

# Von der Idee zum Produkt

## CAM in einer Linux Umgebung

Wulf Coulmann  
Coulmann & Coulmann  
10967 Berlin

03.2009 / Chemnitzer Linuxtag

# Gliederung

## Begriffsklärung

## Arbeitsablauf

Zeichnung

Maschinencode

G-Code

Anforderungen

Erstellung

Fertigung

## Formatumwandlung

## Links

# Begriffsklärung

## CAD **C**omputer **A**ided **D**esign

- ▶ Erstellen einer Zeichnung des Produktes

## CAM **C**omputer **A**ided **M**anufacturing

- ▶ Erstellen des Maschinensteuerungsprogramms
- ▶ Ausführen der Fertigung

## CNC **C**omputerized **N**umerical **C**ontrol

- ▶ Bewegungssteuerung von Maschinen mit Hilfe von Computern

# Begriffsklärung

## CAD **C**omputer **A**ided **D**esign

- ▶ Erstellen einer Zeichnung des Produktes

## CAM **C**omputer **A**ided **M**anufacturing

- ▶ Erstellen des Maschinensteuerungsprogramms
- ▶ Ausführen der Fertigung

## CNC **C**omputerized **N**umerical **C**ontrol

- ▶ Bewegungssteuerung von Maschinen mit Hilfe von Computern

# Begriffsklärung

## CAD Computer **A**ided **D**esign

- ▶ Erstellen einer Zeichnung des Produktes

## CAM Computer **A**ided **M**anufacturing

- ▶ Erstellen des Maschinensteuerungsprogramms
- ▶ Ausführen der Fertigung

## CNC Computerized **N**umerical **C**ontrol

- ▶ Bewegungssteuerung von Maschinen mit Hilfe von Computern

# Begriffsklärung

## CAD **C**omputer **A**ided **D**esign

- ▶ Erstellen einer Zeichnung des Produktes

## CAM **C**omputer **A**ided **M**anufacturing

- ▶ Erstellen des Maschinensteuerungsprogramms
- ▶ Ausführen der Fertigung

## CNC **C**omputerized **N**umerical **C**ontrol

- ▶ Bewegungssteuerung von Maschinen mit Hilfe von Computern

# Begriffsklärung

## CAD **C**omputer **A**ided **D**esign

- ▶ Erstellen einer Zeichnung des Produktes

## CAM **C**omputer **A**ided **M**anufacturing

- ▶ Erstellen des Maschinensteuerungsprogramms
- ▶ Ausführen der Fertigung

## CNC **C**omputerized **N**umerical **C**ontrol

- ▶ Bewegungssteuerung von Maschinen mit Hilfe von Computern

# Begriffsklärung

## CAD **C**omputer **A**ided **D**esign

- ▶ Erstellen einer Zeichnung des Produktes

## CAM **C**omputer **A**ided **M**anufacturing

- ▶ Erstellen des Maschinensteuerungsprogramms
- ▶ Ausführen der Fertigung

## CNC **C**omputerized **N**umerical **C**ontrol

- ▶ Bewegungssteuerung von Maschinen mit Hilfe von Computern



# Begriffsklärung

## CAD **C**omputer **A**ided **D**esign

- ▶ Erstellen einer Zeichnung des Produktes

## CAM **C**omputer **A**ided **M**anufacturing

- ▶ Erstellen des Maschinensteuerungsprogramms
- ▶ Ausführen der Fertigung

## CNC **C**omputerized **N**umerical **C**ontrol

- ▶ Bewegungssteuerung von Maschinen mit Hilfe von Computern

## RP Rapid Prototyping

- ▶ Fertigung dreidimensionaler Modelle „auf Knopfdruck“
- ▶ in der Regel ohne modellabhängige Rüstzeiten (3d-Druck)

2½-d Keine Kurvenkontur in der Z-Achse

## DXF Drawing (X) Interchange Format (früher DIF)

- ▶ ein von Autodesk entwickeltes Format zur Weitergabe von CAD Daten.

G-Code Eine weit verbreitete Computersprache zur Steuerung von CNC-Maschinen.

## RP Rapid Prototyping

- ▶ Fertigung dreidimensionaler Modelle „auf Knopfdruck“
- ▶ in der Regel ohne modellabhängige Rüstzeiten (3d-Druck)

2½-d Keine Kurvenkontur in der Z-Achse

## DXF Drawing (X) Interchange Format (früher DIF)

- ▶ ein von Autodesk entwickeltes Format zur Weitergabe von CAD Daten.

G-Code Eine weit verbreitete Computersprache zur Steuerung von CNC-Maschinen.

## RP Rapid Prototyping

- ▶ Fertigung dreidimensionaler Modelle „auf Knopfdruck“
- ▶ in der Regel ohne modellabhängige Rüstzeiten (3d-Druck)

2½-d Keine Kurvenkontur in der Z-Achse

**DXF Drawing (X) Interchange Format** (früher DIF)

- ▶ ein von Autodesk entwickeltes Format zur Weitergabe von CAD Daten.

**G-Code** Eine weit verbreitete Computersprache zur Steuerung von CNC-Maschinen.

## RP Rapid Prototyping

- ▶ Fertigung dreidimensionaler Modelle „auf Knopfdruck“
- ▶ in der Regel ohne modellabhängige Rüstzeiten (3d-Druck)

## 2 1/2-d Keine Kurvenkontur in der Z-Achse

### DXF Drawing (X) Interchange Format (früher DIF)

- ▶ ein von Autodesk entwickeltes Format zur Weitergabe von CAD Daten.

G-Code Eine weit verbreitete Computersprache zur Steuerung von CNC-Maschinen.

## RP Rapid Prototyping

- ▶ Fertigung dreidimensionaler Modelle „auf Knopfdruck“
- ▶ in der Regel ohne modellabhängige Rüstzeiten (3d-Druck)

2 1/2-d Keine Kurvenkontur in der Z-Achse

## DXF Drawing (X) Interchange Format (früher DIF)

- ▶ ein von Autodesk entwickeltes Format zur Weitergabe von CAD Daten.

G-Code Eine weit verbreitete Computersprache zur Steuerung von CNC-Maschinen.

## RP Rapid Prototyping

- ▶ Fertigung dreidimensionaler Modelle „auf Knopfdruck“
- ▶ in der Regel ohne modellabhängige Rüstzeiten (3d-Druck)

2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>-d Keine Kurvenkontur in der Z-Achse

## DXF Drawing (X) Interchange Format (früher DIF)

- ▶ ein von Autodesk entwickeltes Format zur Weitergabe von CAD Daten.

G-Code Eine weit verbreitete Computersprache zur Steuerung von CNC-Maschinen.

## RP **R**apid **P**rototyping

- ▶ Fertigung dreidimensionaler Modelle „auf Knopfdruck“
- ▶ in der Regel ohne modellabhängige Rüstzeiten (3d-Druck)

2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>-d Keine Kurvenkontur in der Z-Achse

## DXF **D**rawing (**X**) **I**nterchange **F**ormat (früher DIF)

- ▶ ein von Autodesk entwickeltes Format zur Weitergabe von CAD Daten.

**G-Code** Eine weit verbreitete Computersprache zur Steuerung von CNC-Maschinen.





# Gliederung

Begriffsklärung

**Arbeitsablauf**

**Zeichnung**

Maschinencode

G-Code

Anforderungen

Erstellung

Fertigung

Formatumwandlung

Links



# Zeichnung

Entwürfe werden in Pfaden benötigt, Bitmaps (Pixel) müssen vor der Weiterverarbeitung vektorisiert werden.

- ▶ Gestalterischer Entwurf

  - ▶ Inkscape <http://inkscape.org/>

  - ▶ Exipodi <http://www.exipodi.org/wiki/Exipodi>

- ▶ Technischer Entwurf

  - ▶ Qcad <http://www.qcad.org/>

Gestalterische Entwürfe lassen sich auch technisch weiterbearbeiten, z.B. Inkscape -> Qcad.



# Zeichnung

Entwürfe werden in Pfaden benötigt, Bitmaps (Pixel) müssen vor der Weiterverarbeitung vektorisiert werden.

▶ Gestalterischer Entwurf

▶ Inkscape (http://inkscape.org)

▶ Vektorgrafik (http://www.vektorgrafik.com/lexikon/entwurf.html)

▶ Technischer Entwurf

▶ Qcad (http://www.qcad.org)

Gestalterische Entwürfe lassen sich auch technisch weiterbearbeiten, z.B. Inkscape -> Qcad.



# Zeichnung

Entwürfe werden in Pfaden benötigt, Bitmaps (Pixel) müssen vor der Weiterverarbeitung vektorisiert werden.

- ▶ Gestalterischer Entwurf
  - ▶ Inkscape <http://inkscape.org/>
  - ▶ Sodipodi <http://sourceforge.net/projects/sodipodi/>
- ▶ Technischer Entwurf
  - ▶ Qcad <http://inkscape.org/>

Gestalterische Entwürfe lassen sich auch technisch weiterbearbeiten, z.B. Inkscape -> Qcad.



## Zeichnung

Entwürfe werden in Pfaden benötigt, Bitmaps (Pixel) müssen vor der Weiterverarbeitung vektorisiert werden.

- ▶ Gestalterischer Entwurf
  - ▶ Inkscape <http://inkscape.org/>
  - ▶ Sodipodi <http://sourceforge.net/projects/sodipodi/>
- ▶ Technischer Entwurf
  - ▶ Qcad <http://inkscape.org/>

Gestalterische Entwürfe lassen sich auch technisch weiterbearbeiten, z.B. Inkscape -> Qcad.



## Zeichnung

Entwürfe werden in Pfaden benötigt, Bitmaps (Pixel) müssen vor der Weiterverarbeitung vektorisiert werden.

- ▶ Gestalterischer Entwurf
  - ▶ Inkscape <http://inkscape.org/>
  - ▶ Sodipodi <http://sourceforge.net/projects/sodipodi/>
- ▶ Technischer Entwurf
  - ▶ Qcad <http://inkscape.org/>

Gestalterische Entwürfe lassen sich auch technisch weiterbearbeiten, z.B. Inkscape -> Qcad.



# Zeichnung

Entwürfe werden in Pfaden benötigt, Bitmaps (Pixel) müssen vor der Weiterverarbeitung vektorisiert werden.

- ▶ Gestalterischer Entwurf
  - ▶ Inkscape <http://inkscape.org/>
  - ▶ Sodipodi <http://sourceforge.net/projects/sodipodi/>
- ▶ Technischer Entwurf
  - ▶ Qcad <http://inkscape.org/>
    - ▶ 2-d CAD
    - ▶ Community-Version GPL2
    - ▶ CAM-Erweiterung nicht frei

Gestalterische Entwürfe lassen sich auch technisch weiterbearbeiten, z.B. Inkscape -> Qcad.



# Zeichnung

Entwürfe werden in Pfaden benötigt, Bitmaps (Pixel) müssen vor der Weiterverarbeitung vektorisiert werden.

- ▶ Gestalterischer Entwurf
  - ▶ Inkscape <http://inkscape.org/>
  - ▶ Sodipodi <http://sourceforge.net/projects/sodipodi/>
- ▶ Technischer Entwurf
  - ▶ Qcad <http://inkscape.org/>
    - ▶ 2-d CAD
    - ▶ Community-Version GPL2
    - ▶ CAM-Erweiterung nicht frei

Gestalterische Entwürfe lassen sich auch technisch weiterbearbeiten, z.B. Inkscape -> Qcad.





# Zeichnung

Entwürfe werden in Pfaden benötigt, Bitmaps (Pixel) müssen vor der Weiterverarbeitung vektorisiert werden.

- ▶ Gestalterischer Entwurf
  - ▶ Inkscape <http://inkscape.org/>
  - ▶ Sodipodi <http://sourceforge.net/projects/sodipodi/>
- ▶ Technischer Entwurf
  - ▶ Qcad <http://inkscape.org/>
    - ▶ 2-d CAD
    - ▶ Community-Version GPL2
    - ▶ CAM-Erweiterung nicht frei

Gestalterische Entwürfe lassen sich auch technisch weiterbearbeiten, z.B. Inkscape -> Qcad.



# Zeichnung

Entwürfe werden in Pfaden benötigt, Bitmaps (Pixel) müssen vor der Weiterverarbeitung vektorisiert werden.

- ▶ Gestalterischer Entwurf
  - ▶ Inkscape <http://inkscape.org/>
  - ▶ Sodipodi <http://sourceforge.net/projects/sodipodi/>
- ▶ Technischer Entwurf
  - ▶ Qcad <http://inkscape.org/>
    - ▶ 2-d CAD
    - ▶ Community-Version GPL2
    - ▶ CAM-Erweiterung nicht frei

Gestalterische Entwürfe lassen sich auch technisch weiterbearbeiten, z.B. Inkscape -> Qcad.



# Zeichnung

Entwürfe werden in Pfaden benötigt, Bitmaps (Pixel) müssen vor der Weiterverarbeitung vektorisiert werden.

- ▶ Gestalterischer Entwurf
  - ▶ Inkscape <http://inkscape.org/>
  - ▶ Sodipodi <http://sourceforge.net/projects/sodipodi/>
- ▶ Technischer Entwurf
  - ▶ Qcad <http://inkscape.org/>
    - ▶ 2-d CAD
    - ▶ Community-Version GPL2
    - ▶ CAM-Erweiterung nicht frei

Gestalterische Entwürfe lassen sich auch technisch weiterbearbeiten, z.B. Inkscape -> Qcad.



# Zeichnung

Entwürfe werden in Pfaden benötigt, Bitmaps (Pixel) müssen vor der Weiterverarbeitung vektorisiert werden.

- ▶ Gestalterischer Entwurf
  - ▶ Inkscape <http://inkscape.org/>
  - ▶ Sodipodi <http://sourceforge.net/projects/sodipodi/>
- ▶ Technischer Entwurf
  - ▶ Qcad <http://inkscape.org/>
    - ▶ 2-d CAD
    - ▶ Community-Version GPL2
    - ▶ CAM-Erweiterung nicht frei

Gestalterische Entwürfe lassen sich auch technisch weiterbearbeiten, z.B. Inkscape -> Qcad.



# Zeichnung

Entwürfe werden in Pfaden benötigt, Bitmaps (Pixel) müssen vor der Weiterverarbeitung vektorisiert werden.

- ▶ Gestalterischer Entwurf
  - ▶ Inkscape <http://inkscape.org/>
  - ▶ Sodipodi <http://sourceforge.net/projects/sodipodi/>
- ▶ Technischer Entwurf
  - ▶ Qcad <http://inkscape.org/>
    - ▶ 2-d CAD
    - ▶ Community-Version GPL2
    - ▶ CAM-Erweiterung nicht frei

Gestalterische Entwürfe lassen sich auch technisch weiterbearbeiten, z.B. Inkscape -> Qcad.



# Gliederung

Begriffsklärung

**Arbeitsablauf**

Zeichnung

**Maschinencode**

G-Code

Anforderungen

Erstellung

Fertigung

Formatumwandlung

Links



# G-Code

- ▶ **Beschreibungssprache für**
  - ▶ Bewegung
    - ▶ Geschwindigkeit
    - ▶ Werkzeug
    - ▶ Radiuskorrektur
    - ▶ ...
  - ▶ zusätzliche Ansteuerungen wie z.B.
    - ▶ Spindel ein/aus
    - ▶ Kühlmittel ein/aus
    - ▶ Pausen
    - ▶ und vieles mehr ...
  - ▶ Viele Varianten gebräuchlich, G-Code != G-Code.  
Möglichkeiten hängen von der Steuerung ab.



# G-Code

- ▶ Beschreibungssprache für
  - ▶ Bewegung
    - ▶ Geschwindigkeit
    - ▶ Werkzeug
    - ▶ Radiuskorrektur
    - ▶ ...
  - ▶ zusätzliche Ansteuerungen wie z.B.
    - ▶ Spindel ein/aus
    - ▶ Kühlmittel ein/aus
    - ▶ Pausen
    - ▶ und vieles mehr ...
  - ▶ Viele Varianten gebräuchlich, G-Code != G-Code.  
Möglichkeiten hängen von der Steuerung ab.





# G-Code

- ▶ Beschreibungssprache für
  - ▶ Bewegung
    - ▶ Geschwindigkeit
    - ▶ Werkzeug
    - ▶ Radiuskorrektur
    - ▶ ...
  - ▶ zusätzliche Ansteuerungen wie z.B.
    - ▶ Spindel ein/aus
    - ▶ Kühlmittel ein/aus
    - ▶ Pausen
    - ▶ und vieles mehr ...
  - ▶ Viele Varianten gebräuchlich, G-Code != G-Code.  
Möglichkeiten hängen von der Steuerung ab.



# G-Code

- ▶ Beschreibungssprache für
  - ▶ Bewegung
    - ▶ Geschwindigkeit
    - ▶ Werkzeug
    - ▶ Radiuskorrektur
    - ▶ ...
  - ▶ zusätzliche Ansteuerungen wie z.B.
    - ▶ Spindel ein/aus
    - ▶ Kühlmittel ein/aus
    - ▶ Pausen
    - ▶ und vieles mehr ...
  - ▶ Viele Varianten gebräuchlich, G-Code != G-Code.  
Möglichkeiten hängen von der Steuerung ab.



# G-Code

- ▶ Beschreibungssprache für
  - ▶ Bewegung
    - ▶ Geschwindigkeit
    - ▶ Werkzeug
    - ▶ Radiuskorrektur
    - ▶ ...
  - ▶ zusätzliche Ansteuerungen wie z.B.
    - ▶ Spindel ein/aus
    - ▶ Kühlmittel ein/aus
    - ▶ Pausen
    - ▶ und vieles mehr ...
  - ▶ Viele Varianten gebräuchlich, G-Code != G-Code.  
Möglichkeiten hängen von der Steuerung ab.



# G-Code

- ▶ Beschreibungssprache für
  - ▶ Bewegung
    - ▶ Geschwindigkeit
    - ▶ Werkzeug
    - ▶ Radiuskorrektur
    - ▶ ...
  - ▶ zusätzliche Ansteuerungen wie z.B.
    - ▶ Spindel ein/aus
    - ▶ Kühlmittel ein/aus
    - ▶ Pausen
    - ▶ und vieles mehr ...
  - ▶ Viele Varianten gebräuchlich, G-Code != G-Code.  
Möglichkeiten hängen von der Steuerung ab.



# G-Code

- ▶ Beschreibungssprache für
  - ▶ Bewegung
    - ▶ Geschwindigkeit
    - ▶ Werkzeug
    - ▶ Radiuskorrektur
    - ▶ ...
  - ▶ zusätzliche Ansteuerungen wie z.B.
    - ▶ Spindel ein/aus
    - ▶ Kühlmittel ein/aus
    - ▶ Pausen
    - ▶ und vieles mehr ...
- ▶ Viele Varianten gebräuchlich, G-Code != G-Code.  
Möglichkeiten hängen von der Steuerung ab.



# G-Code

- ▶ Beschreibungssprache für
  - ▶ Bewegung
    - ▶ Geschwindigkeit
    - ▶ Werkzeug
    - ▶ Radiuskorrektur
    - ▶ ...
  - ▶ zusätzliche Ansteuerungen wie z.B.
    - ▶ Spindel ein/aus
    - ▶ Kühlmittel ein/aus
    - ▶ Pausen
    - ▶ und vieles mehr ...
- ▶ Viele Varianten gebräuchlich, G-Code != G-Code.  
Möglichkeiten hängen von der Steuerung ab.



# G-Code

- ▶ Beschreibungssprache für
  - ▶ Bewegung
    - ▶ Geschwindigkeit
    - ▶ Werkzeug
    - ▶ Radiuskorrektur
    - ▶ ...
  - ▶ zusätzliche Ansteuerungen wie z.B.
    - ▶ Spindel ein/aus
    - ▶ Kühlmittel ein/aus
    - ▶ Pausen
    - ▶ und vieles mehr ...
- ▶ Viele Varianten gebräuchlich, G-Code != G-Code.  
Möglichkeiten hängen von der Steuerung ab.



# G-Code

- ▶ Beschreibungssprache für
  - ▶ Bewegung
    - ▶ Geschwindigkeit
    - ▶ Werkzeug
    - ▶ Radiuskorrektur
    - ▶ ...
  - ▶ zusätzliche Ansteuerungen wie z.B.
    - ▶ Spindel ein/aus
    - ▶ Kühlmittel ein/aus
    - ▶ Pausen
    - ▶ und vieles mehr ...
- ▶ Viele Varianten gebräuchlich, G-Code != G-Code.  
Möglichkeiten hängen von der Steuerung ab.





# G-Code

- ▶ Beschreibungssprache für
  - ▶ Bewegung
    - ▶ Geschwindigkeit
    - ▶ Werkzeug
    - ▶ Radiuskorrektur
    - ▶ ...
  - ▶ zusätzliche Ansteuerungen wie z.B.
    - ▶ Spindel ein/aus
    - ▶ Kühlmittel ein/aus
    - ▶ Pausen
    - ▶ und vieles mehr ...
- ▶ Viele Varianten gebräuchlich, G-Code != G-Code.  
Möglichkeiten hängen von der Steuerung ab.



# G-Code

- ▶ Beschreibungssprache für
  - ▶ Bewegung
    - ▶ Geschwindigkeit
    - ▶ Werkzeug
    - ▶ Radiuskorrektur
    - ▶ ...
  - ▶ zusätzliche Ansteuerungen wie z.B.
    - ▶ Spindel ein/aus
    - ▶ Kühlmittel ein/aus
    - ▶ Pausen
    - ▶ und vieles mehr ...
  - ▶ Viele Varianten gebräuchlich, G-Code != G-Code.  
Möglichkeiten hängen von der Steuerung ab.



# G-Code Beispiel

F300 (Arbeitsgeschwindigkeit 300 mm/min)  
G1 X100 Y10 Z20 (Fahre zu Koordinate X=100, Y=10, Z=20)

# Anforderungen

- ▶ **Serienproduktion:**  
Unkritisch, weil auch höherer Aufwand für die Programmerstellung betrieben werden kann.  
Auch manuelles Optimieren lohnt (einmal optimieren, vielfmals ausführen)
- ▶ Einzelstückproduktion:  
Schnelle Programmerstellung ist Voraussetzung für Wirtschaftlichkeit.

# Anforderungen

- ▶ **Serienproduktion:**  
Unkritisch, weil auch höherer Aufwand für die Programmerstellung betrieben werden kann.  
Auch manuelles Optimieren lohnt (einmal optimieren, vielfmals ausführen)
- ▶ **Einzelstückproduktion:**  
Schnelle Programmerstellung ist Voraussetzung für Wirtschaftlichkeit.

# Anforderungen

- ▶ **Pfadoptimierung**
  - ▶ Abfahren der Pfade im Zusammenhang
  - ▶ Bearbeitungsstrategie (von innen nach außen)
- ▶ Eintauchen mit Rampen
- ▶ Haltestege bei der Bearbeitung
- ▶ Freischnitt konkaver Konturen
- ▶ Maschinencode als Kalkulationsgrundlage

# Anforderungen

- ▶ Pfadoptimierung
  - ▶ Abfahren der Pfade im Zusammenhang
    - ▶ Bearbeitungsstrategie (von innen nach außen)
- ▶ Eintauchen mit Rampen
- ▶ Haltestege bei der Bearbeitung
- ▶ Freischnitt konkaver Konturen
- ▶ Maschinencode als Kalkulationsgrundlage



# Anforderungen

- ▶ Pfadoptimierung
  - ▶ Abfahren der Pfade im Zusammenhang
  - ▶ Bearbeitungsstrategie (von innen nach außen)
- ▶ Eintauchen mit Rampen
- ▶ Haltestege bei der Bearbeitung
- ▶ Freischnitt konkaver Konturen
- ▶ Maschinencode als Kalkulationsgrundlage



# Anforderungen

- ▶ Pfadoptimierung
  - ▶ Abfahren der Pfade im Zusammenhang
  - ▶ Bearbeitungsstrategie (von innen nach außen)
- ▶ Eintauchen mit Rampen
- ▶ Haltestege bei der Bearbeitung
- ▶ Freischnitt konkaver Konturen
- ▶ Maschinencode als Kalkulationsgrundlage

# Anforderungen

- ▶ Pfadoptimierung
  - ▶ Abfahren der Pfade im Zusammenhang
  - ▶ Bearbeitungsstrategie (von innen nach außen)
- ▶ Eintauchen mit Rampen
- ▶ Haltestege bei der Bearbeitung
- ▶ Freischnitt konkaver Konturen
- ▶ Maschinencode als Kalkulationsgrundlage



# Anforderungen

- ▶ Pfadoptimierung
  - ▶ Abfahren der Pfade im Zusammenhang
  - ▶ Bearbeitungsstrategie (von innen nach außen)
- ▶ Eintauchen mit Rampen
- ▶ Haltestege bei der Bearbeitung
- ▶ Freischnitt konkaver Konturen
- ▶ Maschinencode als Kalkulationsgrundlage



# Anforderungen

- ▶ Pfadoptimierung
  - ▶ Abfahren der Pfade im Zusammenhang
  - ▶ Bearbeitungsstrategie (von innen nach außen)
- ▶ Eintauchen mit Rampen
- ▶ Haltestege bei der Bearbeitung
- ▶ Freischnitt konkaver Konturen
- ▶ Maschinencode als Kalkulationsgrundlage



# Erstellung

- ▶ diverse Scripte DXF -> G-CODE  
(<http://wiki.linuxcnc.org/cgi-bin/emcinfo.pl?Cam>)
  - ▶ für den Produktiveinsatz ungeeignet
  - ▶ eventuell als Generator für Kurven,  
G-Code-Vervollständigung von Hand (Programme für  
Serienfertigung)
- ▶ (<http://www.qcad.org/camexpert.html>)
  - ▶ kostenpflichtige Qcad Erweiterung (z.Z 149,- EUR)
  - ▶ beschränkte Pfadoptimierung
  - ▶ keine Sonderfunktionen (Taschen, Haltestege, Freischnitt,  
Werkzeugersatz)



# Erstellung

- ▶ diverse Scripte DXF -> G-CODE  
(<http://wiki.linuxcnc.org/cgi-bin/emcinfo.pl?Cam>)
  - ▶ für den Produktiveinsatz ungeeignet
  - ▶ eventuell als Generator für Kurven,  
G-Code-Vervollständigung von Hand (Programme für  
Serienfertigung)
- ▶ (<http://www.qcad.org/camexpert.html>)
  - ▶ kostenpflichtige Qcad Erweiterung (z.Z 149,- EUR)
  - ▶ beschränkte Pfadoptimierung
  - ▶ keine Sonderfunktionen (Taschen, Haltestege, Freischnitt,  
Werkzeugersatz)



# Erstellung

- ▶ diverse Scripte DXF -> G-CODE  
(<http://wiki.linuxcnc.org/cgi-bin/emcinfo.pl?Cam>)
  - ▶ für den Produktiveinsatz ungeeignet
  - ▶ eventuell als Generator für Kurven, G-Code-Vervollständigung von Hand (Programme für Serienfertigung)
- ▶ (<http://www.qcad.org/camexpert.html>)
  - ▶ kostenpflichtige Qcad Erweiterung (z.Z 149,- EUR)
  - ▶ beschränkte Pfadoptimierung
  - ▶ keine Sonderfunktionen (Taschen, Haltestege, Freischnitt, Werkzeugersatz)

# Erstellung

- ▶ diverse Scripte DXF -> G-CODE  
(<http://wiki.linuxcnc.org/cgi-bin/emcinfo.pl?Cam>)
  - ▶ für den Produktiveinsatz ungeeignet
  - ▶ eventuell als Generator für Kurven,  
G-Code-Vervollständigung von Hand (Programme für  
Serienfertigung)
- ▶ (<http://www.qcad.org/camexpert.html>)
  - ▶ kostenpflichtige Qcad Erweiterung (z.Z 149,- EUR)
  - ▶ beschränkte Pfadoptimierung
  - ▶ keine Sonderfunktionen (Taschen, Haltestege, Freischnitt,  
Werkzeugersatz)





# Erstellung

- ▶ diverse Scripte DXF -> G-CODE  
(<http://wiki.linuxcnc.org/cgi-bin/emcinfo.pl?Cam>)
  - ▶ für den Produktiveinsatz ungeeignet
  - ▶ eventuell als Generator für Kurven, G-Code-Vervollständigung von Hand (Programme für Serienfertigung)
- ▶ (<http://www.qcad.org/camexpert.html>)
  - ▶ kostenpflichtige Qcad Erweiterung (z.Z 149,- EUR)
  - ▶ beschränkte Pfadoptimierung
  - ▶ keine Sonderfunktionen (Taschen, Haltestege, Freischnitt, Werkzeugersatz)



# Erstellung

- ▶ diverse Scripte DXF -> G-CODE  
(<http://wiki.linuxcnc.org/cgi-bin/emcinfo.pl?Cam>)
  - ▶ für den Produktiveinsatz ungeeignet
  - ▶ eventuell als Generator für Kurven, G-Code-Vervollständigung von Hand (Programme für Serienfertigung)
- ▶ (<http://www.qcad.org/camexpert.html>)
  - ▶ kostenpflichtige Qcad Erweiterung (z.Z 149,- EUR)
  - ▶ beschränkte Pfadoptimierung
  - ▶ keine Sonderfunktionen (Taschen, Haltestege, Freischnitt, Werkzeugersatz)



# Erstellung

- ▶ diverse Scripte DXF -> G-CODE  
(<http://wiki.linuxcnc.org/cgi-bin/emcinfo.pl?Cam>)
  - ▶ für den Produktiveinsatz ungeeignet
  - ▶ eventuell als Generator für Kurven, G-Code-Vervollständigung von Hand (Programme für Serienfertigung)
- ▶ (<http://www.qcad.org/camexpert.html>)
  - ▶ kostenpflichtige Qcad Erweiterung (z.Z 149,- EUR)
  - ▶ beschränkte Pfadoptimierung
  - ▶ keine Sonderfunktionen (Taschen, Haltestege, Freischnitt, Werkzeugersatz)

# Erstellung

- ▶ **pycam** (<http://pycam.wiki.sourceforge.net/>)
  - ▶ GPL 3
  - ▶ 3d
  - ▶ aktuelle Version 0.1.7b
- ▶ SheetCamTNG (<http://sheetcam.com/>)
  - ▶ proprietär, kostenpflichtig (110,- GBP)
  - ▶ 2-1/2 d
  - ▶ sehr leistungsfähig und flexibel.
  - ▶ Post-Prozessoren für die meisten gängigen Steuerungen.
  - ▶ Post-Prozessoren lassen sich leicht anpassen.



# Erstellung

- ▶ pycam (<http://pycam.wiki.sourceforge.net/>)
  - ▶ GPL 3
  - ▶ 3d
  - ▶ aktuelle Version 0.1.7b
- ▶ SheetCamTNG (<http://sheetcam.com/>)
  - ▶ proprietär, kostenpflichtig (110,- GBP)
  - ▶ 2-1/2 d
  - ▶ sehr leistungsfähig und flexibel.
  - ▶ Post-Prozessoren für die meisten gängigen Steuerungen.
  - ▶ Post-Prozessoren lassen sich leicht anpassen.



# Erstellung

- ▶ pycam (<http://pycam.wiki.sourceforge.net/>)
  - ▶ GPL 3
  - ▶ 3d
  - ▶ aktuelle Version 0.1.7b
- ▶ SheetCamTNG (<http://sheetcam.com/>)
  - ▶ proprietär, kostenpflichtig (110,- GBP)
  - ▶ 2-1/2 d
  - ▶ sehr leistungsfähig und flexibel.
  - ▶ Post-Prozessoren für die meisten gängigen Steuerungen.
  - ▶ Post-Prozessoren lassen sich leicht anpassen.



# Erstellung

- ▶ pycam (<http://pycam.wiki.sourceforge.net/>)
  - ▶ GPL 3
  - ▶ 3d
  - ▶ aktuelle Version 0.1.7b
- ▶ SheetCamTNG (<http://sheetcam.com/>)
  - ▶ proprietär, kostenpflichtig (110,- GBP)
  - ▶ 2-1/2 d
  - ▶ sehr leistungsfähig und flexibel.
  - ▶ Post-Prozessoren für die meisten gängigen Steuerungen.
  - ▶ Post-Prozessoren lassen sich leicht anpassen.

# Erstellung

- ▶ pycam (<http://pycam.wiki.sourceforge.net/>)
  - ▶ GPL 3
  - ▶ 3d
  - ▶ aktuelle Version 0.1.7b
- ▶ SheetCamTNG (<http://sheetcam.com/>)
  - ▶ proprietär, kostenpflichtig (110,- GBP)
  - ▶ 2-1/2 d
  - ▶ sehr leistungsfähig und flexibel.
  - ▶ Post-Prozessoren für die meisten gängigen Steuerungen.
  - ▶ Post-Prozessoren lassen sich leicht anpassen.





# Erstellung

- ▶ pycam (<http://pycam.wiki.sourceforge.net/>)
  - ▶ GPL 3
  - ▶ 3d
  - ▶ aktuelle Version 0.1.7b
- ▶ SheetCamTNG (<http://sheetcam.com/>)
  - ▶ proprietär, kostenpflichtig (110,- GBP)
  - ▶ 2-1/2 d
  - ▶ sehr leistungsfähig und flexibel.
  - ▶ Post-Prozessoren für die meisten gängigen Steuerungen.
  - ▶ Post-Prozessoren lassen sich leicht anpassen.



# Erstellung

- ▶ pycam (<http://pycam.wiki.sourceforge.net/>)
  - ▶ GPL 3
  - ▶ 3d
  - ▶ aktuelle Version 0.1.7b
- ▶ SheetCamTNG (<http://sheetcam.com/>)
  - ▶ proprietär, kostenpflichtig (110,- GBP)
  - ▶ 2-1/2 d
  - ▶ sehr leistungsfähig und flexibel.
  - ▶ Post-Prozessoren für die meisten gängigen Steuerungen.
  - ▶ Post-Prozessoren lassen sich leicht anpassen.

# Erstellung

- ▶ pycam (<http://pycam.wiki.sourceforge.net/>)
  - ▶ GPL 3
  - ▶ 3d
  - ▶ aktuelle Version 0.1.7b
- ▶ SheetCamTNG (<http://sheetcam.com/>)
  - ▶ proprietär, kostenpflichtig (110,- GBP)
  - ▶ 2-1/2 d
  - ▶ sehr leistungsfähig und flexibel.
  - ▶ Post-Prozessoren für die meisten gängigen Steuerungen.
  - ▶ Post-Prozessoren lassen sich leicht anpassen.



# Erstellung

- ▶ pycam (<http://pycam.wiki.sourceforge.net/>)
  - ▶ GPL 3
  - ▶ 3d
  - ▶ aktuelle Version 0.1.7b
- ▶ SheetCamTNG (<http://sheetcam.com/>)
  - ▶ proprietär, kostenpflichtig (110,- GBP)
  - ▶ 2-1/2 d
  - ▶ sehr leistungsfähig und flexibel.
  - ▶ Post-Prozessoren für die meisten gängigen Steuerungen.
  - ▶ Post-Prozessoren lassen sich leicht anpassen.



# Erstellung

- ▶ pycam (<http://pycam.wiki.sourceforge.net/>)
  - ▶ GPL 3
  - ▶ 3d
  - ▶ aktuelle Version 0.1.7b
- ▶ SheetCamTNG (<http://sheetcam.com/>)
  - ▶ proprietär, kostenpflichtig (110,- GBP)
  - ▶ 2-1/2 d
  - ▶ sehr leistungsfähig und flexibel.
  - ▶ Post-Prozessoren für die meisten gängigen Steuerungen.
  - ▶ Post-Prozessoren lassen sich leicht anpassen.



# Gliederung

Begriffsklärung

**Arbeitsablauf**

Zeichnung

Maschinencode

G-Code

Anforderungen

Erstellung

**Fertigung**

Formatumwandlung

Links



# Fertigung

- ▶ **emc2 (<http://www.linuxcnc.org>)**
  - ▶ GPL 2
  - ▶ sehr ausgereift
  - ▶ an alle denkbaren Maschinen anpassbar (wenn emc2 etwas nicht kann, ist meist der Admin schuld . . .)
  - ▶ benötigt Echtzeit-Prozesse im Produktivbetrieb (als Simulationssoftware auch ohne Echtzeit-Erweiterung nutzbar)
  - ▶ ausführliche Doku und große Mengen an Beispielkonfigurationen verfügbar (die Projektseite enthält auch viele weiterführende Informationen rund um CAD/CAM. Die englische Version ist viel ergiebiger als die deutsche)



# Fertigung

- ▶ **emc2 (<http://www.linuxcnc.org>)**
  - ▶ GPL 2
  - ▶ sehr ausgereift
  - ▶ an alle denkbaren Maschinen anpassbar (wenn emc2 etwas nicht kann, ist meist der Admin schuld . . .)
  - ▶ benötigt Echtzeit-Prozesse im Produktivbetrieb (als Simulationssoftware auch ohne Echtzeit-Erweiterung nutzbar)
  - ▶ ausführliche Doku und große Mengen an Beispielkonfigurationen verfügbar (die Projektseite enthält auch viele weiterführende Informationen rund um CAD/CAM. Die englische Version ist viel ergiebiger als die deutsche)





# Fertigung

- ▶ **emc2 (<http://www.linuxcnc.org>)**
  - ▶ GPL 2
  - ▶ **sehr ausgereift**
  - ▶ an alle denkbaren Maschinen anpassbar (wenn emc2 etwas nicht kann, ist meist der Admin schuld . . .)
  - ▶ benötigt Echtzeit-Prozesse im Produktivbetrieb (als Simulationssoftware auch ohne Echtzeit-Erweiterung nutzbar)
  - ▶ ausführliche Doku und große Mengen an Beispielkonfigurationen verfügbar (die Projektseite enthält auch viele weiterführende Informationen rund um CAD/CAM. Die englische Version ist viel ergiebiger als die deutsche)



# Fertigung

- ▶ emc2 (<http://www.linuxcnc.org>)
  - ▶ GPL 2
  - ▶ sehr ausgereift
  - ▶ an alle denkbaren Maschinen anpassbar (wenn emc2 etwas nicht kann, ist meist der Admin schuld . . . )
  - ▶ benötigt Echtzeit-Prozesse im Produktivbetrieb (als Simulationssoftware auch ohne Echtzeit-Erweiterung nutzbar)
  - ▶ ausführliche Doku und große Mengen an Beispielkonfigurationen verfügbar (die Projektseite enthält auch viele weiterführende Informationen rund um CAD/CAM. Die englische Version ist viel ergiebiger als die deutsche)



# Fertigung

- ▶ emc2 (<http://www.linuxcnc.org>)
  - ▶ GPL 2
  - ▶ sehr ausgereift
  - ▶ an alle denkbaren Maschinen anpassbar (wenn emc2 etwas nicht kann, ist meist der Admin schuld . . .)
  - ▶ benötigt Echtzeit-Prozesse im Produktivbetrieb (als Simulationssoftware auch ohne Echtzeit-Erweiterung nutzbar)
  - ▶ ausführliche Doku und große Mengen an Beispielkonfigurationen verfügbar (die Projektseite enthält auch viele weiterführende Informationen rund um CAD/CAM. Die englische Version ist viel ergiebiger als die deutsche)



# Fertigung

- ▶ emc2 (<http://www.linuxcnc.org>)
  - ▶ GPL 2
  - ▶ sehr ausgereift
  - ▶ an alle denkbaren Maschinen anpassbar (wenn emc2 etwas nicht kann, ist meist der Admin schuld . . .)
  - ▶ benötigt Echtzeit-Prozesse im Produktivbetrieb (als Simulationssoftware auch ohne Echtzeit-Erweiterung nutzbar)
  - ▶ ausführliche Doku und große Mengen an Beispielkonfigurationen verfügbar (die Projektseite enthält auch viele weiterführende Informationen rund um CAD/CAM. Die englische Version ist viel ergiebiger als die deutsche)

# Formatumwandlung

- ▶ pstoedit (<http://www.pstoedit.net/pstoedit/>)
  - ▶ GPL 2
  - ▶ sehr sehr mächtig
  - ▶ auch mit CUPS (dem Linux Drucksystem) sehr komfortabel in die Arbeitsumgebung integrierbar (siehe z.B. <http://gpl.coulmann.de/cnc/dxf-printer.html>)

# Formatumwandlung

- ▶ pstoedit (<http://www.pstoedit.net/pstoedit/>)
  - ▶ GPL 2
  - ▶ sehr sehr mächtig
  - ▶ auch mit CUPS (dem Linux Drucksystem) sehr komfortabel in die Arbeitsumgebung integrierbar (siehe z.B. <http://gpl.coulmann.de/cnc/dxf-printer.html>)

# Formatumwandlung

- ▶ pstoedit (<http://www.pstoedit.net/pstoedit/>)
  - ▶ GPL 2
  - ▶ **sehr sehr mächtig**
  - ▶ auch mit CUPS (dem Linux Drucksystem) sehr komfortabel in die Arbeitsumgebung integrierbar (siehe z.B. <http://gpl.coulmann.de/cnc/dxf-printer.html>)

# Formatumwandlung

- ▶ pstoedit (<http://www.pstoedit.net/pstoedit/>)
  - ▶ GPL 2
  - ▶ sehr sehr mächtig
  - ▶ auch mit CUPS (dem Linux Drucksystem) sehr komfortabel in die Arbeitsumgebung integrierbar (siehe z.B. <http://gpl.coulmann.de/cnc/dxf-printer.html>)





## Links

CAD/CAM Infos

<http://www.linuxcnc.org>

Inkscape

<http://inkscape.org/>

Sodipodi

<http://sourceforge.net/projects/sodipodi/>

Qcad

<http://www.qcad.org/camexpert.html>

pycam

<http://pycam.wiki.sourceforge.net/>

SheetCamTNG

<http://sheetcam.com/>

emc2

<http://www.linuxcnc.org>

pstoedit

<http://www.pstoedit.net/pstoedit/>

Dateikonverter als Drucker

<http://gpl.coulmann.de/cnc/dxf-printer.html>

diese Präsentation

[http://gpl.coulmann.de/cnc/cam\\_talk\\_1.0.pdf](http://gpl.coulmann.de/cnc/cam_talk_1.0.pdf)

Referent

[info@coulmann.de](mailto:info@coulmann.de)