

Modellbildung mit Scilab/Xcos mit Beispielen aus der Biorhythmik

Karl-Heinz Witte

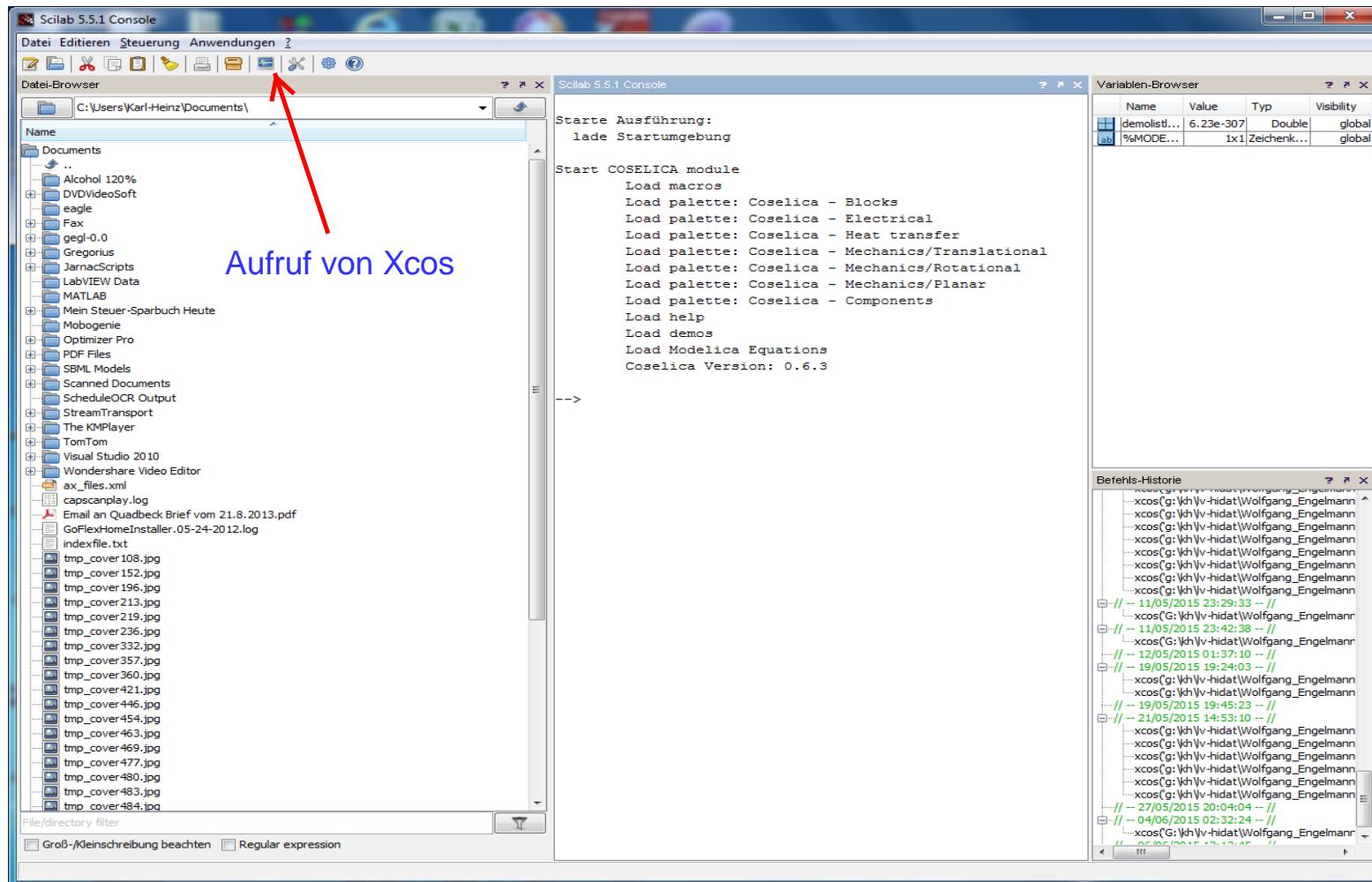
Hochschule RheinMain

Linux-Treffen in Tübingen, Tübix 2015

Vortragsgliederung

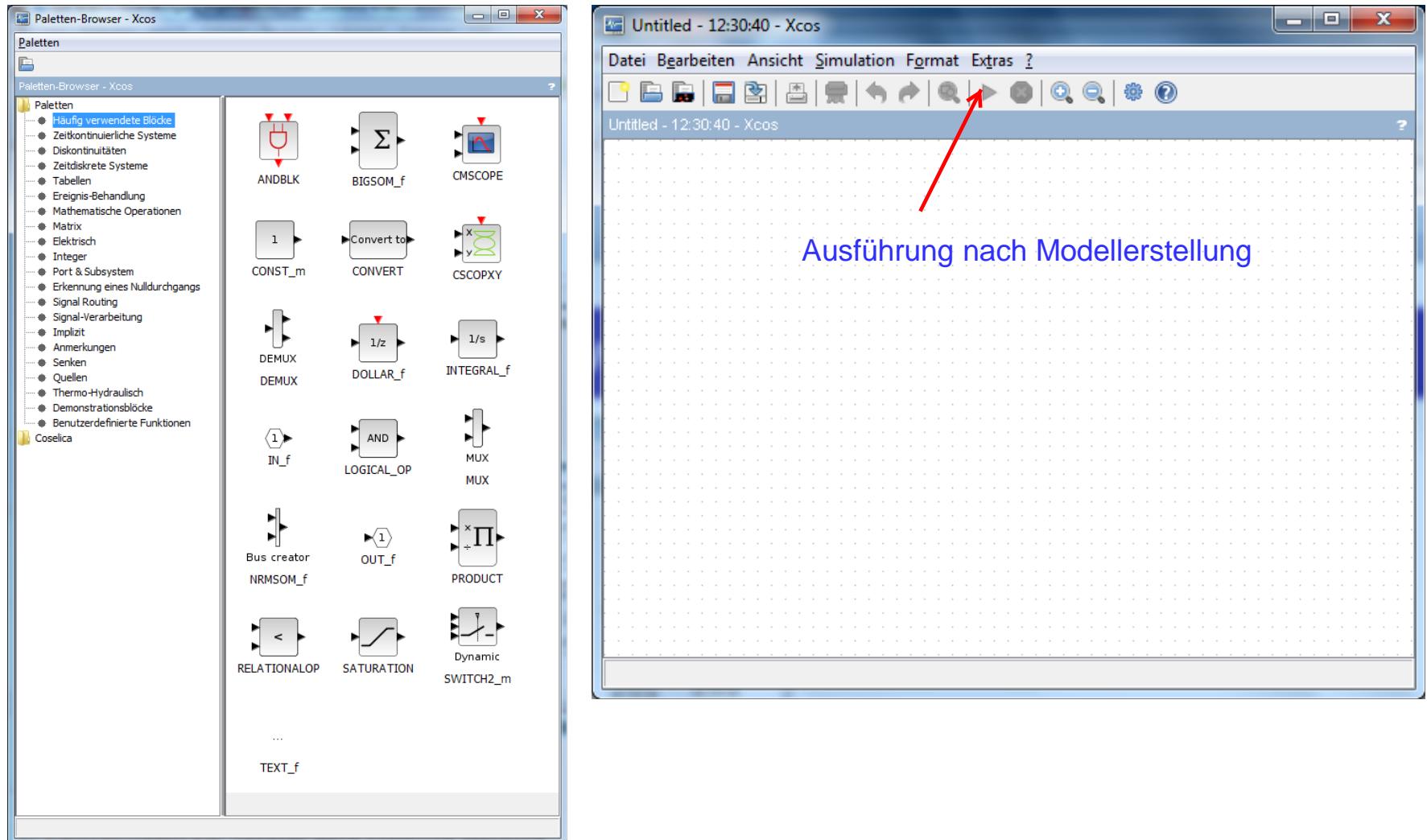
- Einführung und allgemeine Eigenschaften
- Einführendes Beispiel mit Konstruktion eines einfachen Tiefpasses mit
 - Festlegung der Simulationsparameter
 - Diagrammbearbeitung mit dem Grafikeditor
 - Ergebnisdarstellung in einem Oszilloskop
 - Ausgabeexport
- Erstellung eines Funktionsschaltbildes anhand von Differentialgleichungen beim
 - Räuber-Beute-Modell
 - Van-der-Pol-Oszillatoren
- weitere Anwendungen bei Simulationen zur Biorhythmik
 - Modell von Johnsson Karlsson zur Simulation von Kalanchoe-Blattbewegungen
 - Modell von R.D. Lewis zur Rhythmik von Langfühlerschrecken
 - Zwei unterschiedliche Realisierungen eines EKG-Oszillators von Gari D. Clifford

Modellbildung mit Scilab



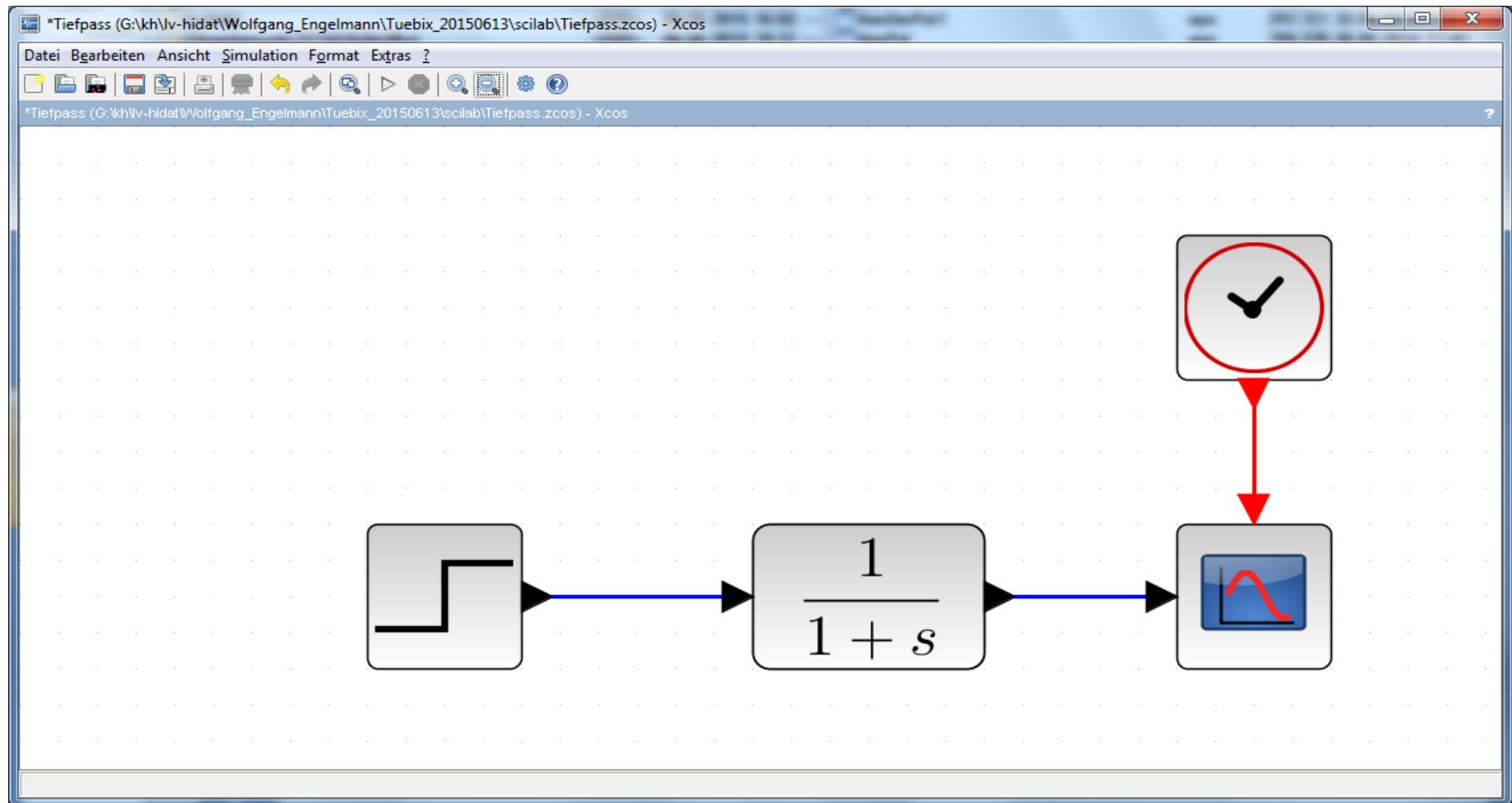
Nach Aufruf von Scilab erscheint zunächst das Startfenster mit grundlegenden Informationen

Zwei Fenster nach Xcos-Aufruf



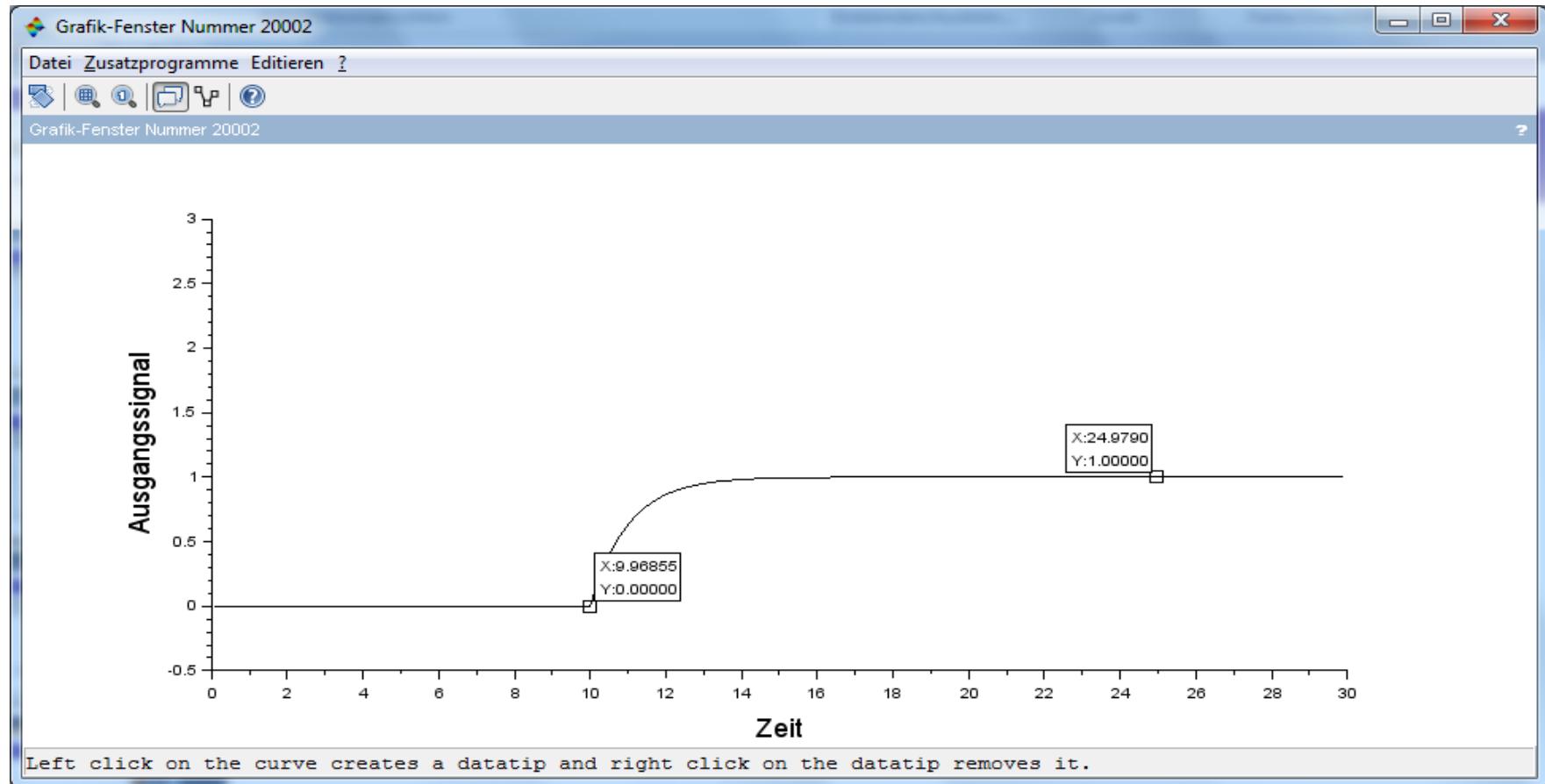
Nach dem Aufruf von Xcos können mit Hilfe der Maus einzelne Blöcke aus dem Paletten-Browser-Fenster in das leere Modellfenster "gezogen" und dann "verdrahtet" werden.

Einfacher Tiefpass(1)



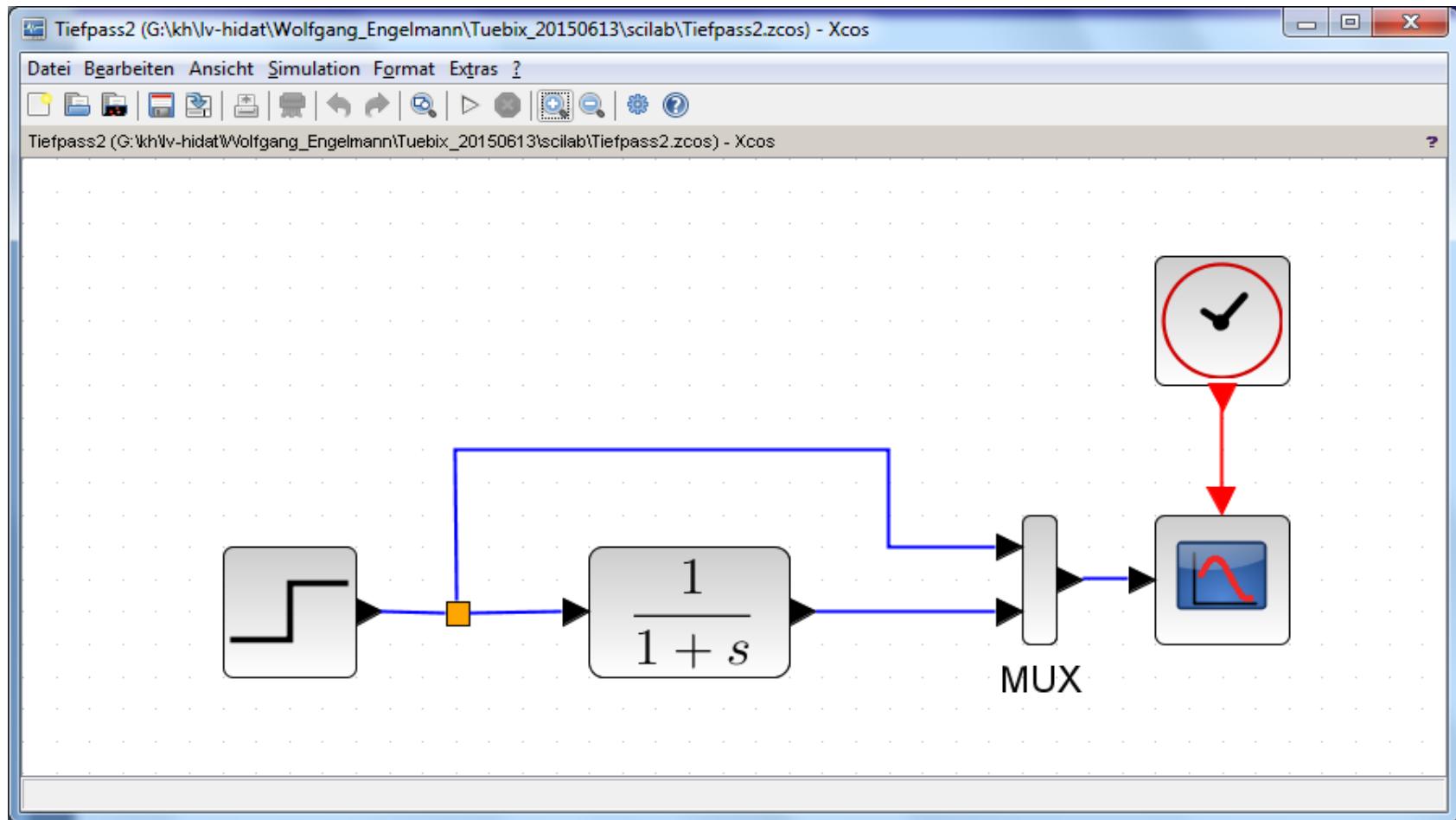
Tiefpass 1.Grades nach Butterworth, Grenzfrequenz von ca. 0.3 Hertz

Einfacher Tiefpass(2)



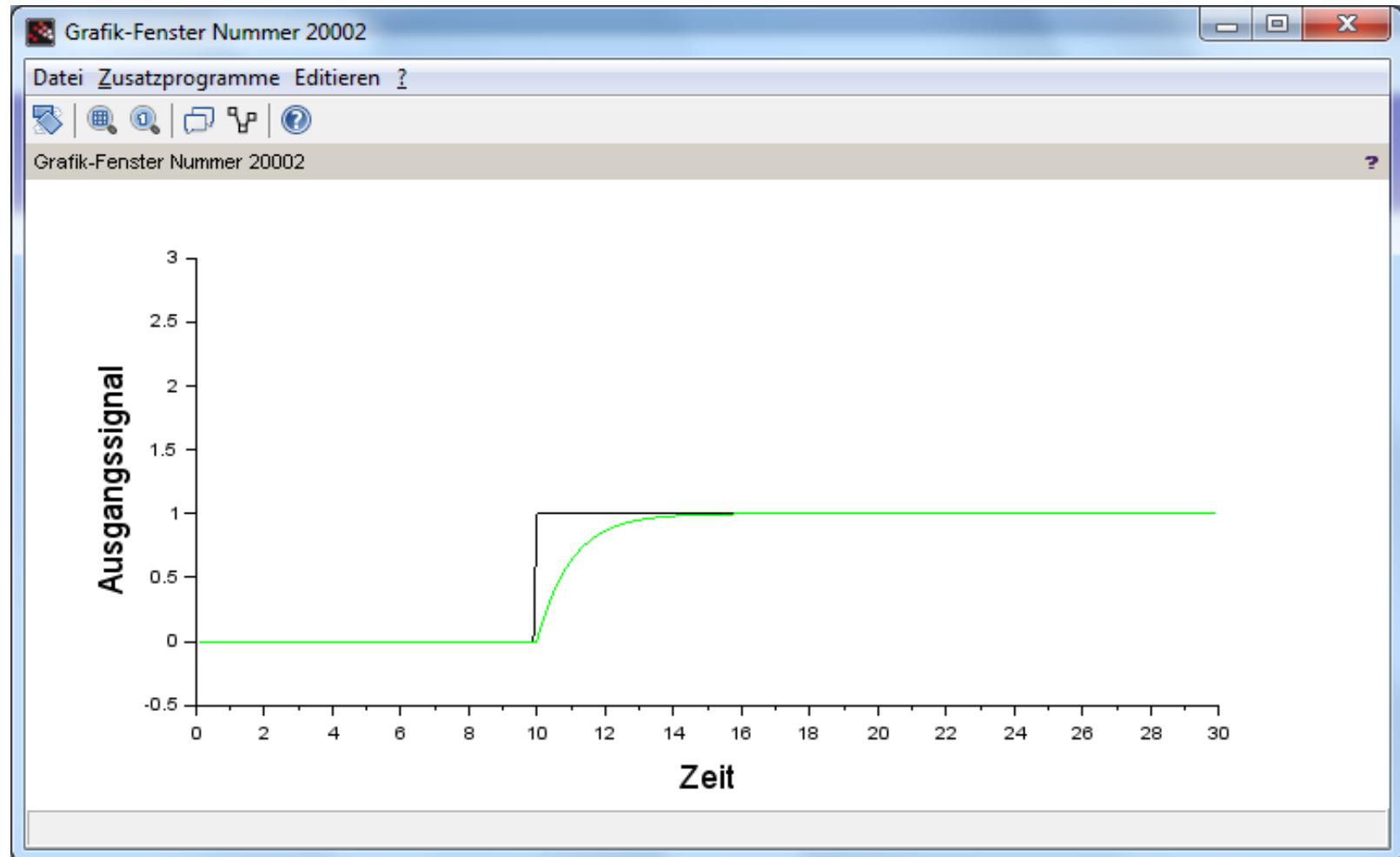
Sprungantwort des Tiefpasses 1.Grades nach Butterworth, Grenzfrequenz von ca. 0.3 Hertz

Einfacher Tiefpass(3)



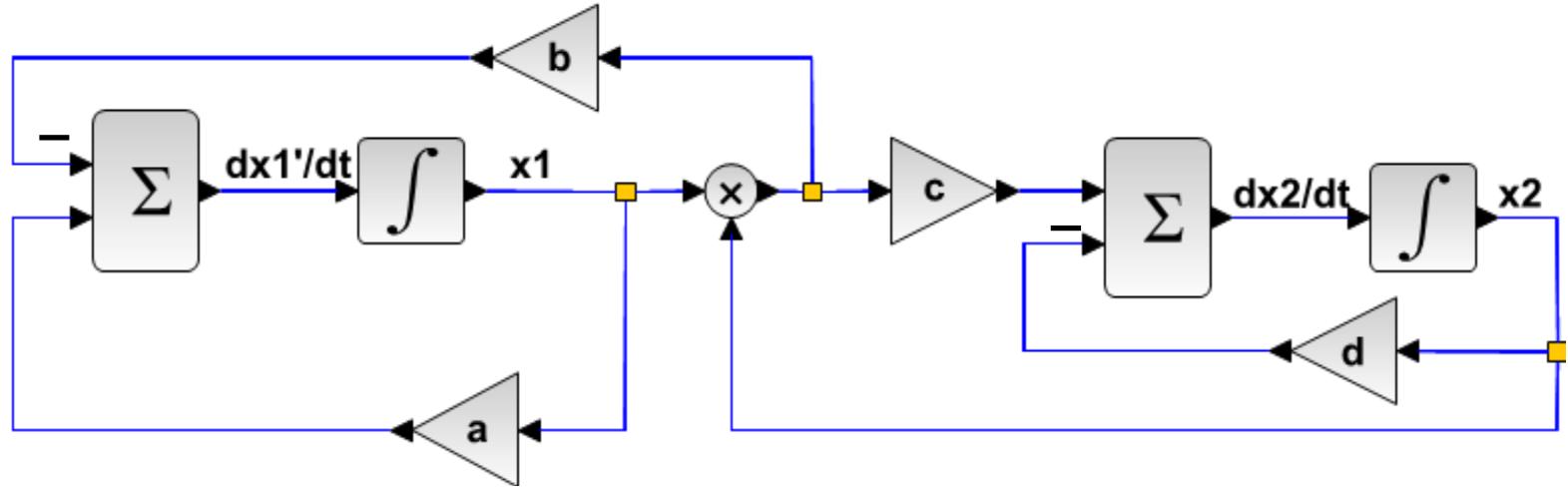
Tiefpass 1.Grades nach Butterworth, Grenzfrequenz von ca. 0.3 Hertz
mit gleichzeitigem Eingangssignalsprung in **einem** Oszilloskop-Fenster

Einfacher Tiefpass(4)



Sprungantwort des Tiefpasses 1.Grades nach Butterworth, Grenzfrequenz von ca. 0.3 Hertz mit gleichzeitigem Eingangssignalsprung in **einem** Oszilloskop-Fenster

Räuber-Beute-Modell(1)



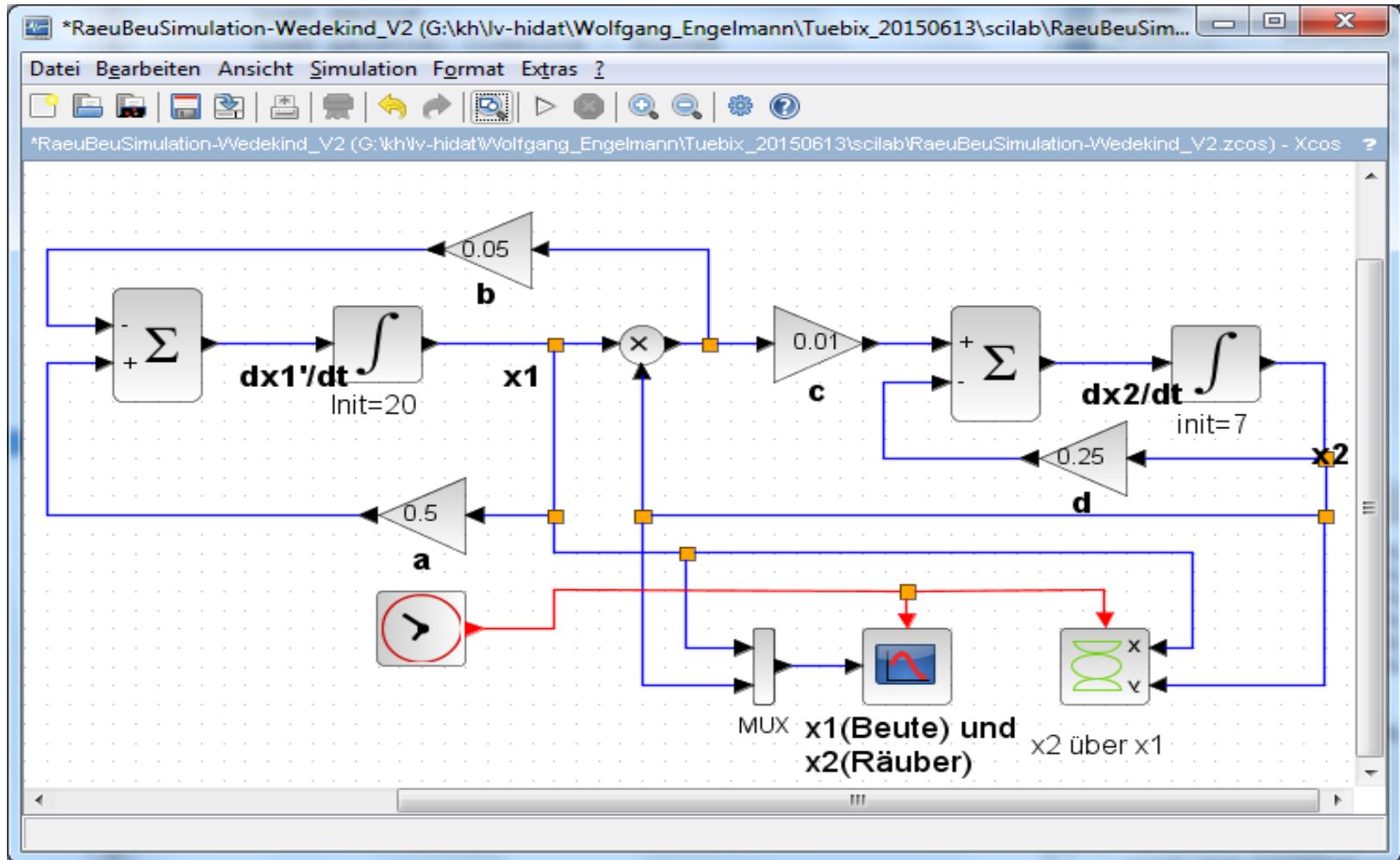
$$\frac{dx_1}{dt} = a \cdot x_1 - b \cdot x_1 \cdot x_2, \quad \frac{dx_2}{dt} = c \cdot x_1 \cdot x_2 - d \cdot x_2$$

X1: Beute
X2: Räuber

a: Vermehrungsrate der Beute
c: Geburtsrate der Räuber

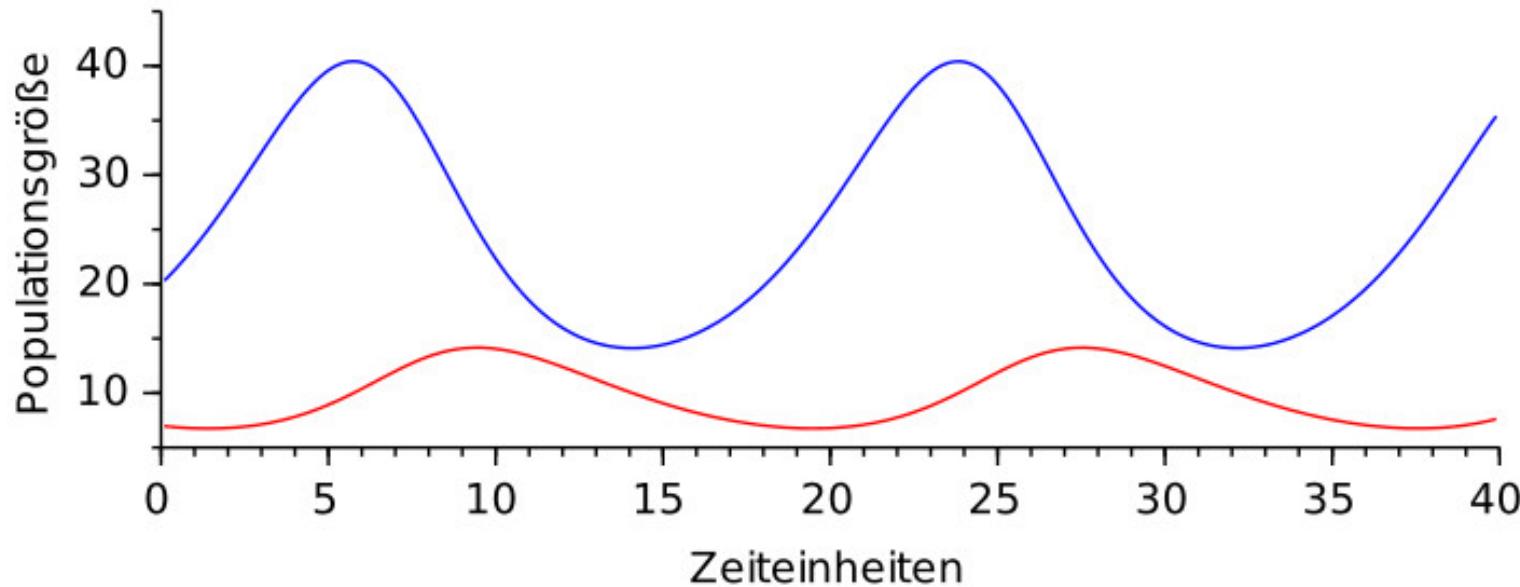
b: Reißrate der Beute
d: Todesrate der Räuber

Räuber-Beute-Modell(2)



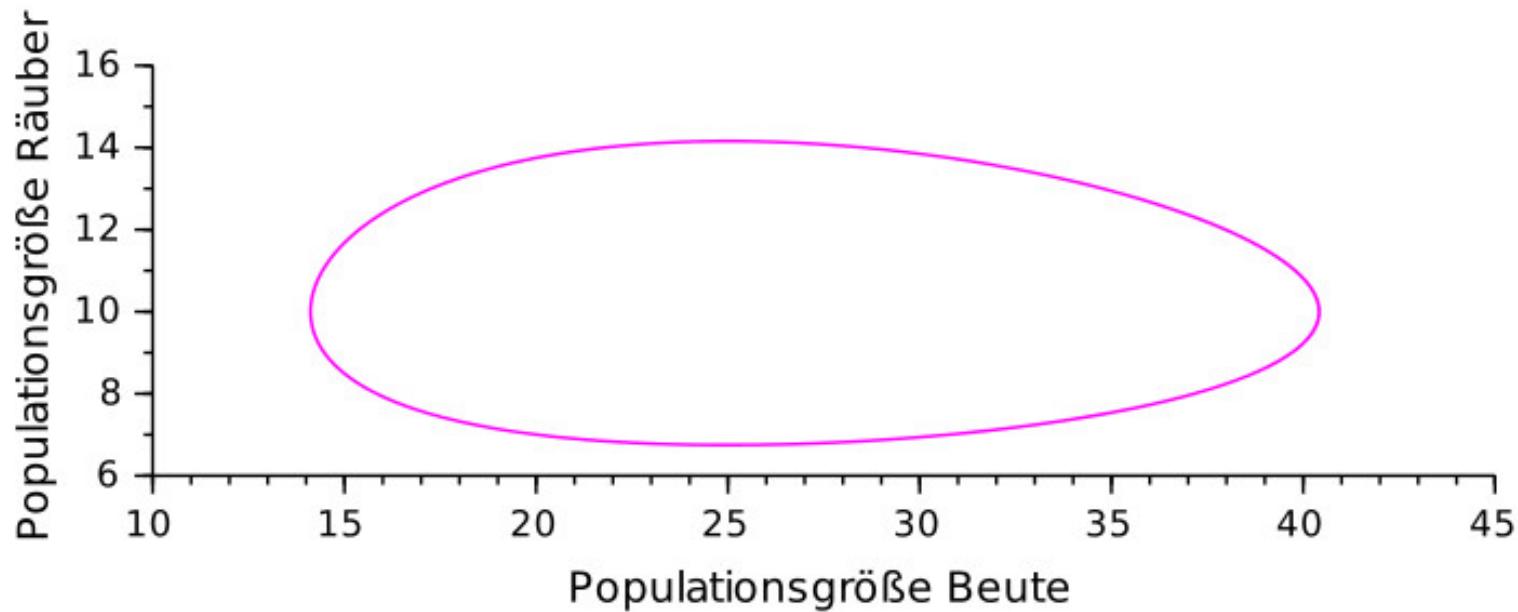
Räuber-Beute-Modell mit Scilab/Xcos

Räuber-Beute-Modell(3)



Änderungen der Populationsgrößen von Beute (blau) und Räuber (rot)

Räuber-Beute-Modell(4)



Räuberpopulation (rot) als Funktion der Beutepopulation(blau) im Phasendiagramm

Netzwerksynthese aus Differentialgleichungen(1)

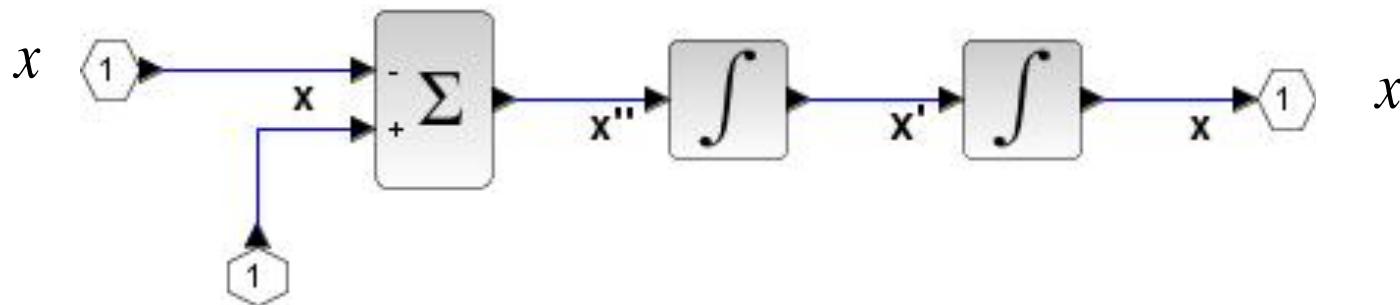
Z.B. van der Pol'scher Oszillator mit der Differentialgleichung (DGL):

$$x'' + \varepsilon \cdot (x^2 - 1)x' + x = 0$$

1. Schritt: DGL nach der höchsten Ableitung auflösen, d.h.:

$$x'' = -\varepsilon \cdot (x^2 - 1)x' - x$$

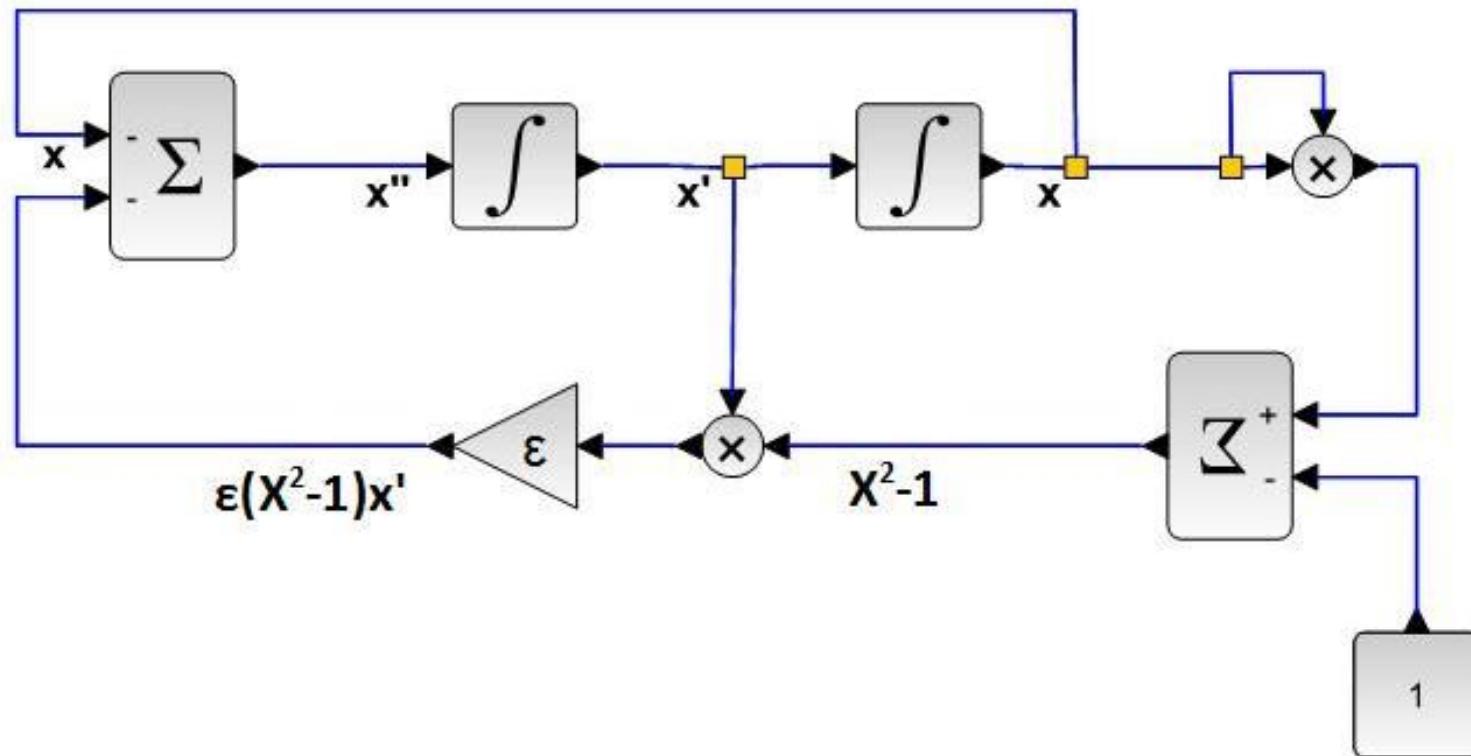
2. Schritt: linke Seite durch Integratoren darstellen
rechte Seite durch Addierer und Subtrahierer



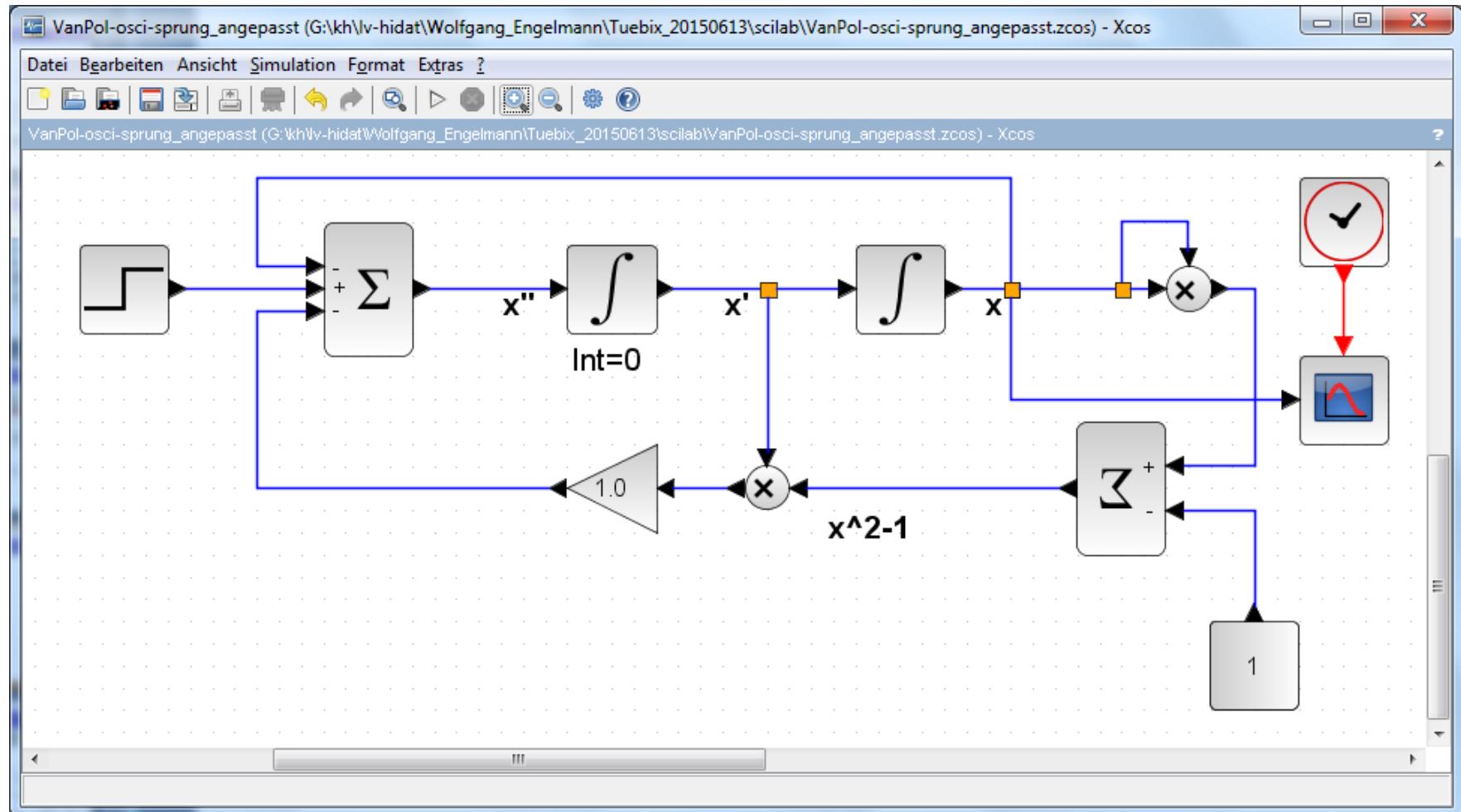
$$-\varepsilon \cdot (x^2 - 1)x' - x$$

Netzwerksynthese aus Differentialgleichungen(2)

3. Schritt: Eingangs-Signale des Addierers aus den System-Signalen x und deren Ableitungen mit Hilfe weiterer Funktionsblöcke (keine Integratoren) erzeugen

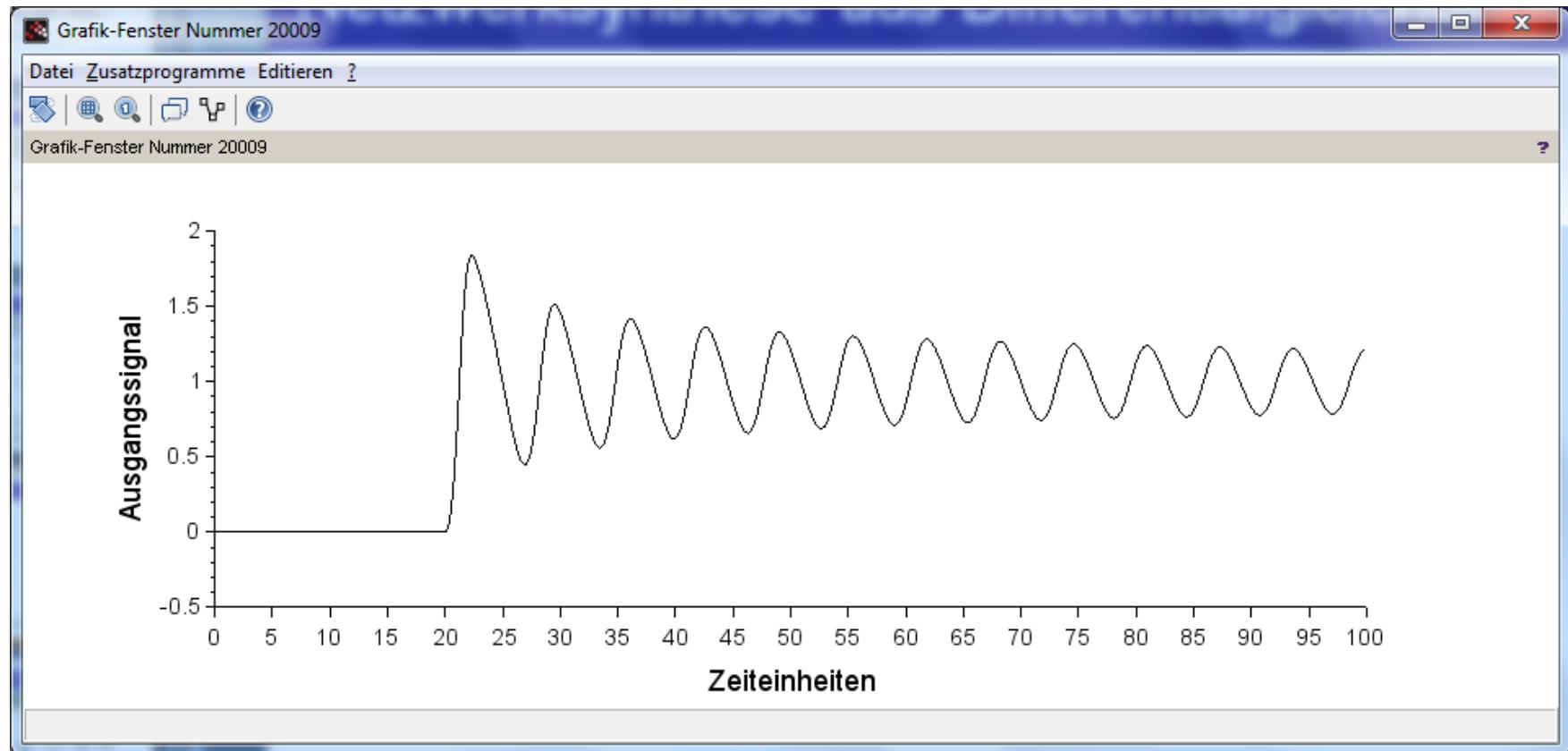


Netzwerksynthese aus Differentialgleichungen(3)



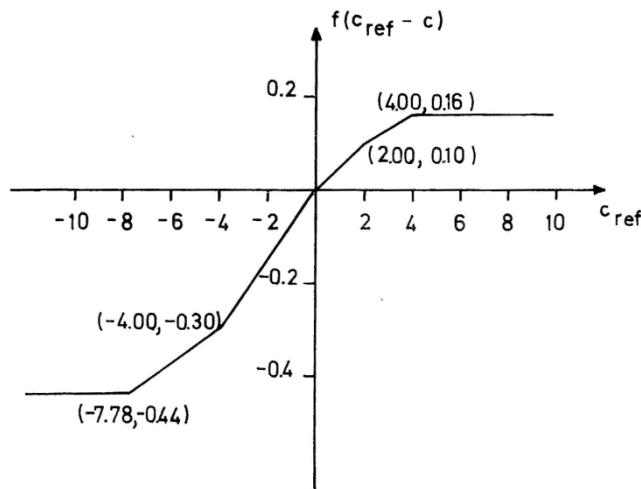
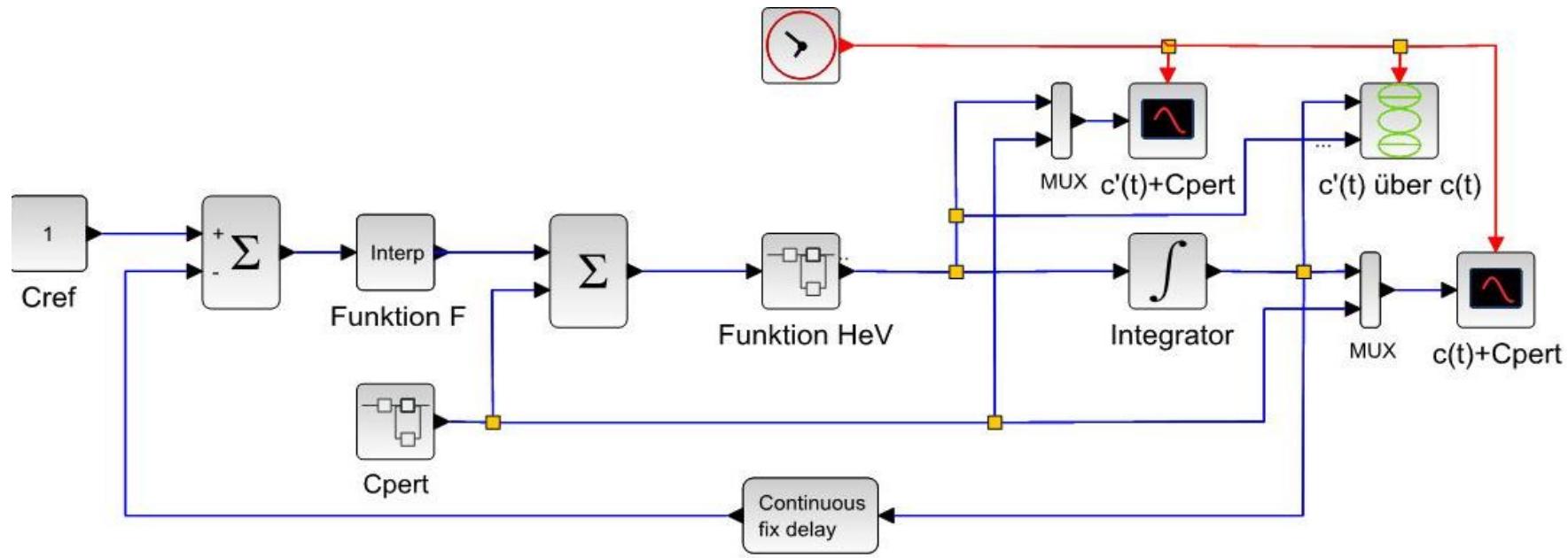
Simulation des Van Der Pol Oszillatior mit Scilab/Xcos

Netzwerksynthese aus Differentialgleichungen(4)

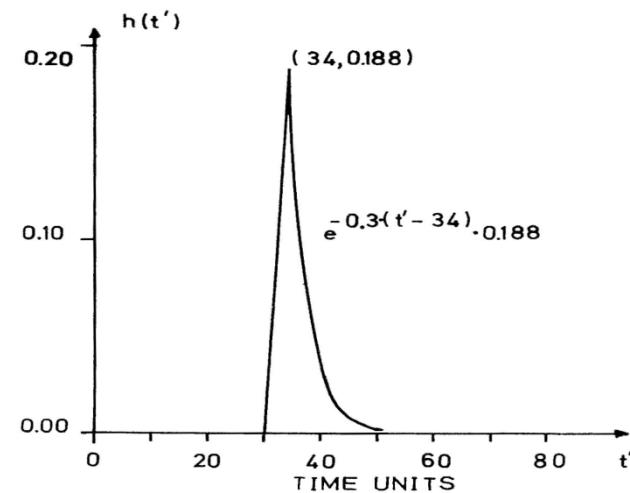


Simulation des Van Der Pol Oszillators mit Scilab/Xcos

Rückkopplungsmodell nach Johnsson/Karlsson für Kalanchoe-Blütenblattbewegungen von W. Engelmann

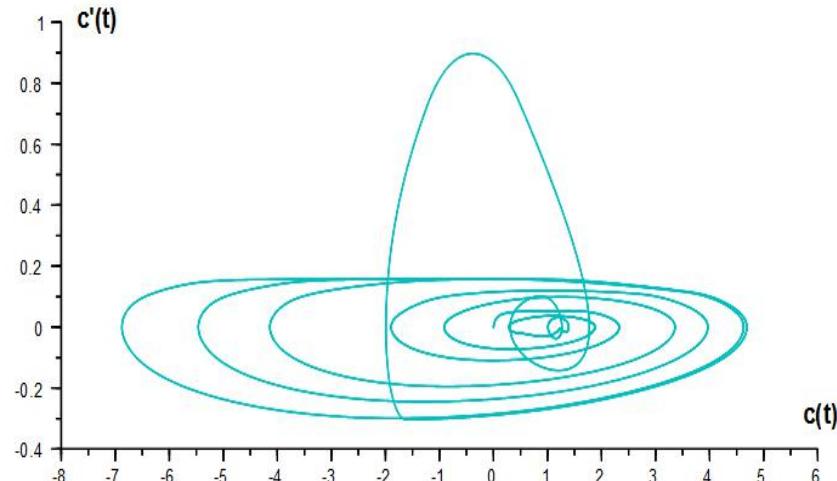
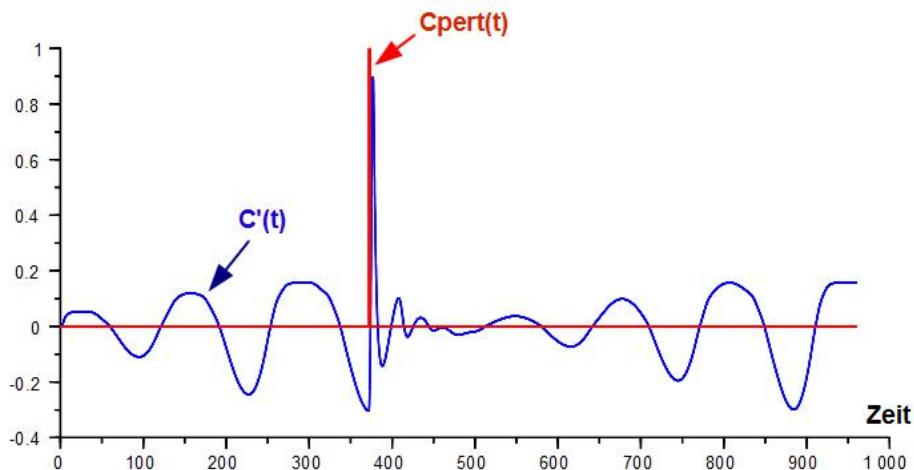
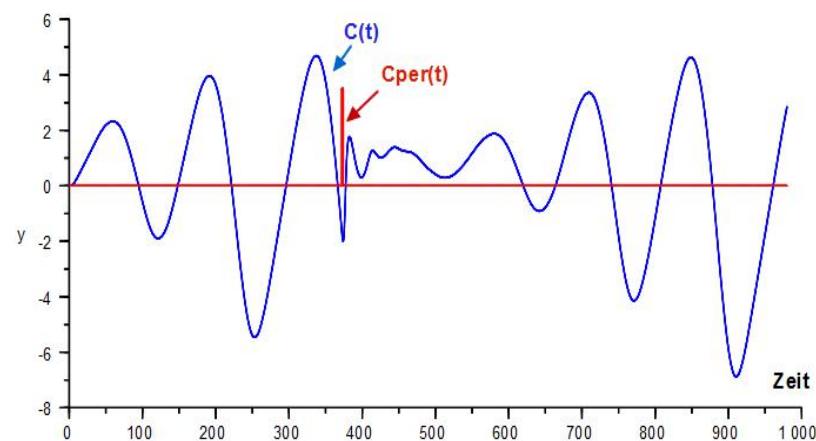


Verzögerung



Rückkopplungsmodell nach Johnsson/Karlsson

Beispiel für Simulationsergebnisse

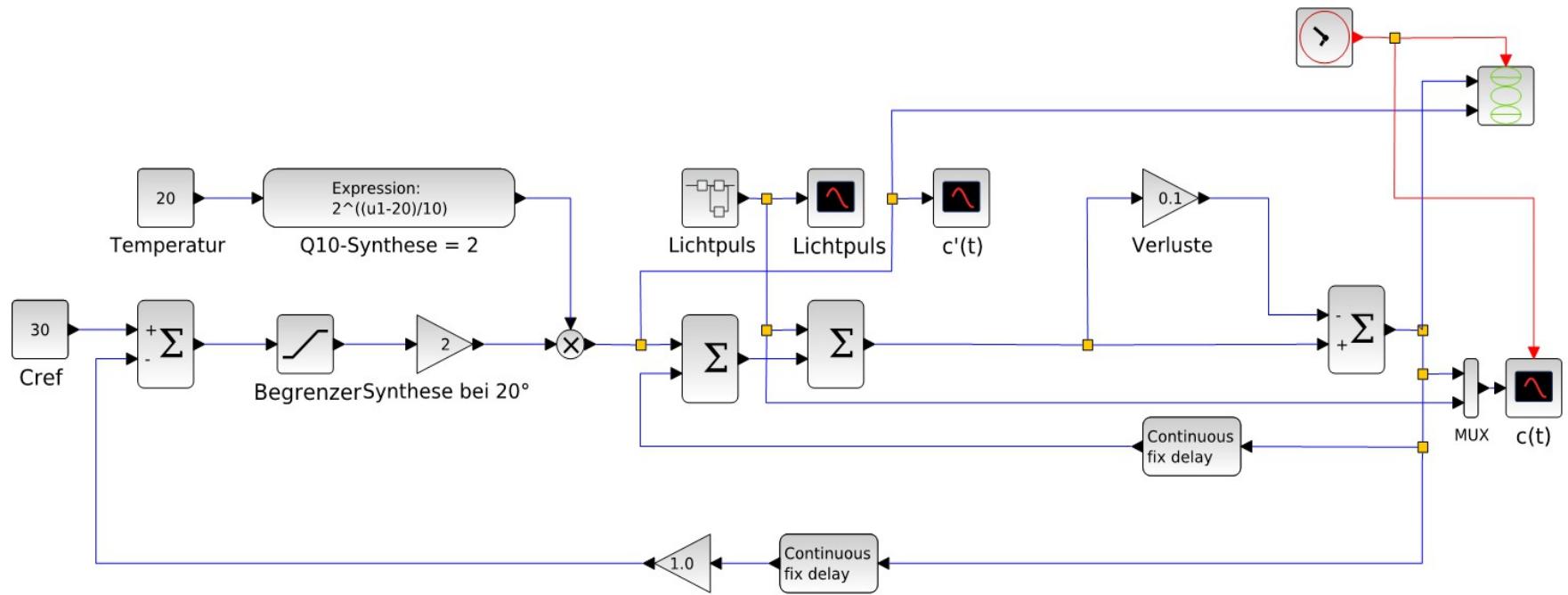


Parameter:

- Störimpuls nach 372 Zeiteinheiten mit 3,5 Amplitudeneinheiten
- Verzögerung von 30 Zeiteinheiten
- Periodendauer ca. 140 Zeiteinheiten

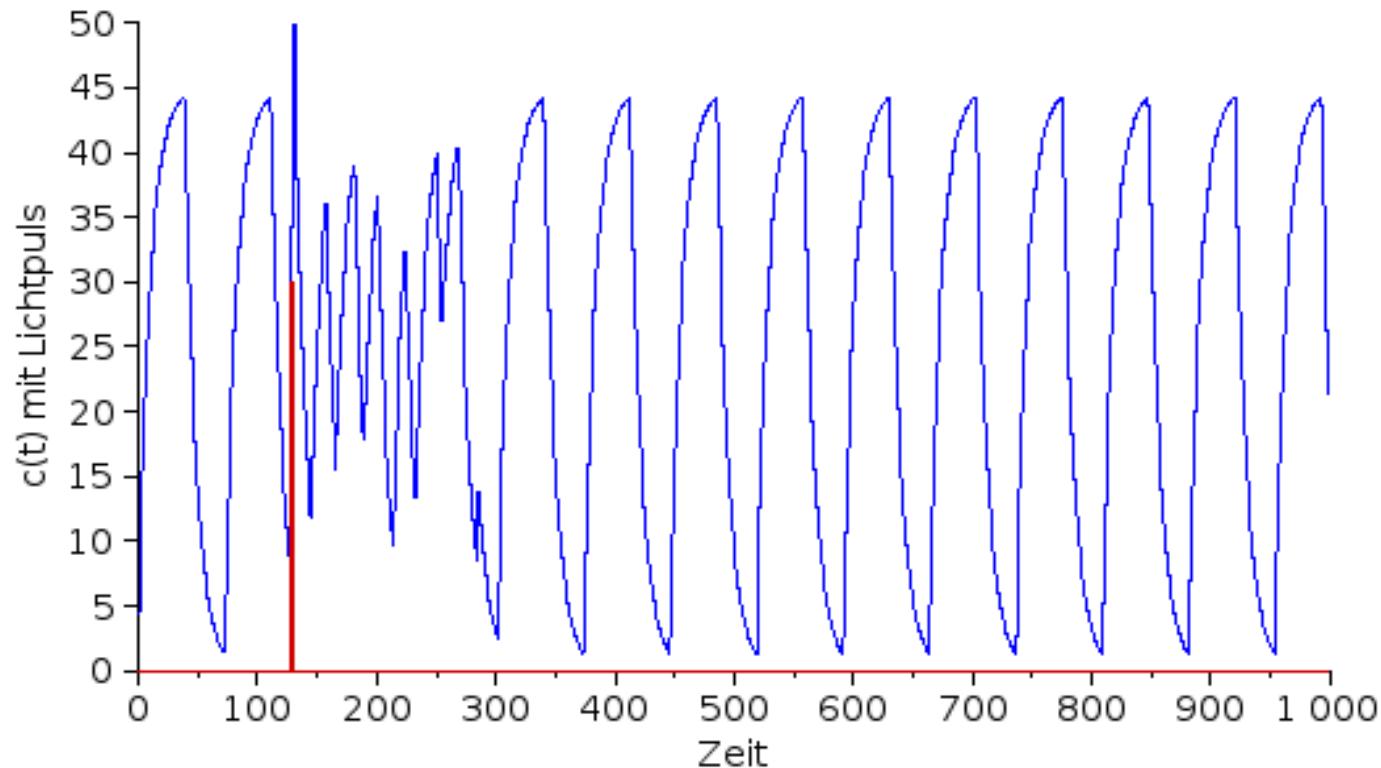
Rückkopplungsmodell von R.D. Lewis

Aktivität bei Langfühlerschrecken



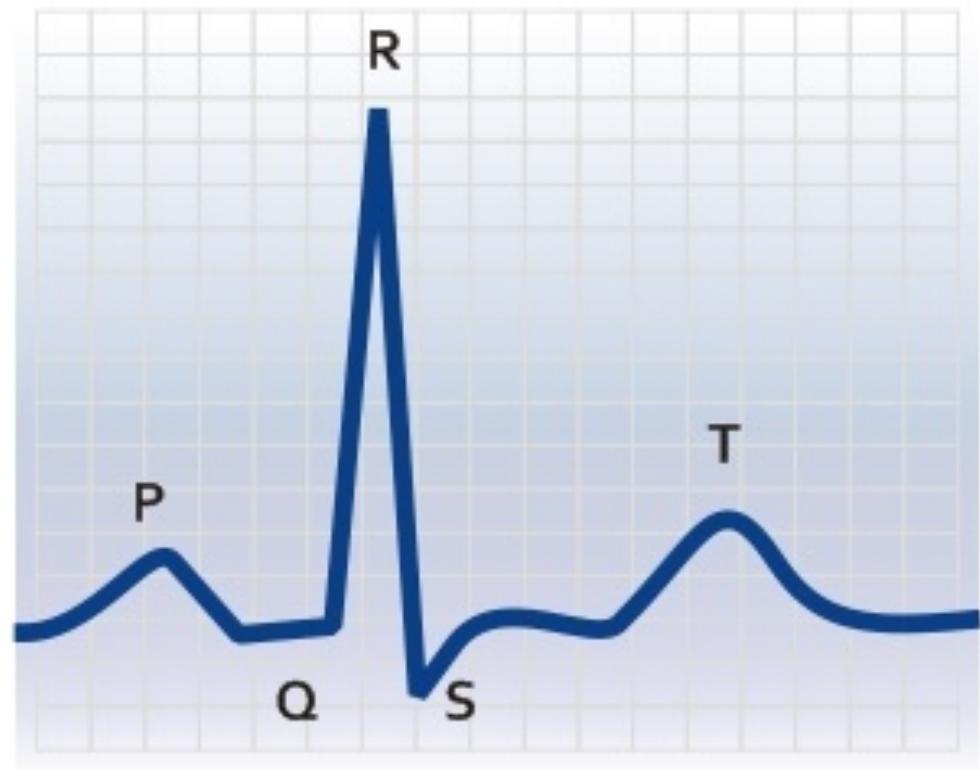
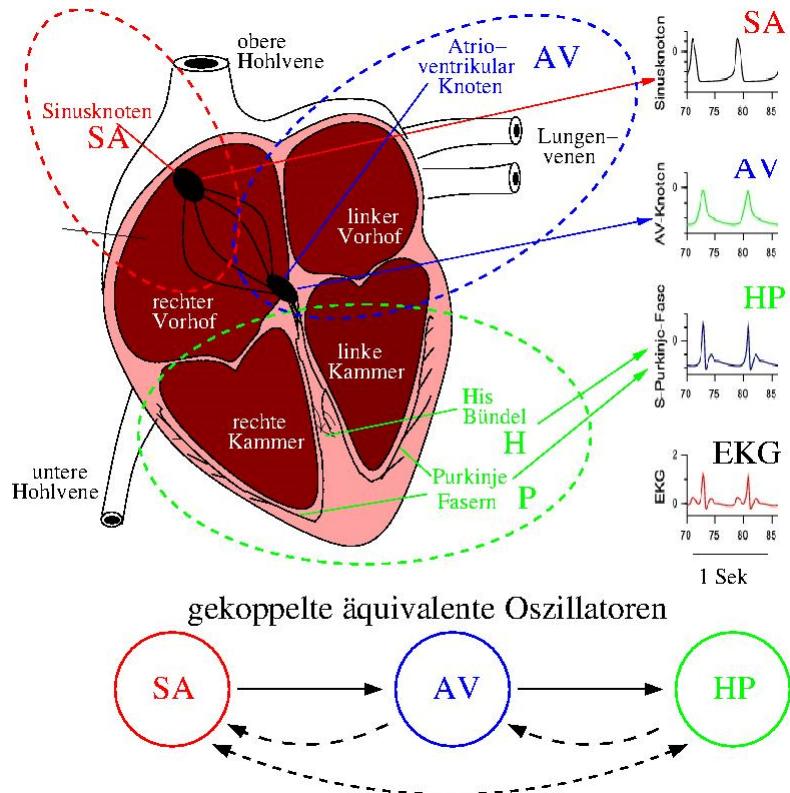
Rückkopplungsmodell von R.D. Lewis

Simulationsbeispiel, Rhythmusstörung



Nach 128 Zeiteinheiten wird ein Impuls mit einer Breite von 2 Zeiteinheiten und einer Höhe von 30 auf den Oszillator gegeben, der die Schwingung kurzfristig chaotisch werden lässt (Rhythmusstörungen)

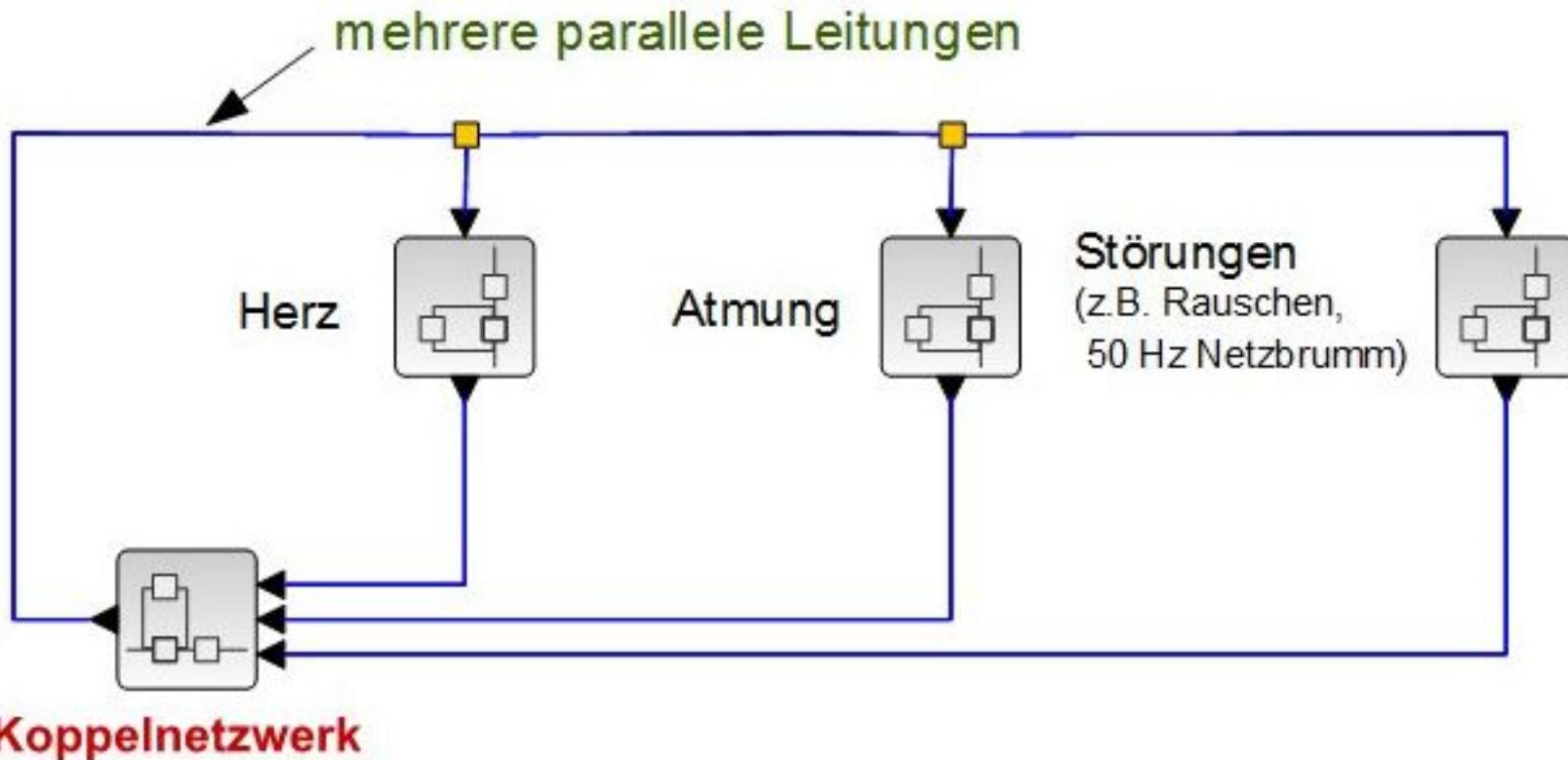
EKG-Oszillatoren-Übersicht



Anatomie des menschlichen
Herzens mit Erregungsknoten
(aus Engelmann/Witte 2015)

Ein Pulsschlag im EKG mit Kennzeichnung
charakteristischer Anteile der Erregungsquellen
(P-, Q-, S- und T-Welle)
(aus www.dr-mirto-gross.de/leistungen/elektrokardiogramm-ekg/)

EKG-Oszillator-Übersicht nach Gari D. Clifford



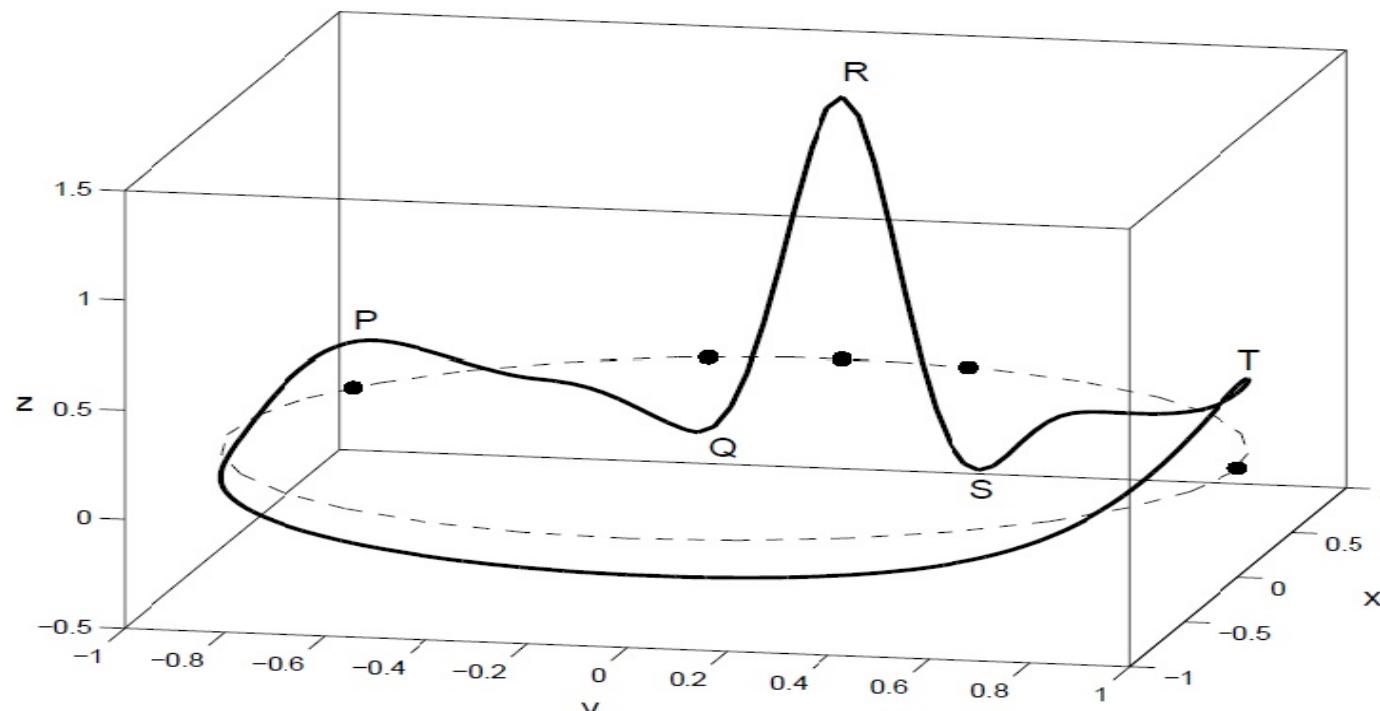
Eigenschaften:

- Herz und Atmung sind **zwei Oszillatoren**, die das EKG-Signal erzeugen
- **äußere Störungen** entstehen z.B. durch Rauschen, 50 Hz-Netzbrummspannungen
- **innere Störungen** z.B. bei Änderung des Hautwiderstandes durch Bewegung des Patienten

EKG-Oszillator Teil-Herz nach Gari D. Clifford

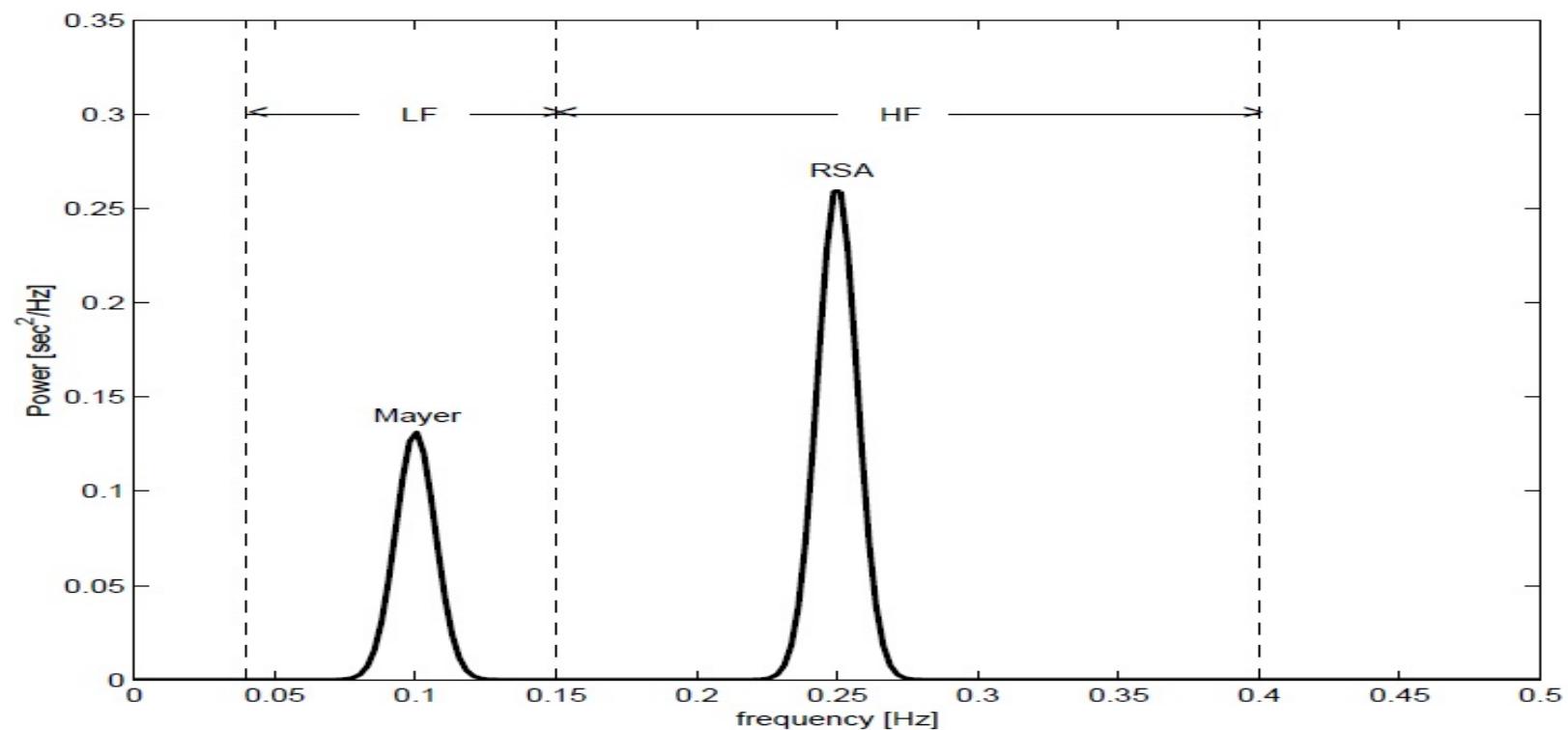
$$\begin{aligned}\dot{x} &= \alpha x - \omega y, \\ \dot{y} &= \alpha y + \omega x, \\ \dot{z} &= - \sum_{i \in \{P, Q, R, S, T\}} a_i \Delta \theta_i \exp(-\Delta \theta_i^2 / 2b_i^2) - (z - z_0),\end{aligned}$$

$$\alpha = 1 - \sqrt{x^2 + y^2}, \Delta \theta_i = (\theta - \theta_i) \bmod 2\pi, \theta = \text{atan2}(y, x)$$



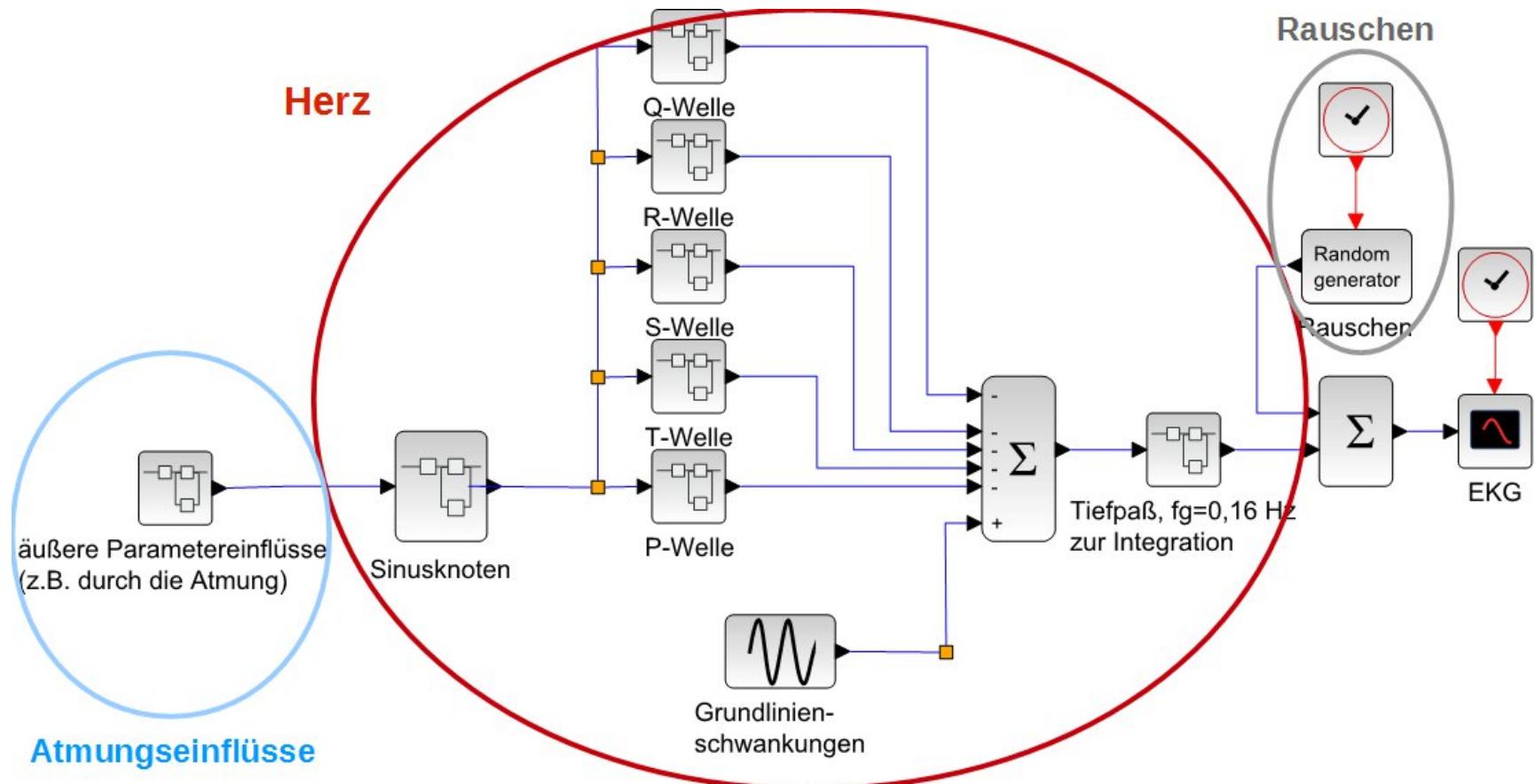
EKG-Oszillator Teil-Atmung nach Gari D. Clifford

$$S(f) = \frac{\sigma_1^2}{\sqrt{2\pi c_1^2}} \exp\left(\frac{(f - f_1)^2}{2c_1^2}\right) + \frac{\sigma_2^2}{\sqrt{2\pi c_2^2}} \exp\left(\frac{(f - f_2)^2}{2c_2^2}\right)$$



EKG-Oszillator nach Gari D.Clifford

Schaltung mit Superblöcke

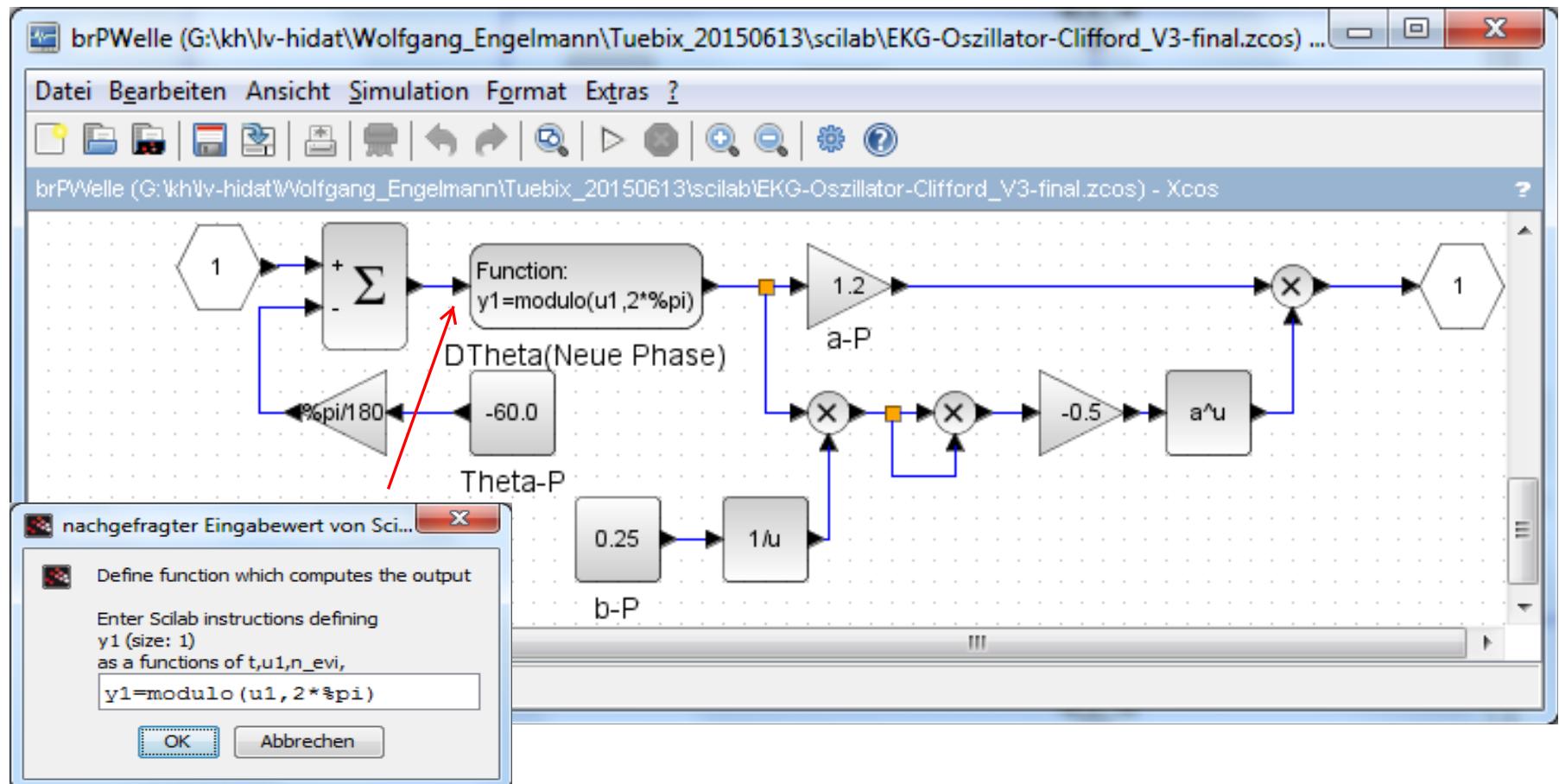


Eigenschaften:

- Beim Herz-Oszillatior ist die Grundlinienschwankung integriert
- Durch die Atmung wird der Pulsschlag variiert.
- Störungen nur durch Rauscheinflüsse.

EKG-Oszillatör nach Gari D.Clifford

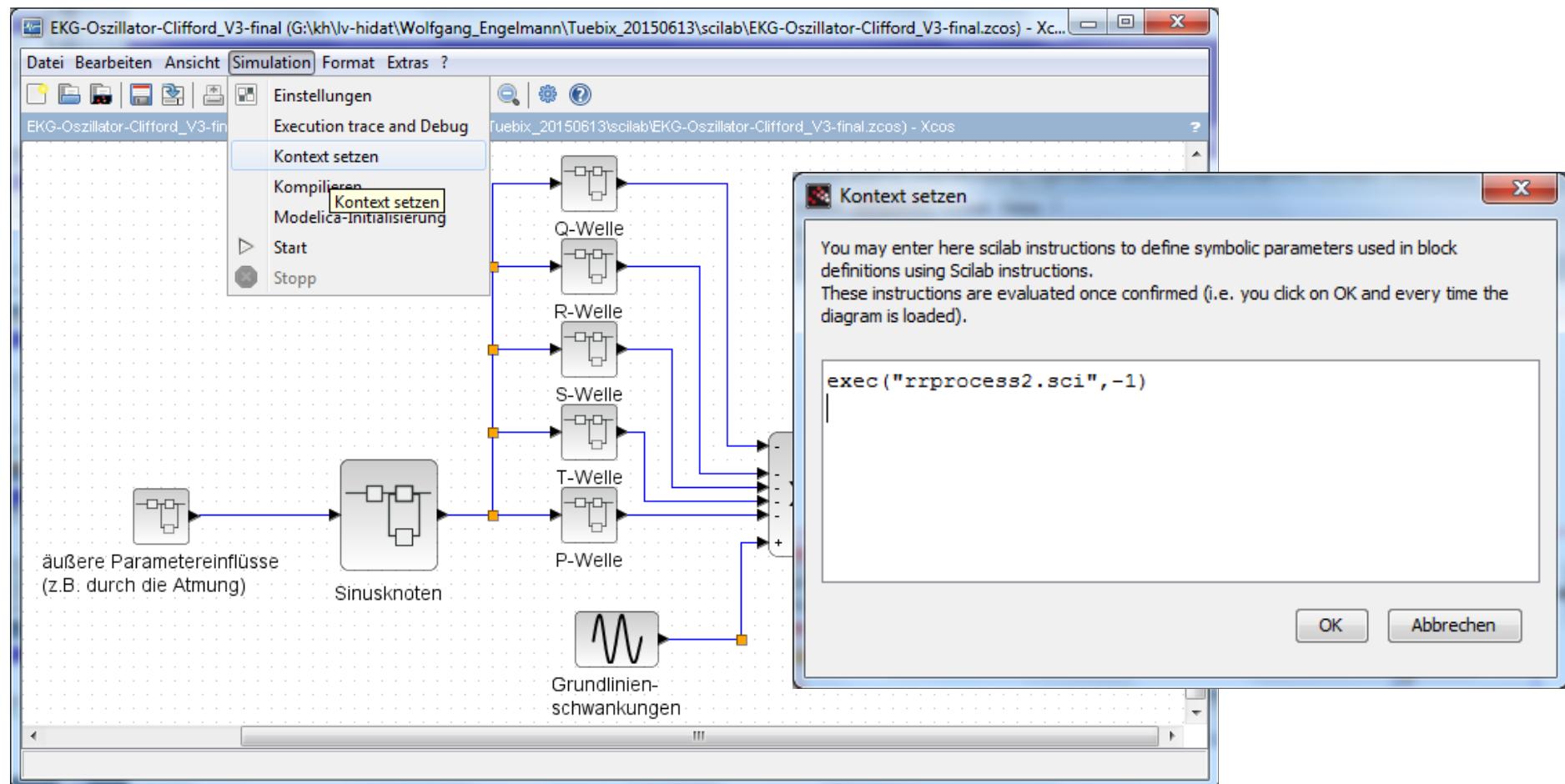
Inhalt des Superblocks P-Welle



Durch Links-Anklicken öffnet sich ein Eingabefenster, in dem die gewünschte Funktion eingetragen wird.

EKG-Oszillatör nach Gari D.Clifford

Schaltung mit Superblöcken, Parameter-Vorberechnung(1)



Durch den Menüpunkt **Kontext setzen** lassen sich Parameter vor der eigentlichen Simulation mit einem Scilab-Programm berechnen (Datei „**rrprocess2.sci**“)

EKG-Oszillator nach Gari D.Clifford

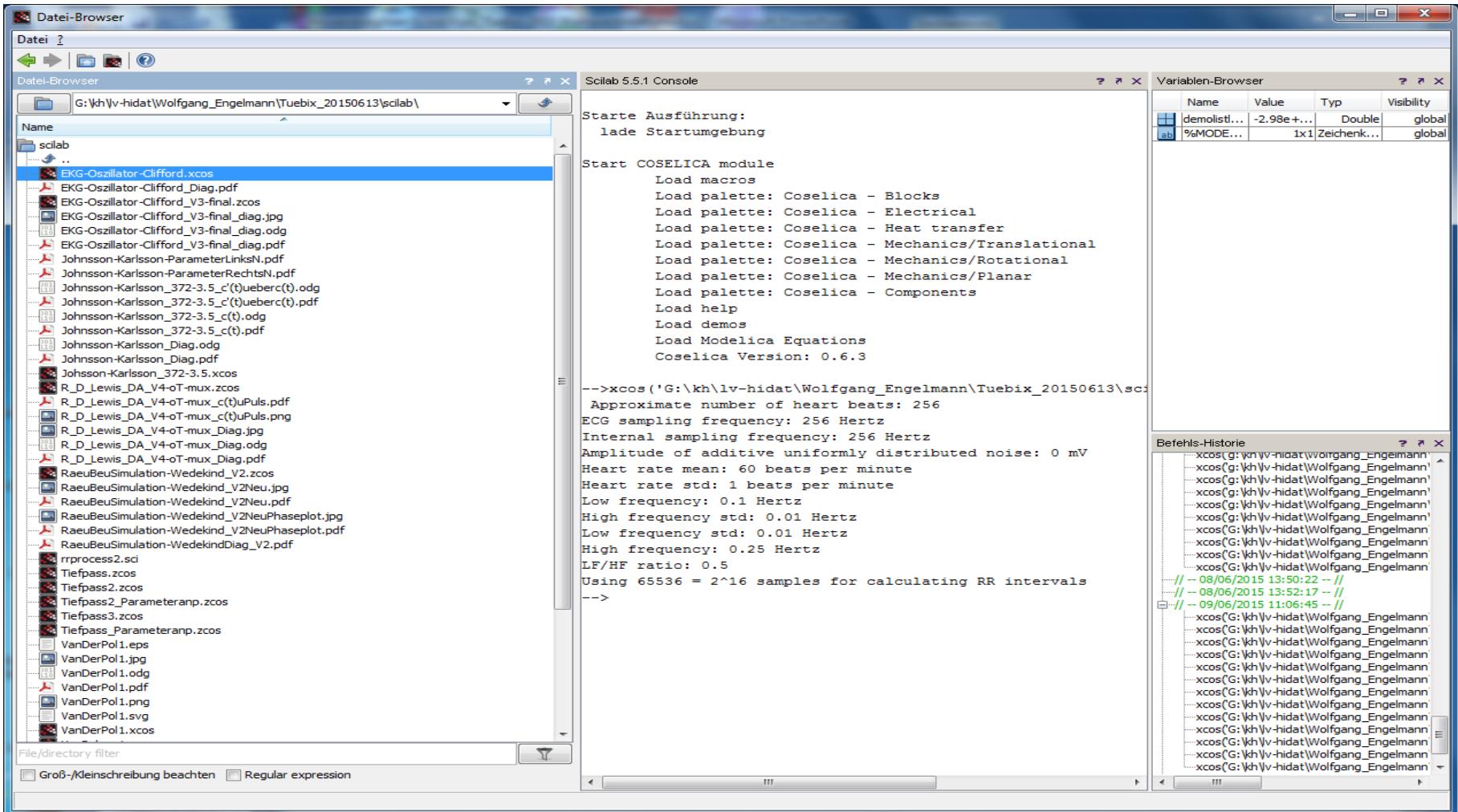
Schaltung mit Superblöcken, Parameter-Vorberechnung(3)

```
Lister - [g:\kh\lv-hidat\Wolfgang_Engelmann\Tuebix_20150613\scilab\rrprocess2.sci] Datei Bearbeiten Optionen Codierung Hilfe // 23 Sep 2005 "rrprocess.sci"  
// Author: R. Nikoukhah (INRIA)  
// This program is free software; you can redistribute it and/or modify  
// it under the terms of the GNU General Public License as published by  
// the Free Software Foundation; either version 2 of the License, or  
// (at your option) any later version.  
//  
// This program is distributed in the hope that it will be useful,  
// but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of  
// MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the  
// GNU General Public License for more details.  
//  
// This program is based on the C code "ecgsyn.c" copyrighted in  
// 2003 by Patrick McSharry & Gari Clifford and the scientific article:  
// IEEE Transactions On Biomedical Engineering, 50(3),289-294, March 2003.  
// The original and realted codes are freely available from Physionet -  
// http://www.physionet.org/ - please report any bugs to the authors above.  
  
Function rr=rrprocess(flo,fhi,flostd,fhistd,fhfratio,hrmean,hrstd,sf,n)  
    w1 = 2.0*PI*flo;  
    w2 = 2.0*PI*fhi;  
    c1 = 2.0*PI*flostd;  
    c2 = 2.0*PI*fhistd;  
    sig2 = 1.0;  
    sig1 = 1fhfratio;  
    rrmean = 60.0/hrmean;  
    rrstd = 60.0*hrstd/(hrmean*hrmean);  
  
    df = sf/n;  
    i=1:n;w = (i-1)*2.0*PI*df;  
    dw1 = w-w1;dw2 = w-w2;  
    Hw = sig1*exp(-dw1.*dw1/(2.0*c1*c1))/sqrt(2*PI*c1*c1)..  
        + sig2*exp(-dw2.*dw2/(2.0*c2*c2))/sqrt(2*PI*c2*c2);  
  
    i=1:n/2  
    Sw(i) = (sf/2.0)*sqrt(Hw(i));  
    i=n/2+1:n  
    Sw(i) = (sf/2.0)*sqrt(Hw(n-i+1));
```

Anfang des
Programmlistings in
der Datei
„rrprocess2.sci“

EKG-Oszillatoren nach Gari D.Clifford

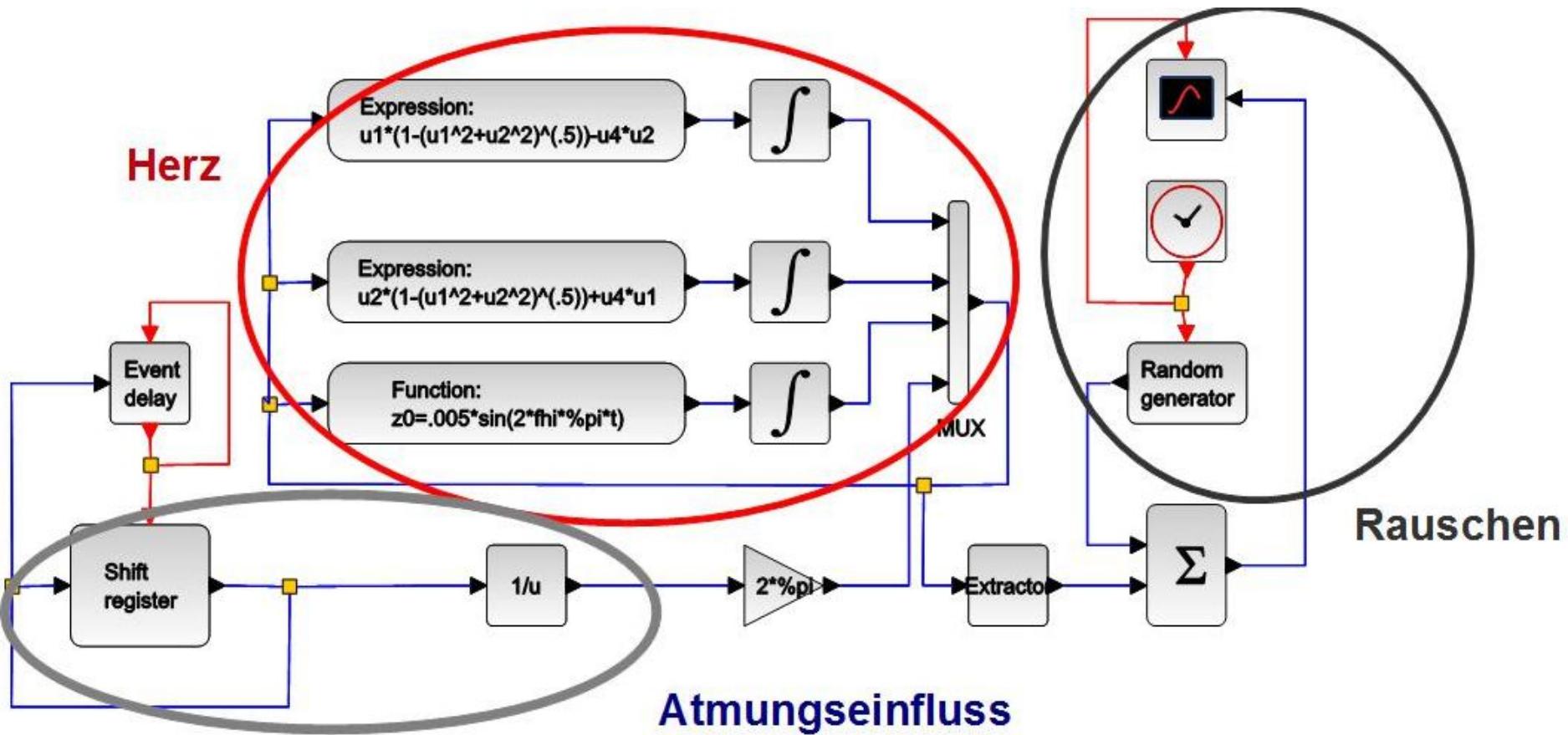
Schaltung mit Superblöcken, Parameter-Vorberechnung(2)



Einige berechnete Parameter werden im Scilab-Hauptfenster ausgegeben.

EKG-Oszillotor nach Gari D.Clifford

Schaltung mit Formel- und Funktionsblöcken

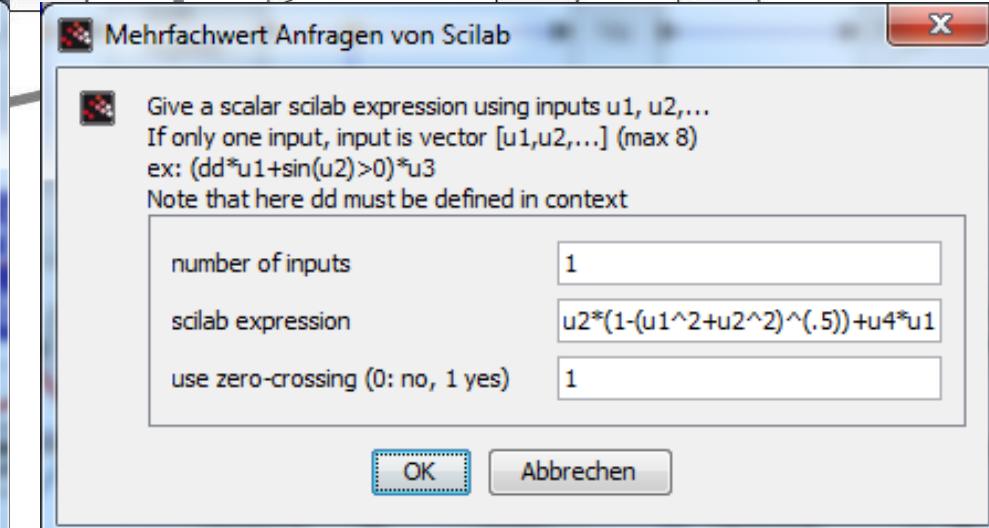
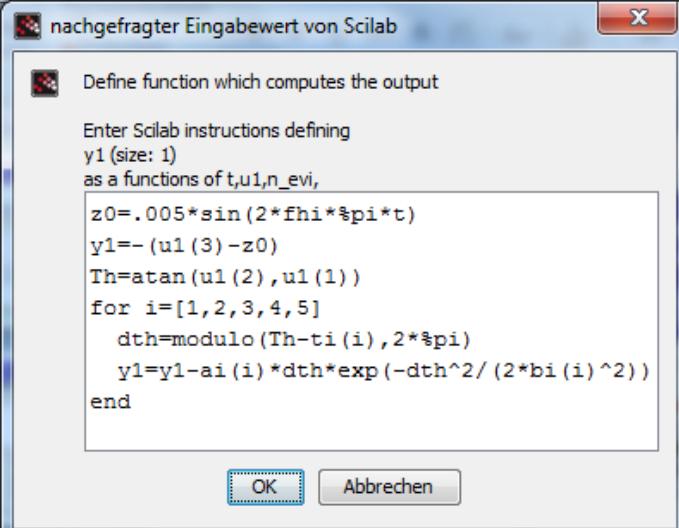
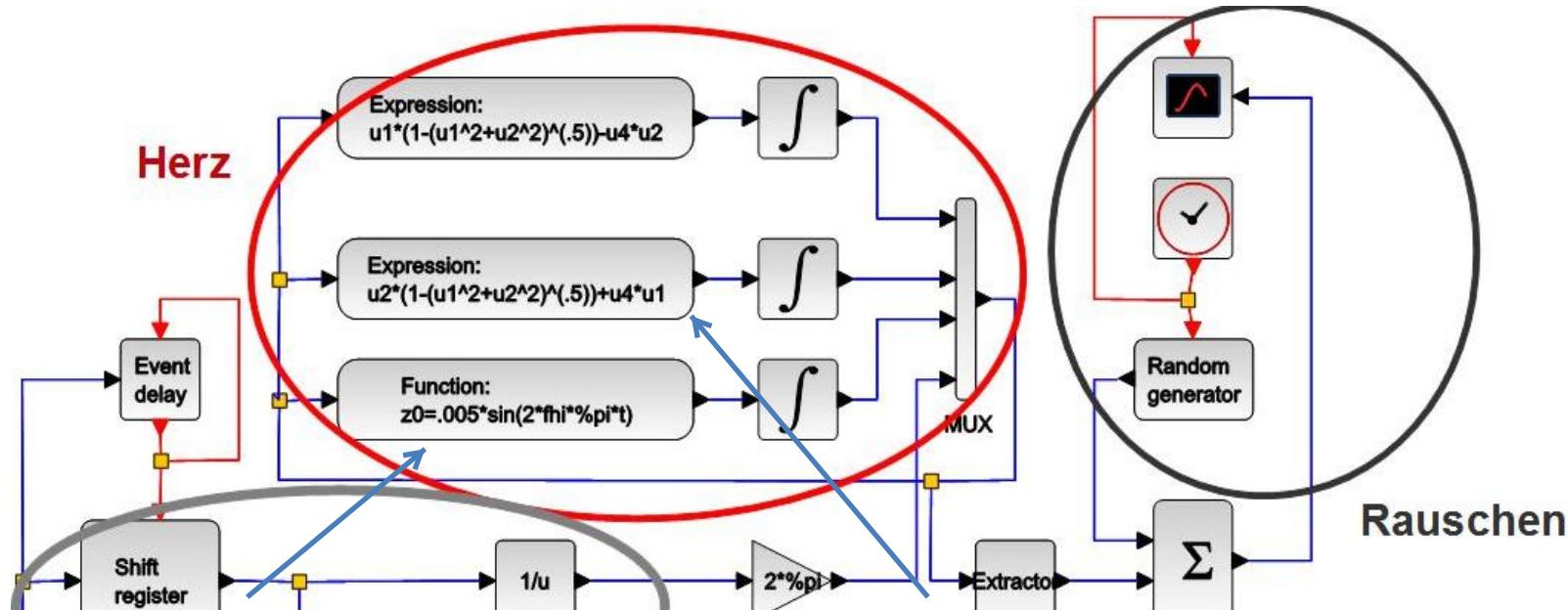


Eigenschaften:

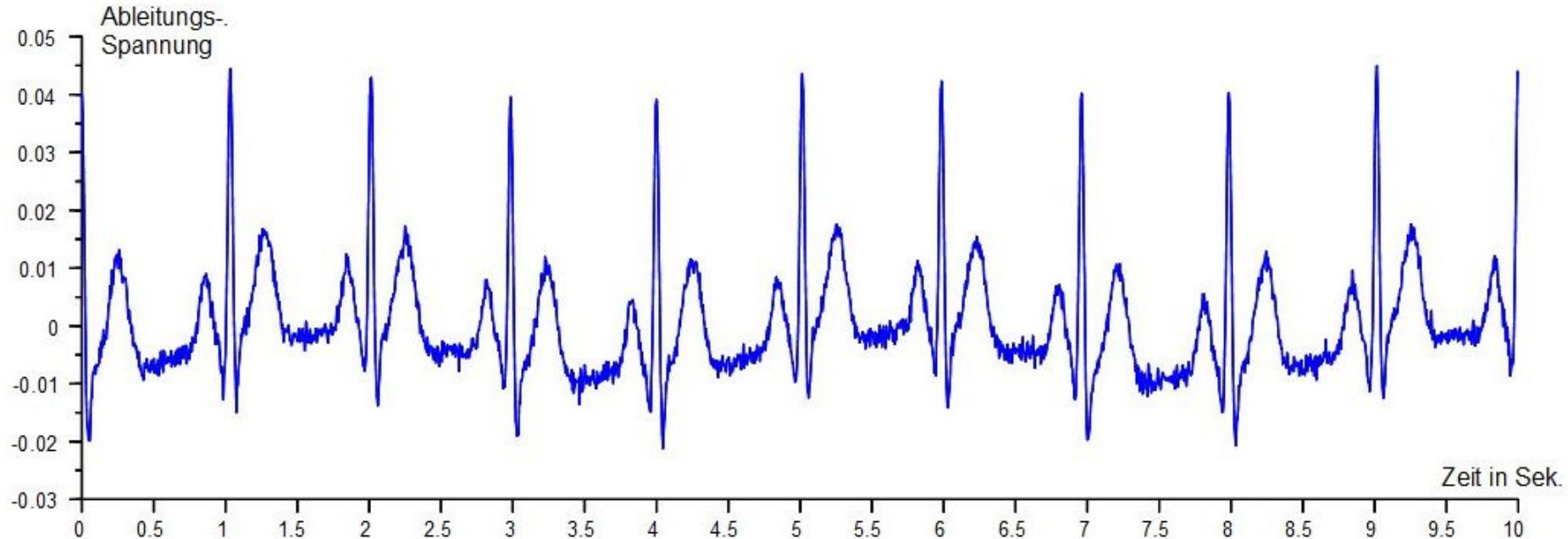
- Beim Herz-Oszillotor ist die Grundlinienschwankung integriert
- Durch die Atmung wird der Pulsschlag variiert.
- Störungen nur durch Rauscheinflüsse.

EKG-Oszillotor nach Gari D.Clifford

Inhalt der Schaltung mit Formel- und Funktionsblöcken



Beispiel-EKG nach Gari D. Clifford



Eigenschaften:

- Puls: ca. 60 Schläge pro Minute
- ca. 15 Atemzüge pro Minute
- Schwankungen der Grundlinie mit einer Periodenlänge von ca. 4 Sekunden

Vortragsabschluss

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !