

Weltmodell World2 (Jay Forrester)

1 Versionsgeschichte: Version 0.8 modell ok , doku mit tipffehlern.

2 Aufgabenstellung für das Modell:

(a) Modellzweck

Das Paket `forrester_world2` enthält eine Nachbildung des World2 Modells von Jay Forrester das in seinem Buch „World Dynamics“ (1971) beschrieben ist. Das Modell World2 soll auf die Probleme aufmerksam machen, die ein exponentielles Bevölkerungswachstum, bei endlichen Ressourcen von Land und Rohstoffen, mit sich bringt. Es wirft die Frage auf, ob es möglich ist, einen Gleichgewichtszustand zu erreichen, oder ob das System zwangsläufig zusammenbricht.

Forrester weist darauf hin, dass die Schwierigkeit der Konstruktion eines gesellschaftlichen Modells weniger im Mangel an Information, sondern mehr im Überfluss an – ungeordneter – Information liegt. Für ihn stellt schon das erstellen und präsentieren des Modells einen Erkenntnisgewinn über die Wirklichkeit dar, da ein mathematisches Modell eine objektive Diskussionsgrundlage liefert. Die Annahmen, die dem Modell zugrunde liegen, können überprüft und diskutiert werden und mit den Annahmen alternativer Modelle verglichen werden.

World2 bildet die Grundlage für das vom Team um Dennis Meadows erstellte, und im Buch „Dynamics of growth in a finite world“ 1974 publizierte, Modell World3.

(b) Annahmen die dem Modell zu Grunde liegen:

Hinter jedem Submodell des `world2_models` (mit Ausnahme vom Submodell `time`) verbirgt sich eine Annahme über „die Welt“. Die Verknüpfungen der Modelle untereinander repräsentieren die angenommene Struktur der Welt, d.h welche Faktoren wie auf einander wirken. Die Submodelle beherbergen Funktionen, denen wiederum Annahmen über die Welt zu Grunde liegen. Diese Annahmen sind Annahmen darüber wie stark ein Faktor (repräsentiert durch das Submodell) auf die Systemstruktur wirkt. Die Annahmen die Forrester über die Welt gemacht hat sind im Buch „World Dynamics“ (Forrester 1971) ausführlich beschrieben und werden hier nicht näher erläutert.

Grundlegende Annahmen sind:

Die Flächen für Ackerbau und Wohnraum sind begrenzt.

Der Vorrat an Rohstoffen ist endlich.

Referenzjahr ist das Jahr 1970. Variablen und Parameter sind relativ zum Jahr 1970 gewählt worden. Beispiel: Forrester schätzt den Bevölkerungsbestand (Population) im Jahr 1900 auf 1,6 Milliarden Menschen. Bei 3,6 Milliarden Menschen im Jahr 1970 ergibt sich ein jährliches Wachstum der Population um 1.2 % (dies ist die Differenz zwischen Geburten- und Todesrate). Forrester nahm die Geburtenrate BRN (Birth Rate Normal) mit 0.04 an und die Todesrate (Death Rate Normal) mit 0.028. So verfährt Forrester auch bei der Schätzung anderer Parameter

3 Systembeschreibung

(a) Input Variablen

Bestandsvariablen:

P_1 : Population

CI_24 : Investiertes Kapital

NR_8 : (nicht erneuerbare) Rohstoffe

POL_30 : Umweltverschmutzung

CIAF_35 : Anteil der Investitionen in Landwirtschaft.

Parameter:

BRN1 : Birth Rate Normal No.1 [Fraction/Year]

FC1 : Food Coefficient No. 1 [Dimensionless]

DRN1 : Death Rate Normal No.1 [Fraction/Year]

POLN1 : Pollution Normal No.1 [Pollution Units/Person/Year]

CIGN1 : Capital Investment Generation Normal No.1 [Fraction/Year]

NRUN1 : Natural Resource Usage No.1 [Natural Resource Units/Person/Year]

CIDN1 : Capital Investment Discard Normal No.1 [Fraction/Year]

DT : Integrationsschrittweite [Year]

TIME : Steuert die CLIP Funktionen an (schaltet die alternativen Parameterwerte ein).

SCEN : Schaltet Tabellen DRCMT und BRCMT auf die alternativen Werte, die im Szenario Nahrungsmittelkanppheit (siehe Punkte 4.2.3 und 6.) benutzt werden, um.

(b) Systemfunktion

Forresters World2 beschreibt die Welt in den 5 grundlegenden Bestandsvariablen (engl. Level): Population, Investiertes Kapital, (nicht erneuerbare) Rohstoffe, Umweltverschmutzung und Anteil der Investitionen in Landwirtschaft, die durch multiple feedback Schleifen miteinander verkoppelt sind.

Das FCL Modell world2_model gibt die Struktur des Systems wieder. (Zu Besonderheiten siehe 6.1 der Implementierungsdetails).

4 Bedienungsanleitung

Das auszuführende Modell world2_model ist im Paket eero.wolf.forrester_world2.simulation zu finden. Die Startwerte für den Standardlauf sind voreingestellt. Startwerte für die von Forrester vorgeschlagenen alternativen Szenarien sind unter Punkt 4.2 beschrieben..

Der Output der interessierenden Variablen kann in einem Diagramm dargestellt werden. Forrester verwendet für diese Darstellung unterschiedlich skalierte Y Achsen, um die Kurven in einem Diagramm darstellen zu können. Diese Darstellung wird vom OKSIMO Simulator nicht unterstützt. Es ist jedoch möglich die einzelnen Kurven - für die ausgewählten Variablen - untereinander

darzustellen. Dazu muss im Simulation Controller (mindestens) eine Variable zur Darstellung ausgewählt werden und dann „enable combined X-Axis“ aktiviert, und im erscheinenden Fenster die Variablen ausgewählt werden, die angezeigt werden sollen.

Wird auf das „combined X-Axis“ Feature verzichtet, kann im Simulation Controller, bei „set X-Axis Parameter“ die Variable TIME_OUT7 gewählt werden. Dadurch repräsentiert die X Achse nicht mehr die Simulationszyklen, sondern die Systemzeit.

Wird die combined X-Axis gewählt, muss die X Achse die Simulationszyklen anzeigen (in der der vorliegenden Version des FCL Visual Editors 0.8.3 beta 2). Die Systemzeit errechnet sich wie folgt:
 $\text{Systemzeit} = 1900 + (\text{Simulationszyklen} * \text{DT})$.

Der Input Wert für die Variable TIME (=1900) sollte nicht verändert werden, da diese Variable die Szenarien für alternative Input Werte triggert.

4.1. Beispiel Standardlauf:

Input:

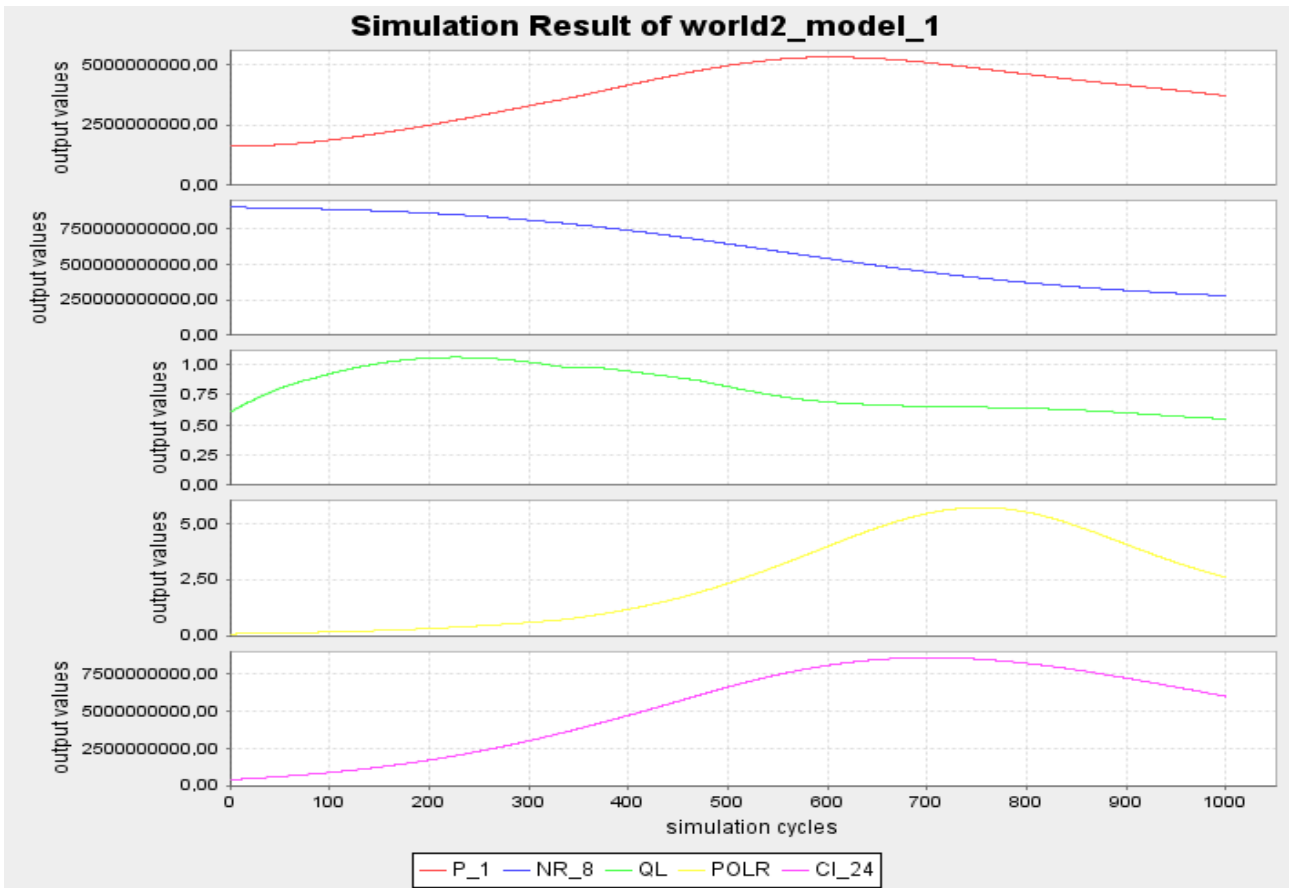
P_1 : 1650000000
NR_8 : 900000000000
CI_24 : 400000000
CIAF_35 : 0.2
POL_30 : 200000000

BRN1 : 0.04
NRUN1 : 1
DRN1 : 0.028
CIGN1 : 0.05
CIDN1 : 0.025
POLN1 : 1
FC1 : 1

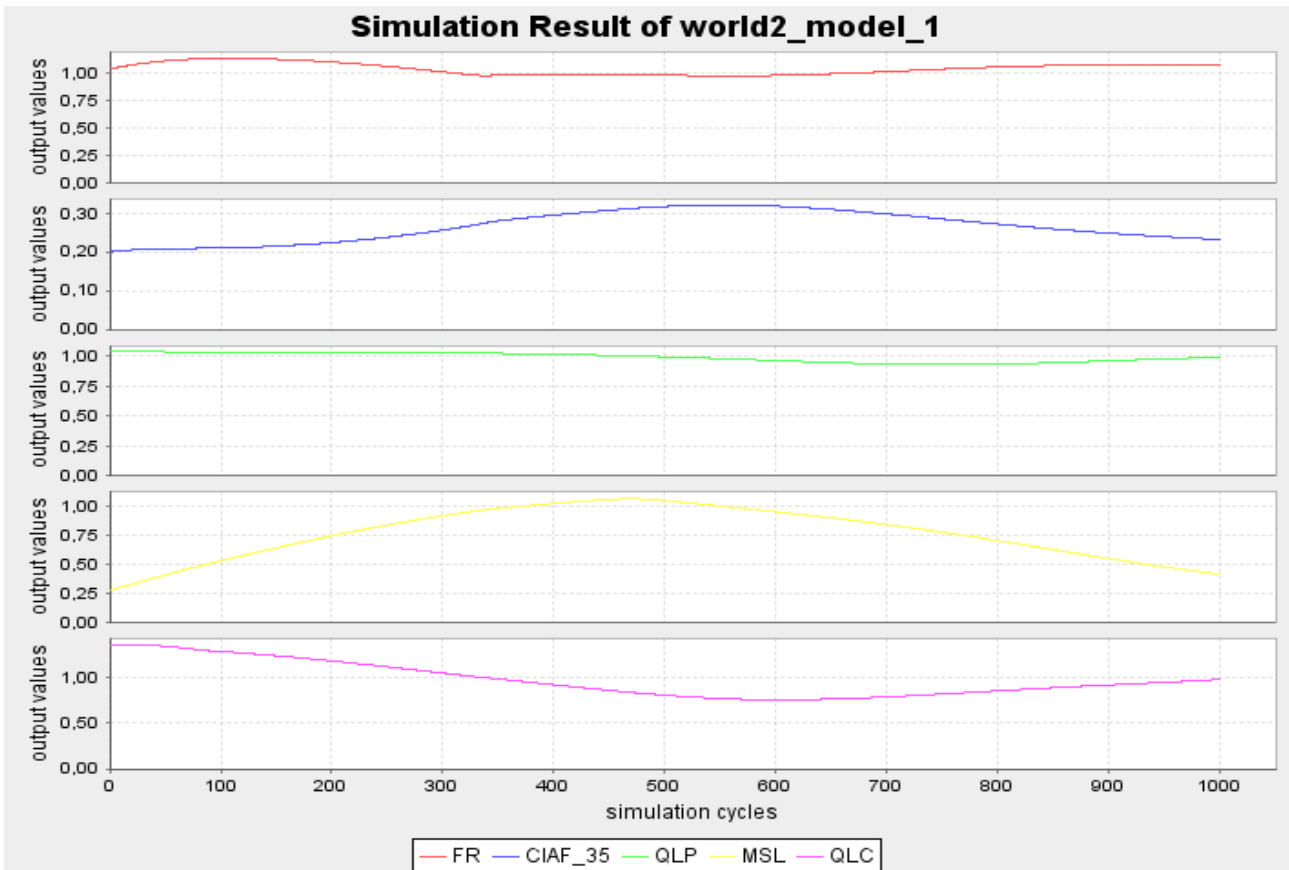
DT : 0.2
TIME : 1900
SCEN : false

Simulationszyklen = 2000

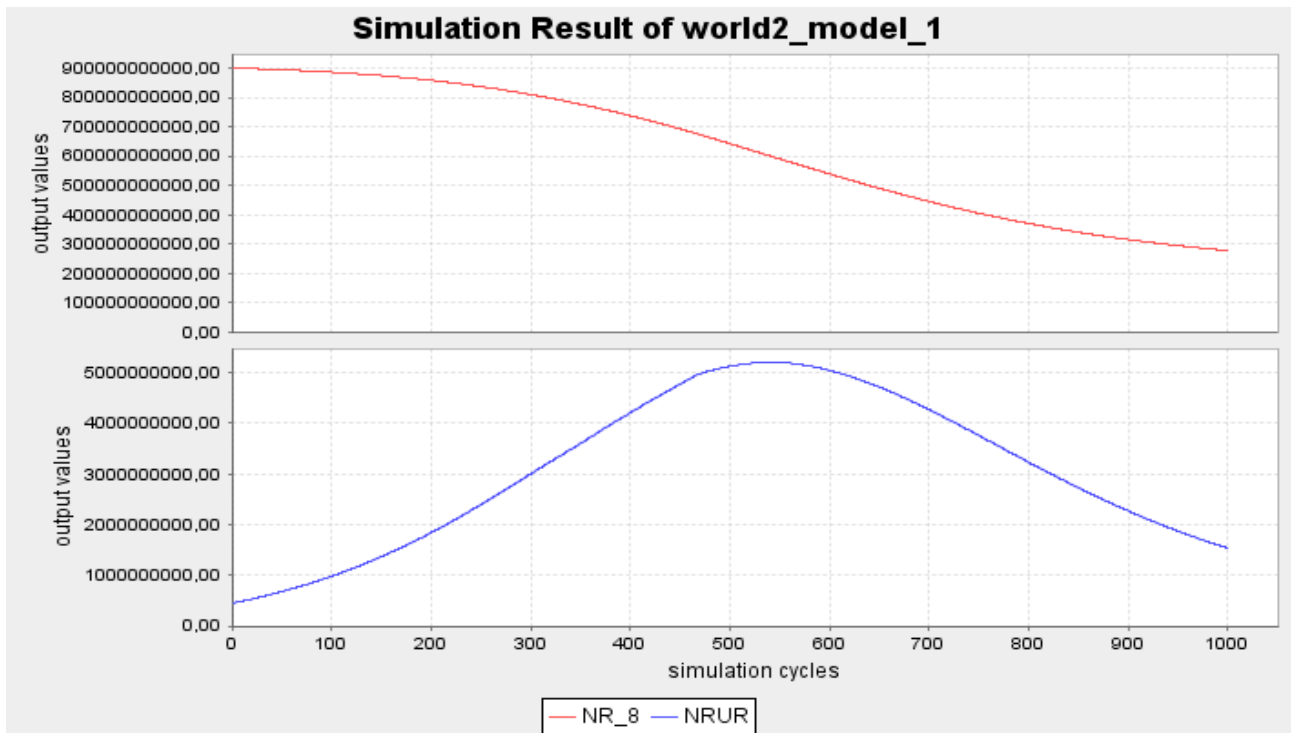
Die Auszugebenden Variablen sind für den original Lauf A:
P_1, NR_8, POLR, QL und CI_24



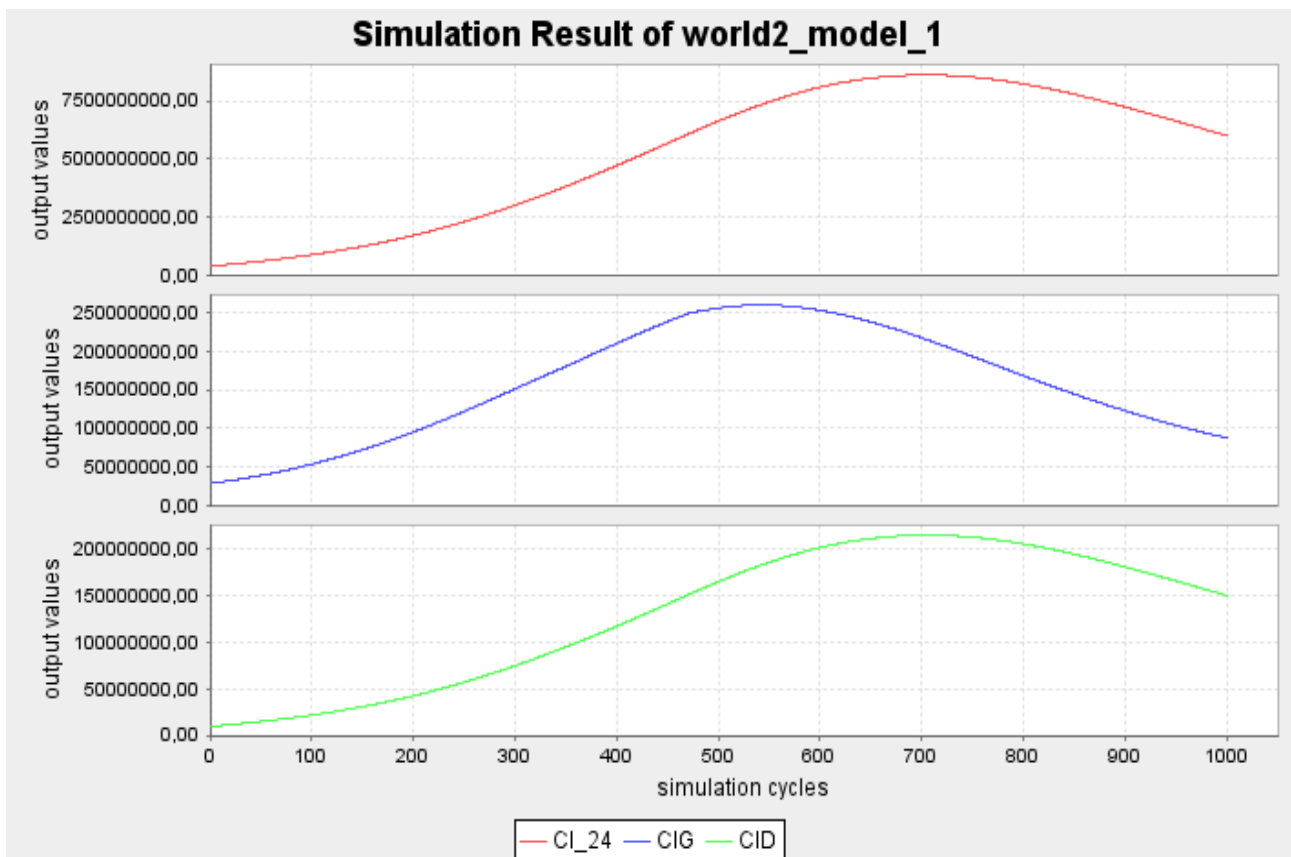
Die Auszugebenden Variablen sind für den original Lauf B:
 FR, CIAF_35, QLP, MSL und QLC



Die Auszugebenden Variablen sind für den original Lauf C:
NR_8 und NRUR



Die Auszugebenden Variablen sind für den original Lauf D:
CI_24, CIG und CID



4.2 Alternative Szenarien

Im folgenden werden Vorschläge zur Änderung der Inputwerte gemacht, um alternative Szenarien zum Standardlauf zu simulieren. Die Simulationen starten im Jahr 1900 und im Jahr 1970 treten die alternativen Parameter in Kraft.

4.2.1. Krise durch Umweltverschmutzung

Input:

NRUN1 von 1.0 auf 0,25

Simulationszyklen: 1000 (bei DT=0.2)

Output, Darstellung 1:

P_1, POLR, CI_24, QL, NR_8

Output, Darstellung 2:

FR, MSL, QLC, QLP, CIAF_35

Output, Darstellung 3:

POLR, POLAT, POLG, POLA

Output, Darstellung 4:

P_1, BR, DR

4.2.2. Überbevölkerung

Input:

NRUN1 von 1.0 auf 0,0

POLN1 von 1,0 auf 0,1

Simulationszyklen: 2000 (bei DT=0.2)

Output, Darstellung 1:

P_1, POLR, CI_24, QL, NR_8

Output, Darstellung 2:

FR, MSL, QLC, QLP, CI_24AF

4.2.3. Nahrungsmittelknappheit

Input:

NRUN1 von 1,0 auf 0,0

POLN1 von 1,0 auf 0,1

SCN auf True (verändert die Tabellen)

Simulationszyklen: 2000 (bei DT=0.2)

Output, Darstellung 1:

P_1, POLR, CI_24, QL, NR_8

Output, Darstellung 2:

FR, MSL, QLC, CIAF_35

4.2.4. Gesteigerte Zuwachsrates der Kapital Investitionen

Input:

CIGN1 von 0,05 auf 0,06
Simulationszyklen: 1000 (bei DT=0.2)

Output:
P_1, POLR, CI_24, QL, NR_8

4.2.5. Geringere Geburtenrate

Input:
BRN1 von 0.04 auf 0,028
Simulationszyklen: 1000 (bei DT=0.2)

Output, Darstellung 1:
P_1, POLR, CI_24, QL, NR_8

Output, Darstellung 2:
FR, MSL, QLC, QLP, CIAF_35

Output, Darstellung 3:
P_1, POLR, CI_24, QL, NR_8

Input:
NRUN1 von 1,0 auf 0,25
BRN1 von 0,04 auf 0,028
Simulationszyklen: 1000 (bei DT=0.2)

Output:
P_1, POLR, CI_24, QL, NR_8

Input:
NRUN1 von 1,0 auf 0,0
BRN1 von 0,04 auf 0,028
POLN1 von 1,0 auf 0,1
Simulationszyklen: 1000 (bei DT=0.2)

Output:
P_1, POLR, CI_24, QL, NR_8

Input:
NRUN1 von 1,0 auf 0,0
BRN1 von 0,04 auf 0,020
POLN1 von 1,0 auf 0,1
Simulationszyklen: 1000 (bei DT=0.2)

Output, Darstellung 1:
P_1, POLR, CI_24, QL, NR_8

Output, Darstellung 2:
FR, MSL, QLC, QLP, CIAF_35

4.2.6. Reduzierte Umweltverschmutzung

Input:
NRUN1 von 1,0 auf 0,25

POLN1 von 1,0 auf 0,7
Simulationszyklen: 1000 (bei DT=0.2)

Output:
P_1, POLR, CI_24, QL, NR_8

4.2.7. Höhere Nahrungsmittelproduktivität

Input:
FC1 von 1,0 auf 1,25
NRUN1 von 1,0 auf 0,25
POLN1 von 1,0 auf 0,7
FC1 von 1,0 auf 1,25
Simulationszyklen: 1000 (bei DT=0.2)

Output, Darstellung 1:
P_1, POLR, CI_24, QL, NR_8

Output, Darstellung 2:
FR, MSL, QLP, CIAF_35

4.2.8. Kombinierte Programme

Input:
NRUN1 von 1,0 auf 0,25
CIGN1 von 0,05 auf 0,06
POLN1 von 1,0 auf 0,7
FC1 von 1,0 auf 1,250
Simulationszyklen: 1000 (bei DT=0.2)

Output:
P_1, POLR, CI_24, QL, NR_8

Input:
NRUN1 von 1,0 auf 0,25
CIGN1 von 0,05 auf 0,06
POLN1 von 1,0 auf 0,4
FC1 von 1,0 auf 1,250
Simulationszyklen: 1000 (bei DT=0.2)

Output:
P_1, POLR, CI_24, QL, NR_8

Input:
NRUN1 von 1,0 auf 0,25
POLN1 von 1,0 auf 0,7
FC1 von 1,0 auf 1,250
CIGN1 von 0,05 auf 0,06
BRN1 von 0,04 auf 0,028
Simulationszyklen: 1000 (bei DT=0.2)

Output:
P_1, POLR, CI_24, QL, NR_8

4.2.9. Annäherung an einen globalen Gleichgewichtszustand

Input:

NRUN1 von 1,0 auf 0,25

POLN1 von 1,0 auf 0,5

Simulationszyklen: 1000 (bei DT=0.2)

Output, Darstellung 1:

P_1, POLR, CI_24, QL, NR_8

Output, Darstellung 2:

FR, MSL, QLC, QLP, CIAF_35

Input:

NRUN1 von 1,0 auf 0,25

POLN1 von 1,0 auf 0,5

CIGN1 von 0,05 auf 0,03

Simulationszyklen: 1000 (bei DT=0.2)

Output, Darstellung 1:

P_1, POLR, CI_24, QL, NR_8

Output, Darstellung 2:

FR, MSL, QLC, QLP, CIAF_35

Input:

NRUN1 von 1,0 auf 0,25

POLN1 von 1,0 auf 0,5

CIGN1 von 0,05 auf 0,03

FC1 von 1,0 auf 0,8

Simulationszyklen: 1000 (bei DT=0.2)

Output, Darstellung 1:

P_1, POLR, CI_24, QL, NR_8

Output, Darstellung 2:

FR, MSL, QLC, QLP, CIAF_35

Input:

NRUN1 von 1,0 auf 0,25

POLN1 von 1,0 auf 0,5

CIGN1 von 0,05 auf 0,03

FC1 von 1,0 auf 0,8

BRN1 von 0,04 auf 0,028

Simulationszyklen: 1000 (bei DT=0.2)

Output, Darstellung 1:

P_1, POLR, CI_24, QL, NR_8

Output, Darstellung 2:

FR, MSL, QLC, QLP, CIAF_35

5. Quellen

Jay Forrester „World Dynamics“

Jay Forrester „Grundzüge einer Systemtheorie“

6. Implementierungsdetails

Jay Forrester entwickelte die „System Dynamics“ Methode mit der zeitabhängige dynamische Systeme so beschrieben werden, dass sie vom Computer simuliert werden können. Die Methode beschreibt ein System letztlich durch 2 Grössen, Bestandsvariablen und Flussvariablen. Die Bestandsvariablen (level) akkumulieren (integrieren) die Zustandsveränderungen des Systems über die Zeit. Sie repräsentieren den Zustand in dem sich das System befindet. Die Flussvariablen (valves), verändern die Bestandsvariablen. Zur besseren Übersicht gibt es noch Hilfsvariablen (auxiliary) die, die Flussvariablen verändern.

6. 1. Unterschiede des FCL Modells zu World2 von Forrester

Das FCL Modell world2_model. ist Abbild des Strukturdiagramm des World2 Modells. Forresters Strukturdiagramm ist in der FCL Übersetzung um ein kleines Zeitmodul erweitert worden. Dieses Zeitmodul hat die Aufgabe die CLIP-Funktionen anzusteuern, die zur Aktivierung der alternativen Szenarien gebraucht werden.

Da das FCL Modell nicht nur die Struktur des Weltmodells repräsentiert, sondern gleichzeitig auch das mathematische Modell ist, müssen den Bestandsgrössen (Gleichungen) die Anfangswerte und nach Vollendung eines Simulationszyklus, die Werte für den nächsten Simulationszyklus zugeführt werden. Dies geschieht durch die Verbindung der Input Faktoren mit den Bestands-, Fluss- und Hilfsvariablen. (Der Output einer Bestandsvariablen ist nicht direkt mit Fluss- oder Hilfsvariablen verknüpft, da der Output dem Zeitpunkt $t + 1$ entspricht. Der Wert einer Bestandsvariablen zum Zeitpunkt t entspricht dem Wert des Inputs).

Um die Szenarien aktivieren zu können, können zu Anfang der Simulation alternative Werte für Parameter eingegeben werden. Diese werden dann im Laufe der Simulation als konstante Faktoren behandelt und ändern sich im Verlaufe der Simulation nicht. Jedoch muss auch hier eine Initialisierung der Faktoren vorgenommen werden. Deshalb gibt es für alle Faktoren, die für die Szenarien geändert werden, einen eigenen Input Faktor, der dann die Gleichungen, die CLIP Funktionen beherbergen, mit den alternativen initialisiert.

Für das Szenario „Nahrungsmittelknappheit“ werden in DRCM_14 und BRCM_16 die Werte der Tabellen (bis auf den jeweils ersten) auf 1 gesetzt. Um dies veranlassen zu können wurde die Variable SCEN eingeführt, die das Szenario bei Bedarf einschaltet.

6.2. DYNAMO Funktionen

Die Funktionen CLIP, TABLE, TABHL des Dynamo Compilers wurden auf den OKSIMO Simulator portiert und befinden sich im Pfad forrester_world2.dynamo_functions.

CLIP trifft eine Auswahl zwischen den Grössen P und Q auf Basis des Kriteriums CRIT und der Referenz REF.

CLIP (P,Q,CRIT, REF)

CLIP = P wenn CRIT \geq REF ist

CLIP = Q wenn CRIT < REF ist.

Im WORLD2 Modell wird Clip dazu benutzt, alternative Parameter Einstellungen für die Szenarien zu aktivieren. Da Forresters Simulation im Jahr 1900 startet, werden die alternativen Parameter erst zur Systemzeit 1970 eingeschaltet (verändert).

TABLE liefert den zwischen zwei Punkten einer Tabelle interpolierten Wert.

Verwendung in Dynamo:

TABLE (TNAME, P,K, N1, N2, N3)

TNAME = E1/E2/E3/.../EM

TNAME = Name der Tabelle auf der die Table-funktion operiert

P = Inputvariable für die der korrespondierende Tabellenwert lokalisiert wird

N1 = Wert von P, bei dem der erste Tabellenwert aufgezeichnet wird

N2 = Wert von P für die letzte Tabellenaufzeichnung

N3 = Intervall der P-Werte zwischen den Tabellenaufzeichnungen

E1 = numerischer Wert der Tabelle bei P=N1

E2 = zweiter Tabellenwert bei P= N1+N3

E3=dritter Tabellenwert bei P=N1+2N3

EM = letzter Tabellenwert bei P = N2

Liegt der Wert P.K nicht innerhalb des Intervalls N1, N2 so gibt TABLE eine Error-Meldung aus und bricht die Simulation ab.

Verwendung in FCL:

Table wird im FCL Modell so verwendet, dass das Modell table den Input P bekommt und eine Matrix mit 15 Zeilen. Das Format der Matrix ist:

N1, N2, N3, E1, E2, ..., E14

TABHL (Table Hi Low) funktioniert analog zur Funktion TABLE, mit dem Unterschied, dass hier für Werte von $P < N1$ das Ergebnis gleich dem ersten Tabellenwert ist und für Werte $P > N2$ gleich dem letzten Tabellenwert. Sie kann also nicht zu einer Fehlermeldung führen.