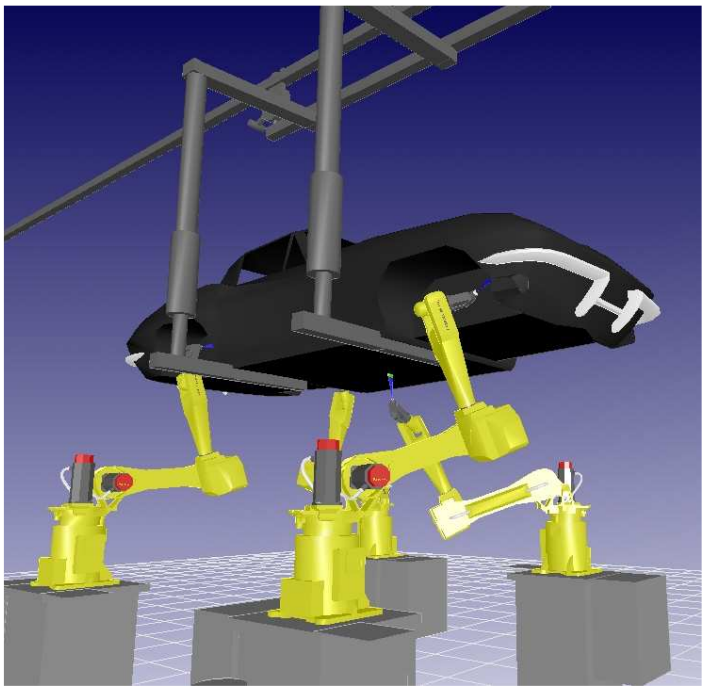
Die neue Version

EASY-ROB™ V4.603



November 2007

Version 1.0

EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

EASY-ROB™

Inhaltsverzeichnis

EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

EASY-ROB™ V4.603

Das neue EASY-ROB™ V4.6

Die neue EASY-ROB™ Version 4.6 birgt jede Menge Neuerungen in sich. Die Größte davon ist die Möglichkeit mehrere Roboter und Kinematiken (Devices bzw. Geräte) synchronisiert und gleichzeitig zu bewegen. Diese neue Option hat den Namen „Multi-Program“ erhalten, was ausdrücken soll, dass jeder Roboter bzw. jedes Gerät ein eigenes Programm hat. Die Programme werden quasiparallel ausgeführt und können über I/O-Variablen miteinander kommunizieren. Die Syntax der Programme hat sich dabei nicht geändert, so dass der EASY-ROB™ Benutzer wie gewohnt ERPL-/ERCL-Programme erstellen und vorhandene weiterhin nutzen kann. Die Implementierung von Multi-Program hatte tief greifende Änderungen der internen Architektur zur Folge. Ein Grund, warum für das Erscheinen von EASY-ROB V4.6 etwas mehr Zeit erforderlich war.

Um den Wunsch nach erhöhter Performance Rechnung zu tragen, wurde das „Mergen“ von geladenen CAD Geometrien stark vereinfacht. Das passiert jetzt auf Knopfdruck und schon sind alle Geometrien mit der so genannten „bad condition“ für die Visualisierung optimiert. Hierbei werden Objekte mit gleicher Farbe zu einem Objekt zusammengefasst. Das vergrößert die Polygon- und Vertex-Ketten erheblich und reduziert so den Datenaustausch mit der Grafikkarte drastisch.

Verbesserungen in den einzelnen Dialogen sowie neue ERPL- und ERCL- Kommandos sind im Abschnitt „2. Neue Funktionen“ weiter unten beschrieben.

Verbessert wurde auch das „Visual File Interface“, ein Dialog zum Auswählen von Arbeitszellen und Robotern. Der Dialog beinhaltet nun auch eine einfache Möglichkeit einen Bitmap-Screenshot („Capture Image“) zu erstellen, der dann Arbeitszelle/Roboter mit einem Bild hinterlegt. Zudem kann in einer Informationsdatei, die zur Zelle gehört, entsprechender Text zum Projekt abgelegt werden.

Damit Sie mit EASY-ROB™ optimal arbeiten, keine Zeit vergeuden und sehr flexible verschiedene Szenarien durchspielen können ist die richtige Vorgehensweise sehr entscheidend. Lesen sie im Abschnitt „5. Erfolgreich Zellen planen“ mehr dazu.

Für Ihre Anregungen und Verbesserungsvorschläge bedanken wir uns schon jetzt bei Ihnen.

Vielen Dank

Stefan Anton

EASY-ROB
3D Robot Simulation Tool

EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

I. Allgemeines

EASY-ROB™, Windows Vista, Dual- und Quad-Core Prozessoren

Auf Grund der permanent wachsenden Anforderungen an die Rechnerleistung, ist sowohl die Hardware mit dem dazugehörigen Betriebssystem einer ständigen Weiterentwicklung unterworfen. Die Bandbreite dabei ist groß und macht auch vor tief greifenden Änderungen im System nicht halt.

Für den einwandfreien Betrieb von EASY-ROB™ auf den Betriebssystemen der Firma von Microsoft (Windows XP und Vista Business) sind auch neue DLL's (Dynamic Link Libraries) der Microsoft Foundation Class (MFC) der Version 8 erforderlich.

EASY-ROB™ V4.6 wurde mit der aktuellsten Version von Visual Studio 2005 erstellt und benötigt das Service Pack 1 für alle verwendeten DLL's der MFC.

Die erforderlichen DLL's „System MFC Dll Version 8.0 SP1" stehen als Zip-Datei "mfc-dlls-80-SP1.zip" (1.6 mb) im Downloadbereich „Software & Updates" bereit.

Link: http://www.easy-rob.com/download/easy-rob/software-updates.html

Die Zip-Datei ist in dem Verzeichnis zu extrahieren, indem sich die Datei „easyrobw.exe" befindet.
Bei einer Standard-Installation: „C:/Programme/EASY-ROB/EASY-ROB".

Siehe auch Datei: „Readme_mfc-dlls-80-SP1.txt"

Erfahrungen mit der Windows Vista Business Version sind bisher überraschend positiv verlaufen. Bisher läuft EASY-ROB™ einwandfrei, was auch die OpenGL™ Visualisierung betrifft. Aussagen über Performance im Vergleich zu Windows XP, was OpenGL™ vollständig unterstützt, können wir derzeit noch nicht machen. Es ließ sich allerdings kein signifikanter Performanceverlust ausmachen. Letztlich hängt viel von der CPU, der Grafikkarte und den verfügbaren Ressourcen wie Speicher (RAM) ab.

Insofern empfehlen wir wie zuvor die Investition in eine Grafikkarte mit nVidia Chip und mindestens 250 MB Speicher, sowie in mindestens 2 GB Arbeitsspeicher. Die Leistungsfähigkeit der Prozessoren mit Dual- oder gar Quad-Core und die Kapazität der Festplatten sind bei Standard-Rechnern in der Regel völlig ausreichend.

Was sich für die Arbeit als richtig vorteilhaft herausgestellt hat, ist die Verwendung eines 22 Zoll Monitors mit einer Auflösung von 1650 x 1050 Pixel. Wegen der fantastischen Breite können die Dialoge elegant zur Seite geschoben werden und die sichtbare 3-D Szene hat immer noch genügend Platz.

EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

1. Multi-Program

Mit EASY-ROB™ V4.6 und der neuen Option „Multi-Program“ lassen sich mehrere Roboter und Kinematiken synchronisiert und gleichzeitig bewegen. Eine seit langer Zeit gewünschte Funktionalität, die nun realisiert ist. „Multi-Program“ erlaubt es große und komplexe Zellen aufzubauen. Hierbei lassen sich Roboter verschiedener Hersteller und eigene benutzerdefinierte Kinematiken bzw. Geräte, beispielsweise Greifer, in einer Zelle nebeneinander simulieren.

„Multi-Program“ ist eine sinnvolle Ergänzung zur EASY-ROB™ Single- oder zur Multi-Robot Version.

Roboter synchronisiert und gleichzeitig bewegen

In der Anwendung bleibt für den Bediener fast alles beim Alten. Er benutzt das TeachWindow, um für einen aktuellen Roboter ein Programm zu erzeugen. Im Unterschied zur Vorgängerversion kann er zusätzlich Programme für weitere Roboter, Conveyor, Positionierer, diverse Zuführeinheiten oder Greifer erstellen, die in der Zelle geladen sind. Wichtig ist, dass jedes Programm eindeutig einem Roboter zugewiesen wird. Die Programmsyntax (ERPL/ERCL) bleibt unverändert, so dass bestehende Programme bzw. „alte“ Zellen in der neuen Version unverändert lauffähig sind. Die maximale Anzahl der quasiparallel laufenden Programme ist auf die Anzahl der in der Zelle geladen Roboter begrenzt, die pro Arbeitszelle beliebig sein kann.

Im Teach Window werden die Programme jedes Roboters verwaltet, so dass schnell von einem ins andere Programm gewechselt werden kann. Siehe hierzu auch Abschnitt „2.2 Im Teach Window“.

Wie funktioniert „Multi-Program“?

Ziel ist es ein deterministisches Verhalten der Simulation zu erreichen. Insofern sind wir vom ursprünglichen Ansatz jeweils einen Thread pro Roboter zu erzeugen abgewichen. Dies hätte einen unnötigen Overhead für die Synchronisation der Threads bedeutet. Zu dem waren unsere Thread-Erfahrungen beim Verhalten auf Dual- / Quad-Core Prozessoren sowie das Zusammenspiel mit Grafikkarten nicht überzeugend. Hier gab es zu viele Seiteneffekte.

Als Ergebnis werden nun alle Roboter nacheinander in einem festen Zeitraster durchgerechnet und am Schluss die 3-D Szene in OpenGL™ dargestellt. Das Zeitraster wird durch die Simulationsschrittweite „Sim_Step“ bestimmt. Zum Zeitpunkt t = 0 hat jedes Programm die Möglichkeit Initialisierungen durchzuführen, das heißt jedes Programm simuliert bis zum ’neuen’ Befehl „EndInit“. Nur so ist das Laufzeitverhalten der Simulation deterministisch und unabhängig von der Reihenfolge der Roboter, welche sich im Kinematics Window festlegen lässt. Jedes Roboter-Programm berechnet also bis zu einem global vorgegeben Zeitpunkt t = n * SIM_STEP die Zustände (Achswerte, kartesische Positionen, etc.) des Roboters. Sind sämtliche Zustände eines jeden Roboters berechnet erfolgt das grafische Update, was die Darstellung der 3-D Szene zur Folge hat. Befehle die keine Zeit benötigen, wie „SPEED_CP“ oder „ERC TRACK ON“ werden unmittelbar ausgeführt. Befehle wie „MOVE tag“ sind Zeitbefehle und werden scheibchenweise abgearbeitet.

Der vorhandene Formel-Parser erlaubt es eigene Variablen zu definieren, die global sind. Diese Variablen dienen als I/O-Variablen und zur Synchronisation der Roboterbewegungen. Neue Befehle wie „Wait_Until_Signal_Set“ sollen die Synchronisation und Kommunikation vereinfachen.

Im den folgenden Abschnitten sind die neuen Funktionen detailliert erläutert.

EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

2. Neue Funktionen

2.1 CAD Optimierung (merge)

1-2 Millionen Polygone pro Arbeitszelle sind der Standard heutzutage und sollen sich noch ruckelfrei bewegen lassen, eine „bessere“ Grafikkarte vorausgesetzt.

Um eine Simulation mit einem derartigen Detaillierungsgrad ruckelfrei visualisieren zu können, werden CAD Daten mit hoher Anzahl von Polygonen direkt in den Speicher (VRAM) der Grafikkarte geladen. OpenGL™ unterstützt diese Anforderung mit Vertex Buffer Objects (VBOs) ab der Version 1.5.

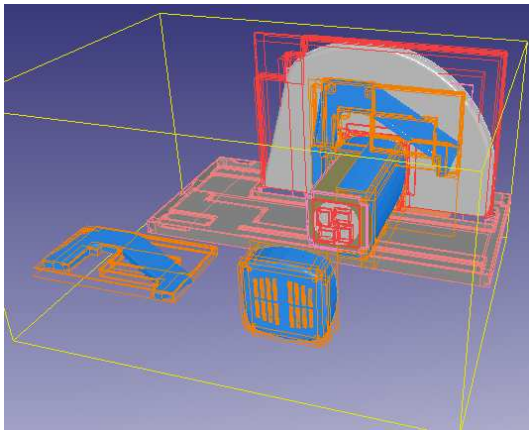
Zu unserem Nachteil sind die CAD Daten sehr unterschiedlich aufgebaut und besitzen oft viele Objekte, wobei jedes Objekt eine nur geringe Anzahl von Polygonen hat. Wir bezeichnen diesen Zustand als „bad condition“. In diesem Fall entsteht eine hohe Kommunikation mit der Grafikkarte, was extreme Performanceeinbußen zur Folge hat.

Dafür gibt es nun die „Merge-Funktion“ auf Knopfdruck. Das „mergen“ wird ab der Version 4.6 direkt in der Arbeitszelle durchgeführt und nicht mehr in der CAD Preview. Beim „mergen“ wird geprüft wie viele Polygone pro Objekt und wie viele Objekte vorliegen. Anhand dieser Information wird bestimmt, ob das Bauteil in einem guten oder schlechten Zustand ist.

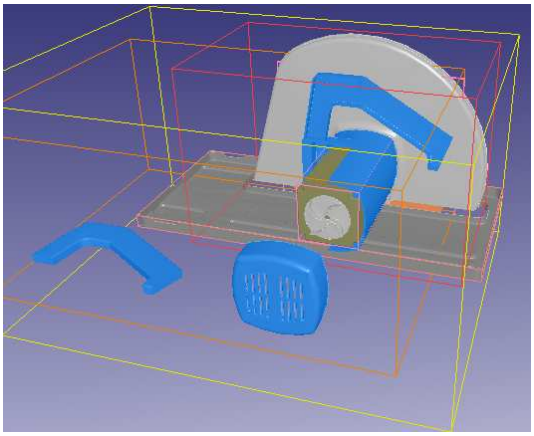
Objekte gleicher Farbe werden zu einem neuen Objekt zusammengefasst, d.h. so erhält man weniger Objekte – daraus folgt bessere Performance auch beim Kollisions-Check.

Beim „mergen“ auf Knopfdruck wird das originale Bauteil überschrieben und kann mit mittels „Reload“ neu geladen werden.

Die folgenden zwei Bilder zeigen ein Bauteil im originalen und optimierten Zustand. Zur Veranschaulichung sind die bounded Boxes dargestellt. Die Anzahl der Objekte hat sich von 976 auf 5 reduziert und die durchschnittliche Länge der Polygonketten von 38 auf 5877 drastisch erhöht.



976 Objekte, 29386 Polygone, 38 Polygons/Objekt
→ CAD model in bad condition



5 Objekte, 29386 Polygone, 5877 Polygons/Objekt
→ CAD model in good condition

EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

2.2 Im Teach Window

Neuer Programmrumpf

Entsprechend der neuen Funktionalitäten für Multi-Program wird beim Erzeugen eines neuen Programms (New) jetzt ein neuer erweiterter Programmrumpf automatisch eingefügt.

Dieser beinhaltet eine neue Sektion für die „nicht-Zeit-beeinflussenden“ Kommandos, die zuerst (Zeitpunkt t=0) für alle Programme ausgeführt wird, bevor die Bewegungen abgearbeitet werden.

Beispiel:

```
ProgramFile
! cRobot 'AX-V6'
! below section is called once at t=0
! add Initialization commands here
EndInit
! below section is called at t>0
! add new ERPL / ERCL commands here
call my_fct_name()
EndProgramFile

fct my_fct_name()
endfct
```

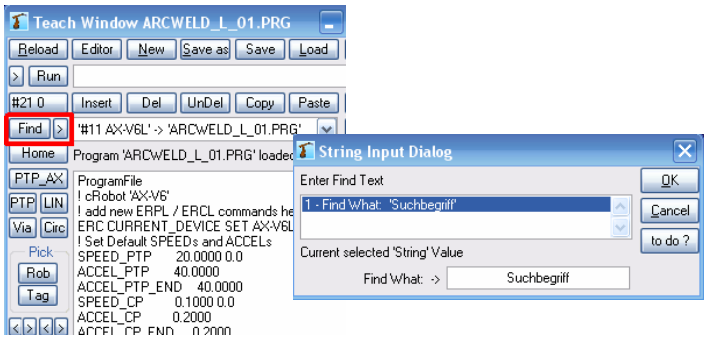
Save As – Speichern der Programme

Wird im Teach Window ein neues Programm für einen Roboter mit „Save As“ abgespeichert, so schlägt EASY-ROB™ als Programmname die Kombination Arbeitszellenname + Robotername vor. (Zellname-Robotername.prg)

Find What / Find Next – Suchen im Teach Window

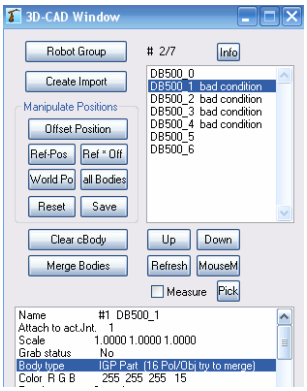
Mit der neuen Suchfunktion „Find What“ kann im Programm nach einem Ausdruck gesucht werden.

Mit „Find Next“ wird zur nächsten Position des Ausdrucks gesprungen, wenn er mehrfach vorkommt.



EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

2.3 Im 3D CAD Window



Attribute Body type

Das Attribut „Body type“ zeigt neben dem Typ jetzt auch den Zustand an und schlägt ggf. vor das Bauteil zu „mergen“.

Beispiel:
"Body type ... IGP Part (480 Pol/Obj OK)"
oder
"Body type ... IGP Part (16 Pol/Obj try to merge)"

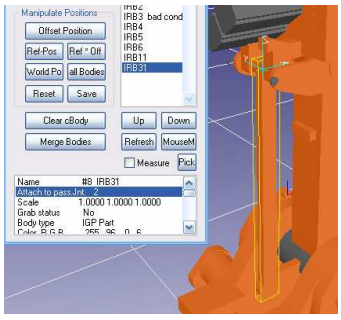
Per Doppelklick in der Liste oder dem Button „Info“ werden detaillierte Information zum Bauteil angezeigt werden.

Merge Bodies

Mit der „Merge-Funktion“ wird die interne Struktur des Bauteils neu geordnet, was die Grafikperformance erheblich verbessert. Die Funktion hat überschreibende Wirkung.

Obwohl das „mergen“ jetzt in der Arbeitszelle stattfindet – und nicht mehr in CAD Preview - ist ein „Reload“ erforderlich.

Attribute Attach to act./pass. Jnt.



CAD – Geometrien sind entweder aktiven oder passiven Achsen der Kinematik zugeordnet. Diese Zuordnungsnummer wird bei den Attributen "Attach to pass. Jnt." nun deutlicher angezeigt.

Bei der Zuordnung zu passiven Achsen werden wie bei den aktiven Achsen die Zuordnungsnummer zwischen 1 und 12 angezeigt und nicht zwischen 13 und 24, was oft in die Irre führte.

EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

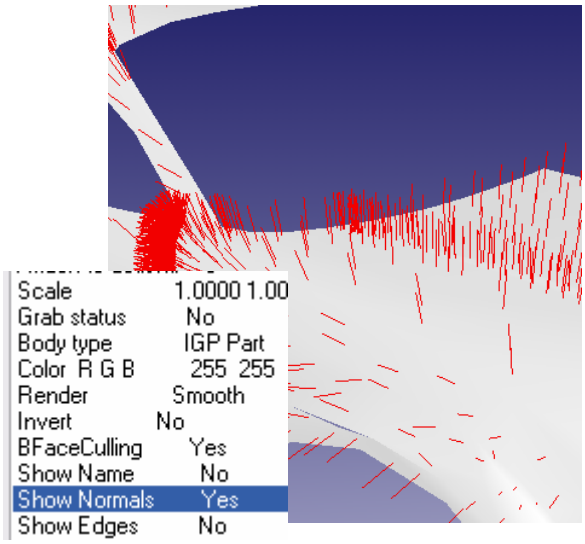
2.4 Im 3D CAD Window

Attribute Show Normals

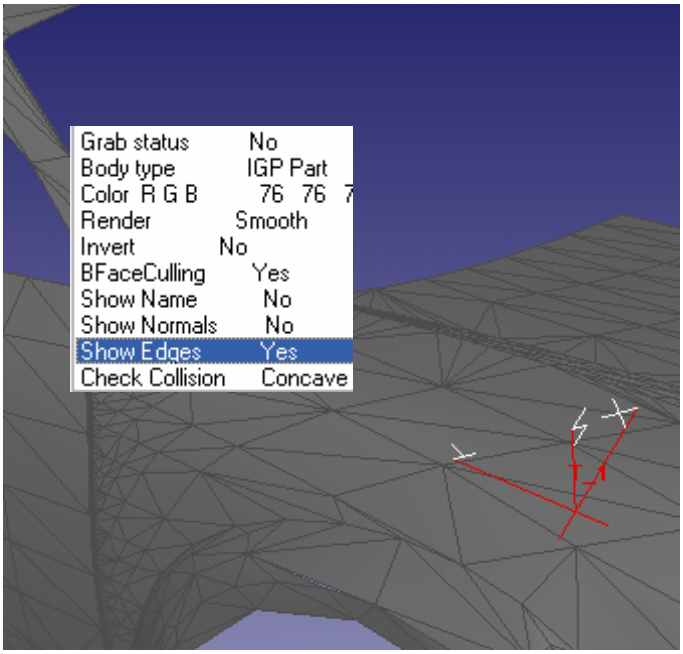
Um die Platzierung von Tagpunkten zu vereinfachen, können jetzt die Normalen jeder Teilfläche manuell angezeigt werden.

Mittels Doppelklick auf "Show Normals" im

Eigenschaftsfenster des 3D CAD Windows können die Normalen für jedes Part geschaltet werden.



Attribute Show Edges



Wie auch die Funktion „Show Normals“ vereinfacht die Funktion „Show Edges“ die Platzierung von Tagpunkten auf den „Dreiecken“.

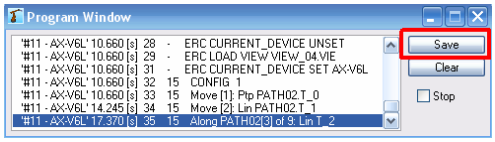
Mittels Doppelklick auf "Show Edges" im Eigenschaftsfenster des 3D CAD Windows können die Edges für jedes Part geschaltet werden.

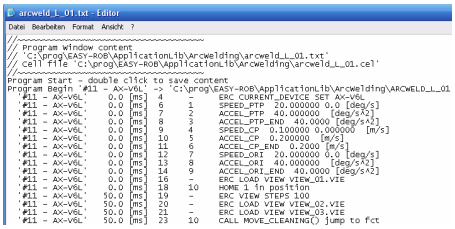
EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

2.5 Im Program Window

Im Program Window werden alle während der Simulation ausgeführten Befehle mit Zeitstempel, Robotername und –Index angezeigt. Es wurde im Wesentlichen um zwei Funktionen erweitert.

1.
Mit dem „Save-Button“ kann der Bediener nun den Inhalt des Program Windows für z.B. Informationszwecke oder zur Analyse abspeichern.
Der Inhalt wird als Textdatei mit dem Namen der Arbeitszelle beginnend abgespeichert.





Beispiel:

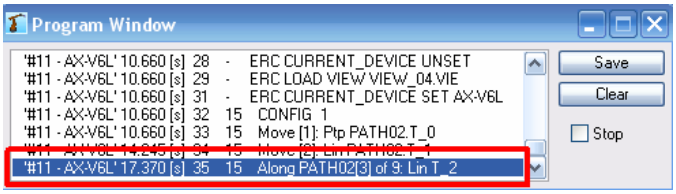
```
//~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
// Program Window content
// 'C:\Programme\EASY-ROB\ApplicationLib\ArcWelding\arcweld_L_01.txt'
// Cell file 'C:\Programme\EASY-ROB\ApplicationLib\ArcWelding\arcweld_L_01.cel'
//~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
Program Start - click ‘Save’ to save this content to a file
Program Begin '#11 - AX-V6L' -> 'C:\Programme\EASY-ROB\ApplicationLib\ArcWelding\ARCWELD_L_01. PRG'
  #11 - AX-V6L      0.0       [ms]    6    1    SPEED_PTP  20.000000 0.0 [deg/s]
  #11 - AX-V6L      0.0       [ms]    7    2    ACCEL_PTP  40.000000  [deg/s^2]
  #11 - AX-V6L      0.0       [ms]    8    3    ACCEL_PTP_END  40.0000 [deg/s^2]
  …….               …….       …….     …    …    …….
  #11 - AX-V6L      50.0      [ms]    19   -    ERC VIEW STEPS 100
  …….               …….       …….     …    …    …….
  #11 - AX-V6L      10.700    [s]     29   -    ERC LOAD VIEW VIEW_04.VIE
  #11 - AX-V6L      10.700    [s]     32   15   CONFIG 1
  #11 - AX-V6L      10.700    [s]     33   15   Move [1]: Ptp PATH02.T_0
  #11 - AX-V6L      14.300    [s]     32   15   Move [2]: Lin PATH02.T_1
  #11 - AX-V6L      17.400    [s]     33   15   Along PATH02[3] of 9: Lin T_2
  …….               …….       …….     …    …    …….
  Program End '#11 - AX-V6L' 03:00 [min]
  PRG_ABORT total realtime execution time  01:39 [min] - 36 fps
  1                 2         3       4    5    6
```

Spalte 1: Index und Name des Devices
Spalte 2: Aktueller Zeitstempel bzw. Beginn des folgenden Befehls
Spalte 3: Zeiteinheit [ms], [s], [min]
Spalte 4: Programmzeile der Programmdatei bzw. Zeile im Teach Window
Spalte 5: Programmschritt (Step) = Roboterbefehl
Spalte 6: Befehl der sich derzeit in Ausführung befindet

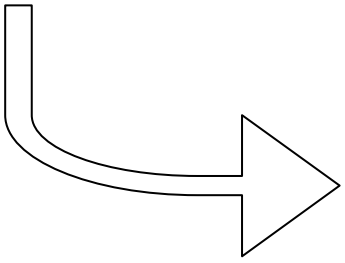
EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

2.5 Im Program Window

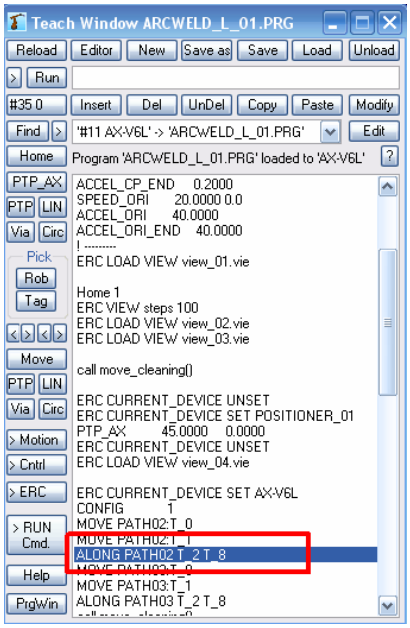
2.
Arbeitszellen mit mehreren Robotern und Programmen können schnell unübersichtlich werden. Mit einem Doppelklick auf eine Zeile im Program Window wird direkt zur entsprechenden Zeile im Teach Window gesprungen. Ist das Teach Window geschlossen, wird es automatisch geöffnet.



Doppelklick im Program Window

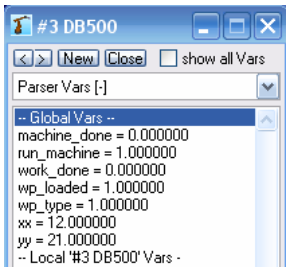


springt automatisch zur Zeile im Teach Window



EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

2.6 Im Online Output Window

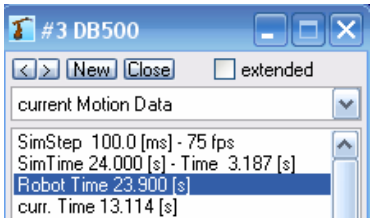


Parser Vars [-]
Unter der Überschrift „Parser Vars“ können im OnlineOutput Window globaler Programm-Variablen und lokale Device-Variablen angezeigt werden.

Diese Variablen können mit Doppelklick editiert werden.

Current Motion Data

Unter der Überschrift Current Motion Data können im OnlineOutput Window folgende Zeitangaben ausgelesen werden:

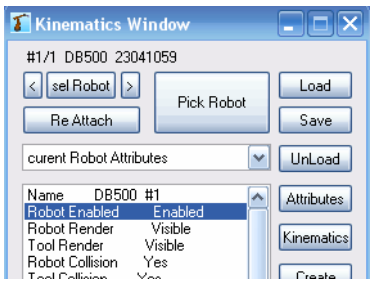


SimTime	: Taktzeit (gesamt)
Time	: aktuell vergangene Zeit (reale Zeit)
RobotTime	: Zeit des Devices im Einsatz
curr. Time	: Zeit des aktuellen Bewegungssatzes
Realtime ON	: Echtzeit

Hinweis:
Wird die Simulation mit „REALTIME = ON“ gefahren, dann ist *SimTime* = *Time* und die Simulationsschrittweite *SimStep* wird an die Rechnerleistung angepasst. Je leistungsfähiger der Rechner ist, desto kleiner ist *SimStep* und mehr Frames können pro Sekunde dargestellt werden.

2.7 Im Kinematics Window

Enable / Disable Robot



Ab der vorliegenden Version 4.6 kann der Bediener nach Bedarf jeden einzelnen Roboter aktivieren bzw. deaktivieren.
Das bedeutet, dass z.B. ein Roboter - der **de**aktiviert wurde - trotz eines geladenen Programms nicht am Simulationsgeschehen teilnimmt.

Mittels Doppelklick auf "Robot Enabled" im Eigenschaftsfenster des Kinematics Window kann die Funktion geschaltet werden.

Tipp: Bei der Programmerstellung ist es hilfreich nicht verwendete Roboter vorerst zu ‚disablen’, um einen besseren Überblick zu erhalten.

EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

2.8 Sonstige Erweiterungen

- **ne- und eq- Funktion mit epsi 1e-5 zur genauen Abfrage bei Gleitkommazahlen**
  Wird beispielsweise ein Device auf die Position xx=5 verfahren, ist die wirkliche Position nicht exakt 5, sondern weicht auf Grund von Ungenauigkeiten etwas ab.
  Zur Vermeidung von unerwünschten Ergebnissen bei der Gleichheitsabfrage von Gleitkommazahlen, wurden die ne- und eq-Funktion überarbeitet. Mit einer Genauigkeit von 0.00001 ergeben sich folgende Resultate:

  eq (5.00001,5) ergibt 1 = true ne (5.00001,5) ergibt 0 = false

  hingegen ist
  eq (5.00002,5) ergibt 0 = false ne (5.00002,5) ergibt 1 = true

- **Index des Roboters**
  Um eine bessere Übersicht zu gewährleisten, wird zu jedem Roboter bzw. Roboternamen immer dessen Index angezeigt. Der Index eines Roboters steht für die Reihenfolge, die im Kinematics Window geändert werden kann.

  Beispiel: '#1 DB500' mit dem Index 1

- **Stop ON …..**
  Ist die Arbeitszelle vom Layout geplant und die Programme erstellt wird die Simulation gestartet. Die „Stop ON“ Befehle werden schrittweise aktiviert, um das Simulationsergebnis genauer zu untersuchen und eventuell Optimierungen vorzunehmen. Bei einem „Stop ON“ wird die Simulation nun gestoppt bzw. angehalten „STOP Program“ und nicht mehr abgebrochen „ABORT Program“. Somit kann das Programm fortgesetzt oder beendet werden.

  Das Verhalten gilt für folgende Stop ON Kommandos:
  - Limit Switch
  - Speed Limits
  - Accel Limits
  - Collision
  - Unreach Pose

- **Globale Programmparameter**
  Für die Synchronisation zwischen Robotern/Devices untereinander wurde die Möglichkeit der globale Programmparameter implementiert.

- **Tooloffset für Scara-Roboter**
  Anpassung der inversen Kinematik für Scara-Roboter, welche nun ein beliebiges Tooloffset haben können.

- **ERC CURRENT_DEVICE SET <robot_name>**
  Das ERC-Kommando „ERC CURRENT_DEVICE SET <robot_name>“, das bisher am Programmanfang gesetzt werden musste um das gewünschte Device anzusprechen, ist ab sofort nicht mehr erforderlich da jeder Roboter bzw. jedes Device jetzt sein eigenes Programm hat.

EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

3. Neue ERPL-Befehle

EndInit

Der *EndInit* Befehl steht im Zusammenhang mit der neuen Funktionalität ***Multi-Program.***

Im Multi-Program-Betrieb ist es unbedingt erforderlich, dass zu Beginn der Simulation (wie in der Realität) alle Signale korrekt gesetzt und ggf. alle Variablen initialisiert werden.

Dies wird im Initialisierungsbereich des Programms (im Kopf) vor dem *EndInit* erledigt. Es ist nicht sinnvoll in dieser Sektion Verfahrbefehle auszuführen.

Beispiel: Das Signal wp_loaded wird initialisiert und auf false gesetzt.

```
ProgramFile
! cRobot 'DB500'
! below section is called once at t=0
! add Initialization commands here
wp_loaded=0
EndInit
! below section is called at t>0
! add new ERPL / ERCL commands here
! Set Default SPEEDs and ACCELs
……..
……..
```

Das bedeutet, dass beim Start der Simulation zuerst (zum Zeitpunkt t=0) alle „nicht-Zeit-beeinflussenden“ Kommandos aller Programme bis zum ***EndInit*** abgearbeitet werden, bevor eine Bewegung („zeit-beeinflussender“ Befehl) ausgeführt wird. Streng genommen entspricht EndInit auch einem WAIT 0.

Zone

Das Kommando „Zone = 0“ ermöglicht das exakte Anfahren einer Zielstellung.

Hintergrund:
Soll eine Zielstellung angefahren werden, berechnet die Bahnplanung eine Ausführungszeit die benötigt wird um diese Zielstellung anzufahren. In der Regel ist diese Zeit nicht ein vielfaches der eingestellten Simulationsschrittweite *SimStep*. Der Zone-Wert gibt an, ob die Zielstellung exakt angefahren werden soll. In der Voreinstellung ist Zone = 0.1 gesetzt. Das hat zur Folge, dass die nächste Zielstellung angefahren wird wenn die verbleibende Zeit zum ersten Ziel kleiner als die Simulationsschrittweite *SimStep* ist. Der Roboter überfährt sozusagen das erste Ziel und nimmt sofort die Bewegung zum nächsten Ziel auf. Zielstellungen mit Zone=0 werden auch als Fine-Punkt bezeichnet.

EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

4. Neue ERCL-Befehle

4.1 „Signale lesen“ für Multi-Program

Die neue Option ***Multi-Program*** erfordert auch Befehle für die Kommunikation zwischen den einzelnen Devices, damit diese sich im Ablauf der Programme entsprechend untereinander abstimmen können. Die Kommandos prüfen eine Bedingung auf „True“ und „False“. Dabei ist die Bedingung ein mathematischer Ausdruck und ist wahr, wenn größer 0.5.

So kann zum Beispiel ein Förderband warten bis der Roboter das Werkstück darauf abgelegt hat, um dann das Werkstück abzutransportieren.

4.2 WAIT_UNTIL_SIGNAL_SET

Wartet solange, bis das entsprechende Signal gesetzt wurde.

```
WAIT_UNTIL_SIGNAL_SET my_signal
!  macht weiter wenn das Signal „my_signal“ gesetzt wurde
!  wartet wenn das Signal „my_signal“ nicht gesetzt wurde
```

Beispiel:

Roboterprogram	Förderbandprogramm
……..	…….
LIN Tag01	…….
ERC RELEASE DEVICE WP_01	…….
rob01_out = 1	WAIT_UNTIL_SIGNAL_SET ***rob01_out***
……..	MOVE TO Tag02
……..	……..

4.3 WAIT_UNTIL_SIGNAL_UNSET

Wartet solange, bis das entsprechende Signal **nicht** mehr gesetzt ist.

```
WAIT_UNTIL_SIGNAL_UNSET my_signal
!  macht weiter wenn das Signal „my_signal“ nicht mehr gesetzt ist
!  wartet wenn das Signal „my_signal“ gesetzt ist
```

4.4 WAIT_FOR_CONDITION

Prüft ob eine angegebene Bedingung zutrifft.

```
WAIT_FOR_CONDITION gt( my_signal ,0)
!  macht weiter wenn die Bedingung wahr ist
!  wartet wenn die Bedingung falsch ist
```


EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

5. Erfolgreich Zellen planen - Arbeitsweise mit EASY-ROB™

Damit Sie mit EASY-ROB™ optimal arbeiten, das ganze Potential des Programms ausschöpfen, keine Zeit vergeuden und möglichst flexible verschiedene Szenarien durchspielen, ist die richtige Vorgehensweise für eine gelungene und aussagekräftige Simulation sehr entscheidend.

Wir möchte Ihnen hiermit einen Ablauf aufzeigen, der Sie sukzessiv zum Ziel führt.

Was ist das Ziel?

Mit der Simulation möchten wir das Layout der Arbeitszelle planen und möchten die Machbarkeit unseres Vorhabens prüfen. Der oder die Roboter sind dabei so zu platzieren, dass alle Zielpositionen erreichbar sind. Sämtliche Bewegungen sollen kollisionsfrei sein und es dürfen keine Verfahrgrenzen verletzt werden. Weiterhin interessiert uns die Taktzeit die wir erreichen können und mit EASY-ROB™ abschätzen wollen.

Vom Kunden erhalten Sie in der Regel CAD Daten und aus der Konstruktion oftmals ein 2-D Layout mit dem Zusatz: „So habe ich mir das gedacht, guck mal ob das geht“.

Was ist nun zu tun?

Im Prinzip könnten Sie sofort loslegen, wenn Sie da nicht die Erfahrung hätten: „Es ändert sich eh noch einiges“. Also ist es sinnvoll die Zelle so aufzubauen, dass möglichst flexibel Änderungen im Layout vorgenommen werden können um verschiedene Szenarien durchzuspielen. Sie wissen auch, dass der Fall gezeigt werden muss der nicht geht, damit alle Beteiligten vom neuen Anlagenkonzept überzeugt sind. Zu guter letzt soll die Simulation dem Endkunden gezeigt werden und die Sicherheit vermitteln, dass alles reibungslos funktioniert und eine recht hohe Planungssicherheit gewährleistet werden kann.

Schritt 1: Zuerst müssen die CAD Daten in Devices (rob files) gewandelt werden. Die Devices werden in einem entsprechenden Projektordner gespeichert. Dieser Schritt ist oftmals etwas zeitaufwendig, macht sich später aber bezahlt.

Schritt 2: Sie laden alle Devices und Roboter in die Arbeitszelle, positionieren diese und verknüpfen zusammenhängende Devices entsprechend. Ist ein Device beispielsweise ein Greifer, so wird dieser an den Flansch des Roboters „attached“. Sie speichern die Arbeitszelle.

Schritt 3: Erzeugen Sie Pfade und Tagpunkte. Achten Sie darauf, dass die Pfade an dem Bauteil ‚attached’ sind zu dem sie gehören. Nur so wandert der Pfad mit dem Bauteil mit wenn es seine Position verändert. Prüfen Sie ob die Tags erreichbar sind. Auch hier, nicht vergessen die Arbeitszelle zu speichern.

Schritt 4: Wählen sie den ersten Roboter aus, erstellen Sie ein neues Programm und teachen Sie im Teach Window den Ablauf. Prüfen Sie hierbei im Einzelschritt die Erreichbarkeit der Zielstellung. Platzieren Sie des Werkstück oder gegebenenfalls die Roboterbasisposition neu. „Disablen“ Sie die Roboter die im Moment nicht benötigt werden. Erstellen Sie die Ablaufprogramme für jeden einzelnen Roboter.

Schritt 5: Jetzt kann simuliert werden. Starten Sie die Simulation mit „RUN“. Beobachten Sie ob jeder Roboter das tut was Sie erwarten. Optimieren Sie den Ablauf. Überprüfen Sie ob die Verfahrgrenzen der Roboter nicht überschritten werden und das keine Kollision auftritt. Verwenden Sie die „Stop ON“ Befehle.

EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

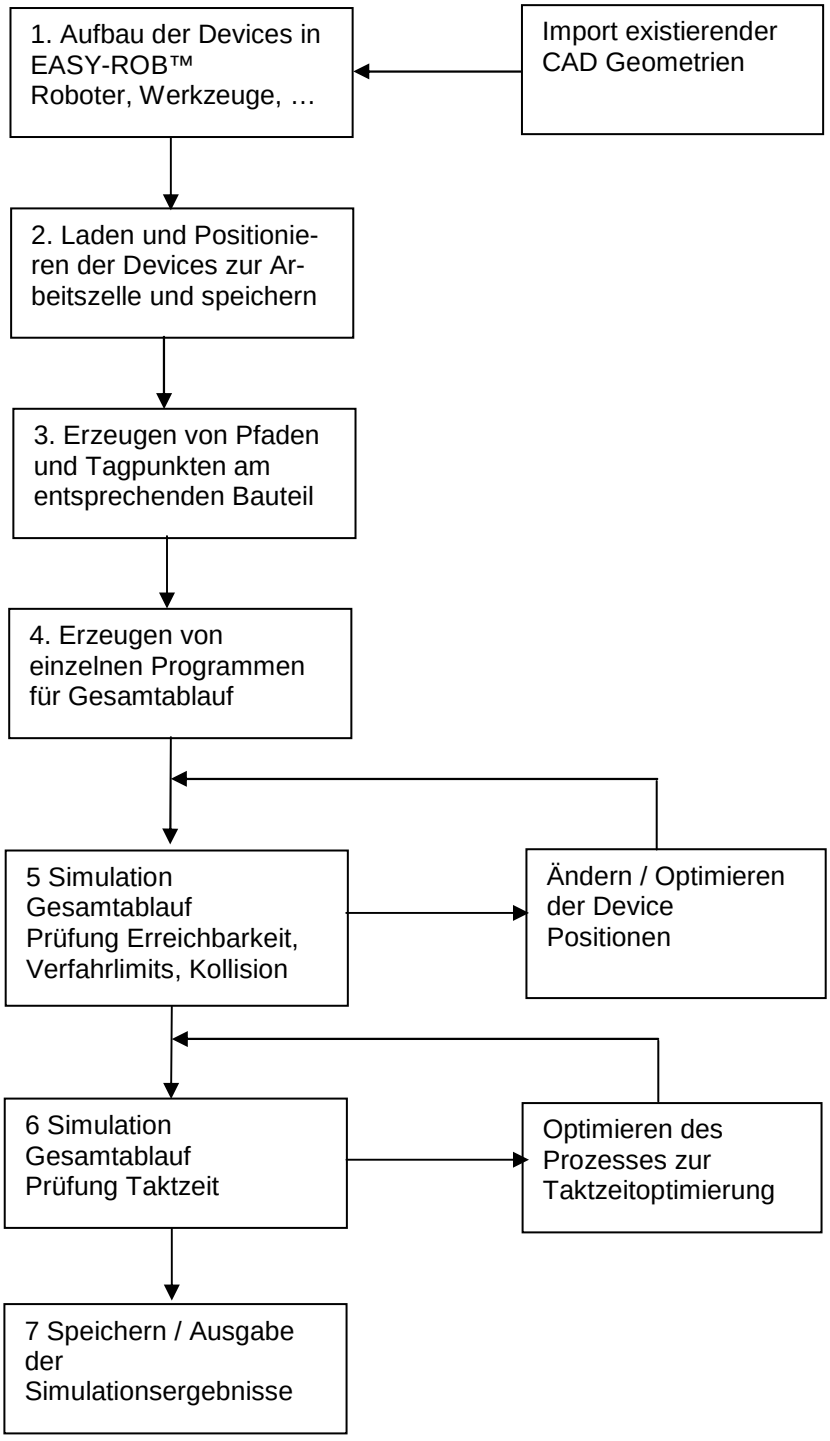
Schritt 6: Jetzt geht es um die Taktzeit. Erhöhen Sie die programmierten Geschwindigkeiten und prüfen Sie, ob Geschwindigkeits- und Beschleunigungsgrenzen nicht verletzt werden. Führen Sie entsprechende Optimierungen durch.

Schritt 7: Erzeugen Sie mit dem AVI-Recorder und dem VRML-Export entsprechende Ausgabedateien.

Auf der folgenden Seite sind die einzelnen Schritte in einem Blockdiagramm zusammengefasst.

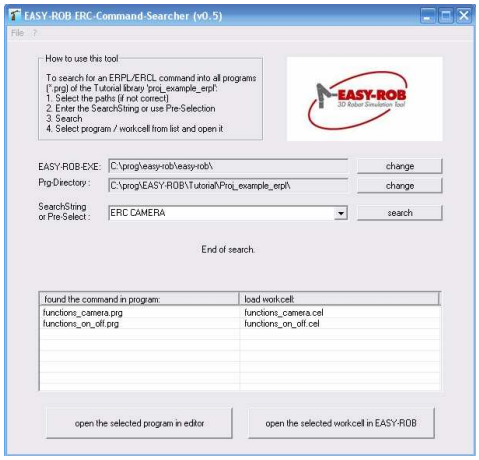
EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

Blockdiagramm



EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

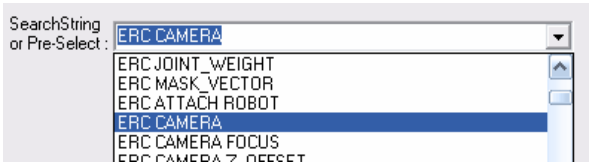
6. Der ERC Searcher



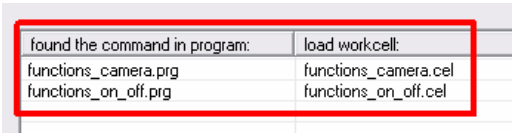
Für jeden ERPL-/ERCL-Befehl sind in der Beispielbibliothek Arbeitszellen mit Programmen vorbereitet.
Der ERC Command Searcher unterstützt den Bediener bei der Suche nach bestimmten ERC Kommandos in der Beispielbibliothek “Proj_example_erpl”, die in der Regel im Verzeichnis:
„.\EASY-ROB\Tutorial\Proj_example_erpl“ installiert sind.

Diese Bibliothek enthält viele kurze Beispielprogramme anhand derer der Bediener die Funktionsweise der unterschiedlichen ERC Kommandos leicht nachvollziehen kann.

Nach dem Start des Tools kann der Bediener das zu suchende Kommando manuell eingeben oder per Pre-selection auswählen und danach suchen lassen:



Alle Treffer werden aufgelistet.



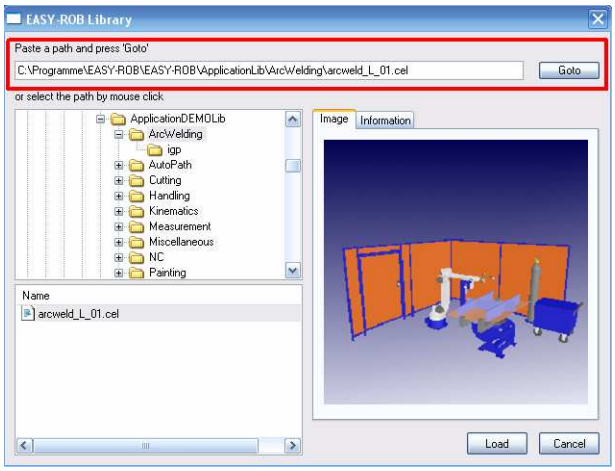
Dann kann jedes Programm im Editor bzw. jede Workcell im EASY-ROB geöffnet werden, um die Funktionsweise und richtige Anwendung des gesuchten Befehls zu sehen.

EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

7. Das Visual File Interface

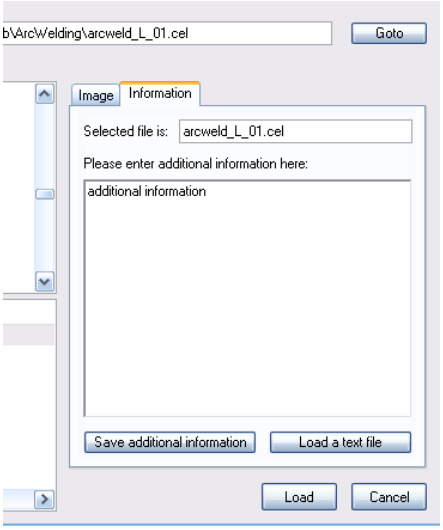
Das Visual File Interface der Library wurde benutzerfreundlicher gestaltet, und mit neuen Funktionen versehen.

Geöffnet wird die Library nach wie vor über den Button „Load from Library“:



Zusätzlich zur bereits bekannten Baumstruktur, mittels der sich der Bediener zur gewünschten Datei „durchklicken“ kann, gibt es jetzt ein Eingabefeld in das der Zielpfad eingetragen bzw. kopiert werden kann.
Mittels „Returntaste“ oder Mausklick auf den Button „Goto“ werden alle in dem angegebenen Pfad vorhandenen Arbeitszellen und Roboter in der Liste angezeigt.

Auf dem Panel „Information“ kann der Bediener zusätzliche Information zur ausgewählten Datei anzeigen lassen oder selber hinzufügen.



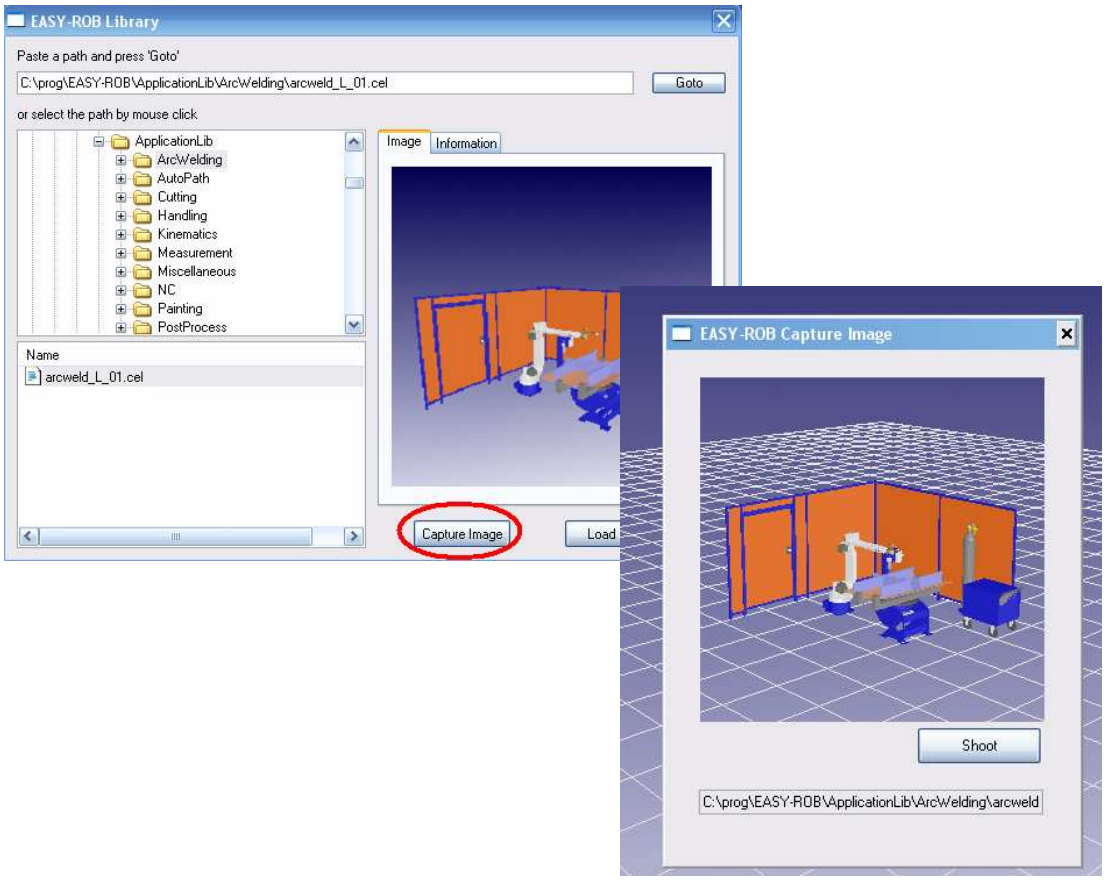
EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

7.1 EASY-ROB™ Capture Image

Mit der neuen Funktion ***EASY-ROB™ Capture Image*** kann der Bediener sich Bilder in der richtigen Größe für z.B. das Visual File Interface der Library erzeugen.

Nach dem Laden der Zelle oder des Roboters kann über die EASY-ROB Library die Funktion „Capture Image“ aufgerufen werden.

Der Bediener muss nun nur noch das Motiv richtig im „Capture Image Fenster“ positionieren und das Foto „schießen“.



EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

8. Neue API-Kommandos

Jede Menge neue API Funktionen sind hinzugekommen. Schauen Sie bitte in den Header-Dateien „`./er_dvlp/er_dvlp.h`“ und „`./er_dvlp/er_dvlp_ext.h`“ nach.

- er_dvlp.h

* System Routines (API-UserDLL -> er_vad.dll *)
const int AUX_UPDATE_IDX_OPENGL
const int AUX_UPDATE_IDX_OPENGL_POST
Funktion: Erlaubt dem Bediener in die 3-D Szene „hineinzuzeichnen“ und OpenGL™ Befehle abzusetzen.

* ERC ON/OFF Commands
const int ERC_ENABLE_CROBOT
Funktion: Aktiviert bzw. deaktiviert den aktuellen Roboter

* kinematics & dynammics *
EXPORT_C int *inq_robot_enabled(void);
Funktion: Aktiviert bzw. deaktiviert den aktuellen Roboter

* motion planner *
typedef enum {JOINT, CP, CIRC, WAIT, IPO_AUX_1, IPO_AUX_2, IPO_AUX_3, IPO_AUX_4, UNDEF} IPO_MODE;
Funktion: neuer TypeDef

* Collision Routines *
EXPORT_C int * inq_show_collision_line(void);
Funktion: Aktiviert bzw. deaktiviert die Darstellung der Min-Distance-Line bei Kollision

* Routines *
EXPORT_C int *inq_prgwindow_show_auto(void);
EXPORT_C int *inq_msgwindow_show_auto(void);
Funktion: Unterdrückt das automatische öffnen des Programm- bzw. des Message-Windows

- er_dvlp_ext.h

* Body CAD Routines *
EXPORT_C int *er_vad_inq_body_show_edges(void *body_handle);
Funktion: Zeigt die Kanten (Edge) einer Geometrie mit dem Handle ‚body_handle’ an

EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

9. Was für die Zukunft geplant ist

Auf der ToDo-Liste stehen jede Menge Punkte, die es zu entwickeln gilt. Wir sind dran.

9.1 Zusätzliche CAD Import Schnittstellen

Mit der aktuellen EASY-ROB™ Version 4.6 haben wir einen weiteren sehr wichtigen Meilenstein erreicht. Nun gilt es die Import-Schnittstellen zur erweitern um neben STL, IGP und VRML weitere neutrale Formate wie STEP, IGES, VDA-FS und JT-Open einlesen zu können. Des Weiteren soll die Möglichkeit bestehen native Datenformate wie CATIA V4 und V5, UG und ProE einzulesen. Um dieser Anforderung gerecht zu werden haben wir uns für die Lösung von CT CoreTechnologie GmbH entschieden und werden das 3D_Evolution© API an EASY-ROB™ anbinden. Eine erste Lösung wird zum Januar 2008 verfügbar sein.

Die 3D_Evolution© Conversion Engine erlaubt es auch die Triangulierung zu beeinflussen um einen geeigneten und ausreichenden Detaillierungsgrad zu wählen. Insofern sind wir auch in Zukunft bemüht eine hohe Performance von EASY-ROB™ zu gewährleisten.

9.2 Weitere Funktionen

- Save Export Cell file
- Bericht am Ende des Programmlaufes
  Welcher Robter hat wieviel Zeit (RobotTime) der gesamten SimTime verwendet.
- Clone IGP file
  Vorstufe damit gleiche CAD files nur einmal von der Festplatte gelesen werden müssen.
- Transparente Geometrien
- Tag on Triangle:
  Approach-Rtg. festlegen x,y,z,-x,-y oder -z,m derzeit immer z
- Spiegeln von Tags
- Mehrere HomePos und Tools
- Die View beim Laden der Zelle speichern. Bei ESC wird diese View gesetzt
- Die Environment Settings mit der Zelle speichern.
  Beim Laden kann optional entschieden werden ob diese benutzt werden sollen.
- Unterschiedliche RotView verwenden für CADPreView <-> Sim
- Device Kennung:
  Robot, Conveyor, Positioner, Track, Fixture, FlangeDevice (Gripper, Gun, Torch), Accessory, Miscellaneous

EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com

10. Eigene Notizen

EASY-ROB™ Stefan Anton Hans-Thoma-Str.26a 60596 Frankfurt/Main Germany Tel. +49 69 677 24-287 Fax. +49 69 677 24-320 info@easy-rob.com www.easy-rob.com