

R-Syntax zu Kapitel 24: Konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA)

Jana Gäde, Karin Schermelleh-Engel & Holger Brandt

01.03.2021

Inhalt

Eindimensionales Modell (Beispiel 24.1)	2
R-Input.....	2
R-Output.....	3
Modell mit korrelierten Faktoren (Beispiel 24.2)	5
R-Input.....	5
R-Output.....	6
Faktormodell höherer Ordnung (Beispiel 24.3)	9
R-Input.....	9
R-Output.....	10
Bifaktormodell (Beispiel 24.4)	13
R-Input.....	13
R-Output.....	14

Eindimensionales Modell (Beispiel 24.1)

R-Input

```
# Kap. 24 - Konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA)
# Beispiel 24.1: Eindimensionales Modell für ausgewählte Items
# der Skala Concern over Mistakes der MPS-F

# Vor erster Anwendung: R-Package lavaan zur Analyse von latenten Variablenmodellen installieren
# dazu einen nahegelegenen CRAN Mirror angeben
# Eine Liste der CRAN Mirrors: https://cran.r-project.org/mirrors.html
install.packages("lavaan", repos='https://cran.uni-muenster.de/')

# Vor jeder Anwendung muss das installierte Package lavaan zur Nutzung geladen werden
library(lavaan)

# Arbeitsverzeichnis auswählen
setwd("Dateipfad/zum/Arbeitsverzeichnis")

# Daten einlesen
# Trennzeichen: Tabstopps (sep="")
# Variablennamen stehen in erster Zeile (header=TRUE)
Kapitel_24_Daten_R <- read.table("Kapitel_24_Daten_R.dat", sep="", header=TRUE)

# Definition des einfaktoriellen Modells cm
# In unserem Beispiel wird der Faktor CM (Concern over Mistakes)
# durch vier Items gemessen.
# Eindimensionales tau-kongenerisches Modell 'Concern over Mistakes': cm
cm <- 'CM=~ CM09 + CM21 + CM25 + CM34
'

# Analyse des Modells cm
# MLR-Schätzung (estimator= "MLR")
# alle latenten Varianzen auf eins fixiert (std.lv=TRUE)
fit.cm <- sem(cm, data= Kapitel_24_Daten_R, estimator= "MLR", std.lv=TRUE)

# Ergebnisse anzeigen
# Der Befehl fit.measures=TRUE gibt die Gütekriterien aus
# Mit dem Befehl modindices=TRUE können zusätzlich Modifikationsindizes ausgegeben werden
summary(fit.cm, fit.measures=TRUE)
standardizedSolution(fit.cm) # standardisierte Lösung

# Bei Interesse können Matrizen angefordert werden:
# fitted(fit.corr) # Modellimplizierte Kovarianzmatrix
# resid(fit.corr) # Unstandardisierte Residualmatrix (entspricht der
# Differenz zwischen der empirischen und der
# modellimplizierten Kovarianzmatrix)
```

R-Output

lavaan 0.6-7 ended normally after 12 iterations		
Estimator	ML	
Optimization method	NLMINB	
Number of free parameters	8	
Number of observations	250	
Model Test User Model:		
Test Statistic	Standard	Robust
Degrees of freedom	1.425	1.107
P-value (Chi-square)	2	2
Scaling correction factor	0.490	0.575
Yuan-Bentler correction (Mplus variant)		1.287
# Robuster Chi-Quadrat-wert (1.107) nicht signifikant (p=.575)		
Model Test Baseline Model:		
Test statistic	393.544	301.753
Degrees of freedom	6	6
P-value	0.000	0.000
Scaling correction factor		1.304
User Model versus Baseline Model:		
Comparative Fit Index (CFI)	1.000	1.000
Tucker-Lewis Index (TLI)	1.004	1.009
Robust Comparative Fit Index (CFI)		1.000
Robust Tucker-Lewis Index (TLI)		1.009
Loglikelihood and Information Criteria:		
Loglikelihood user model (H0)	-1368.607	-1368.607
Scaling correction factor for the MLR correction		0.973
Loglikelihood unrestricted model (H1)	-1367.895	-1367.895
Scaling correction factor for the MLR correction		1.036
Akaike (AIC)	2753.215	2753.215
Bayesian (BIC)	2781.387	2781.387
Sample-size adjusted Bayesian (BIC)	2756.026	2756.026
Root Mean Square Error of Approximation:		
RMSEA	0.000	0.000
90 Percent confidence interval - lower	0.000	0.000
90 Percent confidence interval - upper	0.113	0.092
P-value RMSEA <= 0.05	0.670	0.788
Robust RMSEA		0.000
90 Percent confidence interval - lower		0.000
90 Percent confidence interval - upper		0.120
Standardized Root Mean Square Residual:		
SRMR	0.011	0.011
# Deskriptive Gütekriterien		
Parameter Estimates:		
Standard errors	Sandwich	
Information bread	Observed	
Observed information based on	Hessian	

```

Latent Variables:
      Estimate  Std.Err  z-value  P(>|z|)
CM =~
  CM09          0.760    0.073   10.399    0.000
  CM21          0.838    0.058   14.415    0.000
  CM25          1.027    0.054   18.932    0.000
  CM34          0.842    0.067   12.573    0.000
# unstandardisierte Faktorladungen

Variances:
      Estimate  Std.Err  z-value  P(>|z|)
.CM09          0.903    0.087   10.384    0.000
.CM21          0.532    0.071    7.545    0.000
.CM25          0.383    0.077    4.999    0.000
.CM34          0.511    0.068    7.474    0.000
CM              1.000
# unstandardisierte Fehlervarianzen der Itemvariablen und
# Varianz des Faktors (wurde auf 1 fixiert)

> standardizedSolution(fit.cm) # standardisierte Lösung
  lhs op  rhs est.std  se      z  pvalue ci.lower ci.upper
1  CM =~ CM09  0.625 0.049 12.631    0    0.528  0.722
2  CM =~ CM21  0.754 0.038 19.628    0    0.679  0.830
3  CM =~ CM25  0.856 0.031 27.805    0    0.796  0.917
4  CM =~ CM34  0.762 0.040 18.967    0    0.684  0.841
# standardisierte Faktorladungen
5 CM09 ~~ CM09  0.610 0.062  9.864    0    0.489  0.731
6 CM21 ~~ CM21  0.431 0.058  7.438    0    0.318  0.545
7 CM25 ~~ CM25  0.267 0.053  5.054    0    0.163  0.370
8 CM34 ~~ CM34  0.419 0.061  6.836    0    0.299  0.539
# standardisierte Fehlervarianzen der Itemvariablen
9  CM ~~  CM   1.000 0.000    NA     NA    1.000  1.000
# Varianz des Faktors (wurde auf 1 fixiert)

```

Modell mit korrelierten Faktoren (Beispiel 24.2)

R-Input

```
# Kap. 24 - Konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA)
# Beispiel 24.2: Modell mit korrelierten Faktoren für ausgewählte Items
# der Skala Concern over Mistakes der MPS-F

# Vor erster Anwendung: R-Package lavaan zur Analyse von latenten Variablenmodellen installieren
# dazu einen nahegelegenen CRAN Mirror angeben
# Eine Liste der CRAN Mirrors: https://cran.r-project.org/mirrors.html
install.packages("lavaan", repos='https://cran.uni-muenster.de/')

# Vor jeder Anwendung muss das installierte Package lavaan zur Nutzung geladen werden
library(lavaan)

# Arbeitsverzeichnis auswählen
setwd("Dateipfad/zum/Arbeitsverzeichnis")

# Daten einlesen
# Trennzeichen: Tabstopps (sep="")
# Variablennamen stehen in erster Zeile (header=TRUE)
Kapitel_24_Daten_R <- read.table("Kapitel_24_Daten_R.dat", sep="", header=TRUE)

# Definition des Modells mit drei korrelierten Faktoren CM, DA und PS: corr
corr <- '
CM=~ CM09 + CM21 + CM25 + CM34
DA=~ DA17 + DA28 + DA32
PS=~ PS12 + PS19 + PS24
'

# Analyse des Modells corr
# MLR-Schätzung (estimator= "MLR")
# alle latenten Varianzen auf eins fixiert (std.lv=TRUE)
fit.corr <- sem(corr, data= Kapitel_24_Daten_R, estimator= "MLR", std.lv=TRUE)

# Ergebnisse anzeigen
# Der Befehl fit.measures=TRUE gibt die Gütekriterien aus
# Mit dem Befehl modindices=TRUE können zusätzlich Modifikationsindizes ausgegeben werden
summary(fit.corr, fit.measures=TRUE)
standardizedSolution(fit.corr) # standardisierte Lösung

# Bei Interesse können Matrizen angefordert werden:
# fitted(fit.corr) # Modellimplizierte Kovarianzmatrix
# resid(fit.corr) # Unstandardisierte Residualmatrix (entspricht der
# Differenz zwischen der empirischen und der
# modellimplizierten Kovarianzmatrix)
```

R-Output

lavaan 0.6-7 ended normally after 20 iterations		
Estimator	ML	
Optimization method	NLMINB	
Number of free parameters	23	
Number of observations	250	
Model Test User Model:		
Test Statistic	Standard	Robust
Degrees of freedom	44.808	39.796
P-value (Chi-square)	32	32
Scaling correction factor	0.066	0.162
Yuan-Bentler correction (Mplus variant)		1.126
# Robuster Chi-Quadrat-wert (39.796) nicht signifikant (p=.162)		
Model Test Baseline Model:		
Test statistic	1014.643	868.160
Degrees of freedom	45	45
P-value	0.000	0.000
Scaling correction factor		1.169
User Model versus Baseline Model:		
Comparative Fit Index (CFI)	0.987	0.991
Tucker-Lewis Index (TLI)	0.981	0.987
Robust Comparative Fit Index (CFI)		0.991
Robust Tucker-Lewis Index (TLI)		0.987
Loglikelihood and Information Criteria:		
Loglikelihood user model (H0)	-3450.490	-3450.490
Scaling correction factor for the MLR correction		0.999
Loglikelihood unrestricted model (H1)	-3428.086	-3428.086
Scaling correction factor for the MLR correction		1.073
Akaike (AIC)	6946.979	6946.979
Bayesian (BIC)	7027.973	7027.973
Sample-size adjusted Bayesian (BIC)	6955.061	6955.061
Root Mean Square Error of Approximation:		
RMSEA	0.040	0.031
90 Percent confidence interval - lower	0.000	0.000
90 Percent confidence interval - upper	0.066	0.058
P-value RMSEA <= 0.05	0.710	0.864
Robust RMSEA		0.033
90 Percent confidence interval - lower		0.000
90 Percent confidence interval - upper		0.063
Standardized Root Mean Square Residual:		
SRMR	0.041	0.041
# Deskriptive Gütekriterien		
Parameter Estimates:		
Standard errors	Sandwich	
Information bread	Observed	
Observed information based on	Hessian	

```

Latent Variables:
      Estimate  Std.Err  z-value  P(>|z|)
CM =~
  CM09      0.785   0.073   10.783   0.000
  CM21      0.841   0.057   14.776   0.000
  CM25      1.017   0.053   19.241   0.000
  CM34      0.835   0.066   12.692   0.000
DA =~
  DA17      0.878   0.066   13.367   0.000
  DA28      1.061   0.062   17.156   0.000
  DA32      0.602   0.073    8.201   0.000
PS =~
  PS12      0.939   0.065   14.413   0.000
  PS19      0.921   0.066   13.925   0.000
  PS24      0.726   0.073    9.950   0.000
# unstandardisierte Faktorladungen

Covariances:
      Estimate  Std.Err  z-value  P(>|z|)
CM ~~
  DA      0.778   0.045   17.348   0.000
  PS      0.406   0.061    6.658   0.000
DA ~~
  PS      0.363   0.069    5.255   0.000
# Kovarianzen zwischen den Faktoren

Variances:
      Estimate  Std.Err  z-value  P(>|z|)
.CM09      0.865   0.090    9.650   0.000
.CM21      0.526   0.063    8.343   0.000
.CM25      0.405   0.063    6.401   0.000
.CM34      0.524   0.063    8.342   0.000
.DA17      0.750   0.092    8.121   0.000
.DA28      0.571   0.093    6.168   0.000
.DA32      0.980   0.095   10.271   0.000
.PS12      0.435   0.086    5.047   0.000
.PS19      0.409   0.106    3.879   0.000
.PS24      0.685   0.083    8.247   0.000
  CM      1.000
  DA      1.000
  PS      1.000
# unstandardisierte Fehlervarianzen der Itemvariablen und
# Varianzen der Faktoren (wurden auf 1 fixiert)

> standardizedSolution(fit.higher.order) # standardisierte Lösung
  lhs op  rhs est.std  se      z pvalue ci.lower ci.upper
1  CM =~ CM09 0.645 0.049 13.122  0  0.549  0.741
2  CM =~ CM21 0.757 0.035 21.349  0  0.688  0.827
3  CM =~ CM25 0.848 0.027 31.934  0  0.796  0.900
4  CM =~ CM34 0.756 0.038 19.809  0  0.681  0.830
5  DA =~ DA17 0.712 0.043 16.424  0  0.627  0.797
6  DA =~ DA28 0.814 0.035 23.489  0  0.746  0.882
7  DA =~ DA32 0.520 0.057  9.097  0  0.408  0.632
8  PS =~ PS12 0.818 0.041 20.058  0  0.739  0.898
9  PS =~ PS19 0.821 0.048 17.026  0  0.727  0.916
10 PS =~ PS24 0.660 0.053 12.504  0  0.556  0.763
# standardisierte Faktorladungen
11 CM09 ~~ CM09 0.584 0.063  9.213  0  0.460  0.708
12 CM21 ~~ CM21 0.426 0.054  7.932  0  0.321  0.532
13 CM25 ~~ CM25 0.281 0.045  6.255  0  0.193  0.370
14 CM34 ~~ CM34 0.429 0.058  7.443  0  0.316  0.542
15 DA17 ~~ DA17 0.493 0.062  7.993  0  0.372  0.614
16 DA28 ~~ DA28 0.337 0.056  5.961  0  0.226  0.447
17 DA32 ~~ DA32 0.730 0.059 12.287  0  0.613  0.846
18 PS12 ~~ PS12 0.330 0.067  4.942  0  0.199  0.461
19 PS19 ~~ PS19 0.326 0.079  4.113  0  0.171  0.481
20 PS24 ~~ PS24 0.565 0.070  8.119  0  0.429  0.701
# standardisierte Fehlervarianzen der Itemvariablen

```

Zu Kap. 24 – Konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA) – R-Syntax

21	CM	~~	CM	1.000	0.000	NA	NA	1.000	1.000
22	DA	~~	DA	1.000	0.000	NA	NA	1.000	1.000
23	PS	~~	PS	1.000	0.000	NA	NA	1.000	1.000
# Varianzen der Faktoren (wurden auf 1 fixiert)									
24	CM	~~	DA	0.778	0.045	17.348	0	0.690	0.866
25	CM	~~	PS	0.406	0.061	6.658	0	0.287	0.526
26	DA	~~	PS	0.363	0.069	5.255	0	0.227	0.498
# Korrelationen zwischen den Faktoren									

Faktormodell höherer Ordnung (Beispiel 24.3)

R-Input

```
# Kap. 24 - Konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA)
# Beispiel 24.3: Modell höherer Ordnung für ausgewählte Items der MPS-F

# Vor erster Anwendung: R-Package lavaan zur Analyse von latenten Variablenmodellen installieren
# dazu einen nahegelegenen CRAN Mirror angeben
# Eine Liste der CRAN Mirrors: https://cran.r-project.org/mirrors.html
install.packages("lavaan", repos='https://cran.uni-muenster.de/')

# Vor jeder Anwendung muss das installierte Package lavaan zur Nutzung geladen werden
library(lavaan)

# Arbeitsverzeichnis auswählen
#setwd("Dateipfad/zum/Arbeitsverzeichnis")

# Daten einlesen
# Trennzeichen: Tabstopps (sep="")
# Variablennamen stehen in erster Zeile (header=TRUE)
Kapitel_24_Daten_R <- read.table("Kapitel_24_Daten_R.dat", sep="", header=TRUE)

# Definition des Modells höherer Ordnung: higher.order
higher.order <- '
CM=~ CM09 + CM21 + CM25 + CM34 # Concern over Mistakes (Faktor 1. Ordnung)
DA=~ DA17 + DA28 + DA32      # Doubts about Actions (Faktor 1. Ordnung)
PS=~ PS12 + PS19 + PS24     # Personal Standards (Faktor 1. Ordnung)

Gen=~ NA*CM + DA + PS        # Generalfaktor (Faktor 2. Ordnung)
# Der Effekt des Faktors GEN auf den Faktor CM soll frei geschätzt werden. Die Default-Einstellung #
# (erste Faktorladung = 1) muss daher überschrieben werden (NA*CM)

# Nur die Varianz des Generalfaktors wird auf 1 fixiert
Gen~~1*Gen
'

# Analyse des Modells higher.order
# MLR-Schätzung (estimator= "MLR")
fit.higher.order <- sem(higher.order, data= Kapitel_24_Daten_R, estimator= "MLR")

# Ergebnisse anzeigen
# Der Befehl fit.measures=TRUE gibt die Gütekriterien aus
# Mit dem Befehl modindices=TRUE können zusätzlich Modifikationsindizes ausgegeben werden
summary(fit.higher.order, fit.measures=TRUE)
standardizedSolution(fit.higher.order) # standardisierte Lösung

# Bei Interesse können Matrizen angefordert werden:
# fitted(fit.corr) # Modellimplizierte Kovarianzmatrix
# resid(fit.corr) # Unstandardisierte Residualmatrix (entspricht der
#                 # Differenz zwischen der empirischen und der
#                 # modellimplizierten Kovarianzmatrix)
```

R-Output

```

lavaan 0.6-7 ended normally after 40 iterations

Estimator                      ML
Optimization method             NLMINB
Number of free parameters       23

Number of observations          250

Model Test User Model:
Test Statistic                  Standard      Robust
Degrees of freedom              44.808       39.796
P-value (Chi-square)           0.066        0.162
Scaling correction factor       1.126
Yuan-Bentler correction (Mplus variant)
# Robuster Chi-Quadrat-wert (39.796) nicht signifikant (p=.162)

Model Test Baseline Model:
Test statistic                   1014.643     868.160
Degrees of freedom               45           45
P-value                          0.000        0.000
Scaling correction factor        1.169

User Model versus Baseline Model:
Comparative Fit Index (CFI)     0.987        0.991
Tucker-Lewis Index (TLI)       0.981        0.987

Robust Comparative Fit Index (CFI)
Robust Tucker-Lewis Index (TLI) 0.991
0.987

Loglikelihood and Information Criteria:
Loglikelihood user model (H0)    -3450.490    -3450.490
Scaling correction factor
for the MLR correction
Loglikelihood unrestricted model (H1)
Scaling correction factor
for the MLR correction
Akaike (AIC)                    6946.979     6946.979
Bayesian (BIC)                  7027.973     7027.973
Sample-size adjusted Bayesian (BIC)
6955.061     6955.061

Root Mean Square Error of Approximation:
RMSEA                           0.040        0.031
90 Percent confidence interval - lower
90 Percent confidence interval - upper
P-value RMSEA <= 0.05           0.000        0.000
0.066        0.058
0.710        0.864

Robust RMSEA
90 Percent confidence interval - lower
90 Percent confidence interval - upper
0.033
0.000
0.063

Standardized Root Mean Square Residual:
SRMR                             0.041        0.041
# Deskriptive Gütekriterien

Parameter Estimates:
Standard errors                   Sandwich
Information bread                 Observed
Observed information based on     Hessian
    
```

```

Latent Variables:
      Estimate Std.Err z-value P(>|z|)
CM =~
  CM09      1.000
  CM21      1.072    0.103   10.457    0.000
  CM25      1.295    0.113   11.413    0.000
  CM34      1.064    0.111    9.557    0.000
DA =~
  DA17      1.000
  DA28      1.208    0.110   11.028    0.000
  DA32      0.686    0.090    7.608    0.000
PS =~
  PS12      1.000
  PS19      0.980    0.088   11.169    0.000
  PS24      0.773    0.094    8.221    0.000
Gen =~
  CM        0.733    0.098    7.483    0.000
  DA        0.732    0.095    7.696    0.000
  PS        0.409    0.071    5.754    0.000
# unstandardisierte Faktorladungen

Variances:
      Estimate Std.Err z-value P(>|z|)
Gen      1.000
.CM09    0.865    0.090    9.650    0.000
.CM21    0.526    0.063    8.343    0.000
.CM25    0.405    0.063    6.401    0.000
.CM34    0.524    0.063    8.342    0.000
.DA17    0.750    0.092    8.121    0.000
.DA28    0.571    0.093    6.168    0.000
.DA32    0.980    0.095   10.271    0.000
.PS12    0.435    0.086    5.047    0.000
.PS19    0.409    0.106    3.879    0.000
.PS24    0.685    0.083    8.247    0.000
.CM      0.079    0.090    0.882    0.378
.DA      0.235    0.093    2.524    0.012
.PS      0.715    0.103    6.921    0.000
# unstandardisierte Fehlervarianzen der Itemvariablen und
# Residualvarianzen der Faktoren 1. Ordnung

> standardizedSolution(fit.higher.order) # standardisierte Lösung
  lhs op  rhs est.std  se      z pvalue ci.lower ci.upper
  lhs op  rhs est.std  se      z pvalue ci.lower ci.upper
1  CM =~ CM09  0.645 0.049 13.123 0.000  0.549  0.741
2  CM =~ CM21  0.757 0.035 21.349 0.000  0.688  0.827
3  CM =~ CM25  0.848 0.027 31.934 0.000  0.796  0.900
4  CM =~ CM34  0.756 0.038 19.809 0.000  0.681  0.830
5  DA =~ DA17  0.712 0.043 16.424 0.000  0.627  0.797
6  DA =~ DA28  0.814 0.035 23.489 0.000  0.746  0.882
7  DA =~ DA32  0.520 0.057  9.097 0.000  0.408  0.632
8  PS =~ PS12  0.818 0.041 20.058 0.000  0.739  0.898
9  PS =~ PS19  0.821 0.048 17.026 0.000  0.727  0.916
10 PS =~ PS24  0.660 0.053 12.504 0.000  0.556  0.763
# standardisierte Faktorladungen
11 Gen =~  CM  0.934 0.079 11.848 0.000  0.779  1.088
12 Gen =~  DA  0.834 0.074 11.215 0.000  0.688  0.979
13 Gen =~  PS  0.435 0.065  6.744 0.000  0.309  0.562
# standardisierte Strukturkoeffizienten
14 Gen =~ Gen 1.000 0.000  NA      NA      1.000  1.000
# Varianz des Faktors GEN (wurde auf 1 fixiert)
15 CM09 =~ CM09 0.584 0.063  9.213 0.000  0.460  0.708
16 CM21 =~ CM21 0.426 0.054  7.932 0.000  0.321  0.532
17 CM25 =~ CM25 0.281 0.045  6.255 0.000  0.193  0.370
18 CM34 =~ CM34 0.429 0.058  7.443 0.000  0.316  0.542
19 DA17 =~ DA17 0.493 0.062  7.993 0.000  0.372  0.614
20 DA28 =~ DA28 0.337 0.056  5.961 0.000  0.226  0.447
21 DA32 =~ DA32 0.730 0.059 12.287 0.000  0.613  0.846
22 PS12 =~ PS12 0.330 0.067  4.942 0.000  0.199  0.461
23 PS19 =~ PS19 0.326 0.079  4.113 0.000  0.171  0.481
24 PS24 =~ PS24 0.565 0.070  8.119 0.000  0.429  0.701

```

```
# standardisierte Fehlervarianzen der Itemvariablen
25  CM  ~~  CM  0.129 0.147  0.874  0.382  -0.160  0.417
26  DA  ~~  DA  0.305 0.124  2.462  0.014   0.062  0.548
27  PS  ~~  PS  0.811 0.056 14.431  0.000   0.700  0.921
# standardisierte Residualvarianzen der Faktoren 1. Ordnung
```

Bifaktormodell (Beispiel 24.4)

R-Input

```
# Kap. 24 - Konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA)
# Beispiel 24.4: Bifaktormodell für ausgewählte Items der MPS-F

# Vor erster Anwendung: R-Package lavaan zur Analyse von latenten Variablenmodellen installieren
# dazu einen nahegelegenen CRAN Mirror angeben
# Eine Liste der CRAN Mirrors: https://cran.r-project.org/mirrors.html
install.packages("lavaan", repos='https://cran.uni-muenster.de/')

# Vor jeder Anwendung muss das installierte Package lavaan zur Nutzung geladen werden
library(lavaan)

# Arbeitsverzeichnis auswählen
setwd("Dateipfad/zum/Arbeitsverzeichnis")

# Daten einlesen
# Trennzeichen: Tabstopps (sep="")
# Variablennamen stehen in erster Zeile (header=TRUE)
Kapitel_24_Daten_R <- read.table("Kapitel_24_Daten_R.dat", sep="", header=TRUE)

# Definition des Bifaktormodells
bifaktor <- '
# Spezifische Faktoren
Zeta.CM=~ CM09 + CM21 + CM25 + CM34 # Concern over Mistakes
Zeta.DA=~ DA17 + DA28 + DA32 # Doubts about Actions
Zeta.PS=~ PS12 + PS19 + PS24 # Personal Standards

# Generalfaktor
GEN=~ CM09 + CM21 + CM25 + CM34 # CM-Items
+ DA17 + DA28 + DA32 # DA-Items
+ PS12 + PS19 + PS24 # PS-Items
'

# Analyse des Bifaktormodells bifaktor:
# MLR-Schätzung (estimator="MLR"),
# alle latenten Varianzen auf eins fixiert (std.lv=TRUE),
# alle Faktoren unkorreliert (orthogonal=TRUE)
fit.bifaktor <- sem(bifaktor, data= Kapitel_24_Daten_R, estimator="MLR", orthogonal=TRUE,
std.lv=TRUE)

# Ergebnisse anzeigen
# Der Befehl fit.measures=TRUE gibt die Gütekriterien aus
# Mit dem Befehl modindices=TRUE können zusätzlich Modifikationsindizes ausgegeben werden
summary(fit.bifaktor, fit.measures=TRUE)
standardizedSolution(fit.bifaktor) # standardisierte Lösung

# Bei Interesse können Matrizen angefordert werden:
# fitted(fit.bifaktor) # Modellimplizierte Kovarianzmatrix
# resid(fit.corr) # Unstandardisierte Residualmatrix (entspricht der
# Differenz zwischen der empirischen und der
# modellimplizierten Kovarianzmatrix)
```

R-Output

```
lavaan 0.6-7 ended normally after 33 iterations

Estimator                      ML
Optimization method             NLMINB
Number of free parameters       30

Number of observations          250

Model Test User Model:
                                Standard      Robust
Test Statistic                 35.039      32.444
Degrees of freedom              25         25
P-value (Chi-square)           0.088      0.146
Scaling correction factor      1.080
  Yuan-Bentler correction (Mplus variant)
# Robuster Chi-Quadrat-wert (32.444) nicht signifikant (p=.146)

Model Test Baseline Model:
                                1014.643    868.160
Test statistic
Degrees of freedom              45         45
P-value                         0.000      0.000
Scaling correction factor      1.169

User Model versus Baseline Model:
                                0.990      0.991
Comparative Fit Index (CFI)
Tucker-Lewis Index (TLI)      0.981      0.984

                                0.992
Robust Comparative Fit Index (CFI)
Robust Tucker-Lewis Index (TLI) 0.985

Loglikelihood and Information Criteria:
                                -3445.605  -3445.605
Loglikelihood user model (H0)
Scaling correction factor
  for the MLR correction
Loglikelihood unrestricted model (H1) -3428.086  -3428.086
Scaling correction factor
  for the MLR correction
                                1.067
                                1.073

Akaike (AIC)                   6951.210    6951.210
Bayesian (BIC)                 7056.854    7056.854
Sample-size adjusted Bayesian (BIC) 6961.752    6961.752

Root Mean Square Error of Approximation:
                                0.040      0.035
RMSEA
90 Percent confidence interval - lower 0.000      0.000
90 Percent confidence interval - upper 0.069      0.064
P-value RMSEA <= 0.05          0.680      0.782

Robust RMSEA
90 Percent confidence interval - lower 0.000      0.036
90 Percent confidence interval - upper 0.069      0.067

Standardized Root Mean Square Residual:
                                0.035      0.035
SRMR
# Deskriptive Gütekriterien

Parameter Estimates:
                                Sandwich
Standard errors                 Observed
Information bread               Hessian
Observed information based on
```

```

Latent Variables:
      Estimate  Std.Err  z-value  P(>|z|)
Zeta.CM =~
  CM09      -0.102   0.352   -0.291   0.771
  CM21       0.282   0.147    1.917   0.055
  CM25       0.306   0.215    1.425   0.154
  CM34       0.438   0.238    1.837   0.066
Zeta.DA =~
  DA17       0.601   0.148    4.047   0.000
  DA28       0.511   0.114    4.483   0.000
  DA32       0.455   0.126    3.611   0.000
Zeta.PS =~
  PS12       0.841   0.072   11.649   0.000
  PS19       0.846   0.070   12.075   0.000
  PS24       0.616   0.073    8.398   0.000
GEN =~
  CM09       0.857   0.097    8.797   0.000
  CM21       0.793   0.074   10.782   0.000
  CM25       0.962   0.084   11.477   0.000
  CM34       0.759   0.109    6.957   0.000
  DA17       0.697   0.095    7.328   0.000
  DA28       0.881   0.081   10.824   0.000
  DA32       0.444   0.079    5.659   0.000
  PS12       0.411   0.085    4.816   0.000
  PS19       0.386   0.073    5.271   0.000
  PS24       0.376   0.082    4.608   0.000
# unstandardisierte Faktorladungen

Covariances:
      Estimate  Std.Err  z-value  P(>|z|)
Zeta.CM ~~
  Zeta.DA      0.000
  Zeta.PS      0.000
  GEN         0.000
Zeta.DA ~~
  Zeta.PS      0.000
  GEN         0.000
Zeta.PS ~~
  GEN         0.000
# alle Kovarianzen der Faktoren wurden auf 0 fixiert
# (orthogonales Bifaktormodell)

Variances:
      Estimate  Std.Err  z-value  P(>|z|)
.CM09       0.736   0.203    3.630   0.000
.CM21       0.525   0.071    7.388   0.000
.CM25       0.420   0.067    6.242   0.000
.CM34       0.453   0.131    3.472   0.001
.DA17       0.675   0.144    4.681   0.000
.DA28       0.658   0.092    7.121   0.000
.DA32       0.938   0.115    8.148   0.000
.PS12       0.441   0.097    4.542   0.000
.PS19       0.392   0.111    3.519   0.000
.PS24       0.691   0.082    8.418   0.000
Zeta.CM     1.000
Zeta.DA     1.000
Zeta.PS     1.000
GEN         1.000
# unstandardisierte Fehlervarianzen der Itemvariablen und
# Varianzen der Faktoren

standardizedSolution(fit.bifaktor)           # standardisierte Lösung
  lhs op   rhs est.std  se      z pvalue ci.lower ci.upper
1 Zeta.CM =~ CM09  -0.084 0.289 -0.291 0.771  -0.651  0.483
2 Zeta.CM =~ CM21   0.254 0.133  1.910 0.056  -0.007  0.515
3 Zeta.CM =~ CM25   0.255 0.179  1.425 0.154  -0.096  0.606
4 Zeta.CM =~ CM34   0.397 0.216  1.835 0.067  -0.027  0.820

```

Zu Kap. 24 – Konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA) – R-Syntax

5	Zeta.DA	==	DA17	0.487	0.120	4.046	0.000	0.251	0.723
6	Zeta.DA	==	DA28	0.392	0.088	4.459	0.000	0.220	0.565
7	Zeta.DA	==	DA32	0.393	0.107	3.689	0.000	0.184	0.602
8	Zeta.PS	==	PS12	0.733	0.057	12.956	0.000	0.622	0.844
9	Zeta.PS	==	PS19	0.755	0.055	13.818	0.000	0.648	0.862
10	Zeta.PS	==	PS24	0.559	0.060	9.378	0.000	0.442	0.676
11	GEN	==	CM09	0.704	0.072	9.727	0.000	0.562	0.846
12	GEN	==	CM21	0.714	0.055	13.025	0.000	0.607	0.822
13	GEN	==	CM25	0.802	0.060	13.361	0.000	0.684	0.920
14	GEN	==	CM34	0.687	0.088	7.809	0.000	0.514	0.859
15	GEN	==	DA17	0.565	0.070	8.030	0.000	0.427	0.703
16	GEN	==	DA28	0.677	0.052	13.017	0.000	0.575	0.779
17	GEN	==	DA32	0.383	0.065	5.921	0.000	0.257	0.510
18	GEN	==	PS12	0.358	0.070	5.138	0.000	0.221	0.495
19	GEN	==	PS19	0.344	0.063	5.494	0.000	0.221	0.467
20	GEN	==	PS24	0.342	0.069	4.940	0.000	0.206	0.478
# standardisierte Faktorladungen									
21	CM09	~~	CM09	0.497	0.139	3.588	0.000	0.226	0.769
22	CM21	~~	CM21	0.425	0.058	7.274	0.000	0.311	0.540
23	CM25	~~	CM25	0.292	0.048	6.069	0.000	0.198	0.386
24	CM34	~~	CM34	0.371	0.108	3.424	0.001	0.159	0.584
25	DA17	~~	DA17	0.444	0.096	4.640	0.000	0.256	0.631
26	DA28	~~	DA28	0.388	0.058	6.729	0.000	0.275	0.501
27	DA32	~~	DA32	0.698	0.079	8.813	0.000	0.543	0.854
28	PS12	~~	PS12	0.335	0.074	4.536	0.000	0.190	0.479
29	PS19	~~	PS19	0.312	0.085	3.664	0.000	0.145	0.479
30	PS24	~~	PS24	0.570	0.069	8.318	0.000	0.436	0.705
# standardisierte Fehlervarianzen der Itemvariablen									
31	Zeta.CM	~~	Zeta.CM	1.000	0.000	NA	NA	1.000	1.000
32	Zeta.DA	~~	Zeta.DA	1.000	0.000	NA	NA	1.000	1.000
33	Zeta.PS	~~	Zeta.PS	1.000	0.000	NA	NA	1.000	1.000
34	GEN	~~	GEN	1.000	0.000	NA	NA	1.000	1.000
35	Zeta.CM	~~	Zeta.DA	0.000	0.000	NA	NA	0.000	0.000
36	Zeta.CM	~~	Zeta.PS	0.000	0.000	NA	NA	0.000	0.000
37	Zeta.CM	~~	GEN	0.000	0.000	NA	NA	0.000	0.000
38	Zeta.DA	~~	Zeta.PS	0.000	0.000	NA	NA	0.000	0.000
39	Zeta.DA	~~	GEN	0.000	0.000	NA	NA	0.000	0.000
40	Zeta.PS	~~	GEN	0.000	0.000	NA	NA	0.000	0.000
# standardisierte Varianzen und Kovarianzen der Faktoren									