

# USIPLEX - Handbuch

## Inhaltsverzeichnis

	Vorwort	S. 2
1.	Startbildschirm	S. 3
1.1	Das Menü und die Toolbar	S. 4
1.1.1	Das Startmenü	S. 4
1.1.2	Das Menü „Ansicht“	S. 5
1.1.3	Das Menü „Extras“	S. 6
1.1.4	Das Menü „Hilfe“	S. 7
1.1.5	Die Toolbar	S. 7
2.	Die Eingabemaske	S. 7
2.1	Eigene Aufgabenstellung	S. 7
2.2	Generierung einer Aufgabenstellung für den primalen oder dualen Simplex-Algorithmus	S. 9
2.3	Generierung einer zufälligen Problemstellung zum Üben	S. 10
3.	Den Simplex-Algorithmus erlernen	S. 11
3.1	Das Tableau	S. 11
3.2	Die Grafik	S. 14
4.	Den Simplex-Algorithmus üben	S. 14
5.	Dualität erlernen	S. 17
6.	Dualität üben	S. 20

## **Vorwort**

USIPLEX versteht sich als Lernsoftware für den Simplex-Algorithmus und ist als längerfristiges Projekt zu betrachten, das stetig ergänzt und verbessert werden soll. Am Lehrstuhl für betriebliche Anwendungs- und Entscheidungsunterstützungssysteme der Universität Siegen – unter der Leitung von Professor Dr. Erwin Pesch und unter Aufsicht von Dr. Dominik Kreß – entwickelt, soll USIPLEX Schülern und Studenten die grundlegenden Schritte des Simplex-Algorithmus aufzeigen und erläutern. Daneben ist aber auch ein praktischer Teil inbegriffen, durch den der User sein erlerntes Wissen anwenden und festigen kann.

Das Projekt und die implementierten Algorithmen sind angelehnt an Domschke W. & A. Drexl, 2011: Einführung in Operations Research (S. 21 - 38).

Aktuell sind neben dem primalen auch der duale Simplex-Algorithmus sowie die M-Methode und die Regeln der Dualität enthalten. Bei einer Auswahl von zwei Strukturvariablen unterstützt USIPLEX außerdem die grafische Repräsentation der Problemstellung.

Unser besonderer Dank geht an Dr. Dominik Kreß, der die Entwicklung der Software begleitet und mit Verbesserungsvorschlägen zur Qualität von USIPLEX beigetragen hat.

Siegen, im Juni 2014

Tim Bottenberg  
Alexander Heimes

# 1. Startbildschirm

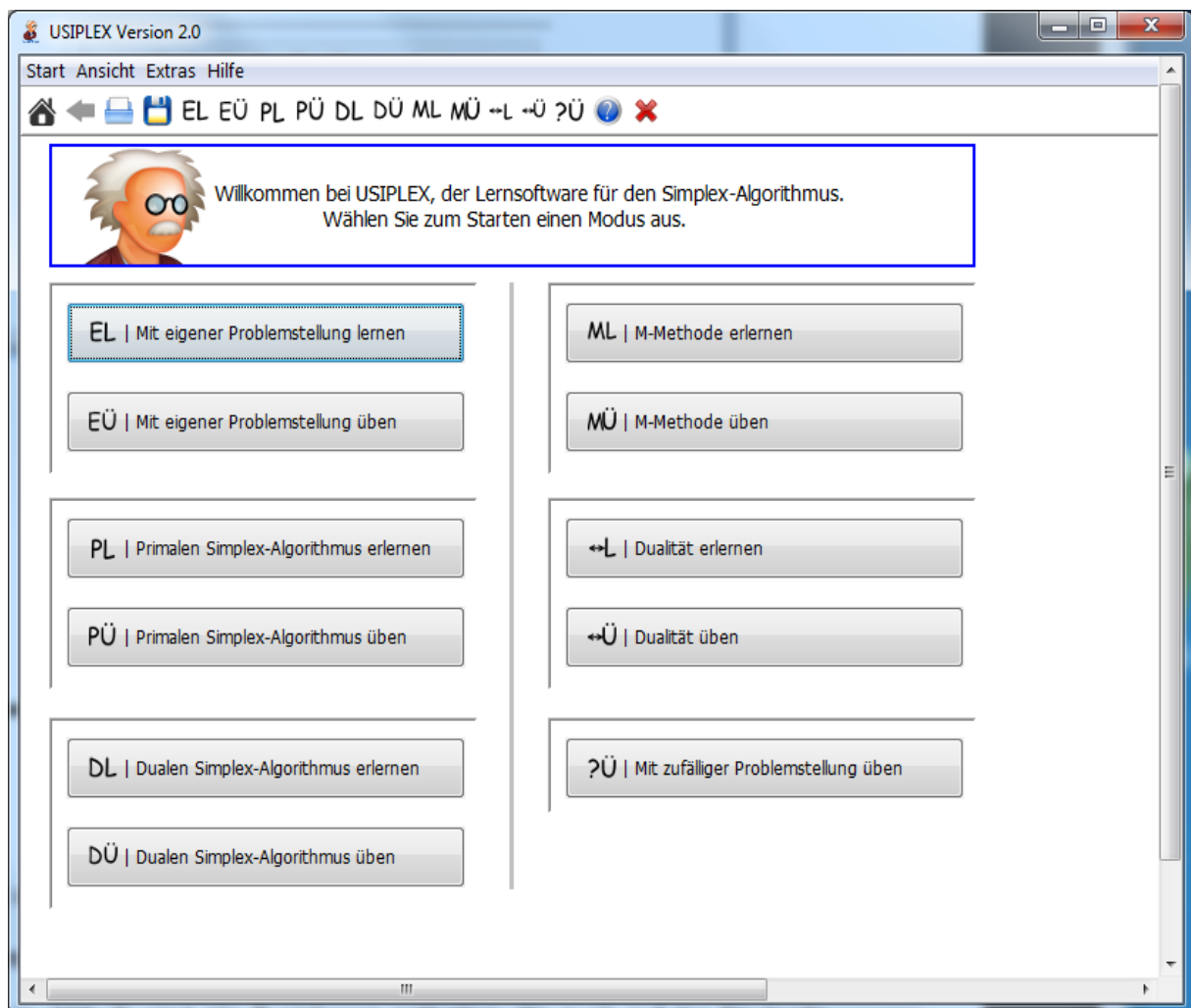
Im Startbildschirm (s. Abb. 1) werden die grundlegenden Funktionen die USIPLEX bietet, dargestellt.

Für den User ist es jederzeit möglich eine eigene Aufgabe in das System einzugeben und anhand dieser zu lernen (die Schritte werden von der Software erklärt) oder zu üben (die einzelnen Schritte müssen selbst ausgeführt werden).

Wählt der Benutzer jedoch „Primalen Simplex-Algorithmus erlernen/üben“ aus, so wird ihm im Folgenden eine Aufgabe generiert. Analog dazu funktionieren die Buttons für den dualen Simplex-Algorithmus und die M-Methode, hier wird jedoch gewährleistet, dass zu Beginn eine unzulässige Basislösung vorliegt und so der duale Algorithmus bzw. die M-Methode obligatorisch ist.

Die letzte Möglichkeit: „Mit zufälliger Problemstellung üben“, zielt darauf ab, den User selbst erkennen zu lassen ob eine zulässige Basislösung vorliegt oder nicht, respektive ob der primale oder duale Simplex-Algorithmus / die M-Methode notwendig ist.

Im Bereich Dualität erlernen / üben wird die Transformation eines primalen Problems in das dazugehörige duale Problem erläutert, außerdem wird skizziert, wie anhand der Ergebnisse aus dem dualen Problem, auf die Lösung des primalen Problems zurückgeschlossen werden kann.



(Abb. 1)

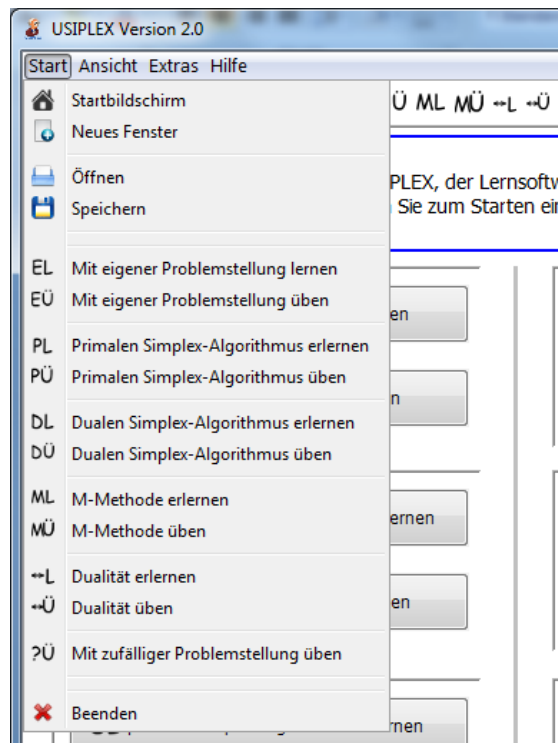
## 1.1 Das Menü und die Toolbar

### 1.1.1 Startmenü

Im Startmenü (s. Abb. 2) sind alle Funktionen enthalten, die auch auf der Startseite selbst zu sehen sind.

Zudem sind die folgenden Punkte enthalten:

- Startbildschirm, Neues Fenster, Öffnen, Speichern und Beenden



(Abb. 2)

#### *Startbildschirm:*

Sie können von jeder Ansicht im Hauptfenster aus zur Startansicht zurückkehren, indem Sie den Button „Startbildschirm“ klicken.

#### *Neues Fenster:*

Bei einem Klick auf „Neues Fenster“ öffnet sich erwartungsgemäß eine zweite Ansicht, mit der Sie neben den bereits geöffneten Fenstern individuell parallel arbeiten können.

#### *Öffnen:*

„Öffnen“ erlaubt es Ihnen eine zuvor gespeicherte Aufgabenstellung von einem beliebigen Speicherort zu öffnen und in das System zu laden. Sie werden nach der Auswahl gefragt ob Sie lernen oder üben möchten.

#### *Speichern:*

Der Menüeintrag „Speichern“ ermöglicht es, die zuletzt aktive Aufgabenstellung (lernen oder üben) oder die gerade aktuelle Aufgabenstellung (Eingabe einer eigenen Aufgabe oder Generierung einer Aufgabenstellung durch USIPLEX) auf der Festplatte, an einem Speicherort Ihrer Wahl zu speichern.

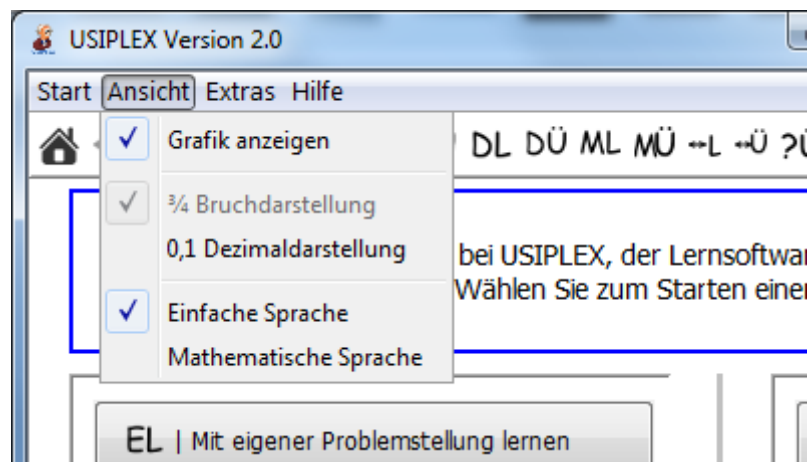
*Beenden:*

Selbstverständlich schließt „Beenden“ das komplette Programm und jedes offene Fenster. Zudem werden auch Ihre persönlichen Einstellungen (also die Ansichten (siehe 1.1.3), ob Sonderfälle erlaubt sein sollen, etc.) gespeichert.

### 1.1.2 Das Menü „Ansicht“

USIPLEX unterstützt individuelle Einstellungsmöglichkeiten hinsichtlich der Darstellung, so kann der User aus folgenden Optionen wählen:

- Grafik anzeigen
- Bruch-/Dezimaldarstellung
- Einfache Sprache
- Mathematische Sprache



(Abb. 3)

*Grafik anzeigen:*

Während dem Lernen der Algorithmen ist es möglich eine Grafik, die das Problem darstellt, anzeigen zu lassen. USIPLEX unterstützt diese Funktionalität nur bei Problemen mit 2 Strukturvariablen..

*Bruch-/Dezimaldarstellung:*

Während der Erklärung des Algorithmus bzw. dem Üben, erfolgt die Darstellung der Einträge in den Tableaus entsprechend der Auswahl des Nutzers. Bei der Darstellung durch Brüche, werden die exakten Werte als gekürzte Brüche dargestellt, während bei der Dezimaldarstellung alle Werte als Dezimalzahlen dargestellt und bei mehr als 5 Dezimalstellen zudem auf 5 Stellen nach dem Komma (mathematisch) gerundet werden.

*Einfache Sprache:*

Lernt der Nutzer, werden durchweg Erläuterungen zu den einzelnen Schritten angezeigt, um so darzulegen wie der Simplex-Algorithmus angewandt wird.

Um denjenigen Schülern und Studenten, die keinen mathematisch-formellen Jargon bevorzugen, gerecht zu werden, bietet diese Software eine einfache Sprache bei den Erklärungen an. Dadurch soll jeder Schritt in möglichst einfachen Worten erklärt und so besser verstanden werden.

### *Mathematische Sprache:*

Neben der einfachen Sprache, soll aber eine gewisse algorithmisch-mathematische Sprache nicht entfallen, die den Algorithmus mit eben mathematischen Formulierungen darstellt. Diese Auswahl ist optional, es kann bei Bedarf auf diese Darstellung verzichtet werden.

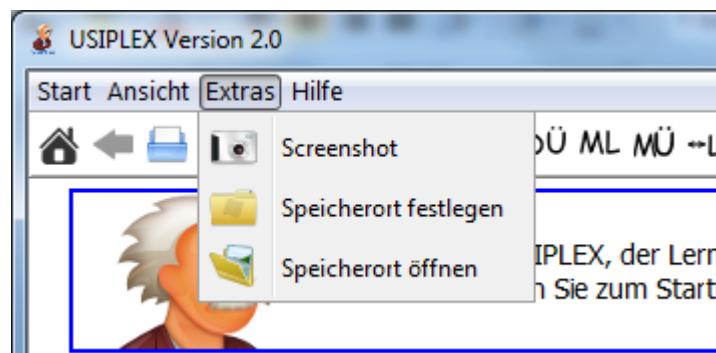
### **Hinweis!**

Es ist notwendig wenigstens eine der beiden Optionen (mathematische oder einfache Sprache) auszuwählen, aber auch eine gleichzeitige Auswahl beider Varianten ist möglich.

### **1.1.3 Das Menü „Extras“**

Unter dem Menüpunkt „Extras“ sind die in Abbildung 4 enthaltenen Punkte enthalten:

- Screenshot
- Speicherort festlegen
- Speicherort öffnen



(Abb. 4)

### *Screenshot:*

Durch Betätigung dieses Eintrags wird ein Screenshot des aktuellen Inhalts im geöffneten Fenster erstellt und an dem ausgewählten Speicherort (siehe „Speicherort festlegen“) gesichert.

### *Speicherort festlegen:*

Für Ihre Screenshots können Sie einen bestimmten Speicherort definieren. Klicken Sie dazu einfach auf „Speicherort festlegen“ und wählen Sie in dem sich öffnenden Fenster Ihr Wunschverzeichnis und bestätigen Sie mit „Öffnen“.

Falls Sie noch keinen Speicherort festgelegt haben, werden Ihre Screenshots in einem festgelegten Standardverzeichnis („Systemfestplatte“:\ProgramData\USIPLEX (Systemfestplatte ist durch den Laufwerksbuchstaben Ihrer Systemplatte (meist C) zu ersetzen) gespeichert.

### **Hinweis!**

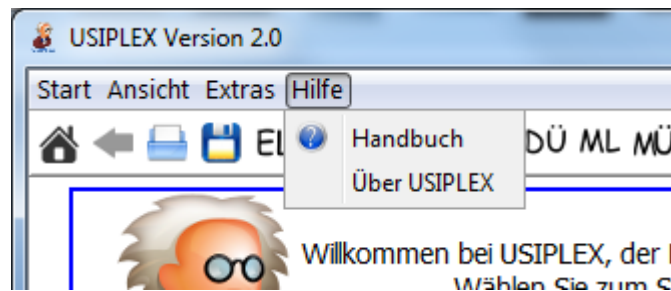
Falls Sie Ihr Verzeichnis für Screenshots ändern, werden alle enthaltenen Screenshots (also \*.png-Dateien) in das neue Verzeichnis verschoben.

### *Speicherort öffnen:*

Um nicht selbst zu den Screenshots navigieren zu müssen, öffnet der Eintrag „Speicherort öffnen“ direkt Ihr ausgewähltes Verzeichnis.

### 1.1.4 Das Menü „Hilfe“

Unter Hilfe ist es möglich das Handbuch zu öffnen oder aber kurze Informationen „Über USIPLEX“ zu erhalten.

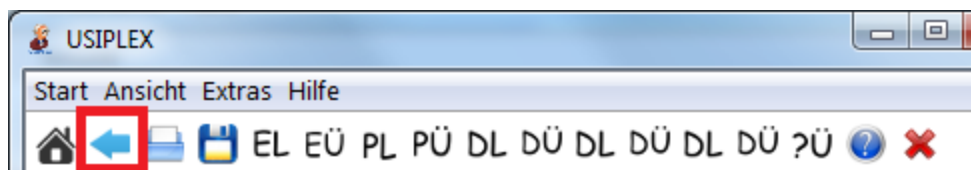


(Abb. 5)

### 1.1.5 Die Toolbar

Die meisten Buttons der Toolbar wurden bereits in den obigen Menüpunkten erläutert, sie haben dieselbe Funktionalität.

Lediglich der „Zurück-Pfeil“ (in Abbildung 6 rot markiert) ist eine zusätzliche Option, die es ermöglicht, nachdem eine Aufgabe eingegeben oder generiert und danach gestartet wurde, wieder zur vorherigen Ansicht also zur Definition der Aufgabenstellung zurückzukehren. Hierbei wird – im Gegensatz zu den anderen Buttons (Eigene Problemstellung lernen/üben, etc.) – die alte Problemstellung nicht gelöscht oder überschrieben.



(Abb. 6)

## 2. Die Eingabemaske

### 2.1 Eigene Aufgabenstellung

Falls Sie mit einer eigenen Aufgabenstellung lernen oder üben möchten, erscheint die Ansicht in Abbildung 7.

Hier können Sie zunächst über die beiden Dropdowns festlegen welchen Umfang Ihre Aufgabenstellung besitzen soll, also wie viele Strukturvariablen und Nebenbedingungen enthalten sein sollen.

In die Textfelder können dann alle Werte sowohl als Dezimalzahl oder als Bruch mit der Syntax „a/b“ (a und b sind ganze Zahlen und b ist nicht Null) eingegeben werden.

Seit Version 2.0 kann zwischen dem dualen Algorithmus und der M-Methode unterschieden werden, sollten sie eine Problemstellung eingeben die definitiv eine zulässige Startlösung besitzt, ist diese Auswahl irrelevant, belassen Sie es einfach bei „Dualer Simplex-Algorithmus“.

Neu ist außerdem der Definitionsbereich der Strukturvariablen, dieser kann nun den kompletten Bereich der rationalen Zahlen abdecken oder nur nicht-negative Werte.

Möchten Sie eine Aufgabe im Dualitätsmodus starten, ist das über den Haken in dem Kästchen „Dualitätsmodus“ möglich. Sonderfälle sind in diesem Modus allerdings nicht erlaubt, weshalb die Auswahl dafür gleichzeitig ausgeblendet wird.

(Abb. 7)

### **Hinweis!**

Aus Performancegründen ist es nicht möglich im Zähler oder Nenner einen betragsmäßig höheren Wert als 1000 einzugeben, also wäre „1001/3“ ein solcher Bruch der nicht akzeptiert würde.

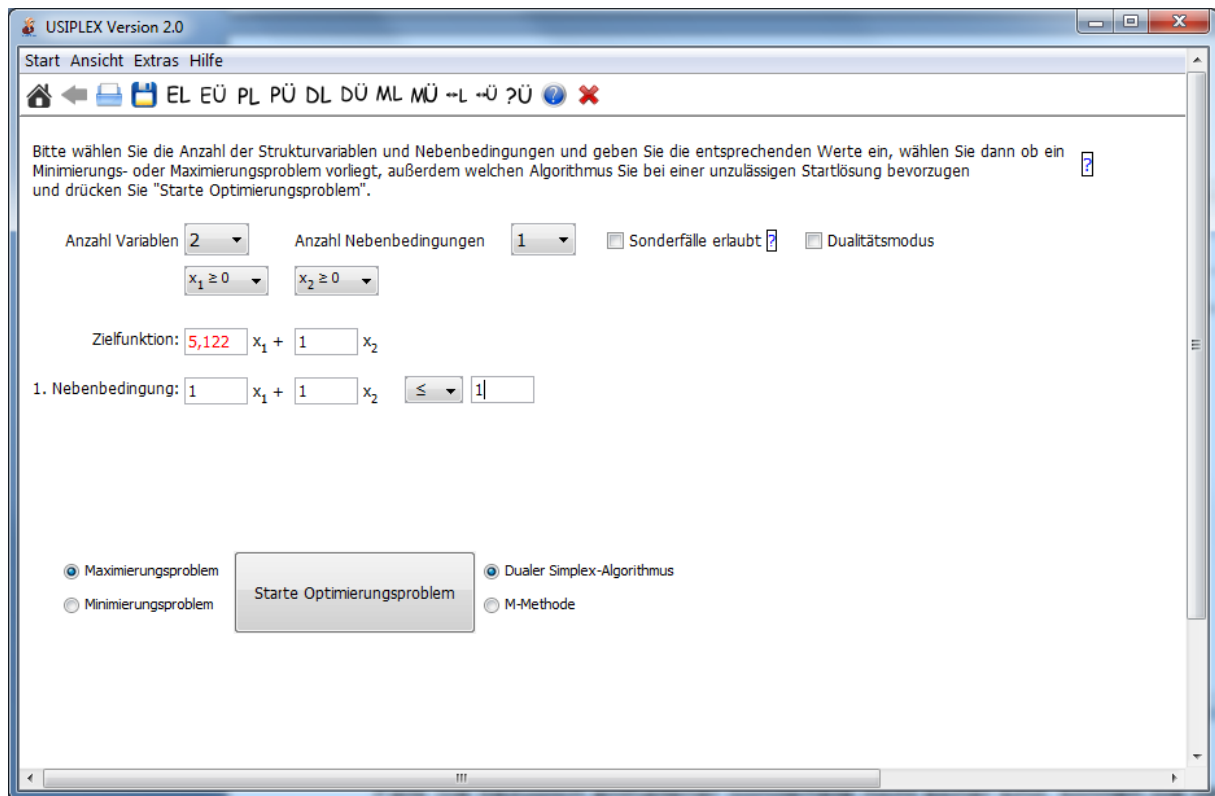
Jede Dezimalzahl wird zudem intern in einen gekürzten Bruch umgewandelt und dann derselben Prüfung unterzogen.

Als Beispiel konvertiert USIPLEX 1,2 in den Bruch „6/5“, was nicht gegen die obige Prüfung verstößt.

Die Dezimalzahl 5,122 wird jedoch in den (gekürzten) Bruch „2561/500“ umgewandelt, wodurch der Zähler nun größer ist als 1000 und somit dieser Wert vom System abgelehnt wird.

Zur Unterstützung korrekter Eingaben wird jeder problematische Inhalt eines Feldes rot markiert, wie exemplarisch in der folgenden Abbildung zu sehen ist:





(Abb. 8)

Falls Sie bezüglich enthaltener Sonderfälle nicht sicher sind, können Sie den Haken bei „Sonderfälle erlaubt“ weglassen. Die Software überprüft Ihre Aufgabenstellung dann auf eine etwaige Unzulässigkeit. Falls Sie dennoch (trotz Sonderfall) fortfahren möchten setzen Sie einfach entsprechend den Haken bei „Sonderfälle erlaubt“.

Bevor Sie nun starten können sollte abschließend noch ausgewählt werden ob ein Minimierungs- oder Maximierungsproblem vorliegt. Anschließend bestätigen Sie die Aufgabenstellung mit „Starte Optimierungsproblem“.

### **Hinweis!**

Auf der obigen Oberfläche sind zudem zwei blau eingefärbte und umrandete Fragezeichen enthalten. Wenn Sie auf eines dieser beiden klicken, öffnen sich in einem externen Fenster Informationen über die Eingabe von Werten (hier wird nochmals erläutert was erlaubt ist und was nicht) oder über Sonderfälle (Erklärung was für Sonderfälle existieren und wie sie erkannt werden können).

## **2.2 Generierung einer Aufgabenstellung für den primalen / dualen Simplex-Algorithmus oder die M-Methode**

Wenn Sie den primalen, dualen Simplex-Algorithmus oder die M-Methode erlernen oder üben möchten und einen der sechs Buttons wählen (siehe bspw. „1. Das Startmenü“), wird eine Aufgabe entsprechend der vordefinierten Größe (Anzahl Variablen und Nebenbedingungen), sowie der Auswahl ob ein Maximierungsproblem vorliegen soll oder nicht, generiert. Abbildung 9 zeigt exemplarisch eine solche Aufgabe.

(Abb. 9)

Erzeugt wird zudem eine Aufgabe ohne Sonderfälle, falls Sie nicht „Sonderfälle erlaubt“ angewählt haben. Ist dieser Haken nicht gesetzt kann ein Sonderfall auftreten, das ist jedoch nicht immer der Fall.

### **Hinweis!**

Der Sonderfall der „redundanten Nebenbedingung“ wird von USIPLEX nicht behandelt. Die restlichen vier Sonderfälle werden beim Lernen (wenn Sonderfälle erlaubt sind) erläutert und beim Üben abgefragt.

Sind Sonderfälle nicht erlaubt, kann eine Aufgabenstellung trotzdem einen Sonderfall beinhalten (das geschieht aus Performancegründen), nämlich eine primale und/oder duale Degeneration. Diese beiden Sonderfälle werden jedoch dann in den Erklärungen ausgeklammert und beim Üben nicht abgefragt.

## **2.3 Generierung einer zufälligen Problemstellung zum Üben**

Wie Sie in Abbildung 10 erkennen können, weicht die Darstellung beim Generieren einer zufälligen Problemstellung kaum von der vorherigen (Abb. 9) ab.

Der wesentliche Unterschied ist, dass nur noch die Anzahl der Nebenbedingung und Strukturvariablen und der Definitionsbereich ausgewählt werden kann.

Ob ein Maximierungs- oder Minimierungsproblem vorliegt oder Sonderfälle enthalten sind, wird zufällig bestimmt. Ihnen ist jedoch überlassen, welchen Algorithmus Sie bevorzugen falls eine unzulässige Startlösung vorliegt.

(Abb. 10)

### 3. Den Simplex-Algorithmus erlernen

#### 3.1 Das Tableau

Nachdem eine Aufgabe eingegeben oder generiert und das Optimierungsproblem gestartet wurde, erhält man die Ansicht in Abbildung 11.

Hier wird zu Beginn das Starttableau angezeigt. Unterhalb des Tableaus finden sich (am Start) die Aufgabenstellung sowie die Erklärung des aktuellen Schrittes.

Über die 6 Buttons kann durch den Algorithmus bzw. die konkrete Aufgabenstellung navigiert werden. Dabei ist es möglich einen Schritt vor und zurück, ein ganzes Tableau vor und zurück oder zum Ende oder Anfang des Algorithmus zu springen.

Entsprechend des Fortschritts werden dann die Erklärungen unterhalb aktualisiert.

USIPLEX Version 2.0

Start Ansicht Extras Hilfe

EL EÜ PL PÜ DL DÜ ML MÜ →L →Ü ?Ü X

BV	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$b_i$
$s_1$	-10	-12	14	14	1	0	0	4
$s_2$	18	6	-10	8	0	1	0	2
$s_3$	-8	-20	16	8	0	0	1	16
F	-16	18	-10	-14	0	0	0	0

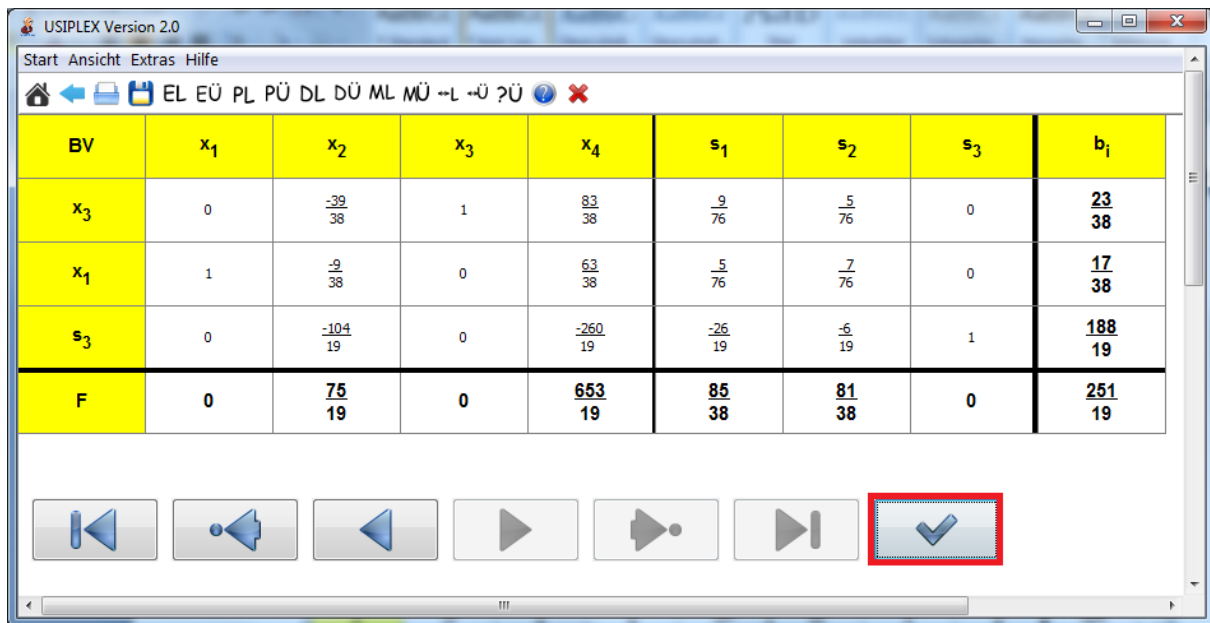
Maximiere  $F = 16x_1 - 18x_2 + 10x_3 + 14x_4$   
 1. Nebenbedingung:  $-10x_1 - 12x_2 + 14x_3 + 14x_4 \leq 4$   
 2. Nebenbedingung:  $-18x_1 - 6x_2 + 10x_3 - 8x_4 \geq -2$   
 3. Nebenbedingung:  $-8x_1 - 20x_2 + 16x_3 + 8x_4 \leq 16$

**Aufgabenstellung in ein Starttableau überführen:**  
 Es gibt 3 mögliche Formen für die Nebenbedingungen:  
 1. Der Simplex-Algorithmus betrachtet grundsätzlich  $\leq$ -Bedingungen die durch Hinzufügen einer Schlupfvariable in Gleichungen umgeformt werden.  
 Jede so entstandene Gleichung wird dann in eine Zeile des Tableaus übernommen, indem die Koeffizienten eingetragen werden.  
 2.  $\geq$ -Bedingungen können durch Multiplikation mit  $-1$  in  $\leq$ -Bedingungen umgeformt werden, der Rest ist wie bei Punkt 1.  
 3.  $=$ -Bedingungen werden in eine  $\leq$ - und eine  $\geq$ -Bedingung aufgeteilt, sie sind dann wie unter Punkt 1 und 2 zu behandeln.  
 Die Koeffizienten einer zu maximierenden Zielfunktion sind in die Zielfunktionszeile (letzte Zeile) des Tableaus zu übernehmen.  
 Sie werden dazu mit  $-1$  multipliziert, die Spalten für nicht-Strukturvariablen sind mit 0 zu füllen.  
[Zusätzliche Informationen zur Überführung in ein Starttableau](#)    [Legende](#)

(Abb. 11)

Weitere Elemente sind die beiden blau hinterlegten Texte „Legende“ und „Zusätzliche Informationen“. Die Legende kann durch Überfahren des Schriftzugs mit dem Mauszeiger aktiviert werden. Sie ist nur sichtbar falls die mathematische Darstellung gewählt wurde, da hier erläutert wird wofür die einzelnen verwendeten Variablen stehen.

Daneben werden an verschiedenen Stellen (per Klick), zusätzliche Informationen zu dem aktuellen Schritt angeboten, die detaillierter auf den Abschnitt des Algorithmus eingehen und Hintergrundinformationen anbieten.



(Abb. 12)

Am Ende des Algorithmus wird ein zusätzlicher Button eingeblendet (siehe rote Markierung in Abbildung 12).

Man gelangt über diesen Button zur Lösungsansicht, die die Belegung aller Variablen und den korrekten, optimalen Zielfunktionswert anzeigt (siehe Abbildung 13).

Um zur vorherigen Ansicht zurückzukehren ist der einzige Button auf dieser Ansicht anzuklicken.

**Lösung:**

$$\begin{aligned}
 x_1 &= 17/38 & s_1 &= 0 \\
 x_2 &= 0 & s_2 &= 0 \\
 x_3 &= 23/38 & s_3 &= 188/19 \\
 x_4 &= 0
 \end{aligned}$$

$$F = 16 \cdot (17/38) + (-18) \cdot 0 + 10 \cdot (23/38) + 14 \cdot 0 = 251/19$$

**Erklärung:**

Für jede Variable die in der Basis ist (erste Spalte), wird der Wert aus der  $b_i$ -Spalte übernommen. Jede nicht-Basisvariable besitzt den Wert 0. Der optimale Zielfunktionswert lässt sich im letzten Feld der Zielfunktionszeile ablesen, er ist zudem durch Einsetzen der Werte der Strukturvariablen in die Zielfunktion zu ermitteln.

(Abb. 13)

### 3.2 Die Grafik

Liegt eine Problemstellung für zwei Strukturvariablen vor, ermöglicht USIPLEX eine grafische Repräsentation (siehe Abbildung 14).

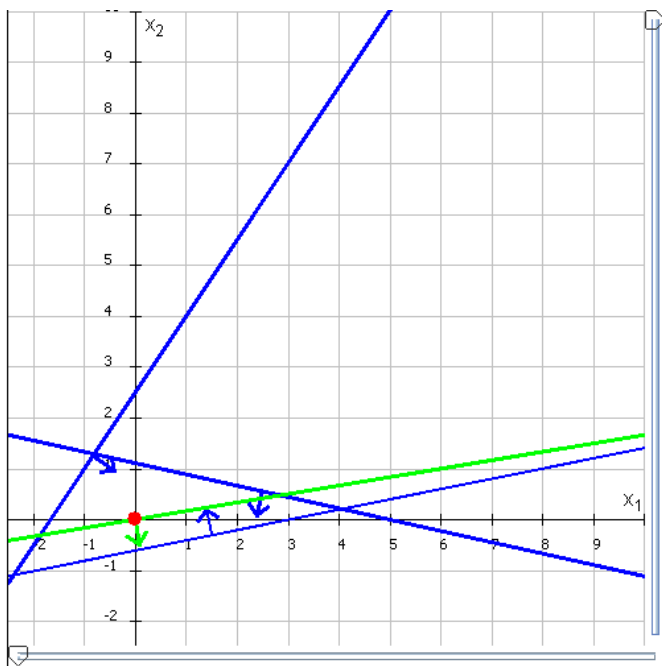
Es werden sämtliche Nebenbedingungen sowie die Zielfunktion eingezeichnet, die Pfeile kennzeichnen hierbei die Richtung in die der gültige Bereich der Nebenbedingungen verläuft bzw. in die der Zielfunktionswert optimiert wird.

Der rote Punkt stellt die aktuelle Basislösung dar, er wird während dem Algorithmus aktualisiert. Am Ende des Algorithmus (sofern es eine optimale Lösung gibt), wird zudem eine parallel zur Zielfunktion verschobene, gestrichelte Gerade angezeigt (s. Abb. 15).

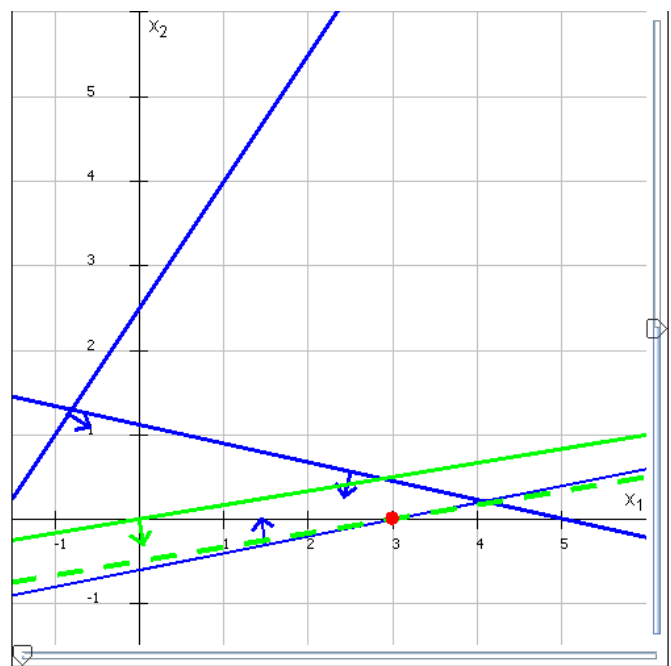
Über den Schieberegler unterhalb der Grafik, kann die Darstellung skaliert werden, sodass ein größerer Bereich im Koordinatensystem abgebildet wird. Der zweite Regler (rechts) zoomt bei Bedarf näher an den Ursprung heran, da sich hier häufig Nebenbedingungen und Zielfunktion überlagern.

Der Button unterhalb des Reglers ermöglicht das Öffnen der Grafik in einem externen Fenster um sie ggf. detaillierter betrachten zu können.

Das Fragezeichen bietet wie gewohnt einige Zusatzinformationen über die grafische Darstellung eines Maximierungsproblems und wie diese zu bewerkstelligen ist.



(Abb. 14)



(Abb. 15)

### 4. Den Simplex-Algorithmus üben

Hier gelten nun (nahezu) Prüfungsbedingungen.

Wie in der nachfolgenden Abbildung zu sehen ist, wird nur noch der „Rahmen“, also das Tableau ohne die Werte angeboten. Der Nutzer muss selbst die einzelnen

Schritte lösen. Liegt er richtig, kommt er zum nächsten Schritt, falls nicht, erhält er eine entsprechende Fehlermeldung, die falschen Zellen des Tableaus werden darüber hinaus rot markiert.

Die Eingabe der Werte erfolgt analog zu 2.1. Es gibt aber natürlich keine Beschränkung des Zählers oder Nenners von Brüchen. Zu beachten ist lediglich, dass nur 5 Dezimalstellen einer Dezimalzahl eingegeben werden dürfen, sollte es mehr geben ist entsprechend mathematisch zu runden.

### Hinweis!

Falls Sie mit der Dezimaldarstellung arbeiten, zeigt USIPLEX Ihnen u. U. gerundete Werte an, rechnet jedoch intern genau. Ihre Eingaben werden dann insofern mit den Werten der Software verglichen, als dass die genauen Werte ebenfalls gerundet werden. Es kann hierbei aber zu Ungenauigkeiten kommen, mit der Folge, dass der gerundete genaue Wert von Ihrem Wert abweicht, da Sie zur Bestimmung eventuell schon gerundete Werte genutzt haben. Sollte das einmal der Fall sein und Sie glauben Sie haben die Werte korrekt ermittelt, dann stellen Sie für diesen Schritt auf Bruchdarstellung um und rechnen bitte mit den genauen Werten, das sollte das Problem beheben.

USIPLEX Version 2.0

Start Ansicht Extras Hilfe

EL EÜ PL PÜ DL DÜ ML MÜ →L →Ü ?Ü

BV	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$s_1$	$b_i$
$s_1$					
F					

Maximiere  $F = 4x_1 - 18x_2 - 20x_3$

1. Nebenbedingung:  $6x_1 + 20x_2 + 10x_3 \leq 6$

So funktioniert es:  
 Füllen Sie jede Zelle des Tableaus entsprechend der Aufgabenstellung aus.  
 Verwenden Sie dafür nach beliebigen Dezimalzahlen mit maximal 5 Nachkommastellen (bitte mathematisch runden)  
 oder Brüche in der Form "a/b" wobei a und b ganze Zahlen sind.  
**Achtung!** Falls Sie mit der Dezimaldarstellung statt der Bruchdarstellung üben möchten können Rundungsfehler auftreten,  
 da das System intern mit den genauen Werten rechnet und diese dann rundet und mit Ihren Eingaben vergleicht. Es kann vorkommen,  
 dass das System Ihre Lösung als falsch kennzeichnet obwohl sie korrekt gerechnet haben, da Rundungsunterschiede entstanden sind.  
 In diesem Fall sollten sie in diesem Schritt mit den genauen Werten rechnen.

Sind in den folgenden Schritte nicht für alle Zellen Werte zu ermitteln, da irgendwelche Voraussetzungen nicht erfüllt sind,  
 sind diese Felder stets leer zu lassen.

Falls Sie glauben, dass der Algorithmus abgeschlossen ist drücken Sie "Fertig".

Für die Eingabe der Werte in das Starttableau gilt, dass die Nebenbedingung in der Reihenfolge der Aufgabenstellung in das Tableau eingetragen werden müssen.  
 Bei =-Bedingungen wird als erstes die ≤-Bedingung (die nicht in eine solche transformiert werden musste) in das Tableau eingetragen.

(Abb. 16)

Der Button rechts (Zielflagge in Abb. 16) muss gedrückt werden, falls der User meint, der Algorithmus ist an dieser Stelle beendet. Falls er richtig liegt, erhält er eine entsprechende Maske für die Lösung (Eingabe der Variablenbelegung und des optimalen Zielfunktionswertes, s. Abb. 17). War er zu voreilig, erhält er eine Meldung darüber, dass der Algorithmus noch nicht beendet ist.

USIPLEX Version 2.0

Start Ansicht Extras Hilfe

EL EÜ PL PÜ DL DÜ ML MÜ →L →Ü ?Ü

BV	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$s_1$	$b_i$
$x_1$	1	20/6	10/6	1/6	1
F	0	31,3333	26,6667	2/3	4

Bitte füllen Sie alle Felder aus.

$x_1 =$  
 $s_1 =$

$x_2 =$

$x_3 =$

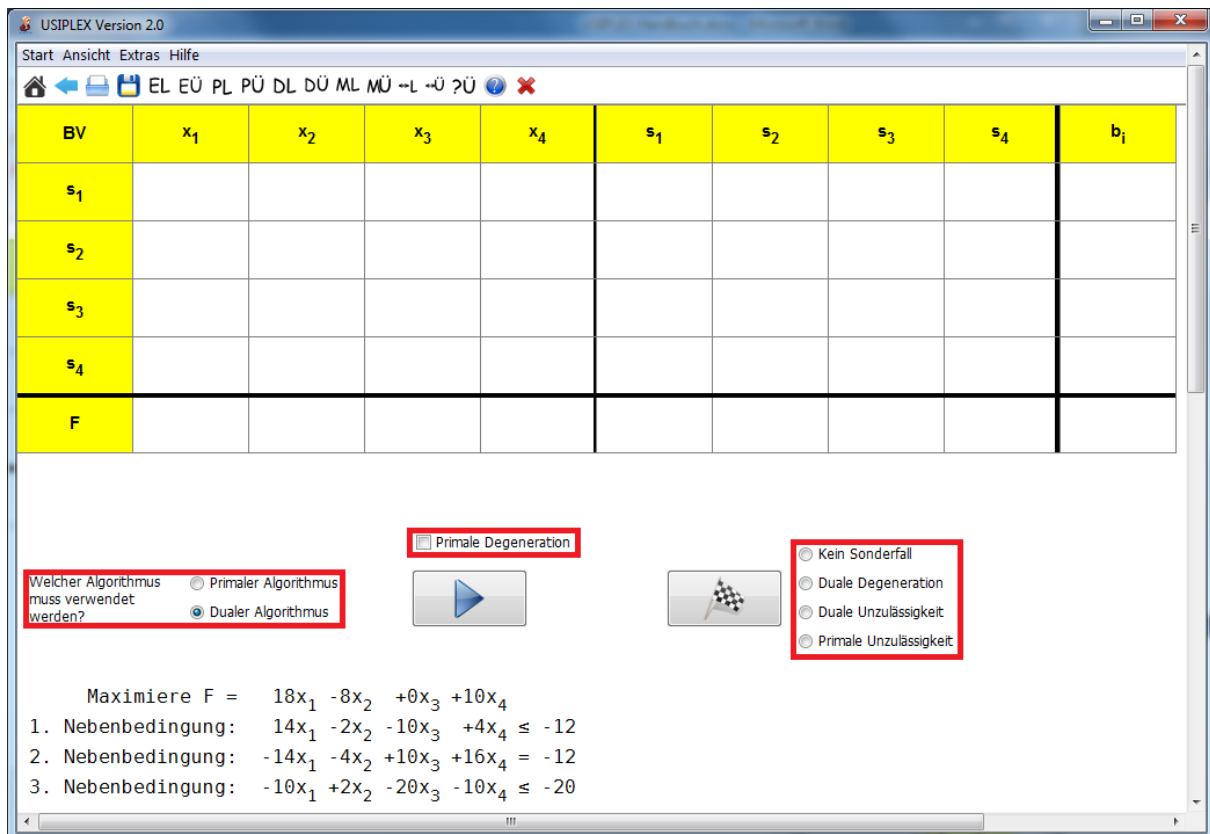
$F = 4 \cdot$    $+ (-18) \cdot$    $+ (-20) \cdot$    $=$

(Abb. 17)

### Hinweis!

Möchten Sie mit einer eigenen, dualen oder zufälligen Aufgabenstellung üben, müssen Sie den korrekten Algorithmus auswählen. Falls Sie zudem vor dem Üben ausgewählt haben, dass Sonderfälle erlaubt sind, gibt es weitere Auswahlmöglichkeiten, die abgefragt werden (siehe rote Markierungen in Abb. 18). Während des primalen Algorithmus muss angegeben werden ob eine primale Degeneration vorliegt oder nicht (das wird beim Starttableau oder bei den Zwischentableaus geprüft, da nur hier neue Basislösungen erzeugt werden). Wenn der „Ende-Button“ gedrückt wird, muss die korrekte der vier Optionen neben diesem Button ausgewählt werden.



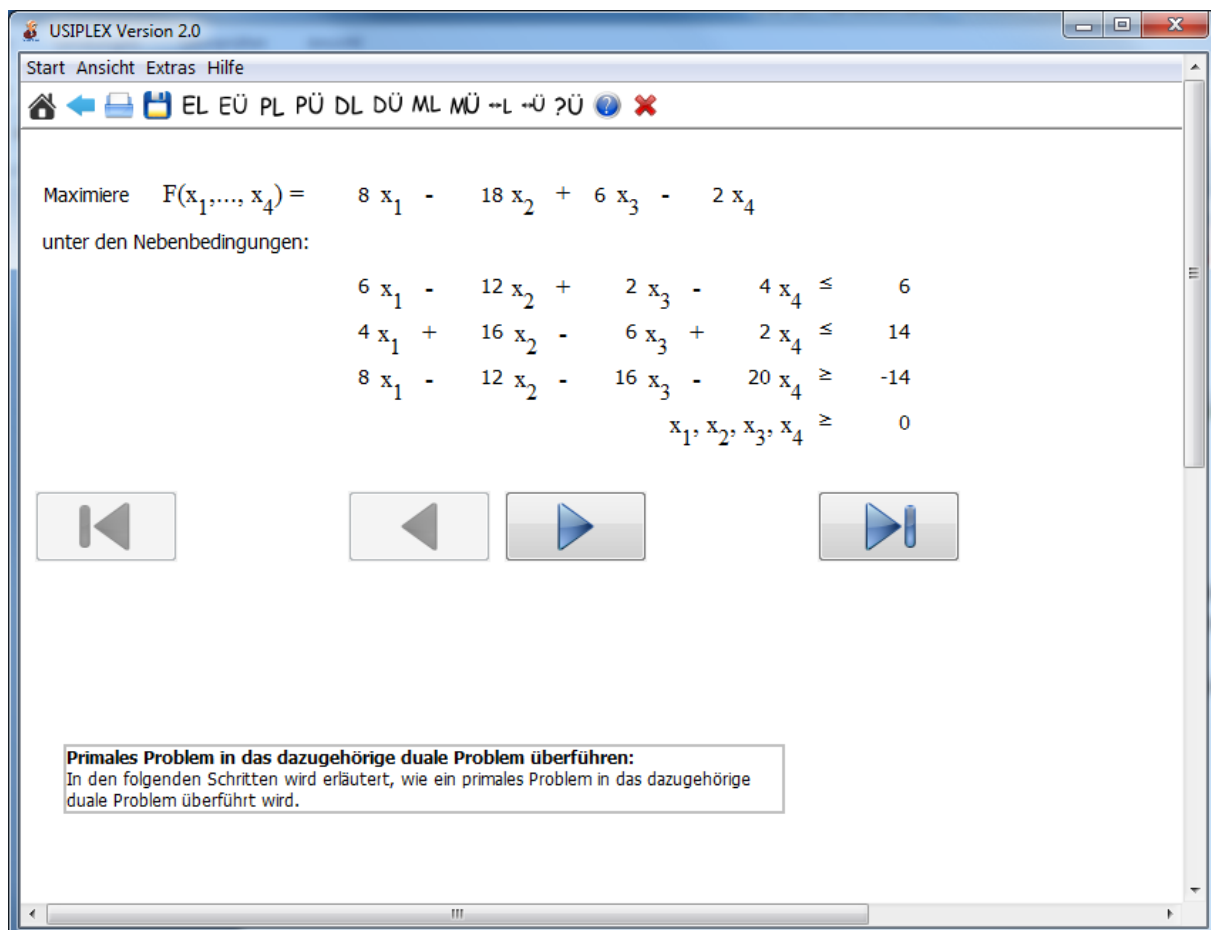


(Abb. 18)

## 5. Dualität erlernen

Haben Sie den Dualitätsmodus gewählt, können Sie wie gewohnt eine Größe definieren und eine Aufgabe generieren lassen oder aber selbst eine eingeben über „Mit eigener Aufgabenstellung lernen“.

Sie gelangen nach dem Starten in die Ansicht, die Abbildung 19 beispielhaft zeigt. Hier wird zunächst die ausgewählte Aufgabenstellung (das primale Problem) dargestellt. Das soll zunächst in eine vordefinierte Form überführt werden, sodass die Dualitätsregeln direkt im Anschluss angewandt werden können.

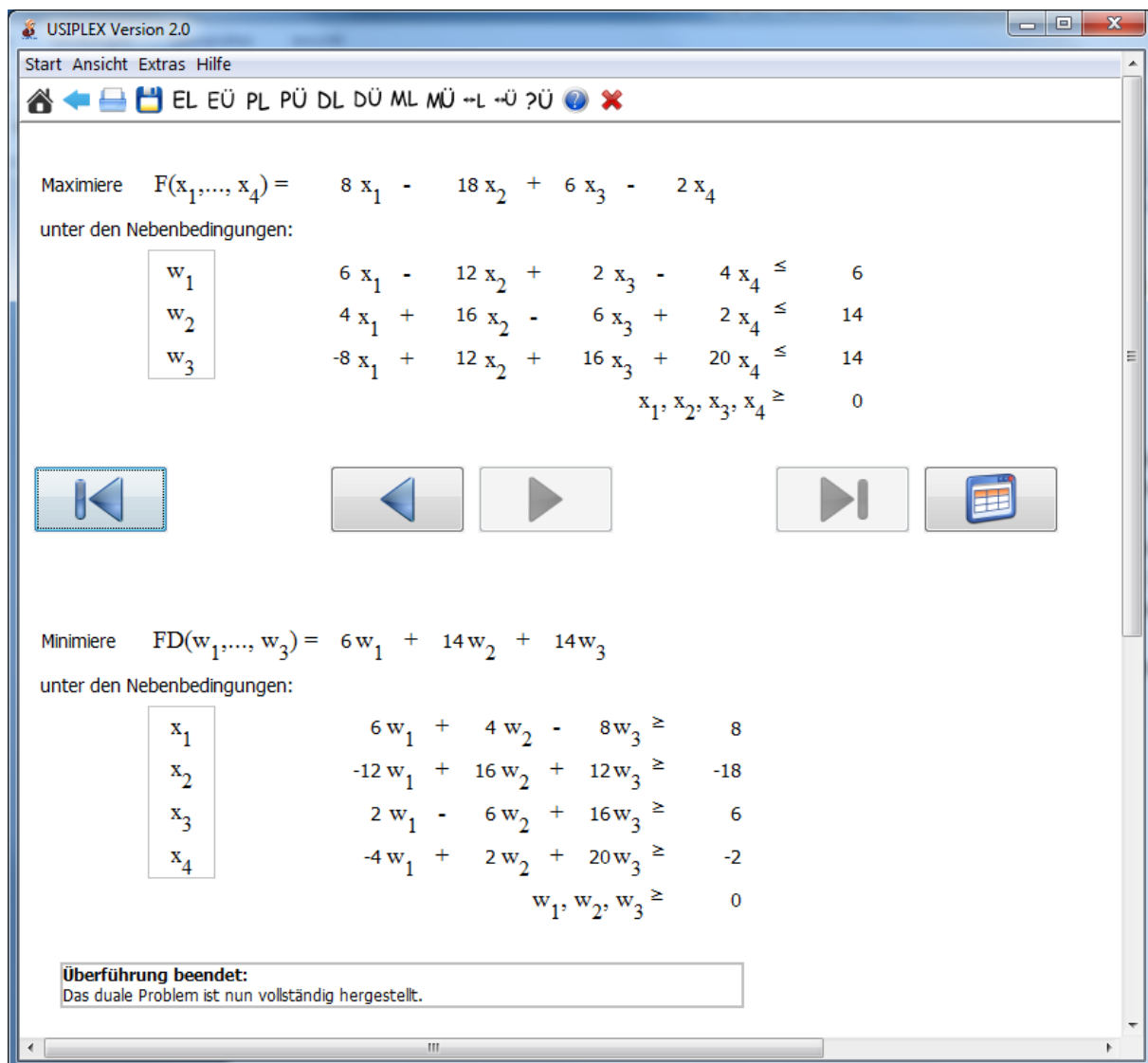


(Abb. 19)

Am Ende der Umformung in das duale Problem erhalten Sie die Ansicht aus Abbildung 20.

Über den neuen Button rechts können Sie nun in die Tableauansicht wechseln, wo das Problem mit den bekannten Algorithmen gelöst werden soll.

Falls Sie an dieser Stelle kein Interesse haben die Algorithmen detailliert erklärt zu bekommen, können Sie diesen auch wie gewohnt mit einem Klick auf den rechten Button „Zum Ende des Algorithmus springen“ überspringen. Es erscheint ein weiterer Button mit einem Pfeil, der Sie in die nächste Ansicht bringt.



(Abb. 20)

Die nachfolgende Abbildung 21 stellt die zweite Maske für den Dualitätsmodus dar und erscheint nachdem der Lösungsalgorithmus beendet wurde.

Hier werden Ihnen nun Schritt für Schritt die Rückschlüsse auf die Lösung des primalen Problems erläutert.

Am Ende gelangen Sie wiederum über den Button mit dem Pfeil in die abschließende Ansicht. Es muss ein lineares Gleichungssystem mit dem Gaußalgorithmus gelöst werden, auch dieser wird Ihnen dann erklärt.

Abschließend erhalten Sie eine Übersicht über die komplette Variablenbelegung, sowie den optimalen Zielfunktionswert des primalen Problems.

USIPLEX Version 2.0

Start Ansicht Extras Hilfe

EL EÜ PL PÜ DL DÜ ML MÜ →L →Ü ?Ü

**Primales Problem:**

Maximiere  $F(x_1, \dots, x_4) = 8x_1 - 18x_2 + 6x_3 - 2x_4$

unter den Nebenbedingungen:

$w_1$	$6x_1 - 12x_2 + 2x_3 - 4x_4 \leq 6$
$w_2$	$4x_1 + 16x_2 - 6x_3 + 2x_4 \leq 14$
$w_3$	$-8x_1 + 12x_2 + 16x_3 + 20x_4 \leq 14$
	$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$

**Duales Problem:**

Minimiere  $FD(w_1, \dots, w_3) = 6w_1 + 14w_2 + 14w_3$

unter den Nebenbedingungen:

$x_1$	$6w_1 + 4w_2 - 8w_3 \geq 8$
$x_2$	$-12w_1 + 16w_2 + 12w_3 \geq -18$
$x_3$	$2w_1 - 6w_2 + 16w_3 \geq 6$
$x_4$	$-4w_1 + 2w_2 + 20w_3 \geq -2$
	$w_1, w_2, w_3 \geq 0$

**Lösungen aus dem Tableau:**  $w_1^* = 18/11$ ,  $w_2^* = 0$ ,  $w_3^* = 5/22$

⏮

⏪

⏩

⏭

**Rückschlüsse von der Lösung des dualen Problems auf die Lösung des primalen Problems ziehen:**

In den nachfolgenden Schritten werden, mithilfe der gegebenen Lösungen aus dem Tableau und den Aufgabenstellungen des primalen und dualen Problems, Schlussfolgerungen auf die Werte, der noch unbekannten Variablen, getroffen.

(Abb. 21)

## 6. Dualität üben

Analog zum Lernen verhält sich das Üben im Dualitätsmodus.

Wie bekannt müssen Sie hier die notwendigen Schritte ausführen, die vom System kontrolliert werden.

Um ausschließlich die Aspekte der Dualität üben zu können und nicht jedes Mal einen kompletten Lösungsalgorithmus mit üben zu müssen, wurde ein Button hinzugefügt, der den Lösungsalgorithmus überspringt und direkt die Maske für die Rückschlüsse öffnet.