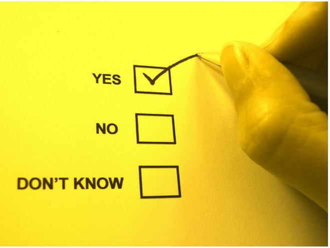
Kategoriale abhängige Variablen: „Logit-“ und „Probit“-Modelle

Statistik II


YES
NO
DON'T KNOW

Zum Nachlesen/Vorbereiten

- Agresti ch. 15:

Was sind die Standard-Annahmen?

- Zufallsstichprobe
- Wahres Modell: $y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} \cdots + \epsilon_i$

1. Die abhängige Variable ist intervallskaliert und unbeschränkt. (Variablen werden ohne Fehler gemessen)
2. Alle unabhängigen Variablen haben Varianz
3. Keine perfekte Multikolleariät
4. Für jede mögliche Kombination der unabhängigen Variablen ist der (konditionale) Mittelwert von $\epsilon = 0$

Was sind die Standard-Annahmen?

- Zufallsstichprobe
- Wahres Modell: $y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} \cdots + \epsilon_i$

5. Keine Kovarianz zwischen x_{ki} und ϵ
6. Für jedes beliebige Paar von Beobachtungen i und h sind ϵ_i und ϵ_h unkorreliert (keine Autokorrelation)
7. Für jede mögliche Kombination der unabhängigen Variablen ist die (konditionale) Varianz von ϵ gleich σ^2 und damit konstant (Homoskedastizität)
8. Für jede mögliche Kombination der unabhängigen Variablen ist ϵ normalverteilt

Annahmen und Annahmeverletzungen

- Ergebnisse auf Grundlage einer Stichprobe nur Schätzungen
- Schätzverfahren setzten Annahmen voraus
- Wenn Annahmen nicht zutreffen
  - Verzerrte Parameterschätzungen
  - Ineffiziente (und/oder inkonsistente) Parameterschätzungen
  - Zu optimistische Standardfehler

Annahmen und Annahmeverletzungen

- Ergebnisse auf Grundlage einer Stichprobe nur Schätzungen
- Schätzverfahren setzten Annahmen voraus
- Wenn Annahmen nicht zutreffen
  - Verzerrte Parameterschätzungen
  - Ineffiziente (und/oder inkonsistente) Parameterschätzungen
  - Zu optimistische Standardfehler

Annahmen und Annahmeverletzungen

- Ergebnisse auf Grundlage einer Stichprobe nur Schätzungen
- Schätzverfahren setzten Annahmen voraus
- Wenn Annahmen nicht zutreffen
  - Verzerrte Parameterschätzungen
  - Ineffiziente (und/oder inkonsistente) Parameterschätzungen
  - Zu optimistische Standardfehler
- Annahmen in Politikwissenschaft häufig verletzt
  - Z. B. Abhängigkeiten zwischen Beobachtungen (Zeitreihen, Panel . . .)
  - Kategoriale abhängige Variablen

Annahmen und Annahmeverletzungen

- Ergebnisse auf Grundlage einer Stichprobe nur Schätzungen
- Schätzverfahren setzten Annahmen voraus
- Wenn Annahmen nicht zutreffen
  - Verzerrte Parameterschätzungen
  - Ineffiziente (und/oder inkonsistente) Parameterschätzungen
  - Zu optimistische Standardfehler
- Annahmen in Politikwissenschaft häufig verletzt
  - Z. B. Abhängigkeiten zwischen Beobachtungen (Zeitreihen, Panel . . .)
  - Kategoriale abhängige Variablen
- Erweiterungen/Ergänzungen des linearen Modells

Was passiert, wenn Annahme 1 nicht erfüllt ist?

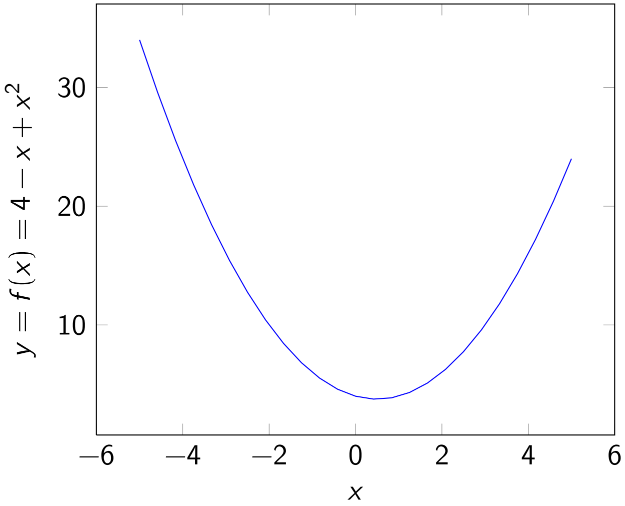
„Die abhängige Variable ist intervallskaliert und unbeschränkt. Variablen werden ohne Fehler gemessen“

- Abhängige Variable hat häufig wenig diskrete Ausprägungen (Ratingskalen)
  - Erwartete Werte außerhalb des gültigen Wertebereichs
  - Modelle für ordinale Daten
  - In der Literatur wenig diskutiert, häufig wird angenommen, daß Modell relativ robust ist
- Alle sozialwissenschaftlichen Variablen fehlerbehaftet
  - Relativ unproblematisch, wenn Fehler voneinander unabhängig und Stichprobe groß
  - Fehler bei y wird von ϵ absorbiert, OLS weniger effizient
  - Fehler bei x schwächt im bivariaten Fall Zusammenhang ab, multivariat auf jeden Fall bias

Was ist eine Funktion?

- „Abbildungsvorschrift“
- $\approx$ Berechnungsvorschrift
- Ordnet jedem Wert der x-Variable(n) genau einen Wert zu
  - Einstellige Funktionen
  - Mehrstellige Funktionen
- Allgemeine Formulierung: $f(x_1, x_2, \cdots)$
  - Lineare Funktion besteht nur aus Konstanten und Produkten von $x_1, x_2, \cdots$
  - Nicht-lineare Funktion: andere Elemente
- Bisher y als lineare Funktion von $x_1, \cdots$
- Alle Funktionen graphisch darstellbar (ggf. mehrdimensional)
- Steigung der Funktion in einem Punkt: (1.) Ableitung

Nicht-lineare Funktionen: z. B. Polynome



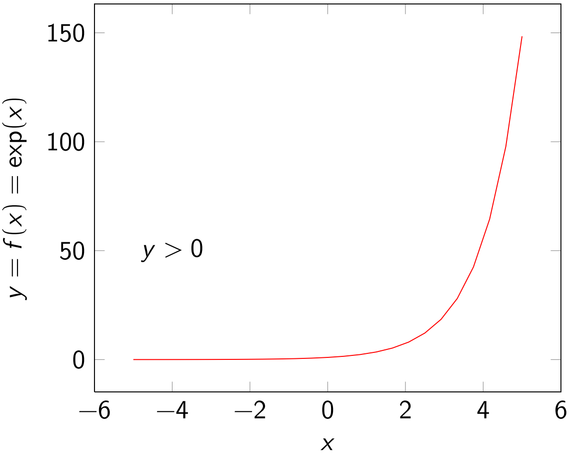
Exponenten

- Basis und Exponent
- Ganzzahlige positive Exponenten: $x^3 = x \cdot x \cdot x$
- Exponent 1 oder 0: $x^1 = x; x^0 = 1$
- Negative Exponenten: $x^{-1} = \frac{1}{x}; x^{-3} = \frac{1}{x^3}$
- Rationale Exponenten
  - Quadratwurzel aus x: Mit sich selbst multiplizieren, um x zu erhalten
  - n-te Wurzel aus x: n-mal mit sich selbst multiplizieren, um x zu erhalten
  - Nenner = n-te Wurzel: $\sqrt[n]{x} = x^{\frac{1}{n}}$
  - Kompletter Bruch: $\sqrt[5]{x^4} = x^{\frac{4}{5}}$
- $x^{-\frac{4}{5}} = \frac{1}{x^{\frac{4}{5}}} = \frac{1}{\sqrt[5]{x^4}}$

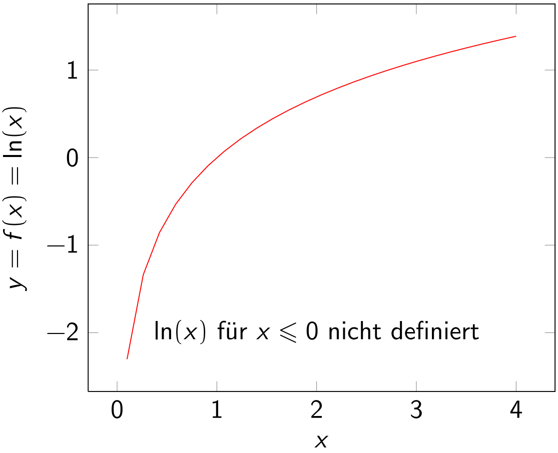
Was ist der natürliche Logarithmus?

- Logarithmus Umkehrfunktion zur Exponentialfunktion
- „Natürlicher“ Logarithmus (Funktionsname $\ln()$ oder $\log_e$) basiert auf Eulerscher Zahl $e = 2.71828182\ldots$
- e wichtige Konstante in vielen statistischen Verteilungen und Herleitungen (z. B. Normalverteilung)
- $e^3 = \exp(3) \approx 20.0855\ldots$
- $\ln(20.0855) \approx 3$
- Natürlicher Logarithmus von x gibt Antwort auf die Frage: Wie oft muß ich e mit sich selbst multiplizieren, um x zu erhalten?

Potenzen zur Basis e: $y = \exp(x)$



Natürlicher Logarithmus = Umkehrfunktion: $y = \ln(x)$



Binäre Variablen in der Politikwissenschaft

- Wahlabsicht in den USA: Republikanisch (0) vs. Demokratisch (1)
- Land in bestimmtem Jahr in Bürgerkrieg verwickelt: ja (1) vs. nein (0)
- Parteibindung vorhanden: ja (1) vs. nein (0)
- Politisches System eine Demokratie: ja (1) vs. nein (0)
- Wertorientierungen: postmaterialistisch (1) vs. nicht-postmaterialistisch (0)
- Wahlabsicht zugunsten der CDU: ja (1) vs. nein (0)

Binäre Variablen in der Politikwissenschaft

- Wahlabsicht in den USA: Republikanisch (0) vs. Demokratisch (1)
- Land in bestimmtem Jahr in Bürgerkrieg verwickelt: ja (1) vs. nein (0)
- Parteibindung vorhanden: ja (1) vs. nein (0)
- Politisches System eine Demokratie: ja (1) vs. nein (0)
- Wertorientierungen: postmaterialistisch (1) vs. nicht-postmaterialistisch (0)
- Wahlabsicht zugunsten der CDU: ja (1) vs. nein (0)

- Viele relevante Variablen binär (oder dichotom)
- Wie modellieren?

Strategie I: „Lineares Wahrscheinlichkeitsmodell“

- Beispiel: Wahlverhalten für CDU durch Sympathie für Merkel zu erklären?
- Zweitstimme in Umfrage $\rightarrow$ binäre Variable CDU-Wahl
- Für jeden Befragten 0 (nein) oder 1 (ja)
- Mittelwert der Dummy-Variablen entspricht relativer Häufigkeit bzw. Wahrscheinlichkeit der CDU-Wahl
- Warum?

Strategie I: „Lineares Wahrscheinlichkeitsmodell“

- Beispiel: Wahlverhalten für CDU durch Sympathie für Merkel zu erklären?
- Zweitstimme in Umfrage $\rightarrow$ binäre Variable CDU-Wahl
- Für jeden Befragten 0 (nein) oder 1 (ja)
- Mittelwert der Dummy-Variablen entspricht relativer Häufigkeit bzw. Wahrscheinlichkeit der CDU-Wahl
- Warum?

$$\text{Mittelwert cduwahl} = \frac{10 \times 1 + 77 \times 0}{87} \approx 0.115 = \frac{10}{87}$$

Strategie I: „Lineares Wahrscheinlichkeitsmodell“

- Gesamtwahrscheinlichkeit der CDU-Wahl ca. 11.5 Prozent
- Mittelwert der Dummy-Variablen in Sympathie-Gruppen = Anteil der CDU-Wähler in Sympathie-Gruppen =
- Konditionaler Mittelwert = Konditionale Wahrscheinlichkeit der CDU-Wahl in den Gruppen ($n = 80$)

Strategie I: „Lineares Wahrscheinlichkeitsmodell“

- Gesamtwahrscheinlichkeit der CDU-Wahl ca. 11.5 Prozent
- Mittelwert der Dummy-Variablen in Sympathie-Gruppen = Anteil der CDU-Wähler in Sympathie-Gruppen =
- Konditionaler Mittelwert = Konditionale Wahrscheinlichkeit der CDU-Wahl in den Gruppen ($n = 80$)

```
. tabstat cduwahl,by (polsympangelamerkel)

Summary for variables: cduwahl
     by categories of: polsympangelamerkel (polsymp [Angela Merkel] )

polsympangelamerkel |      mean
--------------------+----------
                  2 |         0
                  3 |         0
                  4 |  .1538462
                  5 |  .1428571
                  6 |         0
                  7 |  .0666667
                  8 |  .1818182
                  9 |  .2857143
                 10 |  .6666667
--------------------+----------
              Total |      .125
-------------------------------
```

Strategie I: „Lineares Wahrscheinlichkeitsmodell“

- Verfahren zur Modellierung konditionaler Mittelwerte: lineare Regression
- $\textit{cduwahl} = \beta_0 + \beta_1$Sympathie Merkel

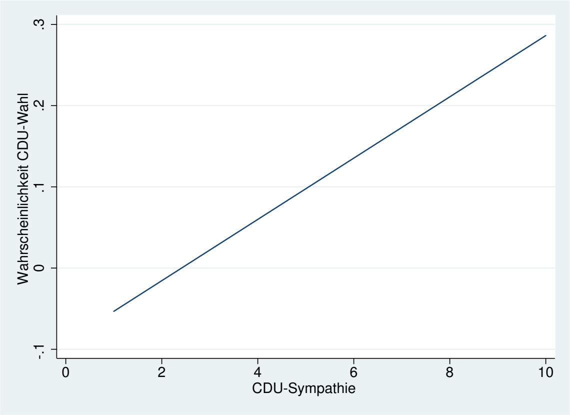
Strategie I: „Lineares Wahrscheinlichkeitsmodell“

- Verfahren zur Modellierung konditionaler Mittelwerte: lineare Regression
- *cduwahl* $= \beta_0 + \beta_1$Sympathie Merkel

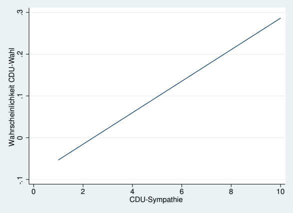
```
. reg cduwahl polsympangelamerkel

      Source |       SS       df       MS              Number of obs =      80
-------------+------------------------------           F(  1,    78) =    6.07
       Model |  .63196869      1   .63196869           Prob > F      =  0.0159
    Residual |  8.11803131    78  .104077324           R-squared     =  0.0722
-------------+------------------------------           Adj R-squared =  0.0603
       Total |        8.75    79  .110759494           Root MSE      =  .32261

------------------------------------------------------------------------------
     cduwahl |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
polsympang~l |   .0377295   .0153113     2.46   0.016     .0072471    .0682119
       _cons |  -.0910012   .0947877    -0.96   0.340    -.2797091    .0977066
------------------------------------------------------------------------------
```

Probleme?

Probleme?

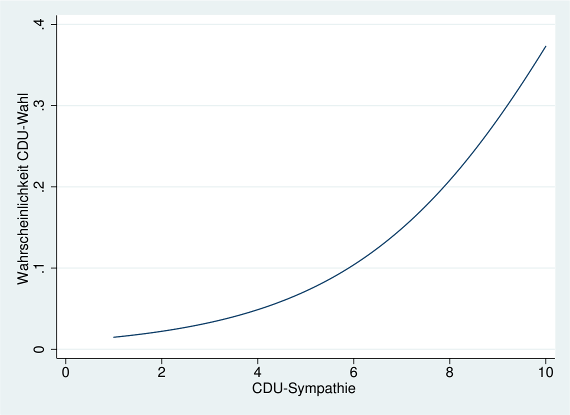


Probleme?



1. Heteroskedastizität $\rightarrow$ Standardfehler
2. Wahrscheinlichkeiten außerhalb Intervall (0;1)
3. (Linearer Verlauf nicht plausibel)

Probleme?



Wie kommt man zum Modell?

- Problem: CDU-Wahl bzw. deren Wahrscheinlichkeit auf Wertebereich [0;1] beschränkt
- *Transformation* der Variablen
- 1. Schritt: Statt Wahrscheinlichkeiten „odds“ betrachten
  - (Entsprechen in etwa Wettquoten beim Sport)
  - $\text{odds}(p) = \frac{p}{1-p}$; im Beispiel $\frac{0.125}{0.875} \approx 0.143$
  - Wertebereich von 0 bis (fast) ∞
  - Variieren über Ausprägungen der unabhängigen
  - z. B. 0.07 (6.6%) und 1.99 (66.6%)
- 2. Schritt: Von diesen odds wird der natürliche Logarithmus bestimmt (Logarithmierung)

Wie kommt man zum Modell? II

- Die logarithmierten Odds werden als Logits bezeichnet
- Wertebereich von (fast) $-\infty$ bis (fast) $+\infty$
- Im Beispiel Logits zwischen -2.66 (6.6%) und 0.688 (66.6%)

Wie kommt man zum Modell? II

- Die logarithmierten Odds werden als Logits bezeichnet
- Wertebereich von (fast) $-\infty$ bis (fast) $+\infty$
- Im Beispiel Logits zwischen -2.66 (6.6%) und 0.688 (66.6%)
- Nicht-lineares Verhältnis zur Wahrscheinlichkeit
  - Wahrscheinlichkeit von 50% entspricht Logit von 0
  - Positiver Logit – größere Wahrscheinlichkeit
  - Negativer Logit – kleinere Wahrscheinlichkeit

Wie kommt man zum Modell? II

- Die logarithmierten Odds werden als Logits bezeichnet
- Wertebereich von (fast) $-\infty$ bis (fast) $+\infty$
- Im Beispiel Logits zwischen -2.66 (6.6%) und 0.688 (66.6%)
- Nicht-lineares Verhältnis zur Wahrscheinlichkeit
  - Wahrscheinlichkeit von 50% entspricht Logit von 0
  - Positiver Logit – größere Wahrscheinlichkeit
  - Negativer Logit – kleinere Wahrscheinlichkeit
- Logit-Modell: *linearer* Zusammenhang zwischen x und *Logit*
  - $\text{logit}(\text{cduwahl}) = \beta_0 + \beta_1 \times \text{merkelsympathie}$
  - Schätzung der Koeffizienten/Standardfehler mit speziellem iterativen Verfahren (Maximum Likelihood)

In Stata

```
. logit cduwahl polsympangelamerkel

Iteration 0:   log likelihood = -30.141613
Iteration 1:   log likelihood = -27.289467
Iteration 2:   log likelihood = -26.993016
Iteration 3:   log likelihood = -26.991918
Iteration 4:   log likelihood = -26.991918

Logistic regression                               Number of obs   =         80
                                                  LR chi2(1)      =       6.30
                                                  Prob > chi2     =     0.0121
Log likelihood = -26.991918                       Pseudo R2       =     0.1045

------------------------------------------------------------------------------
     cduwahl |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
polsympang~l |    .408557   .1822747     2.24   0.025     .0513051    .7658089
       _cons |  -4.604574   1.355321    -3.40   0.001    -7.260955   -1.948194
------------------------------------------------------------------------------
```

- Interpretation?

In Stata

```
. logit cduwahl polsympangelamerkel

Iteration 0:   log likelihood = -30.141613
Iteration 1:   log likelihood = -27.289467
Iteration 2:   log likelihood = -26.993016
Iteration 3:   log likelihood = -26.991918
Iteration 4:   log likelihood = -26.991918

Logistic regression                               Number of obs   =         80
                                                  LR chi2(1)      =       6.30
                                                  Prob > chi2     =     0.0121
Log likelihood = -26.991918                       Pseudo R2       =     0.1045

------------------------------------------------------------------------------
     cduwahl |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
polsympang~l |    .408557   .1822747     2.24   0.025     .0513051    .7658089
       _cons |  -4.604574   1.355321    -3.40   0.001    -7.260955   -1.948194
------------------------------------------------------------------------------
```

- Interpretation?
- Richtung und Signifikanz

Nicht-Linearität

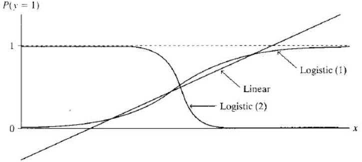
- Zusammenhang zwischen x und y nicht-linear, aber monoton
  - Mehr x, mehr y (positiver Zusammenhang) bzw.
  - Mehr x, weniger y (negativer) Zusammenhang
  - Aber nicht mit konstanter Rate
- S-förmiger Zusammenhang

Nicht-Linearität

- Zusammenhang zwischen x und y nicht-linear, aber monoton
  - Mehr x, mehr y (positiver Zusammenhang) bzw.
  - Mehr x, weniger y (negativer) Zusammenhang
  - Aber nicht mit konstanter Rate
- S-förmiger Zusammenhang
- Veränderung in Wahrscheinlichkeit *nicht* proportional zu Veränderung in x
  - Großer Effekt, wenn Wahrscheinlichkeit im mittleren Bereich
  - Kleiner Effekt, wenn Wahrscheinlichkeit sehr groß oder sehr gering

Nicht-Linearität

- Zusammenhang zwischen x und y nicht-linear, aber monoton
  - Mehr x, mehr y (positiver Zusammenhang) bzw.
  - Mehr x, weniger y (negativer) Zusammenhang
  - Aber nicht mit konstanter Rate
- S-förmiger Zusammenhang
- Veränderung in Wahrscheinlichkeit *nicht* proportional zu Veränderung in x
  - Großer Effekt, wenn Wahrscheinlichkeit im mittleren Bereich
  - Kleiner Effekt, wenn Wahrscheinlichkeit sehr groß oder sehr gering



Was ist mit den zufälligen Fehlern?

- Im linearen Regressionsmodell zufällige Normalverteilung um konditionalen Mittelwert
- Separater Parameter (σ_ϵ^2)
- Für Logit-Modell Binomialverteilung um konditionale Wahrscheinlichkeit
- Varianz hängt ab von erwarteter Wahrscheinlichkeit (Heteroskedastizität)
- Ist durch Modell fixiert und wird nicht separat geschätzt
- Probit-Modelle sind sehr ähnlich, haben lediglich eine andere Link- bzw. Varianzfunktion

Interpretation Logit-Koeffizienten

- Modell nur in den Logits linear
- Interpretation von Richtung (Vorzeichen)
- Interpretation von Signifikanz
- Logits sind *sehr* unanschaulich

Interpretation Odds/Odd-Ratios

$$
\begin{aligned}
\text{logit}(\text{cduwahl}) &= \beta_0 + \beta_1 \times \text{merkelsympathie} \\
e^{\text{logit}(\text{cduwahl})} = \text{odds}(\text{cduwahl}) &= e^{(\beta_0 + \beta_1 \times \text{merkelsympathie})} \\
&= e^{\beta_0} \times e^{\beta_1 \text{merkelsympathie}}
\end{aligned}
$$

- Multiplikative Darstellung des Modells
- Für $x = 0$: odds = anti-logarithmierte Konstante
- $e^{\beta_1} = \exp(\beta_1) =$ „Effektkoeffizient"
- Veränderung von x um eine Einheit multipliziert die odds mit dem Effektkoeffizienten

Interpretation Odds/Odd-Ratios

$$\begin{aligned} \text{logit}(\text{cduwahl}) &= \beta_0 + \beta_1 \times \text{merkelsympathie} \\ e^{\text{logit}(\text{cduwahl})} = \text{odds}(\text{cduwahl}) &= e^{(\beta_0 + \beta_1 \times \text{merkelsympathie})} \\ &= e^{\beta_0} \times e^{\beta_1 \text{merkelsympathie}} \end{aligned}$$

- Multiplikative Darstellung des Modells
- Für $x = 0$: odds = anti-logarithmierte Konstante
- $e^{\beta_1} = \exp(\beta_1) =$ „Effektkoeffizient“
- Veränderung von x um eine Einheit multipliziert die odds mit dem Effektkoeffizienten
- Findet sich manchmal in (älterer) Literatur, nicht sehr anschaulich

Wie kommt man von Logits zu Wahrscheinlichkeiten?

Logit

$$\text{Logit} = \beta_0 + \beta_1 x_1 = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right)$$

Wie nach p auflösen?

Wie kommt man von Logits zu Wahrscheinlichkeiten?

Logarithmus loswerden

$$\exp(\text{Logit}) = \frac{p}{1-p}$$

Wie kommt man von Logits zu Wahrscheinlichkeiten?

p auf eine Seite bringen, ausmultiplizieren

$$\begin{aligned} \exp(\text{Logit}) \cdot (1 - p) &= p \\ \exp(\text{Logit}) - p \cdot \exp(\text{Logit}) &= p \end{aligned}$$

Wie kommt man von Logits zu Wahrscheinlichkeiten?

exp(Logit) freistellen, rechte Seite zusammenfassen

$$\exp(\text{Logit}) = p \cdot \exp(\text{Logit}) + p$$
$$\exp(\text{Logit}) = (\exp(\text{Logit}) + 1) \cdot p$$

Wie kommt man von Logits zu Wahrscheinlichkeiten?

p wieder freistellen

$$\frac{\exp(\text{Logit})}{\exp(\text{Logit})+1} = p$$

$$\frac{\exp(\beta_0+\beta_1 x_1)}{\exp(\beta_0+\beta_1 x_1)+1} = p$$

$$\frac{e^{(\beta_0+\beta_1 x_1)}}{e^{(\beta_0+\beta_1 x_1)}+1} = p$$

Interpretation Wahrscheinlichkeiten

$$p = \frac{e^{\beta_0+\beta_1 x_1}}{1+e^{\beta_0+\beta_1 x_1}}$$

- Odds auch nicht wirklich anschaulich
- Klarste Interpretation: erwartete Wahrscheinlichkeiten
- 1. Teil der Transformation auch umkehren
- Veränderung der Wahrscheinlichkeit nicht proportional zur Veränderung von x bzw. abhängig vom *Niveau* von x (und ggf. anderer $x_2, \cdots$)$\rightarrow$ S-förmiger Zusammenhang

Erweiterung des Modells

$$\text{logit}(y) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots$$

- Logistische Regression ebenfalls multivariat möglich
- Mehrere unabhängige Variablen wirken linear-additiv auf den Logit
- Wirkung einer Veränderung von x_1 um eine Einheit auf die Wahrscheinlichkeit von $y = 1$ hängt ab vom
  - Niveau von x_1 und
  - vom Niveau von $x_2, \cdots$
- Am besten graphisch darstellbar

CDU-Wahl II

- CDU-Wahl als Funktion von
  - Merkelsympathie
  - Links-Rechts-Selbsteinstufung
- $\text{logit}(\text{cduwahl}) = \beta_0 + \beta_1 \text{merkelsympathie} + \beta_2 \text{LRS}$

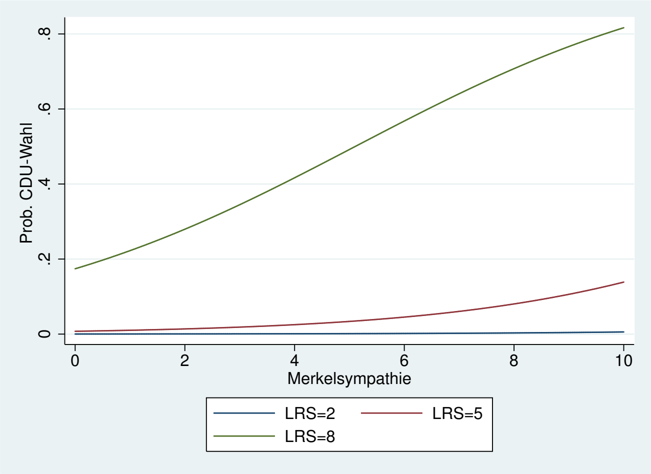
In Stata

```
. logit cduwahl polsympangelamerkel lrsselbstselbst

Iteration 0:   log likelihood = -29.870914
Iteration 1:   log likelihood = -22.149578
Iteration 2:   log likelihood = -19.757701
Iteration 3:   log likelihood = -19.605749
Iteration 4:   log likelihood = -19.604952
Iteration 5:   log likelihood = -19.604952

Logistic regression                               Number of obs   =         78
                                                  LR chi2(2)      =      20.53
                                                  Prob > chi2     =     0.0000
Log likelihood = -19.604952                       Pseudo R2       =     0.3437

------------------------------------------------------------------------------
     cduwahl |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
polsympang~l |   .3049494   .2132139     1.43   0.153    -.1129421    .7228409
lrsselbsts~t |   1.106581   .3888137     2.85   0.004     .3445196    1.868641
       _cons |  -10.40907   3.036782    -3.43   0.001    -16.36105   -4.457082
------------------------------------------------------------------------------
```

Graphische Darstellung

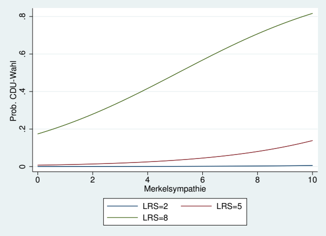
- Wie wirkt Merkelsympathie für
  - Linke (LRS=2)
  - Zentristen (LRS=5)
  - Rechte (LRS=8)?

Graphische Darstellung

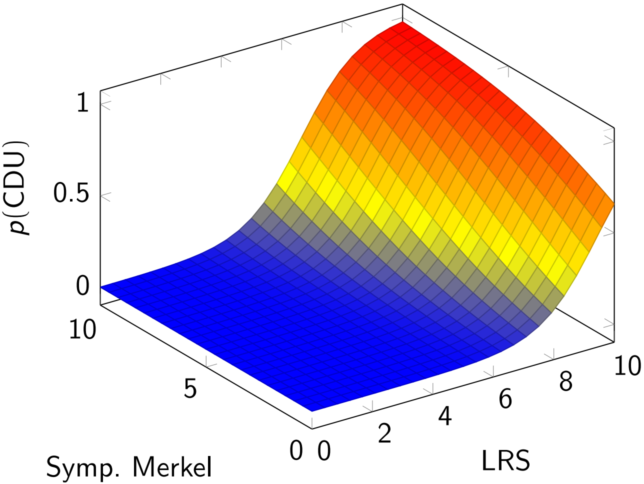


Graphische Darstellung

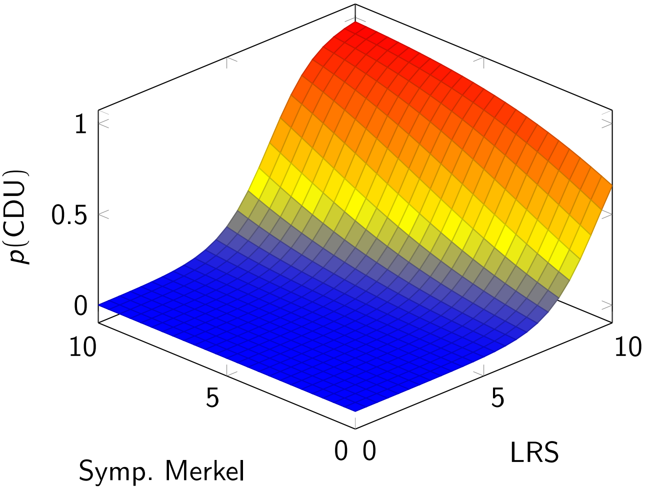
- Wie wirkt Merkelsympathie für
  - Linke (LRS=2)
  - Zentristen (LRS=5)
  - Rechte (LRS=8)?
- Wirkung von Sympathie ...
  - Fast linear für Rechte
  - Schwach bei Zentristen
  - Praktisch nicht vorhanden bei Linken
- Implizite Interaktion auf der Ebene der Wahrscheinlichkeiten



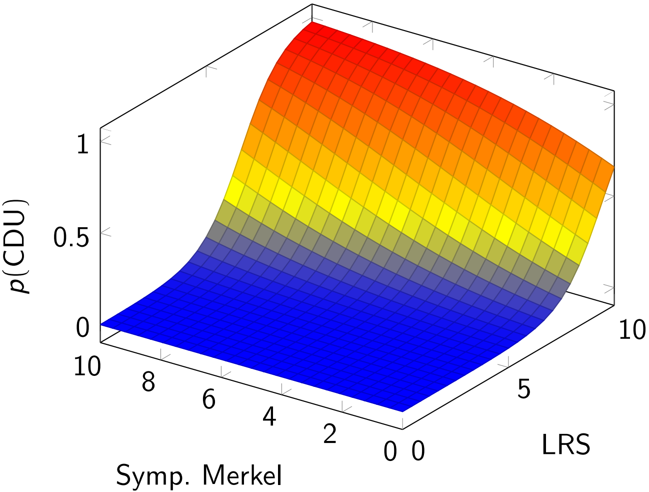
Multivariate Nicht-Linearität



Multivariate Nicht-Linearität



Multivariate Nicht-Linearität



Zusammenfassung

- Viele politikwissenschaftlich interessante Variablen dichotom
- Lineares Modell problematisch
- Logit-Modell als gute Alternative
- Interpretation erfordert Sorgfalt