Quartale
  - Jahre
  - (Legislaturperioden)

Abstände

- Typischerweise an Kalenderzeit orientiert
- In der Politikwissenschaft gängige Abstände:
  - Tage (tracking polls im Wahlkampf)
  - Wochen (Anzahl terroristischer Anschläge im Irak)
  - Monate (Anteil der Parteiidentifizierer in Deutschland)
  - Quartale (Wirtschaftsleistung und Zufriedenheit mit US-Präsident)
  - Jahre
  - (Legislaturperioden)

Abstände

- Typischerweise an Kalenderzeit orientiert
- In der Politikwissenschaft gängige Abstände:
  - Tage (tracking polls im Wahlkampf)
  - Wochen (Anzahl terroristischer Anschläge im Irak)
  - Monate (Anteil der Parteiidentifizierer in Deutschland)
  - Quartale (Wirtschaftsleistung und Zufriedenheit mit US-Präsident)
  - Jahre (Zustimmung zur EU und politische Variablen)
  - (Legislaturperioden)

Abstände

- Typischerweise an Kalenderzeit orientiert
- In der Politikwissenschaft gängige Abstände:
  - Tage (tracking polls im Wahlkampf)
  - Wochen (Anzahl terroristischer Anschläge im Irak)
  - Monate (Anteil der Parteiidentifizierer in Deutschland)
  - Quartale (Wirtschaftsleistung und Zufriedenheit mit US-Präsident)
  - Jahre (Zustimmung zur EU und politische Variablen)
  - (Legislaturperioden) (Entwicklung von Parteiprogrammen über die Zeit)

Abstände

- Typischerweise an Kalenderzeit orientiert
- In der Politikwissenschaft gängige Abstände:
  - Tage (tracking polls im Wahlkampf)
  - Wochen (Anzahl terroristischer Anschläge im Irak)
  - Monate (Anteil der Parteiidentifizierer in Deutschland)
  - Quartale (Wirtschaftsleistung und Zufriedenheit mit US-Präsident)
  - Jahre (Zustimmung zur EU und politische Variablen)
  - (Legislaturperioden) (Entwicklung von Parteiprogrammen über die Zeit)
- Beispiel: US-Präsident 1949-85

Presidential Approval & Unemployment

Presidential Approval

„Do you approve or disapprove of the way .... is handling his job as President?“

Presidential Approval & Unemployment

Presidential Approval

„Do you approve or disapprove of the way .... is handling his job as President?“

$\rightarrow$ Wieviel Prozent Zustimmung zur Amtsführung?

Presidential Approval & Unemployment

Presidential Approval

„Do you approve or disapprove of the way .... is handling his job as President?“

→ Wieviel Prozent Zustimmung zur Amtsführung?

% Approval	% Unemployed	Kalenderzeit	t
⋮	⋮	⋮	⋮
69.7	2.8	1953q1	17
73.0	2.7	1953q2	18
74.0	2.6	1953q3	19
⋮	⋮	⋮	⋮

Lags und Leads

- Lag: Wert aus Vergangenheit (früherer Zeitpunkt)
- (Lead: Wert aus Zukunft)

Lags und Leads

- Lag: Wert aus Vergangenheit (früherer Zeitpunkt)
- (Lead: Wert aus Zukunft)
- Bsp.: Zum Zeitpunkt $t = 19$
  - Ist das erste Lag der Arbeitslosenquote (Vorquartal, $t - 1$) $=$ 2.7
  - Das zweite Lag der Arbeitslosenquote $(t - 2) = 2.8$

% Unemployed	Kalenderzeit	t
⋮	⋮	⋮
2.8	1953q1	17
2.7	1953q2	18
2.6	1953q3	19
⋮	⋮	⋮

Wie kommen Zeitreihen zustande?

- „Normale“ Regression (über Stichproben)
    1. Stichprobe wird zufällig aus Grundgesamtheit ausgewählt
    2. Eine Stichprobe, die auch anders aussehen könnte
    3. Mathematisches Modell der Stichprobenziehung $\rightarrow$ Inferenzstatistik
    4. Rückschluß auf wahre Parameter in Grundgesamtheit

Wie kommen Zeitreihen zustande?

- „Normale" Regression (über Stichproben)
  1. Stichprobe wird zufällig aus Grundgesamtheit ausgewählt
  2. Eine Stichprobe, die auch anders aussehen könnte
  3. Mathematisches Modell der Stichprobenziehung $\rightarrow$ Inferenzstatistik
  4. Rückschluß auf wahre Parameter in Grundgesamtheit
- Zeitreihenanalyse
  1. „Datengenerierender Prozeß" (DGP) erzeugt historischen Ablauf
  2. Eine Zeitreihe, die auch anders hätte aussehen können
  3. Mathematisches Modell des Prozesses (Inferenzstatistik)
  4. Rückschluß auf wahre Parameter des Prozesses

Wie kommen Zeitreihen zustande?

- „Normale“ Regression (über Stichproben)
  1. Stichprobe wird zufällig aus Grundgesamtheit ausgewählt
  2. Eine Stichprobe, die auch anders aussehen könnte
  3. Mathematisches Modell der Stichprobenziehung $\rightarrow$ Inferenzstatistik
  4. Rückschluß auf wahre Parameter in Grundgesamtheit
- Zeitreihenanalyse
  1. „Datengenerierender Prozeß“ (DGP) erzeugt historischen Ablauf
  2. Eine Zeitreihe, die auch anders hätte aussehen können
  3. Mathematisches Modell des Prozesses (Inferenzstatistik)
  4. Rückschluß auf wahre Parameter des Prozesses
- Stärkere Annahmen, u. a. über Stabilität des DGP

Statisches Modell

- Lineare Beziehung zwischen y und x
- Schätzung des Modells
  - Nicht auf Grundlage von unabhängigen Fällen
  - Sondern auf Grundlage von zeitlich gestaffelten Beobachtungen am selben Objekt (z. B. USA)
  - Veränderungen in x haben unmittelbaren Effekt auf y
  - Unemployment $\rightarrow$ approval (economic voting)

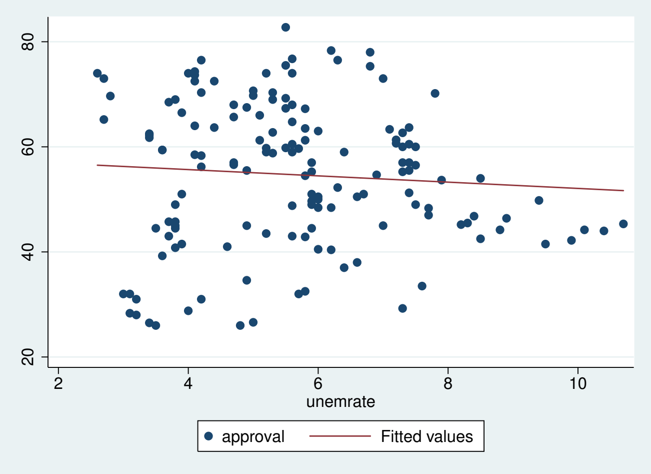
Statisches Modell

- Lineare Beziehung zwischen y und x
- Schätzung des Modells
  - Nicht auf Grundlage von unabhängigen Fällen
  - Sondern auf Grundlage von zeitlich gestaffelten Beobachtungen am selben Objekt (z. B. USA)
  - Veränderungen in x haben unmittelbaren Effekt auf y
  - Unemployment $\rightarrow$ approval (economic voting)

Statisches Modell

$$\begin{aligned} \text{approval}_t =& \beta_0 + \beta_1 \text{unemployment}_t + \epsilon_t \\ y_t =& \beta_0 + \beta_1 x_{1,t} + \epsilon_t \end{aligned}$$

Lineare Beziehung x und y



Implikation statisches Modell

```
. reg approval unemrate
      Source |       SS       df       MS              Number of obs =     148
-------------+------------------------------           F(  1,   146) =    0.85
       Model |  159.716707     1  159.716707           Prob > F      =  0.3568
    Residual |  27291.3802   146  186.927262           R-squared     =  0.0058
-------------+------------------------------           Adj R-squared = -0.0010
       Total |  27451.0969   147  186.742156           Root MSE      =  13.672
------------------------------------------------------------------------------
    approval |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
    unemrate |  -.5973806   .6462674    -0.92   0.357    -1.874628    .6798672
       _cons |   58.05901   3.814606    15.22   0.000     50.52003    65.59799
------------------------------------------------------------------------------
```

- Zu jedem Zeitpunkt t ...
- Ist Zustimmung zur Amtsführung eine lineare Funktion der ALQ ($58 - 0.6 \times$ unemrate)
- Z. B. Zunahme ALQ um zwei Prozentpunkte

Implikation statisches Modell

```
. reg approval unemrate
      Source |       SS       df       MS              Number of obs =     148
-------------+------------------------------           F(  1,   146) =    0.85
       Model |  159.716707     1  159.716707           Prob > F      =  0.3568
    Residual |  27291.3802   146  186.927262           R-squared     =  0.0058
-------------+------------------------------           Adj R-squared = -0.0010
       Total |  27451.0969   147  186.742156           Root MSE      =  13.672

------------------------------------------------------------------------------
    approval |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
    unemrate |  -.5973806   .6462674    -0.92   0.357    -1.874628    .6798672
       _cons |   58.05901   3.814606    15.22   0.000     50.52003    65.59799
------------------------------------------------------------------------------
```

- Zu jedem Zeitpunkt t ...
- Ist Zustimmung zur Amtsführung eine lineare Funktion der ALQ ($58 - 0.6 \times$ unemrate)
- Z. B. Zunahme ALQ um zwei Prozentpunkte → *sofortige* Abnahme Zustimmung um 1.2 Punkte
- Plausibel?

(Finite) Distributed Lag Model

- Veränderungen in x brauchen Zeit, um auf y zu wirken
- y eine Funktion von x heute plus vergangene 1, 2, ... Werte von x (Lags)
- Anzahl der vergangenen Zeitpunkte, die wir berücksichtigen können, endlich (finit)
- Im Text: andere Bezeichung für Koeffizienten der Lags, um Sache klarer zu machen

(Finite) Distributed Lag Model

FDL mit zwei Lags

$$
\begin{aligned}
y_t &= \beta_0 + \delta_0 x_t + \delta_1 x_{t-1} + \delta_2 x_{t-2} + \epsilon_t \\
\text{approval}_t &= \beta_0 + \delta_0 \text{unemployment}_t \\
&+ \delta_1 \text{unemployment}_{t-1} \\
&+ \delta_2 \text{unemployment}_{t-2} \\
&+ \epsilon_t
\end{aligned}
$$

(Finite) Distributed Lag Model

- Temporäre Zunahme der Arbeitslosigkeit Zeitpunkt $t \rightarrow$ Effekt erst drei Quartale später $(t + 3)$ abgeklungen
- δ_0: impact propensity oder impact multiplier
- Permanente Zunahme der Arbeitslosigkeit: (Permanente) Veränderung von y braucht drei Quartale um sich aufzubauen
- Graphische Darstellung von $\delta_0, \delta_1, \delta_2$: Verteilung (distributed lag model)
- Gesamteffekt der Veränderung: Summe von $\delta_0, \delta_1, \delta_2$: long-run propensity oder long-run multiplier

(Finite) Distributed Lag Model

```
. tset date
        time variable:  date, 1949q1 to 1985q4
                delta:  1 quarter

. reg approval unemrate L1.unemrate L2.unemrate

      Source |       SS       df       MS              Number of obs =     146
-------------+------------------------------           F(  3,   142) =    0.40
       Model |  230.998447     3  76.9994822           Prob > F      =  0.7497
    Residual |  27008.0761   142  190.197719           R-squared     =  0.0085
-------------+------------------------------           Adj R-squared = -0.0125
       Total |  27239.0745   145  187.855687           Root MSE      =  13.791

------------------------------------------------------------------------------
    approval |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
    unemrate |
         --. |  -2.674135   3.030339    -0.88   0.379    -8.664543    3.316273
         L1. |   3.164792    5.24657     0.60   0.547    -7.206685    13.53627
         L2. |  -1.029905   2.999669    -0.34   0.732    -6.959683    4.899873
             |
       _cons |   57.63794   4.031501    14.30   0.000     49.66843    65.60746
------------------------------------------------------------------------------
```

- Langfristiger Gesamteffekt einer Zunahme der ALQ um einen Punkt?

(Finite) Distributed Lag Model

```
. tset date
        time variable:  date, 1949q1 to 1985q4
                delta:  1 quarter

. reg approval unemrate L1.unemrate L2.unemrate

      Source |       SS       df       MS              Number of obs =     146
-------------+------------------------------           F(  3,   142) =    0.40
       Model |  230.998447     3  76.9994822           Prob > F      =  0.7497
    Residual |  27008.0761   142  190.197719           R-squared     =  0.0085
-------------+------------------------------           Adj R-squared = -0.0125
       Total |  27239.0745   145  187.855687           Root MSE      =  13.791

------------------------------------------------------------------------------
    approval |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
    unemrate |
         --. |  -2.674135   3.030339    -0.88   0.379    -8.664543    3.316273
         L1. |   3.164792    5.24657     0.60   0.547    -7.206685    13.53627
         L2. |  -1.029905   2.999669    -0.34   0.732    -6.959683    4.899873
             |
       _cons |   57.63794   4.031501    14.30   0.000     49.66843    65.60746
------------------------------------------------------------------------------
```

- Langfristiger Gesamteffekt einer Zunahme der ALQ um einen Punkt?
- -2.67 + 3.16 - 1.03 = -0.54

Approval & unemployment: lags

```
. list date approval unemrate L1.unemrate L2.unemrate in 1/8,clean

                                                    L.        L2.
          date   approval   unemrate   unemrate   unemrate
  1.    1949q1         69        3.8          .          .
  2.    1949q2         57        4.7        3.8          .
  3.    1949q3         57        5.9        4.7        3.8
  4.    1949q4         51        6.7        5.9        4.7
  5.    1950q1         45          7        6.7        5.9
  6.    1950q2         37        6.4          7        6.7
  7.    1950q3         43        5.6        6.4          7
  8.    1950q4         41        4.6        5.6        6.4
```

Verzögerter Effekt der Arbeitslosigkeit

- Annahme: Modell ist korrekt, d. h.
  $\text{approval}_t = 57.6 - 2.6 \times \text{alq}_t + 3.2 \times \text{alq}_{t-1} - 1 \times \text{alq}_{t-2}$
- ALQ einmalig 4 Prozent, sonst 2

Verzögerter Effekt der Arbeitslosigkeit

- Annahme: Modell ist korrekt, d. h.
  $\text{approval}_t = 57.6 - 2.6 \times \text{alq}_t + 3.2 \times \text{alq}_{t-1} - 1 \times \text{alq}_{t-2}$

- ALQ einmalig 4 Prozent, sonst 2

	date	approval	alq	L. alq	L2. alq
7.	7	56.8	2	2	2
8.	8	56.8	2	2	2
9.	9	56.8	2	2	2
10.	10	51.6	4	2	2
11.	11	63.2	2	4	2
12.	12	54.8	2	2	4
13.	13	56.8	2	2	2
14.	14	56.8	2	2	2

Verzögerter Effekt der Arbeitslosigkeit

- Annahme: Modell ist korrekt, d. h.
  $\text{approval}_t = 57.6 - 2.6 \times \text{alq}_t + 3.2 \times \text{alq}_{t-1} - 1 \times \text{alq}_{t-2}$
- ALQ 2 Prozent, dann dauerhafter Anstieg auf 4 Prozent

Verzögerter Effekt der Arbeitslosigkeit

- Annahme: Modell ist korrekt, d. h.
  $\text{approval}_t = 57.6 - 2.6 \times \text{alq}_t + 3.2 \times \text{alq}_{t-1} - 1 \times \text{alq}_{t-2}$
- ALQ 2 Prozent, dann dauerhafter Anstieg auf 4 Prozent

	date	approval	alq	L. alq	L2. alq
7.	7	56.8	2	2	2
8.	8	56.8	2	2	2
9.	9	56.8	2	2	2
10.	10	51.6	4	2	2
11.	11	58	4	4	2
12.	12	56	4	4	4
13.	13	56	4	4	4
14.	14	56	4	4	4

Trends

- Annahme: die beobachteten x und y Werte werden zufällig vom DGP hervorgebracht
- Deshalb können wir sie ähnlich wie Stichprobe behandeln
- Tatsächlich: Trends
- Beispiel
  - x und y nehmen beide über Zeit zu
  - Regression von y auf x zeigt positiven Effekt, selbst wenn Korrelation 0 oder schwach negativ
- Drittvariablenproblem $\rightarrow$ Drittvariablenkontrolle durch Einschluß Kalenderzeit
- Beispiel: Presidential Approval und Verbraucherpreise (CPI)

Presidential Approval und CPI

```
. reg approval cpi

      Source |       SS       df       MS              Number of obs =     148
-------------+------------------------------           F(  1,   146) =    9.76
       Model |  1719.69082     1  1719.69082           Prob > F      =  0.0022
    Residual |  25731.4061   146  176.242507           R-squared     =  0.0626
-------------+------------------------------           Adj R-squared =  0.0562
       Total |  27451.0969   147  186.742156           Root MSE      =  13.276

------------------------------------------------------------------------------
    approval |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
         cpi |  -.1348399   .0431667    -3.12   0.002    -.2201522   -.0495277
       _cons |   60.95396   2.283144    26.70   0.000     56.44168    65.46624
------------------------------------------------------------------------------
```

Presidential Approval und CPI

```
. reg approval date

      Source |       SS       df       MS              Number of obs =     148
-------------+------------------------------           F(  1,   146) =    9.23
       Model |  1632.71801     1  1632.71801           Prob > F      =  0.0028
    Residual |  25818.3789   146  176.838212           R-squared     =  0.0595
-------------+------------------------------           Adj R-squared =  0.0530
       Total |  27451.0969   147  186.742156           Root MSE      =  13.298

------------------------------------------------------------------------------
    approval |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
        date |  -.0777434   .0255856    -3.04   0.003    -.1283094   -.0271774
       _cons |   56.98289    1.32836    42.90   0.000     54.35759    59.60819
------------------------------------------------------------------------------

. reg cpi date

      Source |       SS       df       MS              Number of obs =     148
-------------+------------------------------           F(  1,   146) =  517.87
       Model |   73781.978     1   73781.978           Prob > F      =  0.0000
    Residual |   20801.062   146  142.473028           R-squared     =  0.7801
-------------+------------------------------           Adj R-squared =  0.7786
       Total |  94583.0401   147  643.422041           Root MSE      =  11.936

------------------------------------------------------------------------------
         cpi |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
        date |   .5226165   .0229654    22.76   0.000     .4772289    .5680041
       _cons |    31.0416   1.192323    26.03   0.000     28.68515    33.39804
------------------------------------------------------------------------------
```

Presidential Approval und CPI

```
. reg approval cpi date

      Source |       SS       df       MS              Number of obs =     148
-------------+------------------------------           F(  2,   145) =    5.04
       Model |  1784.67952     2  892.339761           Prob > F      =  0.0076
    Residual |  25666.4174   145  177.009775           R-squared     =  0.0650
-------------+------------------------------           Adj R-squared =  0.0521
       Total |  27451.0969   147  186.742156           Root MSE      =  13.305

------------------------------------------------------------------------------
    approval |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
         cpi |   -.085472   .0922478    -0.93   0.356     -.267796    .0968519
        date |  -.0330743   .0545846    -0.61   0.546    -.1409586      .07481
       _cons |   59.63608   3.156895    18.89   0.000      53.3966    65.87555
------------------------------------------------------------------------------
```

Presidential Approval und CPI

```
. reg approval cpi

      Source |       SS       df       MS              Number of obs =     148
-------------+------------------------------           F(  1,   146) =    9.76
       Model |  1719.69082     1  1719.69082           Prob > F      =  0.0022
    Residual |  25731.4061   146  176.242507           R-squared     =  0.0626
-------------+------------------------------           Adj R-squared =  0.0562
       Total |  27451.0969   147  186.742156           Root MSE      =  13.276

------------------------------------------------------------------------------
    approval |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
         cpi |  -.1348399   .0431667    -3.12   0.002    -.2201522   -.0495277
       _cons |   60.95396   2.283144    26.70   0.000     56.44168    65.46624
------------------------------------------------------------------------------
```

Presidential Approval und CPI

```
. reg approval cpi date
      Source |       SS       df       MS              Number of obs =     148
-------------+------------------------------           F(  2,   145) =    5.04
       Model |  1784.67952     2  892.339761           Prob > F      =  0.0076
    Residual |  25666.4174   145  177.009775           R-squared     =  0.0650
-------------+------------------------------           Adj R-squared =  0.0521
       Total |  27451.0969   147  186.742156           Root MSE      =  13.305

------------------------------------------------------------------------------
    approval |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
         cpi |   -.085472   .0922478    -0.93   0.356     -.267796    .0968519
        date |  -.0330743   .0545846    -0.61   0.546    -.1409586      .07481
       _cons |   59.63608   3.156895    18.89   0.000      53.3966    65.87555
------------------------------------------------------------------------------
```

- Effekt des CPI nur halb so stark und nicht mehr signifikant, wenn für gemeinsamen Trend kontrolliert wird
- Kontrolle für Trends
  - Entweder separate Regressionen von x und y auf Zeit, dann Regression mit Residuen rechnen
  - Oder einfach multivariate Regression
  - Äquivalent

Saisonalität

- In vielen ökonomischen Zeitreihen Saisonalität (Zyklen)
  - Arbeitslosigkeit im Winter höher
  - Mehr Autos, Fahrräder etc. verkauft im Sommer
  - Anstieg Ölpreis im Herbst
- Saisonalität in politikwissenschaftlichen Zeitreihen weniger klar, aber
  - Midterm-Effekt in amerikanischen Wahlen
  - Beliebtheit der Regierungsparteien in Deutschland über BTW-Wahlzyklus
  - Häufung von Terrorakten zu Jahrestagen/Festen
- Ggf. z. B. durch Dummies modellieren, um Verzerrungen zu vermeiden

Saisonalität: CPI und Approval

```
. reg cpi _I* date

      Source |       SS       df       MS              Number of obs =     148
-------------+------------------------------           F(  4,   143) =  126.82
       Model |  73783.4552     4  18445.8638           Prob > F      =  0.0000
    Residual |  20799.5849   143  145.451643           R-squared     =  0.7801
-------------+------------------------------           Adj R-squared =  0.7739
       Total |  94583.0401   147  643.422041           Root MSE      =   12.06

------------------------------------------------------------------------------
         cpi |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
  _Iquarter_2 |   .1125771   2.804067     0.04   0.968      -5.4302    5.655354
  _Iquarter_3 |   .2359647   2.804355     0.08   0.933    -5.307382    5.779311
  _Iquarter_4 |   .2431365   2.804835     0.09   0.931    -5.301159    5.787432
        date |   .5225581   .0232122    22.51   0.000     .4766747    .5684414
       _cons |    30.8954   2.086516    14.81   0.000       26.771     35.0198
------------------------------------------------------------------------------
```

Saisonalität: CPI und Approval

```
. reg cpi _I* date

      Source |       SS       df       MS              Number of obs =     148
-------------+------------------------------           F(  4,   143) =  126.82
       Model |  73783.4552     4  18445.8638           Prob > F      =  0.0000
    Residual |  20799.5849   143  145.451643           R-squared     =  0.7801
-------------+------------------------------           Adj R-squared =  0.7739
       Total |  94583.0401   147  643.422041           Root MSE      =   12.06

------------------------------------------------------------------------------
         cpi |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
 _Iquarter_2 |   .1125771   2.804067     0.04   0.968      -5.4302    5.655354
 _Iquarter_3 |   .2359647   2.804355     0.08   0.933    -5.307382    5.779311
 _Iquarter_4 |   .2431365   2.804835     0.09   0.931    -5.301159    5.787432
        date |   .5225581   .0232122    22.51   0.000     .4766747    .5684414
       _cons |    30.8954   2.086516    14.81   0.000       26.771     35.0198
------------------------------------------------------------------------------

. reg approval honeymoon date

      Source |       SS       df       MS              Number of obs =     148
-------------+------------------------------           F(  2,   145) =    7.87
       Model |  2688.40949     2  1344.20475           Prob > F      =  0.0006
    Residual |  24762.6874   145  170.777155           R-squared     =  0.0979
-------------+------------------------------           Adj R-squared =  0.0855
       Total |  27451.0969   147  186.742156           Root MSE      =  13.068

------------------------------------------------------------------------------
    approval |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
   honeymoon |   12.58499   5.061734     2.49   0.014     2.580679     22.5893
        date |  -.0791643   .0251498    -3.15   0.002    -.1288719   -.0294567
       _cons |   56.42957   1.324231    42.61   0.000     53.81228    59.04686
------------------------------------------------------------------------------
```

Recap: Schätzverfahren

Welche Eigenschaften sollen Schätzverfahren haben?

1. Möglichst unverzerrt (wenig bias)
2. Möglichst wenig Varianz der Schätzungen (relative Effizienz)
3. Konsistenz (durch größere Fallzahlen beliebig kleine Abweichungen von wahren Werten)

Recap: Schätzverfahren

Welche Eigenschaften sollen Schätzverfahren haben?

1. Möglichst unverzerrt (wenig bias)
2. Möglichst wenig Varianz der Schätzungen (relative Effizienz)
3. Konsistenz (durch größere Fallzahlen beliebig kleine Abweichungen von wahren Werten)

Recap: Schätzverfahren

Welche Eigenschaften sollen Schätzverfahren haben?

1. Möglichst unverzerrt (wenig bias)
2. Möglichst wenig Varianz der Schätzungen (relative Effizienz)
3. Konsistenz (durch größere Fallzahlen beliebig kleine Abweichungen von wahren Werten)

- Wiederholte Stichprobenziehung (Umfang n) $\rightarrow$ zufällige Verteilung von Schätzungen
- Mittelwert der Schätzungen stimmt mit wahrem Parameter in Grundgesamtheit überein
- Systematische Abweichung: bias (Mittelwert $\neq$ wahrer Parameter)

Recap: Schätzverfahren

Welche Eigenschaften sollen Schätzverfahren haben?

1. Möglichst unverzerrt (wenig bias)
2. Möglichst wenig Varianz der Schätzungen (relative Effizienz)
3. Konsistenz (durch größere Fallzahlen beliebig kleine Abweichungen von wahren Werten)

- Wiederholte Stichprobenziehung (Umfang n) $\rightarrow$ zufällige Verteilung von Schätzungen
- Unter verschiedenen Schätz*verfahren* das mit der geringsten Streuung der Schätzungen auswählen
- (Relativ) effizientes Verfahren

Recap: Schätzverfahren

Welche Eigenschaften sollen Schätzverfahren haben?

1. Möglichst unverzerrt (wenig bias)
2. Möglichst wenig Varianz der Schätzungen (relative Effizienz)
3. Konsistenz (durch größere Fallzahlen beliebig kleine Abweichungen von wahren Werten)

- Trade-off zwischen Effizienz und möglichst wenig bias
- Gemeinsame Größe Mean Squared Error (MSE)
- $(\text{MSE}) = (\text{bias}(\hat{\beta}))^2 + \text{Varianz}(\hat{\beta})$

Recap: Schätzverfahren

Welche Eigenschaften sollen Schätzverfahren haben?

1. Möglichst unverzerrt (wenig bias)
2. Möglichst wenig Varianz der Schätzungen (relative Effizienz)
3. Konsistenz (durch größere Fallzahlen beliebig kleine Abweichungen von wahren Werten)

- Was passiert bei steigendem Stichprobenumfang?
- Hinreichende Bedingung für Konsistenz
  - Wenn Stichprobenumfang gegen ∞ geht
  - Gehen bias und Varianz der Schätzungen gegen null
- D. h. die Wahrscheinlichkeit einer relevanten Abweichung zwischen Schätzung und wahrem Wert geht gegen null

Recap: Voraussetzungen für OLS

- Wann ist OLS unverzerrt, effizient und konsistent?
- (Gauß-Markov-Bedingungen):
  1. y intervallskaliert und unbeschränkt, Varianz aller x, keine perfekte Multikollineariät
  2. Keine Autokorrelation der zufälligen Einflüsse ϵ, d. h. für zwei Beobachtungen i und h sind ϵ_i und ϵ_h bei wiederholter Stichprobenziehung unkorreliert
  3. Kein Zusammenhang zwischen ϵ und x-Variablen, d. h.
     - 3.1 Konditionaler Mittelwert von $\epsilon = 0$ für alle Werte von x
     - 3.2 Konstante konditionale Varianz von ϵ (Homoskedastizität) für alle Werte von x
  4. (Normalverteilung von ϵ – wird nur für Berechnung Standardfehler gebraucht, kein Problem bei großen Stichproben)
- OLS = BLUE: Best Linear Unbiased Estimator

Probleme mit Zeitreihendaten

- Grundproblem: Fälle sind nicht zufällig ausgewählt, sondern zeitlich strukturiert
- Fiktives Beispiel: nationale Bildungsausgaben (x) und nationaler Schulleistungstests (y), jährliche Messung
- Typische Probleme:
  1. (Zusammenhang zwischen Variablen bzw. Verteilung einer Variablen ändert sich über die Zeit ((Non-)Stationarität))
  2. (Extreme Autokorrelation einer x-Variablen)
  3. Heteroskedastizität (Varianz von ϵ nicht konstant)
  4. Abhängigkeit zwischen x und ϵ
  5. Autokorrelation von ϵ

Probleme mit Zeitreihendaten

- Grundproblem: Fälle sind nicht zufällig ausgewählt, sondern zeitlich strukturiert
- Fiktives Beispiel: nationale Bildungsausgaben (x) und nationaler Schulleistungstests (y), jährliche Messung
- Typische Probleme:
  1. (Zusammenhang zwischen Variablen bzw. Verteilung einer Variablen ändert sich über die Zeit ((Non-)Stationarität))
  2. (Extreme Autokorrelation einer x-Variablen)
  3. Heteroskedastizität (Varianz von ϵ nicht konstant)
  4. Abhängigkeit zwischen x und ϵ
  5. Autokorrelation von ϵ

Heteroskedastizität

- Höhere Bildungsausgaben
  - Bessere Testergebnisse
  - Tests werden sorgfältiger durchgeführt $\rightarrow$ weniger zufällige Varianz
- Abhängigkeit der *Varianz* von ϵ vom Niveau von x
- Standardfehler zu optimistisch
- Mögliche Lösungen
  - Qualität der Testdurchführung direkt messen (möglicherweise aber hoch mit x korreliert)
  - „Robuste“ Standardfehler berechnen lassen

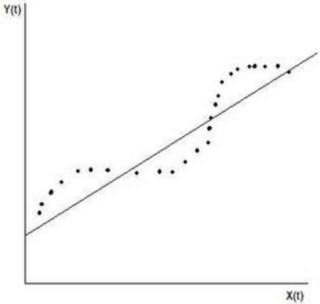
Endogenität

- Idealerweise: Alle Werte von x komplett von aktuellen, vergangenen, zukünftigen Werten von ϵ unabhängig (strikt exogen)
- D. h. Gedankenexperiment:
  - DGP würde sehr häufig wiederholt
  - Werte für z. B. x_t und ϵ_{t-1} würden notiert
  - Korrelation zwischen beiden?
- Endogenität im Beispiel leicht möglich
  - Zufälliger negativer ϵ_{t-1} (z. B. Fußball-WM 2014) beeinflußt Leistungen im Test 2014 (y_{t-1})
  - Panische Erhöhung der Bildungsausgaben in 2015 (x_t)
  - Zusammenhang zwischen x und ϵ; x ist nicht exogen
- Bias, aber möglicherweise noch konsistent $\rightarrow$ besondere Modelle

Autokorrelation von ϵ

- In Zeitreihen sind die Werte von ϵ häufig (positiv) mit sich selbst korreliert
  - Neue Show mit G. Jauch führt zu besonderen Anstrengungen zum Zeitpunkt $t \rightarrow \epsilon_t > 0, y_t$ ungewöhnlich hoch
  - Ein Jahr später: positiver Effekt der Show abgeschwächt, aber noch vorhanden $\rightarrow \epsilon_t > \epsilon_{t+1} > 0$
  - Allgemein: $\epsilon_t = \rho\epsilon_{t-1} + u_t \quad \text{mit} \quad |\rho| < 1$

Autokorrelation von ϵ



Positive Autokorrelation der zufälligen Einflüsse („Fehler“, ϵ)

Autokorrelation von ϵ

- In Zeitreihen sind die Werte von ϵ häufig (positiv) mit sich selbst korreliert
  - Neue Show mit G. Jauch führt zu besonderen Anstrengungen zum Zeitpunkt $t \rightarrow \epsilon_t > 0, y_t$ ungewöhnlich hoch
  - Ein Jahr später: positiver Effekt der Show abgeschwächt, aber noch vorhanden $\rightarrow \epsilon_t > \epsilon_{t+1} > 0$
  - Allgemein: $\epsilon_t = \rho\epsilon_{t-1} + u_t \quad \text{mit} \quad |\rho| < 1$
- OLS immer noch konsistent und unverzerrt, aber nicht mehr effizient
- R^2 zu hoch, Signifikanztests nicht mehr gültig
- Statistischer Test (Durbin-Watson-Test und Alternativen)
- Ggf. besonderes Modell schätzen

Presidential Approval

```
. reg approval honeymoon  date

      Source |       SS       df       MS              Number of obs =     148
-------------+------------------------------           F(  2,   145) =    7.87
       Model |  2688.40949     2  1344.20475           Prob > F      =  0.0006
    Residual |  24762.6874   145  170.777155           R-squared     =  0.0979
-------------+------------------------------           Adj R-squared =  0.0855
       Total |  27451.0969   147  186.742156           Root MSE      =  13.068

------------------------------------------------------------------------------
    approval |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
   honeymoon |   12.58499   5.061734     2.49   0.014     2.580679     22.5893
        date |  -.0791643   .0251498    -3.15   0.002    -.1288719   -.0294567
       _cons |   56.42957   1.324231    42.61   0.000     53.81228    59.04686
------------------------------------------------------------------------------

. estat durbina
Durbin´s alternative test for autocorrelation
---------------------------------------------------------------------------
    lags(p)  |          chi2               df                 Prob > chi2
-------------+-------------------------------------------------------------
       1     |        639.669               1                   0.0000
---------------------------------------------------------------------------
                        H0: no serial correlation
```

Presidential Approval

```
. prais approval honeymoon  date,robust

Iteration 0:   rho = 0.0000
Iteration 1:   rho = 0.8928
Iteration 2:   rho = 0.8933
Iteration 3:   rho = 0.8933
Iteration 4:   rho = 0.8933

Prais-Winsten AR(1) regression -- iterated estimates

Linear regression                                      Number of obs =     148
                                                       F(  3,    145) =   61.56
                                                       Prob > F      =  0.0000
                                                       R-squared     =  0.3154
                                                       Root MSE      =  5.9474
```

approval	Coef.	Semirobust Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf.	Interval]
honeymoon	11.79881	3.382	3.49	0.001	5.114425	18.4832
date	-.0679737	.091423	-0.74	0.458	-.2486677	.1127202
_cons	57.35978	4.873512	11.77	0.000	47.72748	66.99208
rho	.8933075					

```
Durbin-Watson statistic (original)    0.218290
Durbin-Watson statistic (transformed) 1.511600
```

(1.) Differenzen

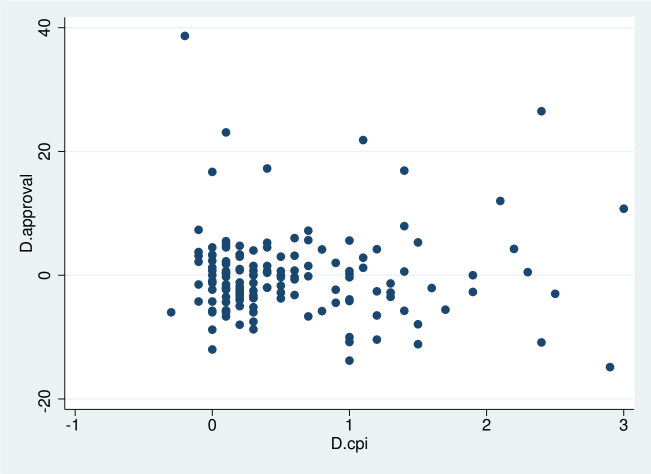
- Zeitreihen mit starken Trends machen Probleme bei Schätzung
- Oft ist nicht Niveau, sondern Veränderung interessant
- Differenzen (gegenüber Vorperiode) für abhängige und/oder unabhängige Variablen
- In Stata: D.-Operator

(1.) Differenzen

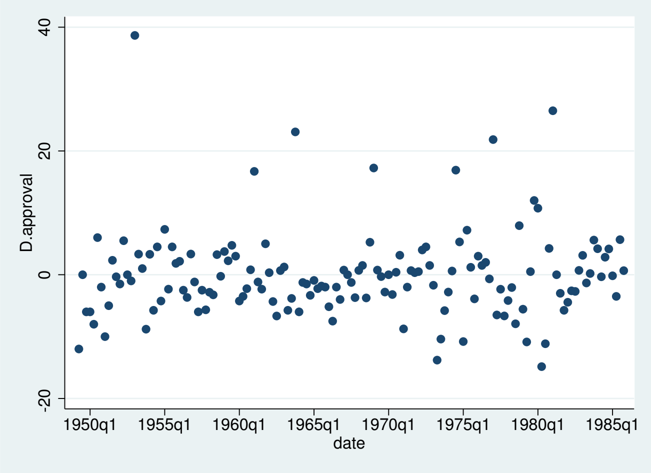
```
. list date approval D.approval cpi D.cpi in 1/6,clean

                                           D.                     D.
          date    approval    approval     cpi                   cpi
  1.    1949q1          69           .    23.8                     .
  2.    1949q2          57         -12    23.8                     0
  3.    1949q3          57           0    23.8                     0
  4.    1949q4          51          -6    23.8                     0
  5.    1950q1          45          -6    23.5              -.2999992
  6.    1950q2          37          -8    23.7               .2000008
```

Veränderung approval / Veränderung CPI



Veränderung approval / Zeit



Finales (?) Modell

```
. prais D.approval honeymoon D.cpi  date

Iteration 0:  rho = 0.0000
Iteration 1:  rho = 0.0628
Iteration 2:  rho = 0.0641
Iteration 3:  rho = 0.0642
Iteration 4:  rho = 0.0642

Prais-Winsten AR(1) regression -- iterated estimates

      Source |       SS       df       MS              Number of obs =     147
-------------+------------------------------           F(  3,   143) =   55.48
       Model |  3936.77694     3  1312.25898           Prob > F      =  0.0000
    Residual |  3382.07009   143  23.6508398           R-squared     =  0.5379
-------------+------------------------------           Adj R-squared =  0.5282
       Total |  7318.84703   146  50.1290893           Root MSE      =  4.8632

------------------------------------------------------------------------------
  D.approval |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
   honeymoon |   24.13866   1.876509    12.86   0.000     20.42938    27.84794
             |
         cpi |
         D1. |  -1.264644   .8988159    -1.41   0.162    -3.041326    .5120389
             |
        date |   .0182705   .0142053     1.29   0.200    -.0098091      .04635
       _cons |   -1.00744   .5734237    -1.76   0.081    -2.140922    .1260424
-------------+----------------------------------------------------------------
         rho |   .0641721
------------------------------------------------------------------------------
Durbin-Watson statistic (original)    1.843234
Durbin-Watson statistic (transformed) 1.963893
```

Zusammenfassung

- Zeitreihen sind anders:
  - Kein Stichprobenziehung
  - Nur ein Objekt wird beobachtet
  - Viele Informationen über dieses Objekt
- Zeitreihen sind schwach
  - Beobachtungen sind voneinander abhängig
  - Effektive Fallzahl kleiner als n
- Gleichzeitig informativer als Querschnittsdaten: Dynamik
- *Sehr* sorgfältige Analyse notwendig