

Modellierung und Optimierung mit OPL

2 Einführung in OPL

2 Einführung in OPL

Andreas Popp



2.1 Aufbau eines OPL-Projekts

2.2 Grundlegende Datentypen und Operatoren

Datentypen

Operatoren

2.3 Mathematische Modelle in OPL-Syntax

2.4 Die CPLEX Studio IDE

2.4 Die CPLEX Studio IDE

2.5 Fehler und Warnungen in OPL

Modelldateien Beschreibung des allgemeinen
Optimierungsmodells (Endung: .mod)

Datendateien Daten zur Instanziierung eines OPL-Modells
(Endung: .dat)

Einstellungsdateien Einstellungen für den Solver (Endung: .ops)

Modelldateien Beschreibung des allgemeinen
Optimierungsmodells (Endung: .mod)

Datendateien Daten zur Instanziierung eines OPL-Modells
(Endung: .dat)

Aufbau eines OPL-Projekts

2 Einführung in
OPL

CC-BY-SA
A. Popp

2.1 Aufbau eines
OPL-Projekts

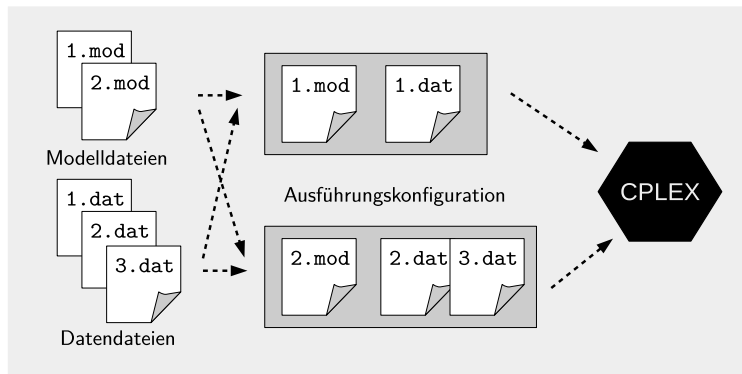
2.2 Grundlegende
Datentypen und
Operatoren

Datentypen
Operatoren

2.3 Mathematische
Modelle in
OPL-Syntax

2.4 Die CPLEX
Studio IDE

2.5 Fehler und
Warnungen in OPL



Aufbau einer einfachen Zuweisungsanweisung

2 Einführung in
OPL

CC-BY-SA
A. Popp

2.1 Aufbau eines
OPL-Projekts

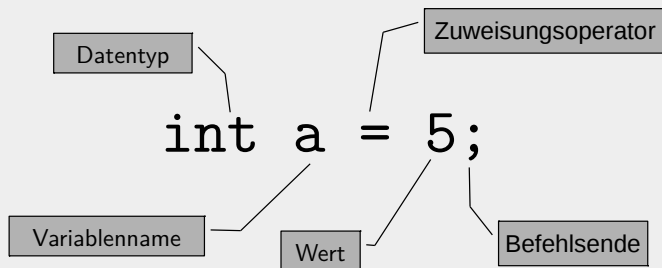
2.2 Grundlegende
Datentypen und
Operatoren

Datentypen
Operatoren

2.3 Mathematische
Modelle in
OPL-Syntax

2.4 Die CPLEX
Studio IDE

2.5 Fehler und
Warnungen in OPL



- Datentypen
- Operatoren

2.4 Die CPLEX Studio IDE

`int` (kurz für: „Integer“); ein ganzzahliger Wert mit beliebigem Vorzeichen. Beispielliterale: `0`, `1`, `-2`, `-786`

float Gleitkommazahl mit beliebigem Vorzeichen.
Beispielliterale: 0.0, 1.0, 3.14, -7.86

`boolean` eigentlich ein logischer Wahrheitswert; bei Entscheidungsvariablen eine 0-1-Variable.

`string` eine Zeichenkette. Beispielliterale: `"1"`, `"B"`, `"Berlin"`

Datentypen
Operatoren

2.4 Die CPLEX Studio IDE

Zugriff mittels Index, z.B.:

10/28 ◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ↺ 🔍 ↻

- Datentypen
Operatoren

2.4 Die CPLEX Studio IDE

- ▶ Zuweisungsoperator =
- ▶ Arithmetische Operatoren
 - + Addition
 - Subtraktion
 - * Multiplikation
 - / Division (selten in linearen Modellen)
- ▶ Vergleichsoperatoren (für lineare Modelle)
 - == gleich
 - <= kleiner-gleich
 - >= größer-gleich

► Summenoperator

$$\sum_{i \in I} \dots \rightarrow \text{sum}(i \text{ in } I)(\dots)$$

► Allquantor

$$\forall i \in I \rightarrow \text{forall}(i \text{ in } I)$$

Beispiel: Produktionsproblem – Indexmengen

2 Einführung in
OPL

CC-BY-SA
A. Popp

Mathematisches Modell

Indexmengen:

I Menge der Produkte

R Menge der Ressourcen

Modelldatei

```
//Indexmengen  
{string} I = ...; //Produkte  
{string} R = ...; //Ressourcen
```

Datendatei

```
//Indexmengen  
I = {"Produkt 1", "Produkt 2", "Produkt 3"};  
R = {"Maschine A", "Maschine B"};
```

2.1 Aufbau eines
OPL-Projekts

2.2 Grundlegende
Datentypen und
Operatoren

Datentypen
Operatoren

2.3 Mathematische
Modelle in
OPL-Syntax

2.4 Die CPLEX
Studio IDE

2.5 Fehler und
Warnungen in OPL

Beispiel: Produktionsproblem – Parameter

2 Einführung in
OPL

CC-BY-SA
A. Popp

Mathematisches Modell

Parameter:

p_i Preis von Produkt $i \in I$

c_r Kapazität von Ressource $r \in R$

v_{ri} Kapazitätsverbrauch von Produkt $i \in I$ auf
Ressource $r \in R$

Datendatei

```
//Parameter  
p = [2.9, 3.3, 2.2];  
c = [64.0, 48.0];  
v = [  
    [5.3, 2.9, 2.5],  
    [3.9, 4.8, 3.1]  
];
```

2.1 Aufbau eines
OPL-Projekts

2.2 Grundlegende
Datentypen und
Operatoren

Datentypen

Operatoren

2.3 Mathematische
Modelle in
OPL-Syntax

2.4 Die CPLEX
Studio IDE

2.5 Fehler und
Warnungen in OPL

Beispiel: Produktionsproblem – Entscheidungsvariablen

2 Einführung in OPL

CC-BY-SA
A. Popp

Mathematisches Modell

Entscheidungsvariablen:

x_i Produktionsmenge von Produkt $i \in I$

$$\left[\begin{array}{c} \vdots \end{array} \right]$$
$$x_i \geq 0 \quad \forall i \in I$$

Modelldatei

```
//Entscheidungsvariablen
dvar float+ x[I]; //Produktionsmenge
```

2.3 Mathematische Modelle in OPL-Syntax

2.4 Die CPLEX Studio IDE

Beispiel: Produktionsproblem – Zielfunktion

2 Einführung in OPL

CC-BY-SA
A. Popp

2.3 Mathematische Modelle in OPL-Syntax

2.4 Die CPLEX Studio IDE

Mathematisches Modell

$$\max \sum_{i \in I} p_i \cdot x_i$$

Modelldatei

```
//Zielfunktion
maximize sum(i in I)(p[i]*x[i]);
```

CC-BY-SA
A. Popp

Datentypen
Operatoren

2.3 Mathematische Modelle in OPL-Syntax

2.4 Die CPLEX Studio IDE

Beispiel: Produktionsproblem.mod

```
1 //Indexmengen
2 {string} I = ...; //Produkte
3 {string} R = ...; //Ressourcen
4
5 //Parameter
6 float p[I] = ...; //Preis
7 float c[R] = ...; //Kapazität
8 float v[R][I] = ...; //Kapazitätsverbrauch
9
10 //Entscheidungsvariablen
11 dvar float+ x[I]; //Produktionsmenge
12
13 //Zielfunktion
14 maximize sum(i in I)(p[i] * x[i]);
15
16 //Nebenbedingungen
17 subject to{
18
19     //Kapazitätsrestriktion
20     forall(r in R)
21         sum(i in I)(v[r][i]*x[i]) <= c[r];
22
23 }
```

2 Einführung in
OPL

CC-BY-SA
A. Popp

2.1 Aufbau eines
OPL-Projekts

2.2 Grundlegende
Datentypen und
Operatoren

Datentypen
Operatoren

2.3 Mathematische
Modelle in
OPL-Syntax

2.4 Die CPLEX
Studio IDE

2.5 Fehler und
Warnungen in OPL

```
1 //Indextmengen
2 I = {"Produkt_1", "Produkt_2", "Produkt_3"};
3 R = {"Maschine_A", "Maschine_B"};
4
5 //Parameter
6 p = [2.9, 3.3, 2.2];
7 c = [64.0, 48.0];
8 v = [
9     [5.3, 2.9, 2.5],
10    [3.9, 4.8, 3.1]
11 ];
```

```
> oplrun -v Produktionsproblem.mod
LewigSanstetten.dat
```

• • •

OBJECTIVE: 35.61677

← Optimalwert

• • •

```
x = [11.737 0 0.71856];
```

← Optimallösung

Datentypen
Operatoren

2.3 Mathematische Modelle in OPL-Syntax

2.4 Die CPLEX Studio IDE

Die CPLEX Studio IDE

2 Einführung in OPL

CC-BY-SA
A. Popp

The screenshot displays the IBM ILOG CPLEX Optimization Studio IDE. The main window is titled 'Produktionsproblem.mod' and 'Lewig_Sanstetten.dat'. The code editor shows the following OPL code:

```
1 //Indexmengen
2 {string} I = ...; //Produkte
3 {string} R = ...; //Ressourcen
4
5 //Parameter
6 float p[I] = ...; //Preis
7 float c[R] = ...; //Kapazität
8 float v[R][I] = ...; //Kapazitätsverbrauch
9
10 //Entscheidungsvariablen
11 dvar float+ x[I]; //Produktionsmenge
12
13 //Zielfunktion
14 maximize sum(i in I) p[i] * x[i];
15
16 //Nebenbedingungen
17 subject to {
18
19 //Kapazitätsrestriktion
20 forall(r in R)
21   sum(i in I) (v[r][i] * x[i]) <= c[r];
22
23 }
```

The 'Problem' tab shows the solution with the objective value 35,617. The 'Daten' table is as follows:

Name	Wert
c	[64 48]
I	("Produkt_1" "Produkt_2" "Produkt_3")
p	[2.9 3.3 2.2]
R	("Maschine_A" "Maschine_B")
v	[[5.3 2.9 2.5] [3.9 4.8 3.1]]

The 'Gliederung' (Outline) tab shows the project structure, including 'Produktionsproblem.mod', 'Lewig_Sanstetten.dat', and 'Produktionsproblem.mod : CPLEX'. The 'Eigenschaften' (Properties) tab shows the 'Eigenschaft' (Property) 'Wert'.

2.1 Aufbau eines OPL-Projekts

2.2 Grundlegende Datentypen und Operatoren

Datentypen
Operatoren

2.3 Mathematische Modelle in OPL-Syntax

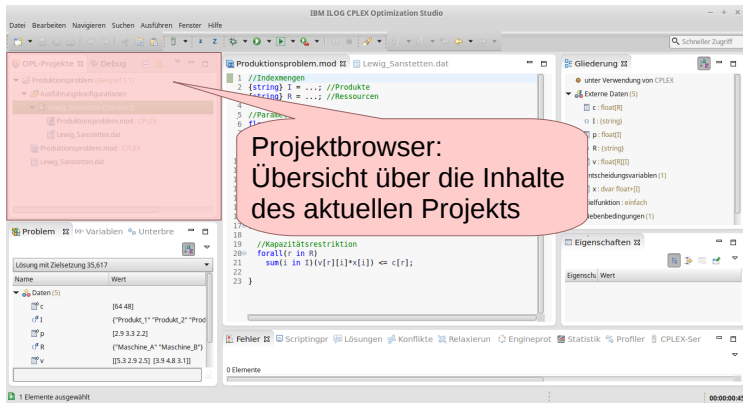
2.4 Die CPLEX Studio IDE

2.5 Fehler und Warnungen in OPL

Die CPLEX Studio IDE

2 Einführung in OPL

CC-BY-SA
A. Popp



2.1 Aufbau eines OPL-Projekts

2.2 Grundlegende Datentypen und Operatoren

Datentypen
Operatoren

2.3 Mathematische Modelle in OPL-Syntax

2.4 Die CPLEX Studio IDE

2.5 Fehler und Warnungen in OPL

Die CPLEX Studio IDE

2 Einführung in OPL

CC-BY-SA
A. Popp

The screenshot shows the IBM ILOG CPLEX Optimization Studio IDE interface. The main window displays a CPLEX model file named 'Produktionsproblem.mod'. The model code includes parameters for products and resources, decision variables, and constraints. Annotations with speech bubbles point to specific parts of the interface:

- Projekt**: Points to the 'Produktionsproblem (Beispiel 1.1)' project in the 'OPL-Projekte' pane.
- Ausführungskonfiguration**: Points to the 'Lewig_Sanstetten (Standard)' execution configuration in the 'Ausführungskonfigurationen' pane.
- Datendatei**: Points to the 'Lewig_Sanstetten.dat' data file in the 'Lewig_Sanstetten' folder.
- Modelldatei**: Points to the 'Produktionsproblem.mod : CPLEX' model file in the 'Produktionsproblem.mod : CPLEX' folder.

The bottom-left pane shows the 'Lösung mit Zielsetzung 35,617' table:

Name	Wert
c	[64 48]
I	("Produkt_1" "Produkt_2" "Produkt_3")
p	[2.9 3.3 2.2]
R	("Maschine_A" "Maschine_B")
v	[[5.3 2.9 2.5] [3.9 4.8 3.1]]

The bottom-right pane shows the 'Gliederung' (Outline) view, which lists the model components: 'Externe Daten (5)', 'Entscheidungsvariablen (1)', 'Zielfunktion: einfach', and 'Nebenbedingungen (1)'. The status bar at the bottom indicates '1 Elemente ausgewählt' and '00:00:00:45'.

2.1 Aufbau eines OPL-Projekts

2.2 Grundlegende Datentypen und Operatoren

Datentypen
Operatoren

2.3 Mathematische Modelle in OPL-Syntax

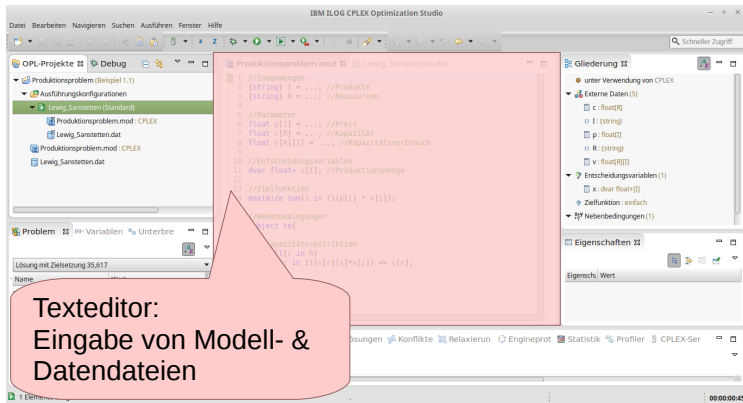
2.4 Die CPLEX Studio IDE

2.5 Fehler und Warnungen in OPL

Die CPLEX Studio IDE

2 Einführung in OPL

CC-BY-SA
A. Popp



2.1 Aufbau eines OPL-Projekts

2.2 Grundlegende Datentypen und Operatoren

Datentypen
Operatoren

2.3 Mathematische Modelle in OPL-Syntax

2.4 Die CPLEX Studio IDE

2.5 Fehler und Warnungen in OPL

Die CPLEX Studio IDE

2 Einführung in OPL

CC-BY-SA
A. Popp

The screenshot displays the IBM ILOG CPLEX Optimization Studio interface. The main window shows a CPLEX model file named 'Produktionsproblem.mod'. The model is solved, and the results are displayed in the 'Problem' tab. The results table shows the following data:

Name	Wert
Lösung mit Zielsetzung 35.617	
Daten (5)	
c	[64.48]
i	("Produkt_1" "Produkt_2" "Produkt_3")
p	[2.9 3.3 2.2]
r	("Maschine_A" "Maschine_B")
v	[[5.3 2.9 2.5] [3.9 4.8 3.1]]

A red callout box with the text 'Problembrowser: Hier erscheint nach erfolgreicher Lösung des Problems das Ergebnis' points to the 'Problem' tab. The 'Problem' tab also shows the 'Eigenschaften' (Properties) section, which is currently empty.

2.1 Aufbau eines OPL-Projekts

2.2 Grundlegende Datentypen und Operatoren

Datentypen
Operatoren

2.3 Mathematische Modelle in OPL-Syntax

2.4 Die CPLEX Studio IDE

2.5 Fehler und Warnungen in OPL

Die CPLEX Studio IDE

2 Einführung in OPL

CC-BY-SA
A. Popp

2.1 Aufbau eines OPL-Projekts

2.2 Grundlegende Datentypen und Operatoren

Datentypen
Operatoren

2.3 Mathematische Modelle in OPL-Syntax

2.4 Die CPLEX Studio IDE

2.5 Fehler und Warnungen in OPL

IBM ILOG CPLEX Optimization Studio

Produktionsproblem.mod

```
1 //Indexmengen
2 {string} I = ...; //Produkte
3 {string} R = ...; //Ressourcen
4
5 //Parameter
6
7 //Kapazitätsrestriktion
8 forall(r in R)
9   sum(i in I)(v[r][i]*x[i]) <= c[r];
10
11 //Nebenbedingungen
12 subject to
13
14 maximize sum(i in I)(p[i]*x[i]);
15
16 //Zielfunktion - einfach
17
18
19
20
21
22
23 }
```

Gliederung

- unter Verwendung von CPLEX
- Externe Daten (5)
 - c: float[]
 - I: (string)
 - p: float[]
 - R: (string)
 - v: float[][]
- Entscheidungsvariablen (1)
 - x: float[]
- Zielfunktion - einfach
- Nebenbedingungen (1)

Problem

Lösung mit Zielfestsetzung 35,617

Name	Wert
c	[64 48]
I	("Produkt_1" "Produkt_2" "Prod
p	[2.9 3.3 2.2]
R	("Maschine_A" "Maschine_B")
v	[[5.3 2.9 2.5] [3.9 4.8 3.1]]

1 Elemente ausgewählt

00:00:00:45

2.5 Fehler und Warnungen in OPL

Einteilung nach Zeitpunkt des Auftretens

Compilerfehler Treten bei Übersetzung des Problems für den Solver auf. Werden von der IDE erkannt.

Laufzeitfehler Treten erst zur Laufzeit des Solvers auf.
Werden nicht von der IDE erkannt, aber nach Lösungslauf angezeigt.

- ## 2.5 Fehler und Warnungen in OPL