

# FeliX

## FeliX – das Tutorial

Reinhard Oldenburg

Fassung für MiniFeliX

FeliX ist ein neuartiges Programm, das dynamische Geometrie und Computeralgebra vereinigt. Der Benutzer hat vollen Zugriff sowohl auf die geometrische wie auf die algebraische Repräsentation einer geometrischen Situation.

In diesem Tutorial werden die grundlegenden Arbeitstechniken dargestellt.

### ***Inhaltsverzeichnis***

FeliX – das Tutorial.....	1
Inhaltsverzeichnis.....	1
Installation und Start .....	2
Erste Schritte .....	3
Beispiel 1: Mittelpunkt zweier Punkte .....	3
Beispiel 2: Lotfusspunkt.....	4
Variablen und Terme in FeliX .....	5
Objekte und die Objekttable.....	6
Die Gleichungstabelle .....	7
Der Zugmodus.....	8
Konstruktionswerkzeuge.....	9
Werkzeuge für Relationen.....	10
Kurven.....	11
Optionen .....	11
Sonstige Aktionen .....	12
FAQs .....	12

## ***Copyright, Installation und Start***

### **Copyright**

FeliX darf kostenfrei benutzt werden von Privatpersonen und öffentlichen Bildungseinrichtungen, ihren Schülern und Studenten. Die freie Benutzbarkeit bedeutet aber keine Rechteabgabe.

FeliX benutzt andere Programme, die teilweise nicht-frei sind:

- Die Optimierungsbibliothek DONLP2 von Peter Spellucci.
- Den Java-Compiler Janino von Arno Unkrig (<http://janino.codehaus.org>).
- Den Funktionsparser und Bytecode-Compiler „Function parser v2.7 by Warp“.
- Die Computeralgebrabibliothek JSCL von Raphael Jolly.

Der Nutzer von FeliX wird auf die Nutzungsbedingungen dieser Programme hingewiesen. Insbesondere darf DONLP2 nur innerhalb von FeliX benutzt werden.

### **Systemvoraussetzungen**

Hardware: PC mit mindestens 256MB, besser 512MB Speicher; möglichst schneller Prozessor; mindestens VGA-Grafik

Software: Java-Laufzeitumgebung (JRE) in der Version 6.0

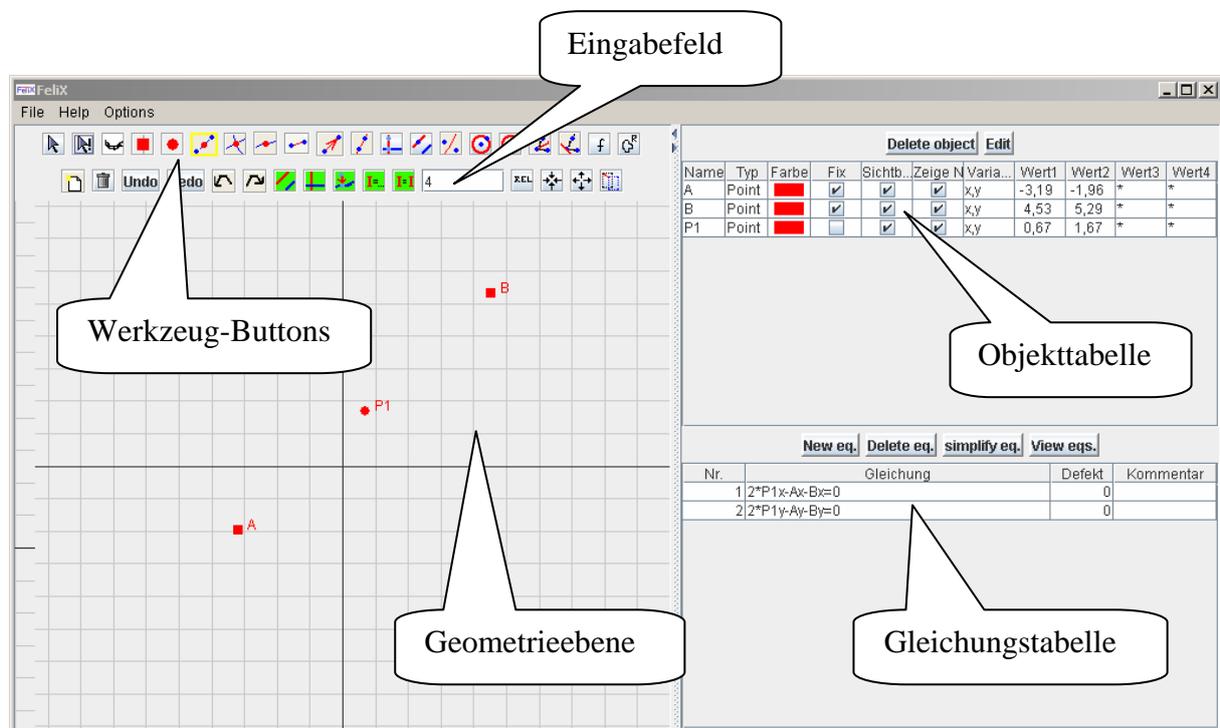
Die Installation erfolgt wie unter Windows üblich mit einem Installationsprogramm.

Technischer Hinweis: FeliX schreibt nicht in die Registry.

## Erste Schritte

Nach dem Start öffnet FeliX ein strukturiertes Fenster. Die wichtigsten Komponenten sind:

- Menüleiste: Datei – Hilfe – Optionen
- Buttonleiste
- Geometriefläche
- Objekttabelle
- Gleichungstabelle
- Mitteilungsfenster
- MuPAD-Prompt
- 



### Beispiel 1: Mittelpunkt zweier Punkte

In diesem Beispiel werden zwei Punkte erzeugt und ihr Mittelpunkt mit geometrischen Mitteln konstruiert.

Klicken Sie auf . Sie wechseln damit in den Modus zum Erzeugen von fixen Punkten. Klicken Sie nun an zwei verschiedenen Stellen in die Zeichenfläche. Es werden Punkte erzeugt und mit A und B bezeichnet. Die Punkte erscheinen auch in der Objekttabelle.

Klicken Sie nun auf . Sie wechseln damit in den Modus zur Konstruktion von Mittelpunkten. Klicken Sie danach auf A (oder B) und danach auf den anderen Punkt. Es erscheint der Mittelpunkt von A und B und wird mit P1 bezeichnet. Gleichzeitig sind in der Gleichungstabelle zwei Einträge erschienen.  $2 * P1x = Ax + Bx$  und  $2 * P1y = Ay + By$ .

Um die Konstruktion zu bewegen, klicken Sie auf . Danach können Sie A und B durch Ziehen (mit gedrückter Maustaste) bewegen. Am Zugende werden die x- und y-Koordinaten der Punkte in der Objekttable aktualisiert.

In der Objekttable hat jedes Objekt ein Kontrollkästchen, mit dem es fix gesetzt werden kann. Bisher sind A und B fix, P1 ist nicht fix. Fixe Punkte werden als kleine Quadrate, nicht fixe als kleine Kreisscheiben dargestellt. Das Verhalten der Konstruktion beim Ziehen wird durch die Zugregel bestimmt:

*Fixe Objekte ändern ihre Koordinaten nur, wenn sie direkt bewegt werden, aber nie mittelbar in Reaktion auf die Bewegung anderer Punkte.*

Dies erklärt, warum Ziehen am Mittelpunkt P1 nichts bewirkt: Die fixen Objekte A und B müssten sich bewegen, wenn P1 bewegt werden soll.

Klicken Sie nun auf das fix-Häkchen von B. Nun können Sie mit der Maus an allen drei Punkten ziehen. Überzeugen Sie sich, dass trotzdem P1 stets der Mittelpunkt von A und B bleibt. Ändern Sie auch noch A in einen nicht fixen Punkt und untersuchen das Verhalten der Konstruktion.

Klicken Sie nun in der Objekttable auf eine der Koordinaten eines der Punkte und editieren Sie deren Wert (Dezimalpunkt, kein Dezimalkomma verwenden!). Durch die Eingabetaste wird der Wert übernommen und der Punkt (und ggf die anderen) bewegt sich entsprechend.

Sie können auch auf den Namen eines Objektes klicken und ihn editieren, zB P1 in M umbenennen oder seine Farbe wechseln.

Wenden Sie sich nun der Gleichungstabelle zu. Sie hat zwei Einträge:

$$2 * P1x = Ax + Bx$$

$$2 * P1y = Ay + By$$

Dies sind die Gleichungen, die besagen, dass P1 Mittelpunkt von A und B ist. Ändern Sie diese Gleichungen ab, zB auf:

$$2 * P1x = Ax + Bx$$

$$3 * P1y = 2 * Ay + By$$

Und beobachten Sie die Wirkung. Vergewissern Sie sich, dass P1 nicht fix ist. Erzeugen Sie eine neue Gleichung mit dem Button „neue Glg.“ und editieren Sie diese in:

$$P1x = 0$$

Beobachten Sie die Auswirkung im Zugmodus.

## Beispiel 2: Lotfusspunkt

Erzeugen Sie je einen Punkt auf der x- und auf der y-Achse. Dazu wählen Sie den Button  und klicken Sie einmal auf die x- und einmal auf die y-Achse. Im Gleichungsfenster sind dabei die Gleichungen  $Ay=0$  und  $Bx=0$  erzeugt worden.

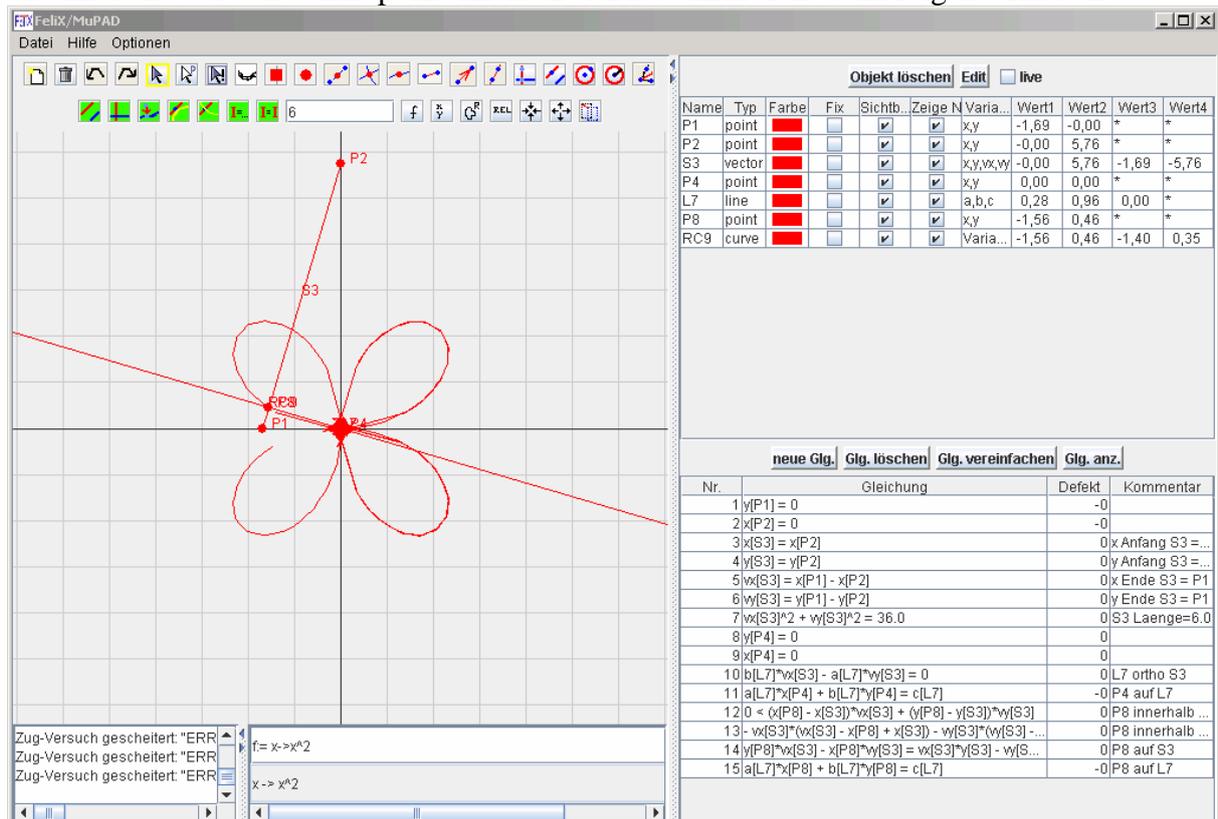
Verbinden Sie nun beide Punkte durch eine Strecke. Dazu wechseln Sie mit  in den Streckenmodus und klicken dann auf A und auf B.

Jetzt soll die Länge der Strecke auf 6 festgelegt werden. Schreiben Sie dazu 6 in das Eingabefeld. Und klicken Sie auf  (Länge setzen) und dann auf die Strecke. Jetzt hat man schon ein interessantes Zugverhalten.

Erzeugen Sie jetzt noch einen Punkt im Ursprung, indem Sie auf  und danach auf den Ursprung des Koordinatensystems klicken. Es werden für diesen Punkt zwei Gleichungen erzeugt, die in im Ursprung festhalten.

Fällen Sie dann das Lot vom Ursprung auf die Strecke, indem Sie  klicken und anschließend den Ursprungspunkt und die Strecke (in beliebiger Reihenfolge) anklicken. Der Schnittpunkt von Lot und Strecke wird mit  bestimmt (Klick auf Button, Klick auf Strecke, Klick auf Lot).

Der Schnittpunkt lässt sich mit der Maus bewegen, aber nur auf einer bestimmten Bahn, seiner Relationskurve. Diese lässt sich berechnen und anzeigen, indem man auf  und anschließend auf den Schnittpunkt klickt. Der Bildschirm sieht dann folgendermaßen aus:



Name	Typ	Farbe	Fix	Sichtb.	Zeige N	Varia...	Wert1	Wert2	Wert3	Wert4
P1	point	red	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	x,y	-1,69	-0,00	*	*
P2	point	red	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	x,y	-0,00	5,76	*	*
S3	vector	red	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	x,y,vx,vy	-0,00	5,76	-1,69	-5,76
P4	point	red	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	x,y	0,00	0,00	*	*
L7	line	red	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	a,b,c	0,28	0,96	0,00	*
P8	point	red	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	x,y	-1,56	0,46	*	*
RC9	curve	red	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Varia...	-1,56	0,46	-1,40	0,35

Nr.	Gleichung	Defekt	Kommentar
1	$y[P1] = 0$	-0	
2	$x[P2] = 0$	-0	
3	$x[S3] = x[P2]$		0 x Anfang S3 = ...
4	$y[S3] = y[P2]$		0 y Anfang S3 = ...
5	$wx[S3] = x[P1] - x[P2]$		0 x Ende S3 = P1
6	$wy[S3] = y[P1] - y[P2]$		0 y Ende S3 = P1
7	$wx[S3]^2 + wy[S3]^2 = 36.0$		0 S3 Laenge=6.0
8	$y[P4] = 0$		0
9	$x[P4] = 0$		0
10	$b[L7]*wx[S3] - a[L7]*wy[S3] = 0$		0 L7 ortho S3
11	$a[L7]*x[P4] + b[L7]*y[P4] = c[L7]$	-0	P4 auf L7
12	$0 < (x[P8] - x[S3])*wx[S3] + (y[P8] - y[S3])*wy[S3]$		0 P8 innerhalb ...
13	$wx[S3]*(wx[S3] - x[P8] + x[S3]) - wy[S3]*(wy[S3] - ...)$		0 P8 innerhalb ...
14	$y[P8]*wx[S3] - x[P8]*wy[S3] = wx[S3]*y[S3] - wy[S...$		0 P8 auf S3
15	$a[L7]*x[P8] + b[L7]*y[P8] = c[L7]$	-0	P8 auf L7

Wenn man die Kurve in der Objekttable anwählt und den „Edit“-Button klickt, sieht man die berechnete Gleichung der Kurve und kann diese, wenn man will, auch ändern.

Übung: Löschen Sie alle Objekte außer A, B und der Strecke. Erzeugen Sie dann den Mittelpunkt zwischen A und B und berechnen seine Relationskurve.

## Variablen und Terme in FeliX

In FeliX werden alle Informationen algebraisch verarbeitet. Beziehungen zwischen geometrischen Objekten sind Gleichungen bzw. Ungleichungen zwischen Termen in ihren Koordinaten und Kurven (Funktionsgraphen, parametrische und implizite Kurven). Auch wenn man FeliX ausschließlich über die Button-Leiste bedienen kann, ist es die Intention des

Programms, dass der Benutzer auch algebraisch arbeitet. Deshalb steht die Beschreibung der erlaubten Terme hier am Anfang.

### Variablen

Die Lage der geometrischen Objekte wird durch die Werte ihrer Variablen in der aktuellen Konfiguration der Konstruktion bestimmt.

In allen Ein- und Ausgabefenstern werden die Koordinaten eines Objektes mit eckigen Klammern angesprochen. Wenn es einen Punkt P1 gibt, bedeuten  $x[P1]$  bzw.  $y[P1]$  seine x- bzw. y-Koordinate.

Objektart	Variablen	Bedeutung
Punkt / point P	$P_x, P_y$	Kartesische Koordinaten des Punktes
Kreis / circle C	$C_x, C_y, C_r$	Mittelpunktkoordinaten und Radius
Grade / line L	$L_a, L_b, L_c, L_{ph}$	Koeffizienten in der Gleichung $ax+by=c$ und Steigung im Bogenmaß
Strecke V oder Vektor V	$V_x, V_y, V_{th}$	Vektorkoordinaten und Steigung

Alle definierten geometrischen Objekte werden in der Objekttable aufgelistet und dort werden in der oben gegebenen Reihenfolge die aktuellen Werte der Variablen aufgeführt. Diese können auch an Ort und Stelle (Klicken und editieren) geändert werden.

**Achtung:** Bei deutscher Ländereinstellung zeigt Java die Fließpunktzahlen mit einem Dezimalkomma an, bei Eingabe bzw. Änderung erwartet es aber einen Dezimalpunkt. Dieses Verhalten liegt an der verwendeten Java Tabelle (JTable)

### Terme und Gleichungen

Mit diesen Variablen können Terme aufgebaut werden. Diese dürfen enthalten:

- Die Variablen von definierten geometrischen Objekten
- Die Operatoren  $+, *, -, /, ^, =, <, <=, >, >=$
- Die Funktionen  $\sin, \cos, \tan, \arcsin, \arccos, \arctan, \sinh, \cosh, \tanh, \exp, \sqrt{\phantom{x}}$

Generell gilt:

- Das Multiplikationszentrum ist obligatorisch
- Statt  $^2$  darf  $^2$  geschrieben werden
- Dezimalzahlen sind mit Dezimalpunkt einzugeben
- Bezeichner dürfen keine Leerzeichen enthalten und nicht mit einer Zahl anfangen.

Beispiele für zulässige Gleichungen, die in der Gleichungstabelle eingegeben werden dürfen, sind:

$$P1x=P2x+1$$

$$\sqrt{V2x^2+y*V2y^2}=12.2$$

$$P1x<P1y$$

### Objekte und die Objekttable

Kenner von anderen dynamische Geometrieprogrammen wissen, dass es in diesen Systemen sehr viele verschiedene Klassen von Objekten gibt, u.a. Basispunkte, Mittelpunkte, gespiegelte Punkte, Schnittpunkte, Punkte auf Trägerobjekten etc. In FeliX ist das anders, alle Punkte sind gleich, sie unterscheiden sich allenfalls in den Gleichungen, die für sie gesetzt

sind und in der Frage, ob sie fix oder nicht-fix sind. Sowohl diese Eigenschaft wie auch die Gleichungen können jederzeit geändert werden.

Felix kennt nur folgende Objektarten:

- Punkte (point)
- Kreise (circle)
- Geraden (line)
- Strecken/Vektoren (werden gleich behandelt, nur die Anzeige unterscheidet sich) (vector)
- Funktionsgraphen (curve)
- implizite Kurven = Relationskurven (curve)

In der Objekttable wird jedes Objekt mit einer Zeile dargestellt. Die Spalten haben folgende Bedeutung:

**Name:** Name des Objektes, kann geändert werden. Falls der neue Name schon existieren sollte, resultiert eine Fehlermeldung. Bei erfolgreicher Änderung werden auch alle Gleichungen angepasst.

**Typ:** Je nach Typ steht hier point, line, circle, vector, curve. Dieser Eintrag kann nicht geändert werden.

**Farbe:** Objektfarbe, ändern durch Klicken.

**Fix:** Ist das Objekt fix?

**Sichtbar:** Ist das Objekt sichtbar oder versteckt?

**Zeige Namen:** Der Name des Objektes wird angezeigt.

**Variablen:** Liste der Variablen die dieser Typ von Objekt besitzt (nicht änderbar).

**Wert1, Wert2, ...:** Werte der Variablen in der unter „Variablen“ bezeichnet Reihenfolge (änderbar). Nicht mehr belegte Zellen enthalten „\*“.

Objekte können durch Klick auf ihren Namen markiert werden (Erweiterung einer Markierung durch die Strg-Taste ist möglich).

Alternativ werden Objekte auch durch **Rechtsklick** in der Zeichnung auf das Objekt markiert. Der Button „Objekt löschen“ löscht das (oder die) markierte(n) Objekt(e).

Der **Edit**-Button reagiert nur, wenn das markierte Objekt eine Kurve ist, deren Definition kann dann geändert werden.

Das Kontrollkästchen **live** aktiviert die Aktualisierung der Koordinaten nicht nur am Zugende sondern kontinuierlich während des Zuges. Die Aktualisierung der Tabelle ist aber relativ langsam.

Objekt löschen Edit <input type="checkbox"/> live										
Name	Typ	Farbe	Fix	Sichtb...	Zeige N	Varia...	Wert1	Wert2	Wert3	Wert4
P1	point	<span style="color: red;">■</span>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	x,y	5,14	2,77	*	*
P2	point	<span style="color: red;">■</span>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	x,y	2,28	2,77	*	*
P3	point	<span style="color: red;">■</span>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	x,y	5,14	2,77	*	*
C4	circle	<span style="color: red;">■</span>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	x,y,r	2,28	2,77	2,86	*
L5	line	<span style="color: red;">■</span>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	a,b,c	0,00	1,00	2,77	*

## Die Gleichungstabelle

Gleichungen können editiert werden, indem man in das Feld klickt und mit den üblichen Editiertasten die Gleichung ändert.

Die **Defekt**-Spalte gibt die Differenz zwischen linker und rechter Seite der Gleichung an. Im Normalfall sollte dort also 0 stehen, d.h. die Konfiguration respektiert die Gleichung. Ein von Null verschiedener Defekt sollte sich nur einstellen, wenn der Benutzer mit den Gleichungen etwas Unmögliches wünscht.

Die letzte Spalte (Kommentar) liefert knappe Erläuterungen zur Bedeutung der Gleichungen.

Gleichungen können durch Klick auf ihren Nummer markiert werden (Erweiterung einer Markierung ist durch die Strg-Taste ist möglich).

Alternativ werden durch **Rechtsklick** in der Zeichnung auf ein Objekt alle Gleichungen markiert, die Variablen dieses Objektes involvieren.

Der Button „Glg. löschen“ löscht die markierte(n) Gleichung(en).

Eine neue Gleichung (anfangs auf  $0=0$  gesetzt) wird mit dem Button „neue Glg.“ erzeugt.

Der Button „Glg. vereinfachen“ versucht, die gewählte Gleichung symbolisch zu vereinfachen. Dies kann positiven Einfluss auf den Zugmodus haben, weil die Berechnungen einfacher werden.

Eine „schöne“, aber nicht editierbare Darstellung der Gleichungen sieht man nach Druck auf den Button „Glg. anz.“.

neue Glg.   Glg. löschen   Glg. vereinfachen   Glg. anz.			
Nr.	Gleichung	Defekt	Kommentar
1	$a[L4]*x[P1] + b[L4]*y[P1] = c[L4]$	0	P1 auf L4
2	$a[L4]*x[P2] + b[L4]*y[P2] = c[L4]$	0	P2 auf L4
3	$a[L5]*b[L4] - a[L4]*b[L5] = 0$	0	L5 parallel L4
4	$a[L5]*x[P3] + b[L5]*y[P3] = c[L5]$	-0	P3 auf L5
5	$a[L5]*x[P6] + b[L5]*y[P6] = c[L5]$	-2,817	P6 auf L5
6	$a[L4]*x[P6] + b[L4]*y[P6] = c[L4]$	2,817	P6 auf L4

### Terme auswerten

Eine sinnvolle Zweckentfremdung der Gleichungstabelle ist durch die Regel möglich, dass Einträge, die keine Gleichungen oder Ungleichungen sind, beim Zugmodus nicht berücksichtigt werden. Man kann daher statt einer Gleichung einen beliebigen Term eingeben und seinen Wert in der Defekt-Spalte beobachten.

### Der Zugmodus

Durch Klick auf  wechselt man in den Zugmodus. Durch Anklicken und mit gedrückter Maustaste Ziehen können Objekte verschoben werden.

Ziehbar sind: Punkte, Kreise, Strecke und Vektoren.

Um eine Gerade zu bewegen, braucht man einen Punkt auf der Geraden an dem man „anfassen“ kann.

Anders als in anderen Geometrieprogrammen gibt es keine Unterscheidung zwischen Basisobjekten und abhängigen Objekten, sondern prinzipiell dürfen alle Objekte gezogen werden, allerdings eingeschränkt durch die Zugregel:

**Zugregel:** Beim Zug werden die in der Gleichungstabelle angegebenen Gleichungen und Ungleichungen respektiert. Variablen von fixen Objekten ändern sich beim Zug nicht, es sei denn ein fixes Objekt wird selbst gezogen. Fixe Objekte ändern ihre Koordinaten aber nie als Reaktion auf die Bewegung anderer Objekte.

Es ist klar, dass nicht alle Zugwünsche erfüllt werden können. Ist ein Punkt etwa auf einem fixen Kreis gebunden, kann er nicht von ihm weg gezogen werden. Er wandert dann nicht an die mit der Maus bezeichnete Stelle, sondern an die ihm mögliche Stelle, der der gewünschten möglichst nahe kommt.

Der Zugmodus  ist „stärker“ in dem Sinne, dass Sie sich auch über Einschränkungen hinweg setzen können. Dies ist dann nützlich, wenn sich eine Konstruktion mit dem normalen Zugmodus nicht mehr bewegen lässt. Eine andere Anwendung ist die Bewegung eines Punktes, der auf eine algebraische Kurve gebunden ist, die in mehrere Zusammenhangskomponenten zerfällt. Mit dem normalen Zugmodus kann der Punkt seine Komponente nicht verlassen – dazu bedarf es der stärkeren Modi.

Konstruktionen können durch das Setzen von Gleichungen und/oder Variablenwerten inkonsistent werden. Durch Klick auf das Relax-Werkzeug  (eine stilisierte Hängematte) kann versucht werden, die Werte so zu ändern, dass evtl. Verletzungen von Gleichungen aufgehoben werden.

An jedem Ende eines Zuges (beim Loslassen der Maustaste) wird die aktuelle Konfiguration gespeichert. Mit den Buttons  und  kann man in den alte Konfigurationen „blättern“.

## **Konstruktionswerkzeuge**

Dieser Abschnitt stellt die Werkzeuge zusammen, mit denen neue Objekte konstruiert werden können. Durch Klick auf den Button des Werkzeugs wechselt man in den entsprechenden Modus und kann durch weitere Klicks die benötigten Informationen zur Erzeugung der Objekte angeben.

Die meisten dieser Operationen erzeugen auch Gleichungen für die erzeugten Objekte.

### **Punkt erzeugen**

Jeder Klick in die Zeichenfläche erzeugt einen neuen Punkt ohne einschränkende Gleichungen. Der Punkt ist nicht fix.

### **Fixen Punkt erzeugen**

Jeder Klick in die Zeichenfläche erzeugt einen neuen fixen Punkt ohne einschränkende Gleichungen.

### **Mittelpunkt erzeugen**

Man klickt auf zwei Punkte. Konstruiert wird ihr Mittelpunkt.

### **Schnittpunkt erzeugen**

Durch zwei Klicks auf eindimensionale Objekte (Geraden, Kreise, Kurven, Strecken, Vektoren) erzeugt man einen Schnittpunkt der Objekte. Wenn mehr als ein Schnittpunkt berechnet werden kann, wird derjenige ausgewählt, der dem letzten Klick am nächsten liegt.

### **Punkt auf Objekt**

Klick auf ein Objekt erzeugt einen Punkt, der durch eine (oder zwei oder Ungleichungen) Gleichung so eingeschränkt ist, dass er sich nur auf dem Trägerobjekt bewegen kann.

### **Strecke**

Es wird eine Strecke durch die nächsten beiden angeklickten Punkte erzeugt.



### **Vektor**

Es wird ein Vektor durch die nächsten beiden angeklickten Punkte erzeugt.



### **Gerade durch zwei Punkte**

Es wird eine Gerade durch die nächsten beiden angeklickten Punkte erzeugt.



### **Lot**

Es wird eine Lotgerade durch einen Punkt und senkrecht zu einer Geraden oder Strecke oder Vektor erzeugt. Die Reihenfolge der Objekte spielt keine Rolle.



### **Parallele**

Es wird eine Parallele durch einen Punkt und parallel zu einer Geraden oder Strecke oder Vektor erzeugt. Die Reihenfolge der Objekte spielt keine Rolle.



### **Mittelsenkrechte**

Es wird die Mittelsenkrechte zu zwei Punkten konstruiert.



### **Kreis durch zwei Punkte**

Es wird ein Kreis erzeugt. Der erst angeklickte Punkt wird Mittelpunkt, der nächste liegt auf dem Kreis.



### **Kreis mit festem Radius**

Es wird ein Kreis um den nächsten angeklickten Punkt erzeugt. Der Kreisradius ergibt sich aus der Zahl, die im Eingabefeld steht.

Wenn der Radius durch einen Term gegeben werden soll, setzt man zunächst einen willkürlichen Wert für den Radius fest und editiert danach die Gleichung  $r[K1]=...$



### **Winkelhalbierende**

Man klickt auf zwei Objekte (erlaubte Typen: Gerade, Vektor, Strecke) und erhält die eine Gerade als Winkelhalbierende.

## ***Werkzeuge für Relationen***

Der gleichungsbasierte Zugang von Felix ermöglicht es, Relationen jederzeit zu ergänzen, zu löschen oder abzuändern. Dies kann in der Gleichungstabelle erfolgen. Noch bequemer ist es freilich, die Buttons für geometrische Constraints zu benutzen, die in diesem Abschnitt beschrieben werden. Diese Werkzeuge erzeugen keine neuen Objekte, sondern legen den bereits existierenden Objekten zusätzliche Bedingungen auf. Ihre Wirkung besteht allein darin, bestimmte Gleichungen zu erzeugen. Die Gruppe der Buttons dieser Werkzeuge besitzt einen grünen Hintergrund.



### **Parallelität**

Nach Wahl dieses Werkzeugs klickt man auf zwei lineare Objekte (Gerade, Vektor oder Strecke), die dann gezwungen werden, parallel zu sein.



### **Orthogonalität**

Nach Wahl dieses Werkzeugs klickt man auf zwei lineare Objekte (Gerade, Vektor oder Strecke), die dann gezwungen werden, orthogonal zu sein.

### **Binden**

Man klickt auf einen Punkt und ein anderes Objekt. Dadurch wird erzwungen, dass der Punkt auf dem Objekt liegt.

### **Gleiches Maß erzwingen**

Man klickt auf zwei Objekte (als Typen zugelassen sind nur Kreis, Vektor, Strecke) und es werden die jeweiligen Maße (Länge bzw. Radius) gleich gesetzt.

### **Festes Maß erzwingen**

Man klickt auf ein Objekt (als Typen zugelassen sind nur Kreis, Vektor, Strecke), dessen charakteristisches Maß (Länge bzw. Radius) gleich der im Eingabefeld angegebenen Zahl gesetzt wird.

## **Kurven**

Felix kennt verschiedene von Kurven, sie aber intern einheitlich behandelt werden, so dass die meisten Operationen unabhängig vom Typ funktionieren.

### **Funktion erzeugen**

Mit diesem Button öffnet man ein Dialogfenster, in das ein Funktionsterm eingegeben werden kann. Die Variable ist beliebig, jedoch wird  $x$  als Voreinstellung angeboten. Für die verwendeten Funktionen gelten die oben gemachten Einschränkungen.

Der Term darf von Variablen der bisherigen Konstruktion abhängen, zB:  $x^2 * Ax$

### **Implizite Kurve erzeugen**

Eingegeben wird die Gleichung einer Kurve in zwei Variablen zB  $x^2 + y^3 = 5$ , sowie die Namen der Variablen.

### **Relationskurve eines Punktes erzeugen**

Nach Wahl dieses Buttons klickt man auf einen Punkt, der sich nur eingeschränkt (nämlich auf einer Kurve) bewegen lässt. Felix versucht dann, die Gleichung der Kurve zu ermitteln und die Bahn darzustellen. Dies kann sehr rechenaufwändig werden und der versuch wird nach spätestens 60s abgebrochen. Um die Gleichung der erzeugten Kurve zu sehen, verwendet man den Edit-Button (siehe Abschnitt „Kurven ändern“).

### **Kurven ändern**

Kurven werden auch in der Objektabelle aufgeführt. Wenn dort eine Kurve markiert ist, öffnet der Button „Edit“ ein Fenster, in dem die Definition der Kurve geändert werden kann.

## **Optionen**

**Zeichenfläche:** Hier können zum einen die Farben des Hintergrundes, der Achsen und der Gitterlinien eingestellt werden. Die Option **Schnelles Erzeugen von Punkten** bewirkt, dass die üblichen Konstruktionswerkzeuge für Strecke, Kreise u.s.w. bei einem Klick auf einen leeren Bereich der Ebene dort einen neuen Punkt erzeugen. Dadurch kann sehr schnell konstruiert werden.

**Sprachwahl:** Hier ist Sprachdefinitionsdatei zu laden. Im FeliX-Verzeichnis gibt es einen Ordner mit den Dateien de.fl und en.fl für Deutsch bzw. Englisch.

## Sonstige Aktionen

Im Menü Datei gibt es die Möglichkeit, die Konstruktion in eine Datei zu speichern oder aus einer Datei zu laden.

### **Neu**

Löscht die aktuelle Konstruktion

**Undo/Redo:** Nimmt einen Konstruktionschritt zurück.

### **Zoom in / Zoom out**

Ändert den Maßstab des dargestellten Ausschnitts der Ebene.

### **Ausschnitt verschieben**

Durch Klicken und Ziehen kann der Fensterausschnitt verschoben werden.

### **Objekt löschen**

Mit diesem Button wählt man den Löschen-Modus. Danach werden Objekte, die man anklickt, gelöscht. Dabei werden auch alle Gleichungen gelöscht, in denen das gelöschte Objekt auftritt.

## FAQs

### **Meine Konstruktion lässt sich nicht mehr bewegen, was nun?**

Dieses Problem kann verschiedene Ursachen haben:

Falls man zu viele Objekte fix gesetzt hat oder zu viele Gleichungen eingegeben hat, kann es sein, dass die Zusanforderung nicht mehr erfüllbar ist, in diesem Fall einfach die Bedingungen lockern durch Löschen von Gleichungen und/oder Freigabe der fix-Schaltung von Objekten.

Es gibt aber auch die Situation, dass eine an sich ziehbare Konstruktion in eine numerisch schwer berechenbare Position kommt. Etwa wenn Sie in der mitgelieferten Datei panto.fx den Arm ganz gerade strecken, so dass alle Punkte auf eine Gerade fallen. Aus solchen ausgearteten Lagen gibt es folgende Auswege:

- Mit dem Back-Button  können Sie zu den letzten gespeicherten Konfigurationen zurückkehren.
- Benutzen Sie den Zug-Modus .

- Setzen Sie im Menü Optionen/Kern-Optionen den Radius der Aufrüttelung auf einen größeren Wert, zB 10 oder 100. Dadurch werden die Koordinaten beim nächsten Zug mit  leicht randomisiert und kommen dadurch (vermutlich) aus der ausgearteten Position heraus.