

Anwendungs-Programmsystem DAPROA

Verarbeitungsprogramm Baustein EVPGRD4

Version 5 .1

Stand: 31.10.2011

Leistung:

Anpassung des Verlaufes eines expliziten mathematischen Modells an Versuchs- bzw. Vergleichsdaten durch Schätzung (Anpassung) der linearen und nichtlinearen Koeffizienten des Modells mittels Such- und Gradientenverfahren nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate:

Die Summe { der Quadrate $(\text{berechneter_Wert} - \text{gemessener_Wert})$ }
wird zum Minimum geführt

Summe der Fehlerquadrate → Minimum

Die Berechnung und Parameterschätzung eines expliziten mathematischen Modells $Z = F(X_1, \dots, X_n; b_0, b_1, \dots)$ durch **EVPGRD4** wird mit dem in **DAPROA** definierten Modelltyp 4 realisiert

Modelltyp 4:

Stellt ein freies (beliebiges) explizites nichtlineares Modell dar. Die Benutzung eines Modells dieses Typs wird im Baustein EVPGRD4 realisiert

Diese völlig frei gestalteten expliziten nichtlinearen Modelle müssen als Unterprogramm geschrieben, übersetzt und mit EVPGRD4 verbunden (gelinkt) werden. Damit hat EVPGRD4 immer eine anwenderindividuelle Ausprägung.

Im Auftrag des Anwenders wird eine solche Version mit seinen Modellen bereitgestellt. Die Modelle befinden sich zur Information als Programmquelltext im Verzeichnis **..up-mod**. Bei der Auslieferung von DAPROA stehen darin Testbeispiele.

Diese Modelldateien im Verzeichnis **..up-mod** sollen **nicht** verändert werden. Eine solche Veränderung hat keine Wirkung auf die Berechnung, wohl aber auf die Informationsbereitstellung im Dialog und kann so zu Fehlern führen.

Der Aufruf des Modells erfolgt durch das interne Unterprogramm **fkexpl**, um das sich der Nutzer nicht kümmern muss.

Beispiel eines solchen Modells:

```
c -----  
c <ModGleichg>Z = 0.500000D+02  
c <ModGleichg> + 0.974938D+00 * ( (0.100000D+01 * X1 + -0.500000D+02)**0.95362)>  
c -----  
      SUBROUTINE spefkt(iyab,yyb,yyg,x,p,lber,cstd)  
      INTEGER iyab  
      LOGICAL lber  
      REAL*8 yyb(10),yyg(10),x(100),p(20)  
      CHARACTER cstd*1  
      INCLUDE '..\include\compar.fi'  
      IF(cstd.EQ.'1') THEN  
        yyg(1)=x(iyab)  
      ELSE  
        yyg(1)=0.D0  
      ENDIF  
      lber=.TRUE.
```

```
      IF (DABS(x(1)).GT.ogrenz) THEN
        lber=.FALSE.
        yyb(1)=rfehl
      ELSE
        yyb( 1)=p(3) + p(1)*(x(1)-p(3))**p(2)
      ENDIF
    END
c iyab  Variablennummer der abh.Variablen
c yyb  Vektor der berechneten abh.Variablen (iyab), hier nur eine abh.Variable
c yyg  Vektor der gemessenen abh.Variablen (iyab), hier nur eine abh.Variable
c x    Vektor der Variablen/Messdaten, enthaelt die abh. und unab. Variablen
c p    Vektor der Modellparameter
c lber  wird .FALSE. gesetzt, wenn Absolutwert der unab.Modell-Variablen
c      groesser oberere Grenze
c -----
c Modellsteuerwerte: die Indizes der Variablen sollen lueckenlos sein!
c Im Falle einer Parameterschaetzung mit dem Modell muessen alle Variablen
c des Projektes, mit ihrem Projektvariablen-Index aufgefuehrt werden.
c -----
c*<Titel      >Umrechnung Leistung alter Speer zu neuem Speer
c*<VarAbh     >002 speerneu
c*<VarUnabh  >001 speeralt
c*<AnzParam  >003
c*<Parameter >001 .97
c*<Parameter >002 .95
c*<Parameter >003 48.
c -----
c Projekt: spe-fkt
c Modell: Beziehung der Wurfleistungen mit dem alten Maennerspeer bis 1985
c         zu den Wurfleistungen mit dem neuen Maennerspeer ab 1985
c Im Projekt liegen Messdaten vor
c die exakten Parameter sind nicht bekannt
c -----
c Parameter-Startwerte, Grenzen (uG , oG):
c p(1)= .97          (.92 , 1.2)
c p(2)= .95          (.92 , 1.2)
c p(3)= 48.         (40. , 50.)
```

Das Programm EVPGRD4 ist besonders geeignet für die Bearbeitung großer Datenmengen.

Mit ihm kann der nichtlineare Zusammenhang zwischen Messgrößen, Datenmengen (Z, X_1, X_2, \dots, X_n) in einem n -dimensionalen Koordinatensystem bzw. abhängigen und unabhängigen Variablen untersucht werden.

Eine Verarbeitung unvollständiger Datensätze wird realisiert, in dem solche Sätze nicht einbezogen werden.

Eingabedateien:

- **projekt_nqd.txt** geordnete Zwischendatei im Textformat
- **projekt_mtx.txt** als Datenmatrix.
- **projekt_std.txt** Statistik-Steuerdatei mit von NORM berechneten statistische Kenngrößen des Datenbestandes: Mittelwert, Streuung, kleinster und größter Wert der Variablen, einfache Korrelationskoeffizienten zwischen den Variablen.
- **projekt_abd.txt** Projektsteuerdatei
- **modell_up.for** Unterprogramm für Modell Typ4

Parameter, Grenzen:

- Die Anzahl der Datensätze ist faktisch unbegrenzt.
- Fehlstellen bei Messwerten/Einzeldaten werden berücksichtigt

Steuerparameter

Anzahl der Variablen in der Auswahl	100
Maximale Anzahl der Variablen in den Funktionsausdrücken	12
Maximale Anzahl von Funktionsausdrücken	10
Maximale Anzahl von Modellparametern	20
Maximale Anzahl von gleichzeitig zu schätzenden Modellparametern	10

Ergebnisdateien:

- **projekt_pps.txt** Ergebnisdatei der Parameterschätzung
- **projekt_tmp.txt** Protokolldatei zur Parameterschätzung
- **modellname_mod.txt** angepasstes Modell Typ 3
- **modellname_tsx.txt** Zwischendatei berechnet - gemessen
- **modellname_sw1.txt** Ergebnis des Vergleiches berechnet – gemessen, Eingabedatei für die grafische Darstellung
- **modellname_bg.typ** Grafikdatei berechnet - gemessen
- **EVPGRD4_mld.txt** Programmnachrichten(Ablauf, Fehler, ...)

Methoden der Parameterschätzung

Für die Schätzung der nichtlinearen Modellparameter stehen 3 Verfahren zur Verfügung:

- 1) Rasterverfahren
- 2) evolutionäres Suchverfahren
- 3) Gradientenverfahren

Diese Verfahren können einzeln eingesetzt, aber auch in einem Programmaufruf hintereinander abgearbeitet werden, in diesem Fall aber nur in der durch die obigen Ziffern festgelegten aufsteigenden Folge. Der optimale (beste) Parametervektor des vorhergehenden Verfahrens ist dann der Start-Parametervektor des nachfolgenden Verfahrens

Alle Verfahren beruhen auf der Minimierung der Fehlerquadratsumme der Modellzielgröße(abhängige Variable Z). also die Summe von { berechneter Wert Z - minus gemessener Wert Z } zum Quadrat über alle Messpunkte

$$\sum_{i=1,n} [Z(i) \text{ gemessen} - Z(i) \text{ berechnet}]^{**2} \rightarrow \text{Minimum}$$

zu den einzelnen Methoden und dem allgemeinem Vorgehen bei der Parameterschätzung siehe: **NichtlinParam.doc**

Aufbau der Datei projekt_abd.txt für den Baustein EVPGRD4:

Steuermerkmal	Spalte	Typ	Parameter	Inhalt des Parameters
<Variablen >	01-03 05-07 09-11 ...	Int	ausvar(n)	Index der Modellvariablen, der letzte Index gehört der abhängigen Variablen
<Steuerparameter >	01-01	Char	zabl	konstant = P , Aufruf der Parameterschätzung
	07-07	Int	mtyp	Modelltyp: konstant = 4
	09-09	Char	ires	Residuenberechnung: konst. = 0, $\text{Summe}\{(Y_g - Y_b)**2\}$
	11-13	Int	itpar	Iterationsanzahl pro Parameterschätzeraufruf
	15-19	Int	itges	maximale Iterationsanzahl pro Programmablauf für das Gradientenverfahren
	21-23	Int	isini	Startinitialisierung für den Parameterschätzer
	25-29	Int	ievop	maximale Iterationsanzahl pro Programmablauf für EVOP-Verfahren
	31-38	Char	modnam	Name Modelldatei
<SteuerEVPGRD4 1 >	01-01	Char	cabs	Verfahren Startpunktsuche: S
	02-02	Char	cabf	Verfahren Faktorplan: F
	03-03	Char	cabg	Gradientenverfahren: G
	04-05	Int	nt	Anzahl unabh. Variablen
	07-08	Int	ny	Anzahl abh. Variablen
	10-11	Int	np	Anzahl Parameter
	13-14	Int	maxips	max. Anz. Startschätzschritte
	16-17	Int	maxhlb	max Anzahl Verkleinerungen
	19-20	Int	ifak0	freier Integerfaktor
	22-23	Int	ngl	Anzahl algebraische Modellgleichungen
	25-26	Int	node	Anzahl gew. Diff.-gleichungen
	28-29	Int	npde	Anzahl part. Diff.-gleichungen
	31-32	Int	maxanf	max. Anzahl Anfangswertprobleme
	34-36	Int	maxndx	max. Anzahl Ortsgitterpunkte
	38-40	Int	iyab	Index abhängige Variable Modelltyp 4
<SteuerEVPGRD4 2 >	01-12	Real	fgrs	Schrittfaktor Gradientenbildg.
	14-25	Real	deps	Minstdifferenz Standardabweichung für Schätzabbruch
	27-38	Real	vks	freier Realfaktor
	40-51	Real	frf	freier Realfaktor
<Schaetzparameter >	01-01	Int	npzu(i)	1: Parameter wird geschätzt 0: Parameter nicht geschätzt
	03-05	Int	nrp(i)	lfd. Nummer des Parameters
	07-19	Real	p(i)	Startwert Parameter
	21-33	Real	ug(i)	untere Grenze Parameter
	35-47	Real	og(i)	obere Grenze Parameter
	49-61	Real	swp0(i)	Standardschätzschritt
	63-77	Char	namp(i)	Bezeichnung des Parameters
	79-86	Real	snwp(i)	Schrittanzahl
<Grafikausgabe >	01-01	Char	cbrgm	Kennzeichen Grafikausgabe berechnet-gemessen
	03-10		zugrd	Zusatzname Grafikausgabedatei
	12-14		jsvx	Index unabh. Grafikvariable (Abszisse)
	16-23		uprnam	Unterprojektname

DAPROA: Daten- und Prozessanalyse
Bausteine EVPGRD4 / EVPGR4_e

	25-37		ugvx	untere Grenze unabh. Grafikvariable
	39-51		ogvx	obere Grenze unabh. Grafikvariable
	53-55		jxsch	Anzahl Schritte unabh. Grafikvariable(Abszisse)
	57-64		causf	Ausgabetyyp Grafikdatei

Das Bausteinmerkmal <evpgrd4 > muss genau 10 Zeichen lang sein (Leerstellen und spitze Klammern mitgezählt).

Die Steuermerkmale müssen genau 21 Zeichen lang sein (Leerstellen und spitze Klammern mitgezählt).

Sie müssen, wie in Beispiel und Aufbaubeschreibung dargestellt, geschrieben, also auch mit der entsprechenden Anzahl von Leerzeichen aufgefüllt werden.

Dialogbaustein EVPGR4_e

EVPGRD4 Daten- und ProzessAnalyse

Exit Help Datei

Prozess- und Datenanalyse: EVPGR4_e - Eingaben für den Programmbaustein EVPGRD4 alte Steuersaetze aus spe-fkt_abd.txt laden Projekt: spe-fkt

Modell Typ 4 auswaehlen

fausdr
polynom
spefkt
wabaum
wakind

Waehle und bestaetige ein Modell

Modell bestaetigen

Modell-UP: spefkt.for
Index abh.Modellvariable: 002
Anzahl unabh.Modellvariable:001

Variablen:

-Variable Projekt:spe-fkt
001 speeralt
002 speerneu
-Variable Modell: spefkt
002 speerneu
001 speeralt

Wichtige Hinweise zur Nutzung des Bausteins EVPGRD4:

Mit dem Baustein EVPGRD4 werden Parameter eines frei gestalteten expliziten Modells geschaezt.

Der Anwender waehlt aus der Liste links ein Modell und muss selbst pruefen, ob das Modell zum Projekt passt, sonst gibt es Fehler!

Auch fuer die richtige Anzahl der Schaeztparameter und ihre Zuordnung zu den Indizes, muss der Anwender selbst Sorge tragen.

Im Gegensatz zum Dialog in EVPGRD_e koennen hier keine Pruefungen zum Modell vorgenommen werden.

Schaeztparameter bestaetigen

Markiere max. 10 akt.Schaeztparameter mit 1 ! Setze: Startwert, untere/obere Grenze

P(n)	!	Startwert	untere Grenze	obere	Schrittanz.	Name
P(1)	<input type="checkbox"/>					
P(2)	<input type="checkbox"/>					
P(3)	<input type="checkbox"/>					
P(4)	<input type="checkbox"/>					
P(5)	<input type="checkbox"/>					
P(6)	<input type="checkbox"/>					
P(7)	<input type="checkbox"/>					
P(8)	<input type="checkbox"/>					
P(9)	<input type="checkbox"/>					
P(10)	<input type="checkbox"/>					
P(11)	<input type="checkbox"/>					
P(12)	<input type="checkbox"/>					
P(13)	<input type="checkbox"/>					
P(14)	<input type="checkbox"/>					
P(15)	<input type="checkbox"/>					
P(16)	<input type="checkbox"/>					
P(17)	<input type="checkbox"/>					
P(18)	<input type="checkbox"/>					
P(19)	<input type="checkbox"/>					
P(20)	<input type="checkbox"/>					

Vergleich berechnet-gemessen

ber/gem nicht ausfuehren
 ber/gem darstellen

Vergleich berechnet-unabh.Variable
Waehle Index: einer unabhg.Variable

001 speeralt

uG oG Anzahl Schritte
 100

Grafikausgabe

keine Grafikausgabe
 .PNG Grafikausgabe
 .TIFFGrafikausgabe

Namenszusatz Grafikdatei

Verfahrensparameter

max. Iterationsanzahl
EVOP-Verfahren
max. Iterationsanzahl
Gradientenverf.
max. Anzahl Start-
schaeztsschritte
max. Anz. Schritte zur
Verkleinerung
Schrittfaktor fuer
Gradientenberechnung

Minstdifferenz
Abweichung

Auswahl Schaeztverfahren mindestens ein Verfahren waehlen

Startpunktsuche EVOP-Verfahren Gradientenverfahren

nein nein nein

STOPP Modell aendern Werte aendern EVPGRD4 starten

Bild 1:
Startmaske des
Dialogbausteins
EVPGR4_e

Das Modell **spefkt**
zum Projekt
spe-fkt
wurde gewählt

In dem Dialogbaustein werden die Parameter für die Projektarbeitungsdatei `projekt_abd.txt` abgefragt, eingegeben und geprüft.

Mit dem Dialogbaustein EVPGR4_e werden die Schätzparameter des Modells, ihre Anfangswerte, Grenzen und Schrittweiten, die Steuergrößen für die Abarbeitung und die Parameter zur Ergebnisausgabe festgelegt.

Die zu benutzenden Schätzverfahren müssen ausgewählt werden.

Wahl des Modells

In der Liste `|Modell Typ 4 auswaehlen|` kann ein Modell ausgewählt werden. Die Auswahl ist mit der Taste `Modell bestaetigen` zu bestätigen.

In der darunter befindlichen `|Variablenliste|` stehen schon beim Aufruf die Variablen des gewählten Projektes. Nach der Modellwahl werden die im Modell benutzten Variablen angezeigt, sofern sie im Modell Quelltext-Kommentar aufgeführt sind.

Am Anfang der Variablenliste wird das ausgewählte Projekt bzw. Modell genannt.

Mit der Taste `alte Steuersaetze aus projekt_abd.txt laden` können die alten Steuersätze zum Modell geladen und in den Dialogmasken vorgelegt werden, soweit welche vorhanden sind.

Das Modell-Unterprogramm, welches im Verzeichnis `..\up-mod` steht, kann über die Menüpunkte **Datei** → **Modell** angesehen werden.

Im Modell-Quelltext sieht man die dort programmierten Parameter $p(j)$. Genau alle diese Parameter müssen im nächsten Schritt Werte zugewiesen bekommen.

Auswahl der Parameter die geschätzt werden sollen, Eingabe der Parameterwerte

Nun müssen die Steuergrößen für die Schätzparameter $p(j)$ eingegeben werden.

Im Eingabefeld `[1!]` wird durch Eingabe einer **1** festgelegt, dass der Parameter im folgenden Programmlauf **geschätzt** wird.

Es wird durch Eingabe einer **0** festgelegt, dass der Parameter im folgenden Programmlauf **konstant** bleibt.

Die nachfolgenden Felder in diesem Dialogteil müssen für alle Modellparameter gefüllt werden, auch für diejenigen, die bei diesem Programmlauf konstant gehalten werden.

Im Feld [[Startwert](#)] wird der Anfangswert der Parameterschätzung bzw. der konstante Wert der Modellparameter, die bei diesem Programmlauf nicht verändert werden, eingetragen.

In den Feldern [[untere Grenze obere](#)] werden die Grenzwerte der Modellparameter festgelegt. Die Werte der Parameter werden bei der Schätzung nur innerhalb dieser Grenzen variiert.

Im Feld [[Schrittanz.](#)] wird ein Faktor eingetragen, mit dem die normierte Schrittweite berechnet wird. Diese normierte Schrittweite hat Einfluss auf konkrete Schrittweite in den Verfahren: $\text{normierte Schrittweite} = (\text{obere Grenze} - \text{untere Grenze}) / \text{Schrittanzahl}$.

Siehe dazu auch [NichtlinParam.doc](#)

Im Feld [[Name](#)] kann eine beliebige Namenszeichenkette für den Parameter vergeben werden.

In die Felder [[untere Grenze obere](#)] und [[Schrittanz.](#)] müssen auch für konstant Modellparameter vernünftige Werte definiert werden, auch wenn sie in dem aktuellen Programmlauf keine Rolle spielen.

Mit der Taste [Schaetzparameter bestätigen](#) wird die Auswahl der in diesem Programmlauf zu schätzenden Parameter bestätigt.

Steuergrößen für die Abarbeitung

In den folgenden Eingabefeldern, Auswahlboxen oder Tasten werden Steuergrößen für die Abarbeitung und Parameter zur Ergebnisausgabe festgelegt.

°[Vergleich berechnet-gemessen](#)°

"ber/gem nicht ausführen" oder

"ber/gem darstellen"

Falls "ber/gem darstellen" gewählt wurde kann in der Variablenliste

[|Vergleich berechnet-unabh.Variable](#) | der Index eine Einflussgröße (unabh. Variable) und ihr Index markiert werden. Diese Variable muss Modellbestandteil und darf nicht die abhängige Variable sein.

Nach der erfolgreichen Markierung werden der Index und die Minimal- bzw. Maximalwert dieser Variablen aus den Datensätzen angezeigt.

In den Eingabefeldern [[uG](#)] , [[oG](#)] und [[Anzahl Schritte](#)] können die Werte verändert werden.

Diese Werte dienen zur Darstellung der Grafik "berechnet/gemessen gegen die gewählte unabhängige Variable".

In der Grafik berechnet-gemessen werden diese Werte über die eingetragene unabhängige Variable als Abszisse dargestellt.

°Grafikausgabe°

"keine Grafikausgabe" oder
"Grafikausgabe" auf einen genannten Dateityp

Im Eingabefeld [[Namenszusatz Grafikdatei](#)] kann ein maximal 8-stelliger Namenszusatz für die Grafikausgabedatei gewählt werden. Zu einem Modell können so mehrere Grafiken aufbewahrt werden.

Verfahrensparameter

Mit den folgenden Eingabefeldern wird direkter Einfluss auf den Schätzverfahrensablauf genommen.

In die Felder [[max. Iterationsanzahl EVOP-Verfahren](#)] , [[max. Iterationsanzahl Gradientenverf.](#)] und [[max. Anzahl Startschätzschritte](#)] werden die maximal erfolgreichen Iterationsschritte des jeweiligen Verfahren festgelegt. Wird dieser Wert erreicht hört das Verfahren auf zu arbeiten und geht zum nächsten Verfahren über, wobei der bis dahin optimale Parametersatz mitgenommen wird. Bei ersten Schätzversuchen zu einem Modellanpassungsproblem sollte man diese Werte nicht zu hoch setzen.

Im Feld [[max. Anz. Schritte zur Verkleinerung](#)] wird bestimmt wie oft insgesamt eine Schrittweitenverkleinerung vorgenommen wird, falls mitten im aufgespannten Variationsraster ein lokales Minimum liegt.

Der Wert im Feld [[Schrittfaktor fuer Gradientenberechnung](#)] spielt nur beim Gradientenverfahren eine Rolle. Er stellt einen multiplikativen Faktor bei der Bestimmung der Parameterdifferenz für die Gradientensuche dar.

Der Wert im Feld [[Minstdifferenz Abweichung](#)] legt die Minstdifferenz für den Verfahrensabbruch "kein neues Minimum" fest.

Verfahrensauswahl

In der folgenden Auswahlbox werden die Schätzverfahren zur Auswahl angeboten, die EVPGRD4 anbietet

°Auswahl Schaetzverfahren°

"Startpunktsuche" und/oder
"EVOP-Verfahren" und/oder
"Gradientenverfahren"

Falls mehrere Verfahren gewählt wurden, werden sie in der Reihenfolge: Startpunktsuche, EVOP-Verfahren, Gradientenverfahren nacheinander abgearbeitet.

Steuertasten

Mit der Taste **Modell aendern** wird die Möglichkeit gegeben ein anderes Modell auszuwählen.

Mit der Taste **Werte aendern** wird die Eingabewerte auf der Dialogmaske wieder auf den Eingabezustand zurückgesetzt

Mit der Taste **STOPP** wird der Dialog EVPGR4_e beendet.

Mit der Taste **EVPGRD4 starten** wird der Verarbeitungsbaustein EVPGRD4 ausgeführt.

In den Bausteinen EVPGRD4 und EVOPGRD werden die gleichen Algorithmen und Verfahren zur Modellanpassung bzw. Modellparameterschätzung eingesetzt.

Dialog und Grafik im Verarbeitungsbaustein EVPGRD4

In EVPGRD4 erscheint eine Grafikausgabe, in welcher der Fortschritt der Entwicklung der Parameterveränderungen und der Verkleinerung der Abweichung der berechneten von den gemessenen Zielgrößenwerten (Standardabweichung) angezeigt wird. Bei größeren Schätzparameteranzahlen und großen Datenmengen braucht die Berechnung etwas Zeit. Durch die Koordination von Rechnen und Grafikausgabe kann es zu Anzeigeverzögerungen kommen. Doch am Schluss erscheinen vollständig die gewollten Ausgaben. Es ratsam bei den ersten Anpassungsversuchen nicht mit zu hohen Iterationsanzahlen zu arbeiten.

Mit der Taste **START** auf dem Dialogfenster von EVPGRD4 wird die Parameterschätzung / Modellanpassung gestartet.

Mit der Taste **STOPP** wird die Arbeit im Verarbeitungsbaustein beendet.

Mit der Taste **Vergleich berechnet-gemessen** wird der Baustein GRBEGED zur grafischen Auswertung gestartet.

KURZANLEITUNG EVPGR4_e

- (1) Auswahl eines Modell aus der Liste |Modell Typ 4 auswaehlen|. Die Auswahl ist mit der Taste **Modell bestaetigen**
- (2) Mit der Taste **alte Steuersaetze aus projekt_abd.txt laden** können die alten Steuersätze zum Modell geladen werden
- (3) In die Eingabefelder sind die Steuergrößen für die ausgewählten Schätzparameter einzutragen [P(n) 1! Startwert untere Grenze obere Schrittzanz. Name] . In den Feldern [1!] wird festgelegt welcher Parameter im vorzubereitenden Programmlauf geschätzt werden soll.
- (4) Mit der Taste **Schaetzparameter bestaetigen** wird die Auswahl der in diesem Programmlauf zu schätzenden Parameter bestätigt.
- (5) Nun die übrigen Verarbeitungsparameter festlegen. Dabei sind logische Zusammenhänge zu beachten. So muss das gebildete Modell abgespeichert werden, wenn der Vergleich berechnet/gemessen dargestellt werden soll.
- (6) Ist der Vergleich berechnet/ gemessen gewählt worden, dann in der Variablenliste |Vergleich berechnet-unabh.Variable | die unabhängige Modellvariable markieren, welche als Abszisse in der grafischen Darstellung dient. Diese Variable muss Modellbestandteil und darf nicht die abhängige Variable sein.
- (7) Festlegung der Anzahl der Iterationsschritte zu den wählbaren Verfahren und der anderen die Schätzung beeinflussenden Steuergrößen.
- (8) In der Auswahlbox °Auswahl Schaetzverfahren° die Schätzverfahren bestimmen
- (9) Start des Bausteins EVPGRD4 mit der Taste **EVPGRD4 starten**
- (10) Mit der Taste **START** auf dem Dialogfenster von EVPGRD4 die Parameterschätzung / Modellanpassung starten.

Dialog in EVPGR4_e zum Beispiel:

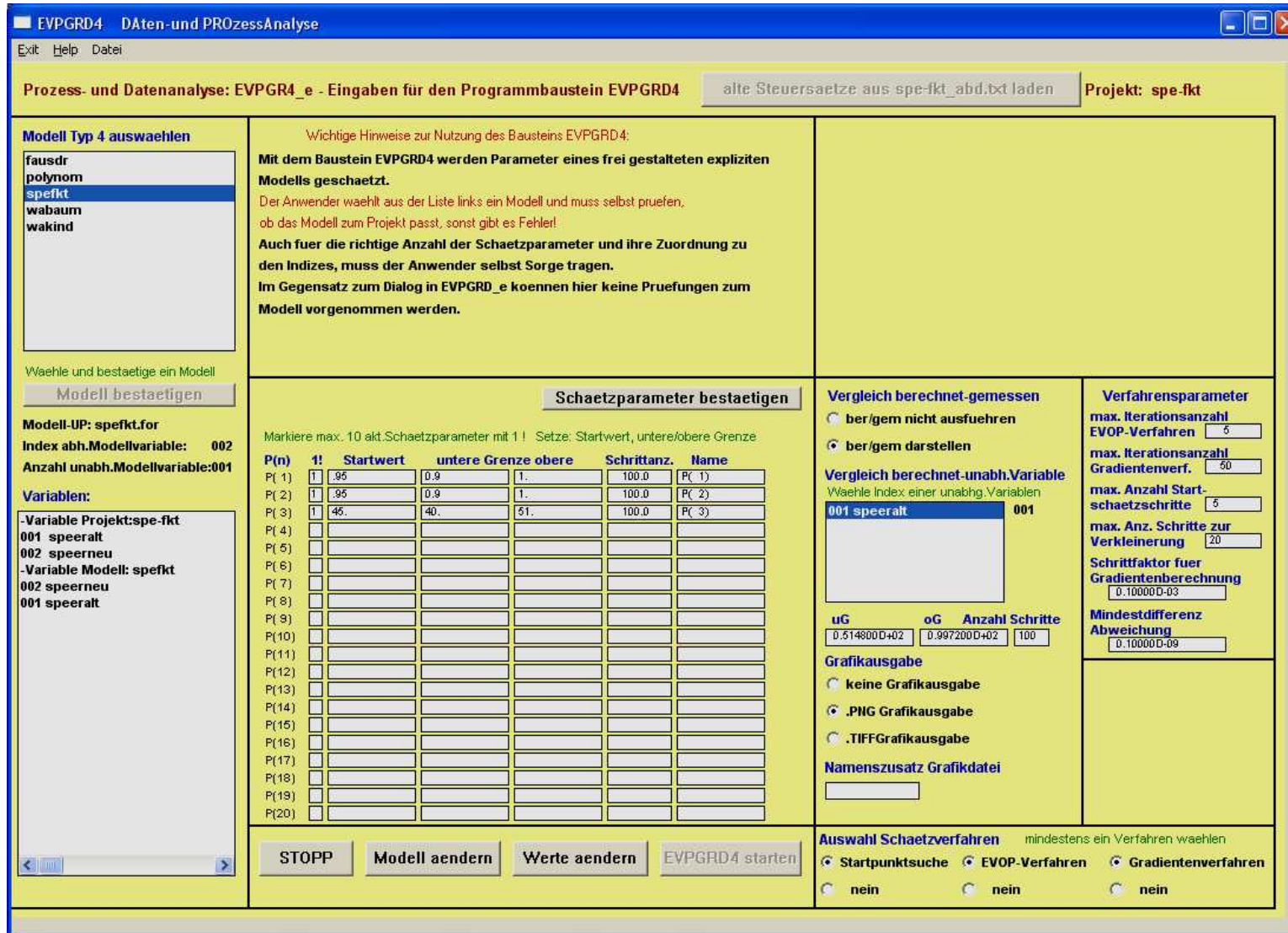


Bild 2:
Projekt: **spe-fkt**
Modell: **spefkt**
Schätzung von
3 Parametern

Es wurde nur das
Gradientenverfahren
ausgewählt

Beispiel: (siehe dazu vorstehendes Bild 2)

Es sollen die Koeffizienten eines expliziten nichtlinearen Modells

"Umrechnung von Leistungen mit dem Speermodell bis 1985 in Leistungen mit dem Speermodell ab 1985"

mittels Regressionsanalyse so bestimmt werden, dass die Abweichung der Modellanpassung an die Messwerte möglichst gering ist.

Hintergrund: Im Jahre 1985 führte der Welt-Leichtathletikverband ein neues Modell für den Männerspeer ein, weil für die Weltbesten bei Würlen mit dem alten Modell inzwischen die Stadien zu klein wurden. In den Datensätzen wurde von den weltführenden Speerwerfern in dieser Zeit jeweils der beste Wurf mit dem alten und neuen Modell gegenüber gestellt. Die Streuung der Werte ist relativ groß. Im Mittel wird mit dem neuen Modell weniger weit als mit dem alten Modell geworfen, aber es gab auch Werfer, denen mit dem neuen Modell ein weiterer Wurf gelang.

Modellansatz : $Y = p(3) + p(1) * [X(1) - p(3)]^{p(2)}$

- Im Projekt **spe-fkt** wurde das Modell Typ 4 **spefkt** gewählt, welches im Verzeichnis **..\up-mod.txt** steht.
- Die abhängige Variable ist $Y = \text{speerneu} = \text{Weite mit neuem Speermodell}$
- Die unabhängige Variable ist $X(1) = \text{speeralt} = \text{Weite mit altem Speermodell}$

Das Modell-Unterprogramm wurde übersetzt und in EVPGRD4 eingebunden(gelinkt). Damit ist das Modell **spefkt** als Unterprogramm Bestandteil dieser anwenderspezifischen Version von EVPGRD4.

Mit der Taste **EVPGRD4 starten** wird EVPGRD4 gestartet.

Mit der Taste **START** auf dem Dialogfenster von EVPGRD4 wird die Parameterschätzung / Modellanpassung gestartet.

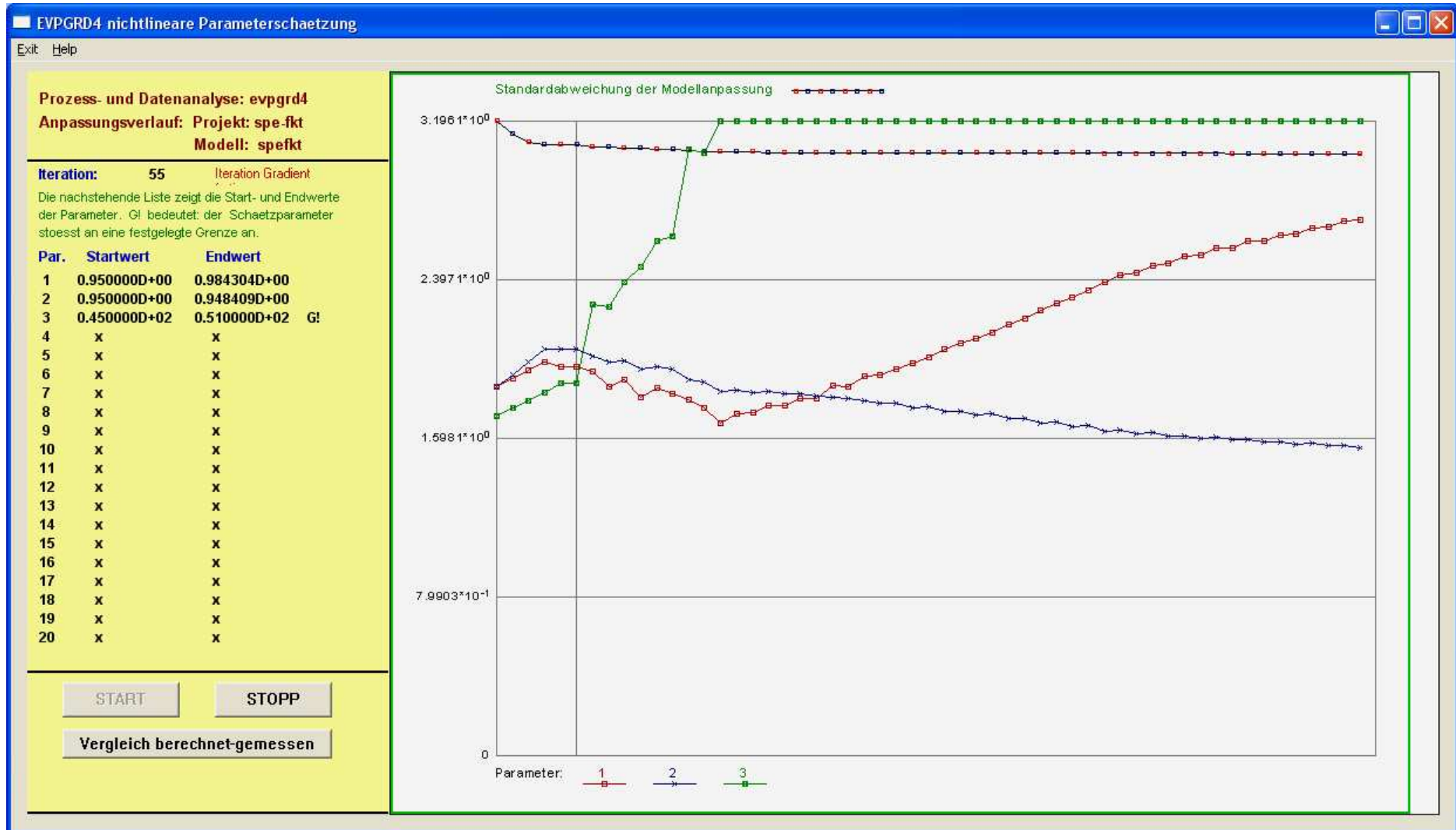


Bild 3: Entwicklung der Standardabweichung \square --- \square --- \square und der Parameterwerte bei der Iteration, Parameter 3 läuft gegen seine obere Grenze

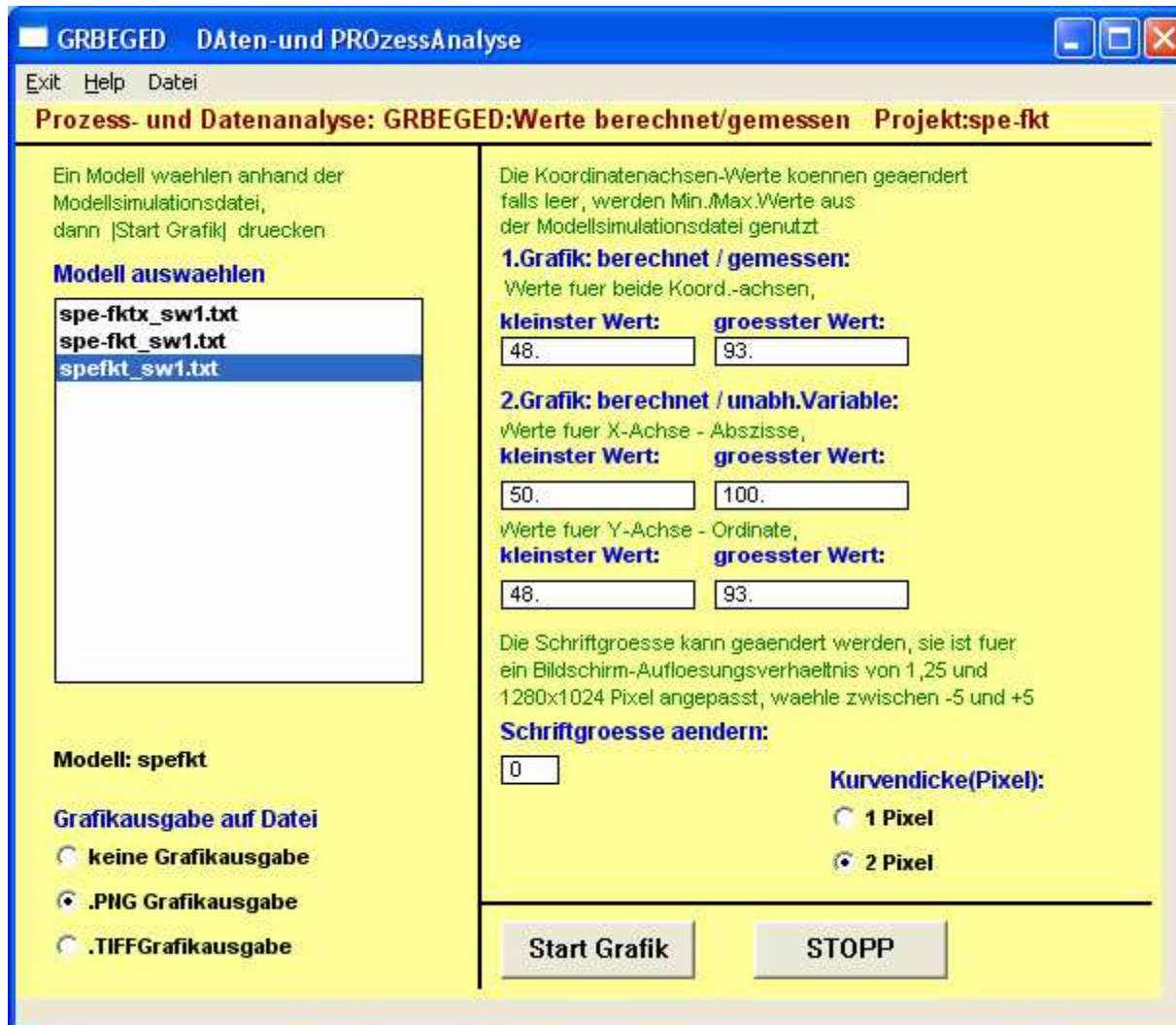


Bild 4:
Nach betätigen der Taste
Vergleich berechnet-gemessen
Dialogmenü für die grafische Auswertung
berechnet – gemessen
nach der Parameterschätzung

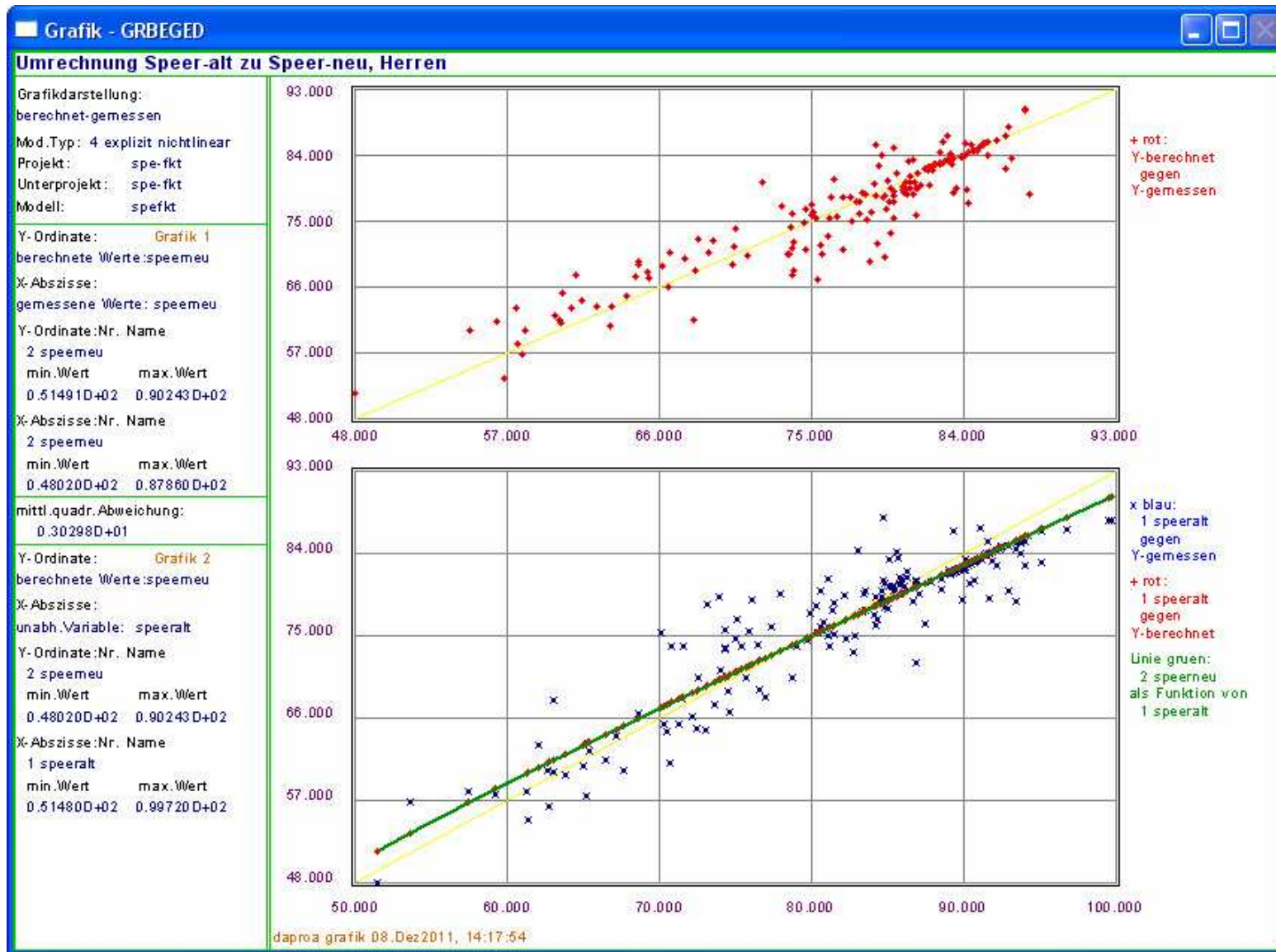


Bild 5:
grafische Auswertung
berechnet – gemessen
nach der Parameter-
schätzung

obere Grafik:
direkter Vergleich
berechnet – gemessen,
man sieht die relativ
große Streuung der
Messpunkte

untere Grafik
blaue Punkte: gewähl-
te unabh. Variable
gegen abh. Variable

grüne Linie, rote
Punkte:
Simulation des Ver-
laufes der abh. Vari-
ablen gegen die ge-
wählte unabh. Variab-
le

Ergebnisdatei **spe-fkt_pps.txt**

```
=====  
Parameterschaetzung mit EVPGRD4 im Modell: spe-fkt  
  
Verwendetes Parameterschaetzverfahren:      Startpkt  
Verwendetes Parameterschaetzverfahren:      EVOP  
Verwendetes Parameterschaetzverfahren:      GRADIENT  
  
Anzahl der Parameter im Modell:            3  
Anzahl der unabhaengigen Variablen:        1  
Anzahl der abhaengigen Variablen:         1  
=====
```

```
04.Dez2011 12:55:08  
Parameterschaetzung mit dem Projekt:        spe-fkt  
Umrechnung Speer-alt zu Speer-neu, Herren
```

	Startwert_____	Schrittweite__	Status____
Parametereinstellung: P(1)	0.9500000D+00	0.10000D-02	schaetzen
P(2)	0.9500000D+00	0.10000D-02	schaetzen
P(3)	0.4500000D+02	0.11000D+00	schaetzen

```
--- Matrix der Schaetzquaderpunkte ---  
0  0  0  0  
1 -1 -1 -1  
2  1 -1 -1  
3 -1  1 -1  
4  1  1 -1  
5 -1 -1  1  
6  1 -1  1  
7 -1  1  1  
8  1  1  1
```

*** Startwertschaetzung mit Parameterquader ***

ItNr	QP	Zielfunktion	P(1)	P(2)	P(3)
1		0.2320843D+04	0.9510000D+00	0.9510000D+00	0.4511000D+02
2		0.2152278D+04	0.9525000D+00	0.9525000D+00	0.4527500D+02
3		0.2006315D+04	0.9540000D+00	0.9540000D+00	0.4544000D+02
4		0.1882794D+04	0.9555000D+00	0.9555000D+00	0.4560500D+02
5		0.1781549D+04	0.9570000D+00	0.9570000D+00	0.4577000D+02

Ende: Max.Anzahl vorgegebener Schritte erreicht

*** Parameterschaetzung mit EVOP-Verfahren: Faktorplan ***

ItNr	QP	Zielfunktion	P(1)	P(2)	P(3)
0	0	0.1781549D+04	0.9570000D+00	0.9570000D+00	0.4577000D+02
1	8	0.1726345D+04	0.9580000D+00	0.9580000D+00	0.4588000D+02
2	8	0.1653497D+04	0.9592937D+00	0.9600000D+00	0.4601553D+02
3	8	0.1610683D+04	0.9605918D+00	0.9620000D+00	0.4615127D+02
4	8	0.1597972D+04	0.9619004D+00	0.9640000D+00	0.4628892D+02
5	5	0.1596922D+04	0.9612710D+00	0.9640000D+00	0.4644216D+02

Ende: Max.Anzahl vorgegebener Minimumsschritte erreicht

*** Parameterschaetzung mit Gradientenverfahren ***

ItNr	QP	Zielfunktion	P(1)	P(2)	P(3)
0	3	0.1596922D+04	0.9612710D+00	0.9640000D+00	0.4644216D+02
1	3	0.1588288D+04	0.9604662D+00	0.9629132D+00	0.4781327D+02
4	6	0.1585576D+04	0.9581496D+00	0.9620442D+00	0.4777474D+02
5	3	0.1583053D+04	0.9590894D+00	0.9621370D+00	0.4819078D+02
6	4	0.1580583D+04	0.9564414D+00	0.9609237D+00	0.4846812D+02
7	3	0.1577222D+04	0.9579152D+00	0.9611868D+00	0.4891650D+02
8	3	0.1575624D+04	0.9570341D+00	0.9607915D+00	0.4898438D+02
9	3	0.1567284D+04	0.9559484D+00	0.9592614D+00	0.5050405D+02
10	3	0.1564699D+04	0.9546894D+00	0.9587979D+00	0.5044868D+02
...					
41	6	0.1552832D+04	0.9788625D+00	0.9499736D+00	0.5099999D+02
42	3	0.1552683D+04	0.9798198D+00	0.9500016D+00	0.5099999D+02
43	6	0.1552533D+04	0.9799681D+00	0.9496856D+00	0.5099999D+02

44	3	0.1552393D+04	0.9809023D+00	0.9496917D+00	0.5099999D+02
45	6	0.1552244D+04	0.9810522D+00	0.9493742D+00	0.5099999D+02
46	3	0.1552104D+04	0.9819958D+00	0.9493824D+00	0.5099999D+02
47	6	0.1551957D+04	0.9821345D+00	0.9490548D+00	0.5099999D+02
48	3	0.1551816D+04	0.9830980D+00	0.9490726D+00	0.5099999D+02
49	6	0.1551673D+04	0.9832179D+00	0.9487329D+00	0.5099999D+02
50	3	0.1551529D+04	0.9842037D+00	0.9487620D+00	0.5099999D+02
51	6	0.1551390D+04	0.9843042D+00	0.9484092D+00	0.5099999D+02

Ende: Max.Anzahl Iterationsschritte erreicht, Verbesserungen: 50 Gesamt: 52

Schaetzparameter	alt	neu	Status
P(1)	0.9500000D+00	0.9843042D+00	schaetzen
P(2)	0.9500000D+00	0.9484091D+00	schaetzen
P(3)	0.4500000D+02	0.5099998D+02	schaetzen

Fehlerquadratsumme: 0.15513896D+04
Standardabweichung: 0.30298218D+01
mittl.Balance + - : 0.92440575D-01

Man sieht, dass der Parameter p(3) an seine obere Grenze anstößt. Ehe man die obere Grenze erweitert, sollte man sich den Modellausdruck und die Projektbasisdaten in der Datei [spe-fkt_std.txt](#) ansehen.

Modellausdruck: $Y = p(3) + p(1) * [X(1) - p(3)]^{p(2)}$

Projektbasisdaten:

Umrechnung Speer-alt zu Speer-neu, Herren

	2	170	0			
speeralt	0.514800D+02	0.997200D+02	0.821262D+02	0.990067D+01	170	
speerneu	0.480200D+02	0.878600D+02	0.766746D+02	0.821549D+01	170	
1.000000	0.928570	1.000000				

Man beachte den markierten Ausdruck im Modell:

p(3) darf nicht größer als die Werte der unabhängigen Variablen X (speeralt) in den Datensätzen werden, sonst entsteht ein negativer Ausdruck potenziert mit einer gebrochenen Zahl, dies führt zu einem "fatalError" und zum Programmabsturz.

Der Minimalwert in den Datensätzen von X (speeralt) ist 51,48

Das heißt die obere Grenze von X (spezial) muss kleiner 51,48 sein. Eine Veränderung dieser oberen Grenze auf den Wert 51.4 wird keine wesentliche Verbesserung bringen, wie der Verlauf der Fehlerentwicklung zeigt. Natürlich kann Modellanpassung und damit die Parameterschätzung mit einem neuen Startpunkt neu gestartet werden, zumal das Minimum noch nicht erreicht wurde. Das Verfahren hörte wegen Erreichen der maximalen Iterationsanzahl auf zu arbeiten.

Aber es scheint so zu sein, dass bei dieser Modellstruktur der Parameter $p(3)$ nach oben, also gegen seine "natürliche, modellbedingte" Grenze läuft. Die Standardabweichung verringert sich kaum, obwohl die Parameter $p(1)$ und $p(2)$ sich noch verändert haben. Das Minimum der Modellabweichung scheint sich topografisch gesehen bzgl. $p(1)$ und $p(2)$ in einem "lang gestreckten, ein wenig abfallenden Tal" zu befinden.