



Austausch von 3D-Modellen mit STL-Daten

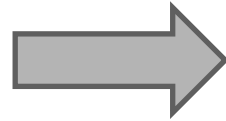
Analyse und Korrektur von
Konvertierungsfehlern am Beispiel von
Z88Aurora

Bayreuth, 21.09.2011

Dipl.-Ing. Markus Zimmermann



- ProEngineer
- Catia
- NX (Siemens)
- Inventor
- AutoCAD
- SolidWorks
- Rhinoceros



STEP

DXF

STL

NAS

...



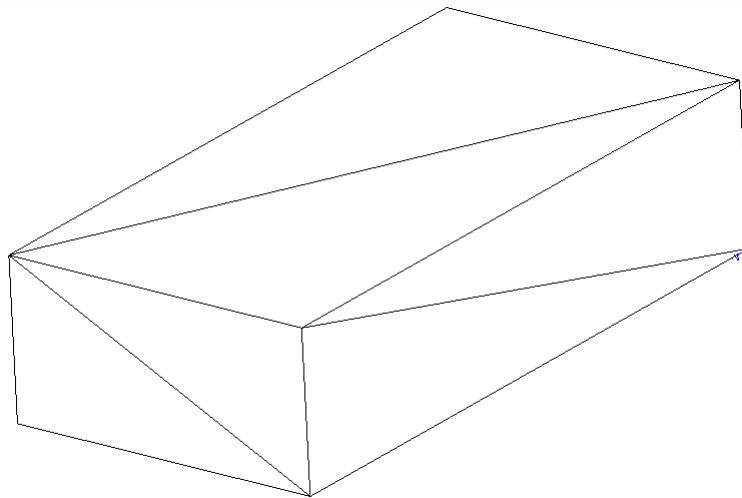
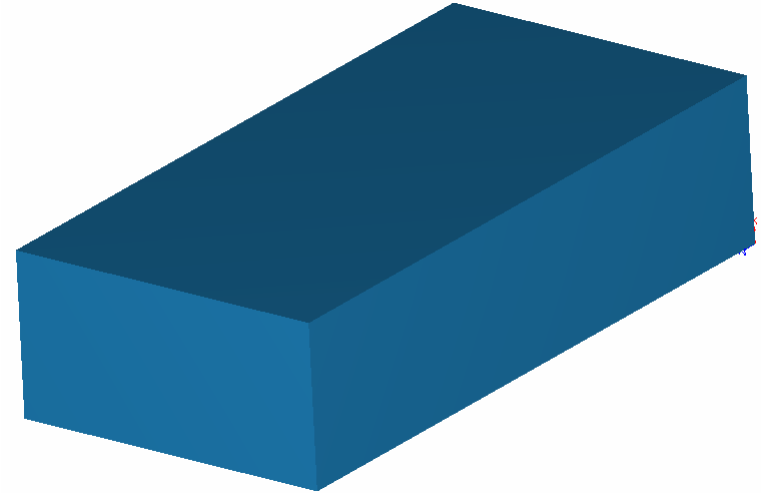
- ABAQUS
- ADINA
- Ansys
- Z88Aurora
- MARC
- Nastran
- LS-DYNA

Aufbau von STL-Dateien

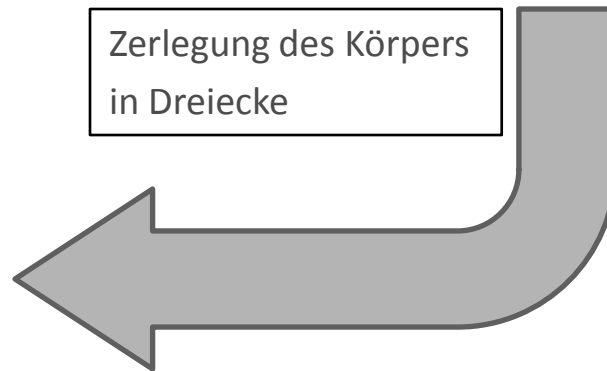
ASCII-Format



```
facet normal -1.000000e+00 0.000000e+00 0.000000e+00
  outer loop
    vertex -2.500000e+01 5.000000e+01 -1.000000e+02
    vertex -2.500000e+01 -5.000000e+01 1.000000e+02
    vertex -2.500000e+01 5.000000e+01 1.000000e+02
  endloop
endfacet
```



Zerlegung des Körpers
in Dreiecke



Aufbau von STL-Dateien

Beschreibung des Dreiecks



```
facet normal -1.000000e+00 0.000000e+00 0.000000e+00
```

```
outer loop
```

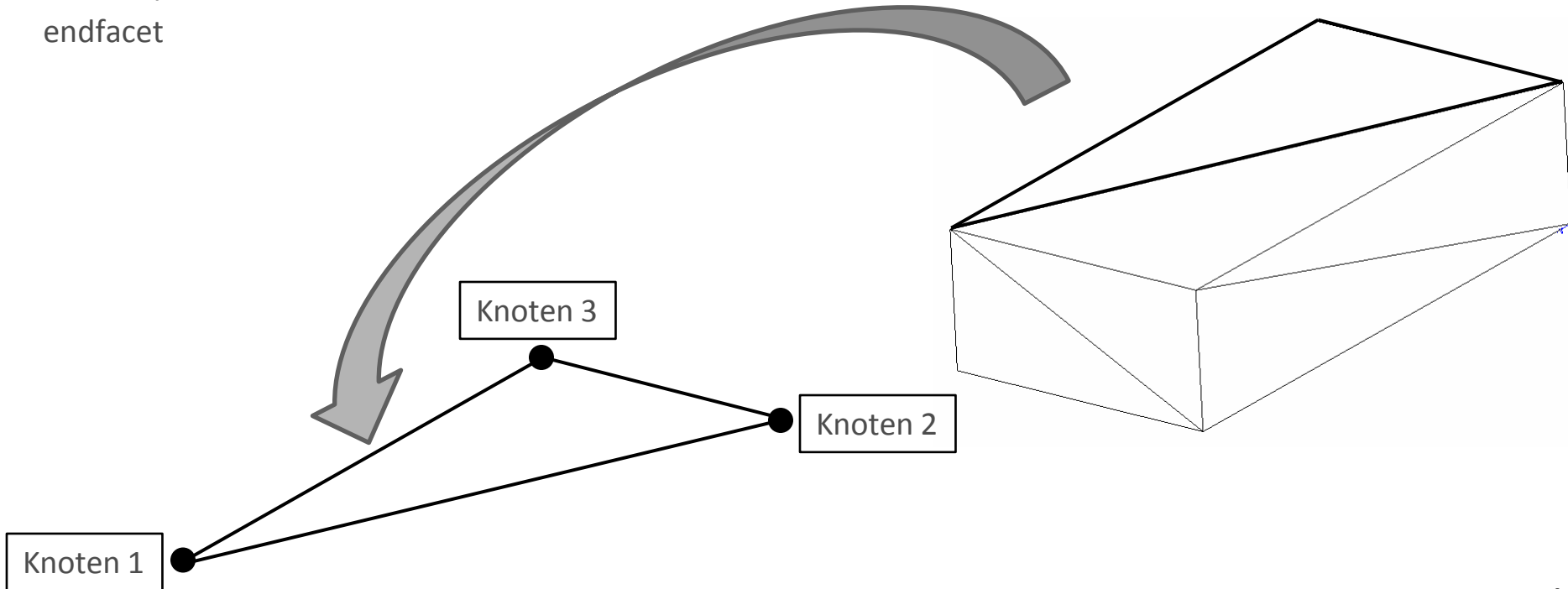
```
vertex -2.500000e+01 5.000000e+01 -1.000000e+02 Knoten 1
```

```
vertex -2.500000e+01 -5.000000e+01 1.000000e+02 Knoten 2
```

```
vertex -2.500000e+01 5.000000e+01 1.000000e+02 Knoten 3
```

```
endloop
```

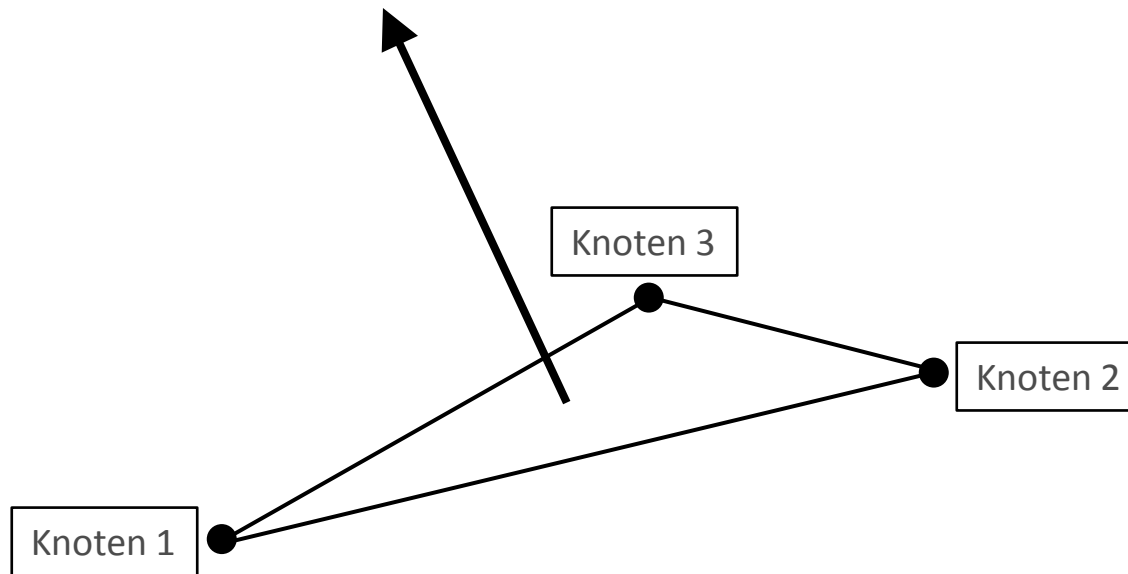
```
endfacet
```





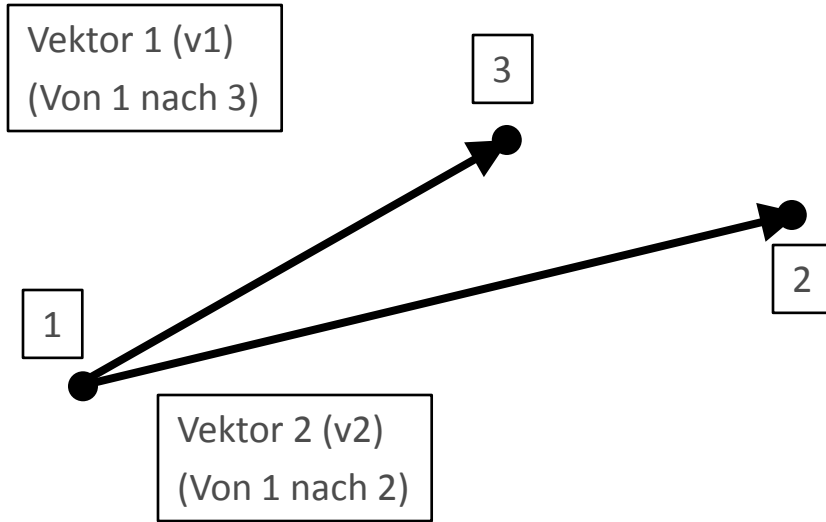
Eigenschaften:

- Senkrecht auf der Fläche
- Länge ist der Flächeninhalt
- Richtung beschreibt die Knotenreihenfolge

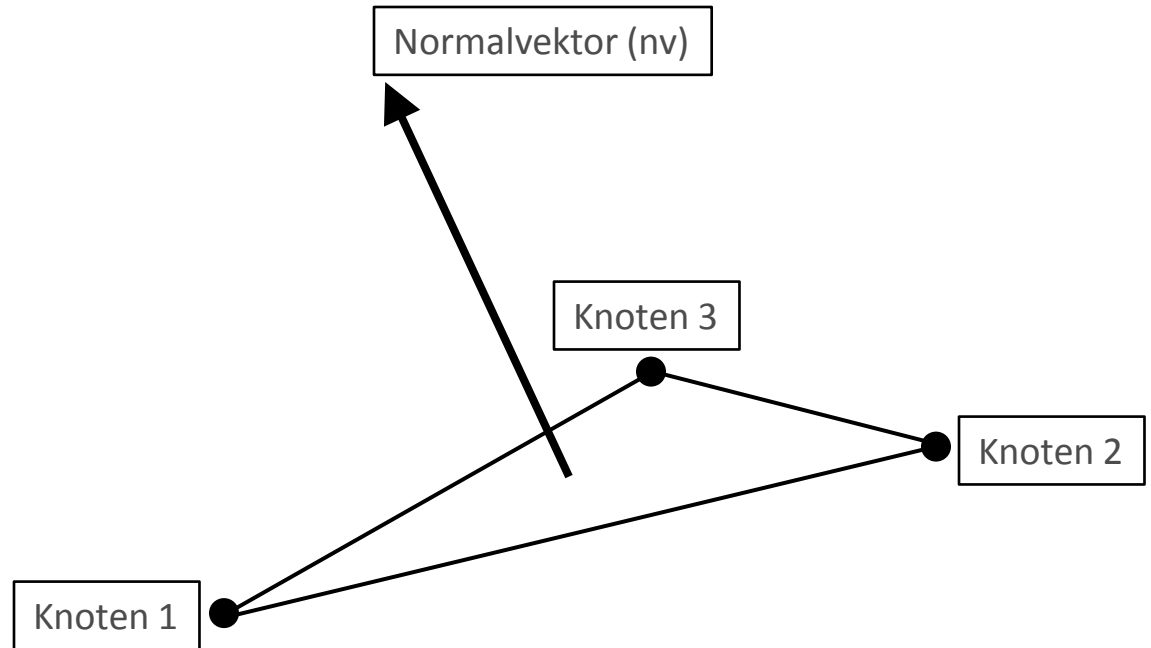


Der Normalvektor

Berechnung



Der **Normalvektor** berechnet sich aus dem **Kreuzprodukt** zwischen **Vektor 1** und **Vektor 2**.

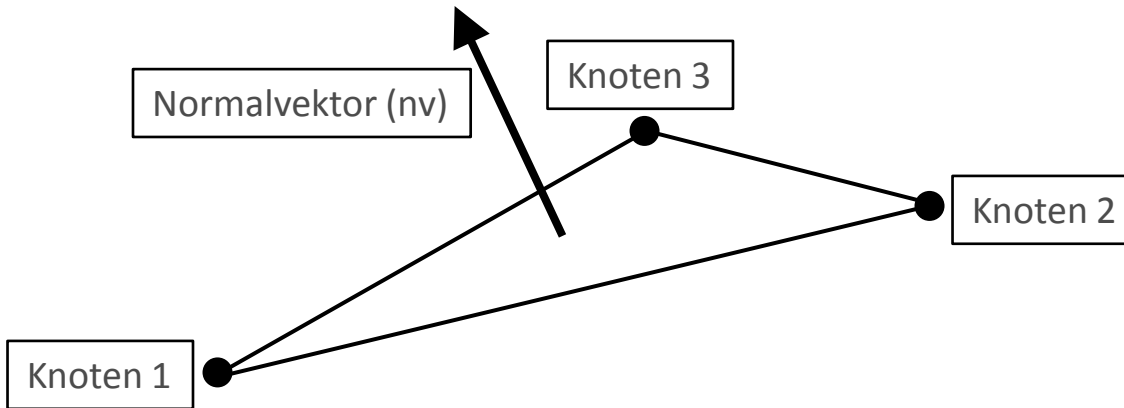


Der Normalvektor

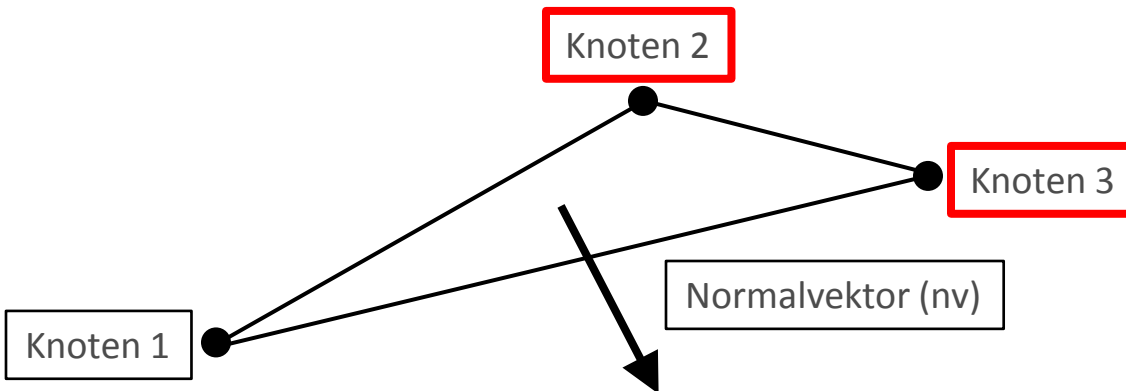
Richtung



Knotenreihenfolge: Entgegen dem Uhrzeigersinn (linksdrehend)



Knotenreihenfolge: Im Uhrzeigersinn (rechtsdrehend)



Die **Reihenfolge** der Knotennummerierungen gibt die **Richtung** des **Normalvektors** vor.



Normalvektor fehlerhaft

- Verwendung des Normalvektors zur Lichtberechnung
- Fehlerhafte Repräsentation der Knotenreihenfolge
- Fehlinterpretation bei der Darstellung der Daten

Folgefehler im FE-Programm

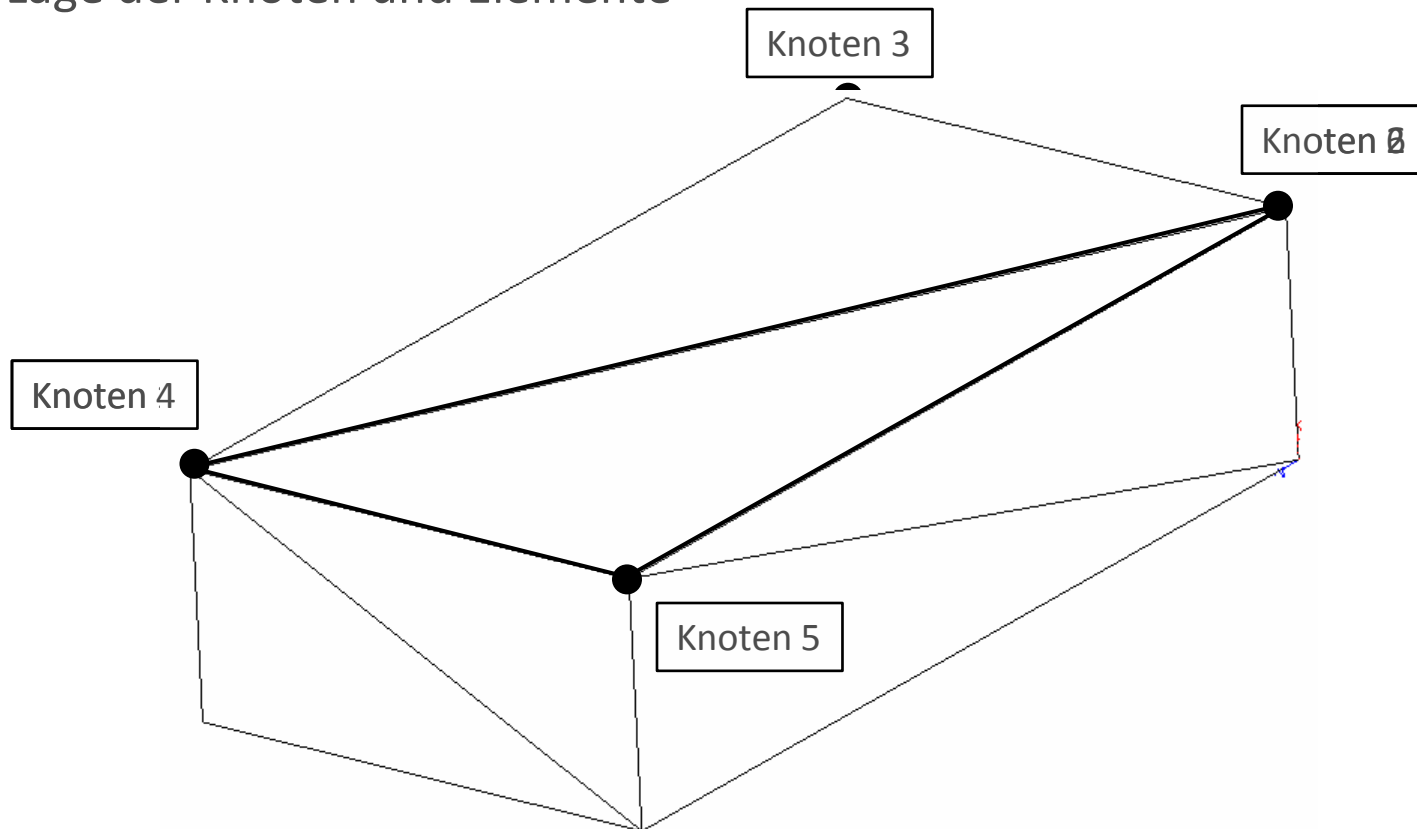
- Teilweise Vernetzungsfehler
- Vernetzter reparieren Fehler nicht immer selbstständig
- Fehlerkorrektur wird dem FE-Programm überlassen

Lösungen

- Knotenreihenfolge und Normalvektor der STL-Daten prüfen nach dem Import

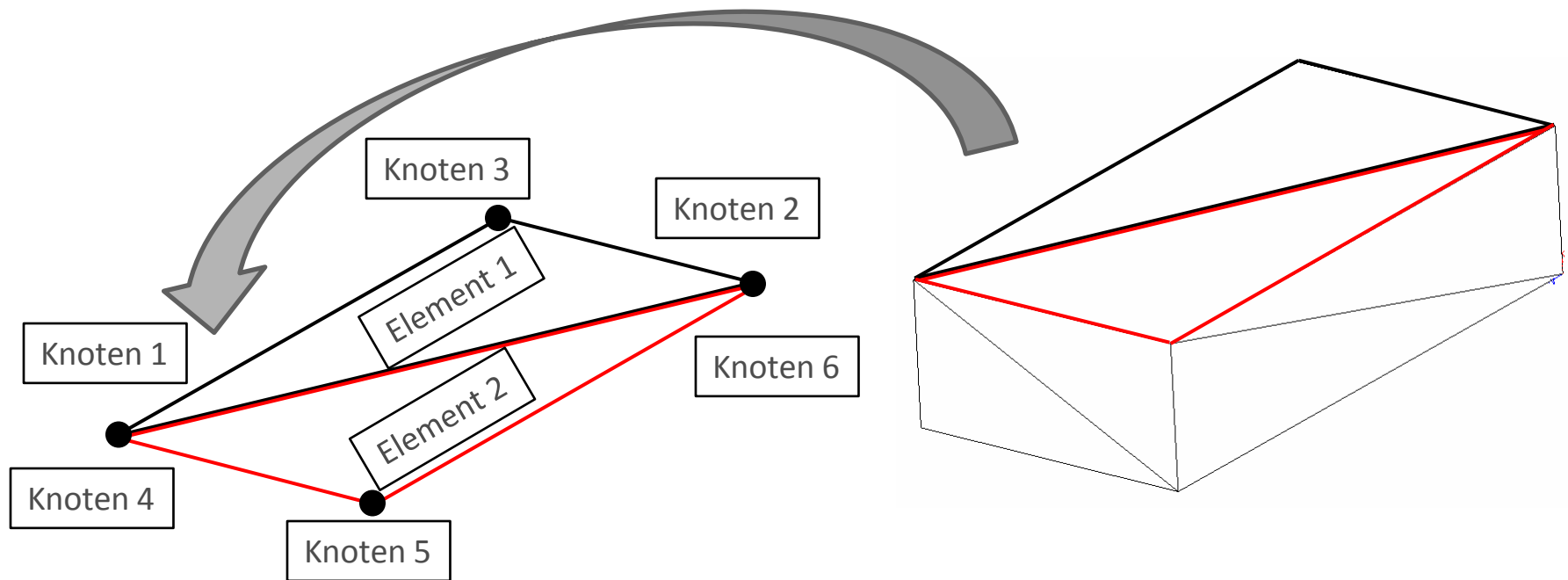


- Anzahl der Elemente
- Jedes Element hat eigene Knotennummern
- Lage der Knoten und Elemente





Gleiche Knoten besitzen identische Koordinaten!



Knotenanalyse

doppelte Knoten entfernen



facet normal -1.000000e+00 0.000000e+00 0.000000e+00

outer loop

vertex -2.500000e+01 5.000000e+01 -1.000000e+02 **Knoten 1**

vertex **-2.500000e+01 -5.000000e+01 1.000000e+02** **Knoten 2**

vertex -2.500000e+01 5.000000e+01 1.000000e+02 **Knoten 3**

endloop

endfacet

facet normal 0.000000e+00 0.000000e+00 1.000000e+00

outer loop

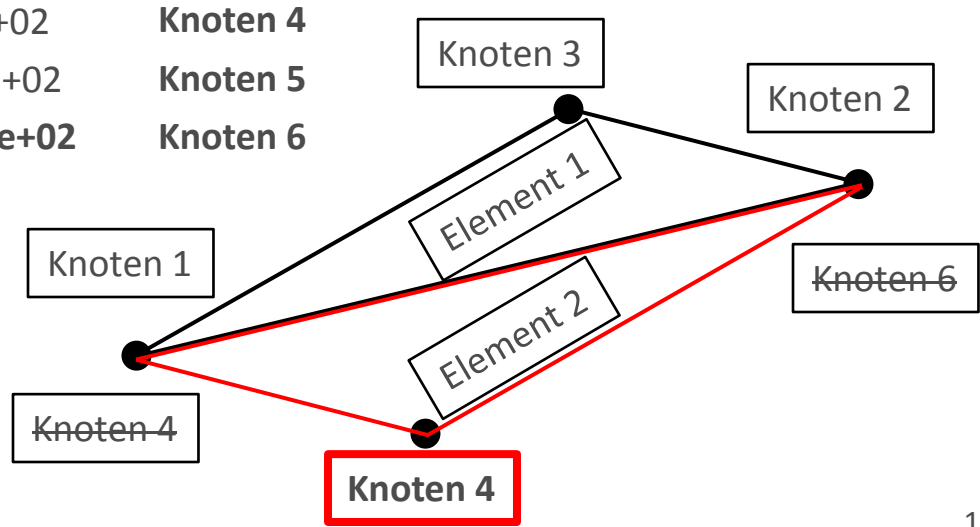
vertex 2.500000e+01 5.000000e+01 1.000000e+02 **Knoten 4**

vertex -2.500000e+01 5.000000e+01 1.000000e+02 **Knoten 5**

vertex **-2.500000e+01 -5.000000e+01 1.000000e+02** **Knoten 6**

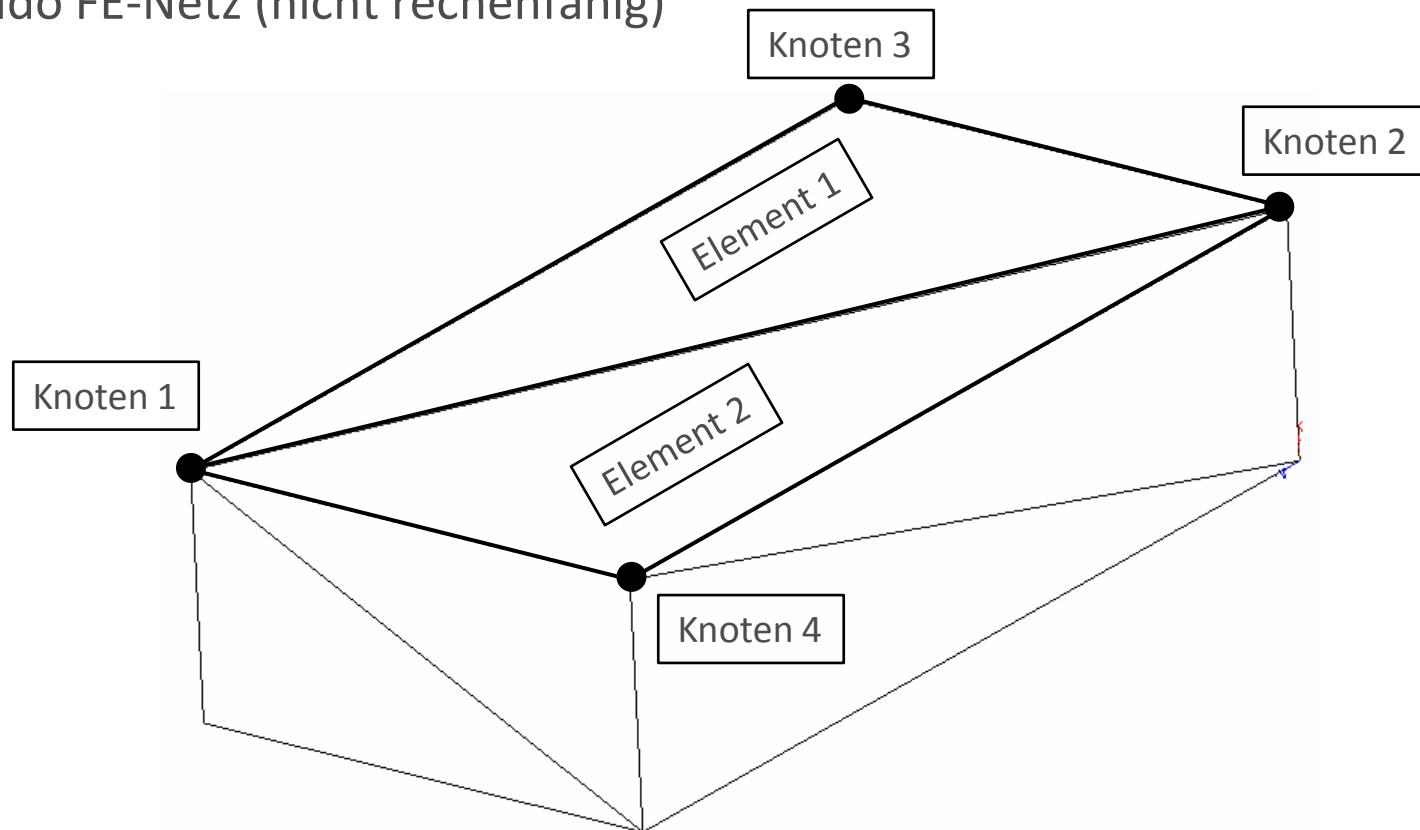
endloop

endfacet





- Anzahl der Elemente
- Anzahl der Knoten
- Pseudo FE-Netz (nicht rechenfähig)



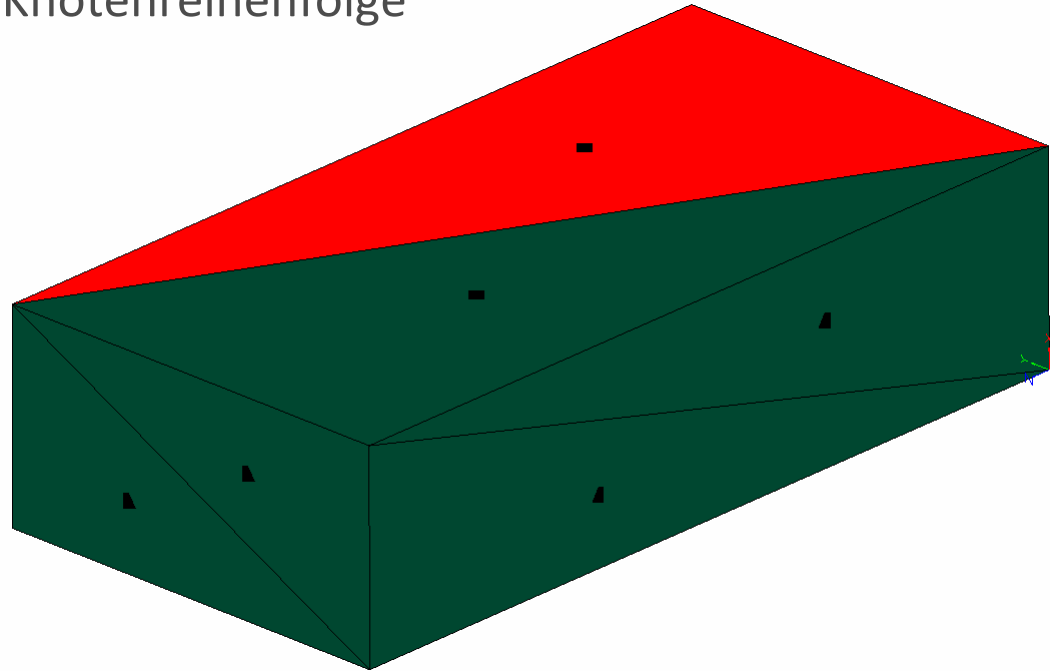


- Referenzelement mit richtiger Knotenreihenfolge bestimmen
- Verbundene Elemente suchen
- Reihenfolge der Knotennummerierung prüfen
- Evtl. Reihenfolge der Knotennummerierung anpassen
- Neue Datei mit korrigierten STL-Daten schreiben
- Vernetzung mit korrigierten STL-Daten vornehmen



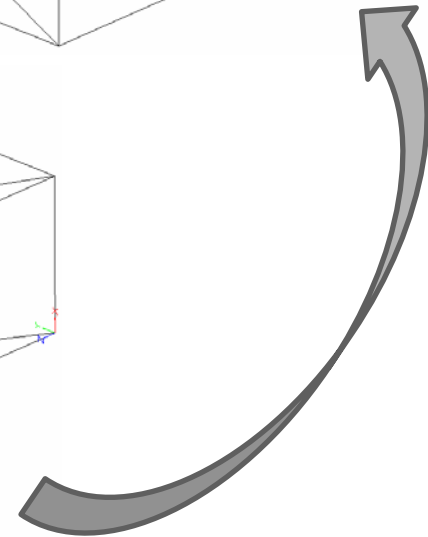
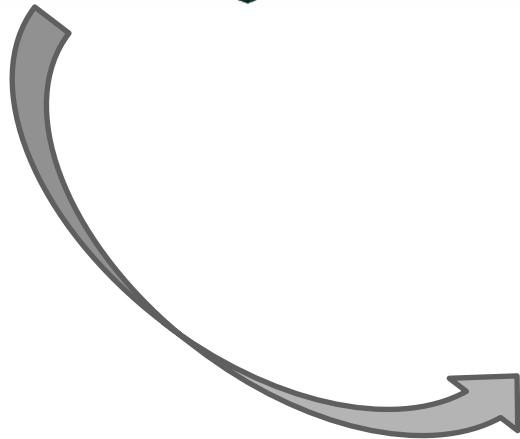
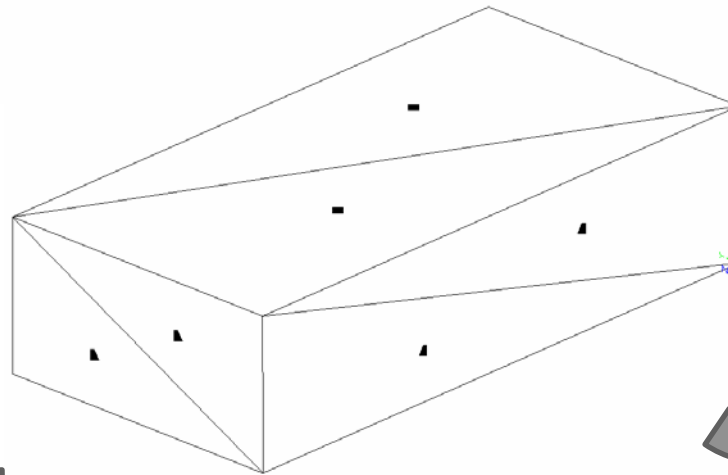
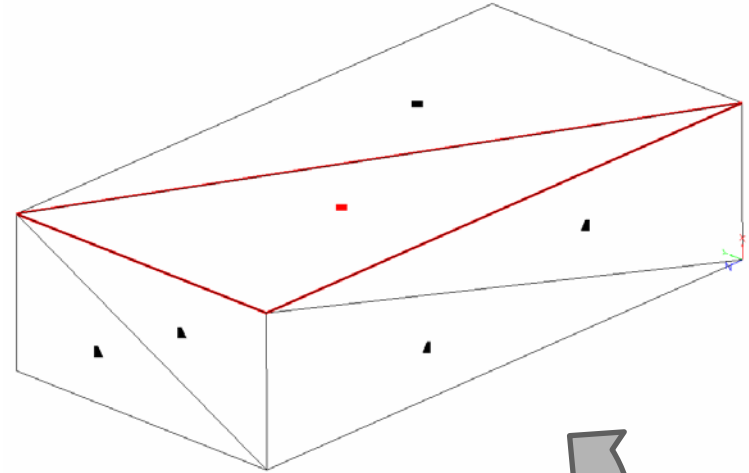
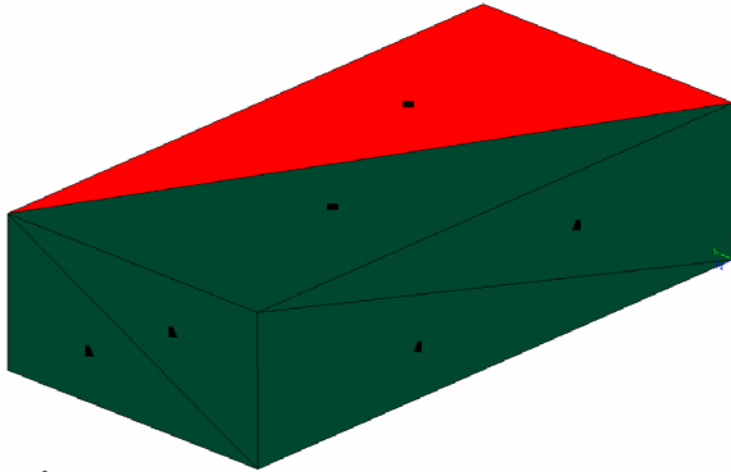
Optische Identifizierung

- ROT: Fehlerhafte Knotenreihenfolge
- GRÜN: Korrekte Knotenreihenfolge





Auswahl durch Benutzer





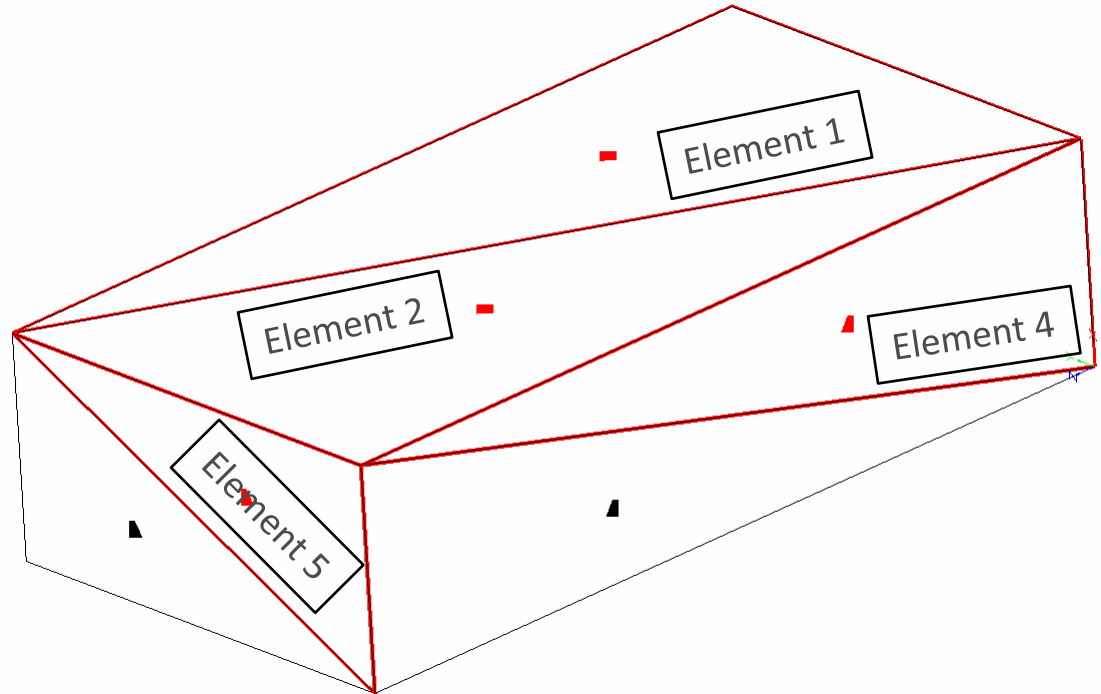
Bestimmung aller Elemente um ein Element.

Hier:

Element 2

- Element 1
- Element 4
- Element 5

Maximal **3** weitere Elemente dürfen mit einem Element **verbunden** sein.





Element 1 (im Uhrzeigersinn):

Knoten 1

Knoten 3

Knoten 2

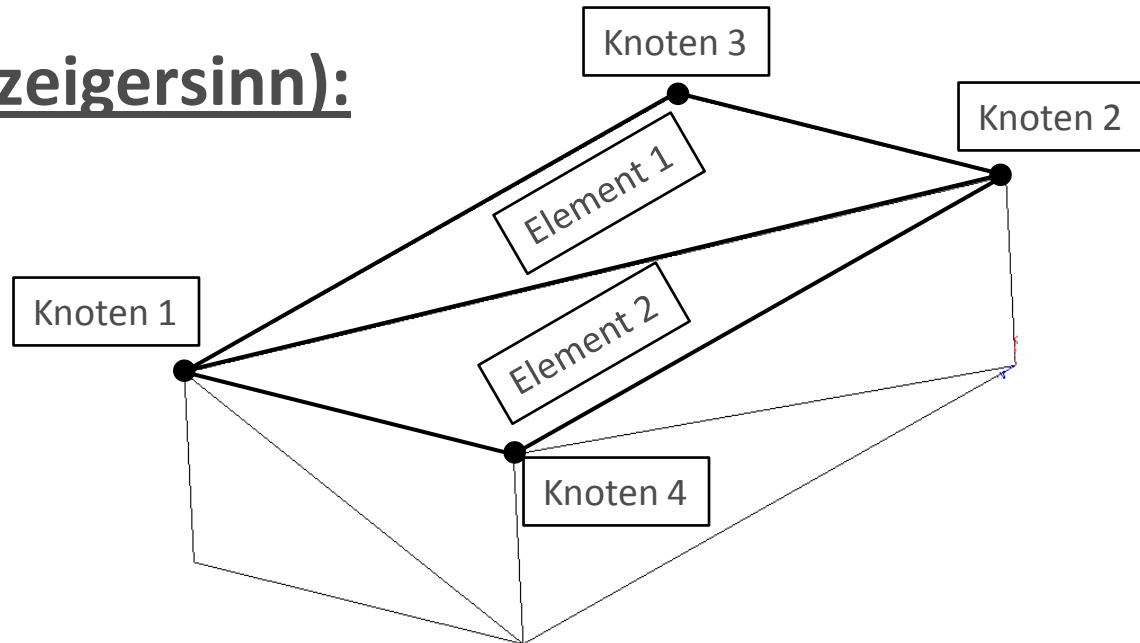


Element 2 (gegen Uhrzeigersinn):

Knoten 1

Knoten 4

Knoten 2





Element 1 (gegen Uhrzeigersinn):

Knoten 1

Knoten 2

Knoten 3

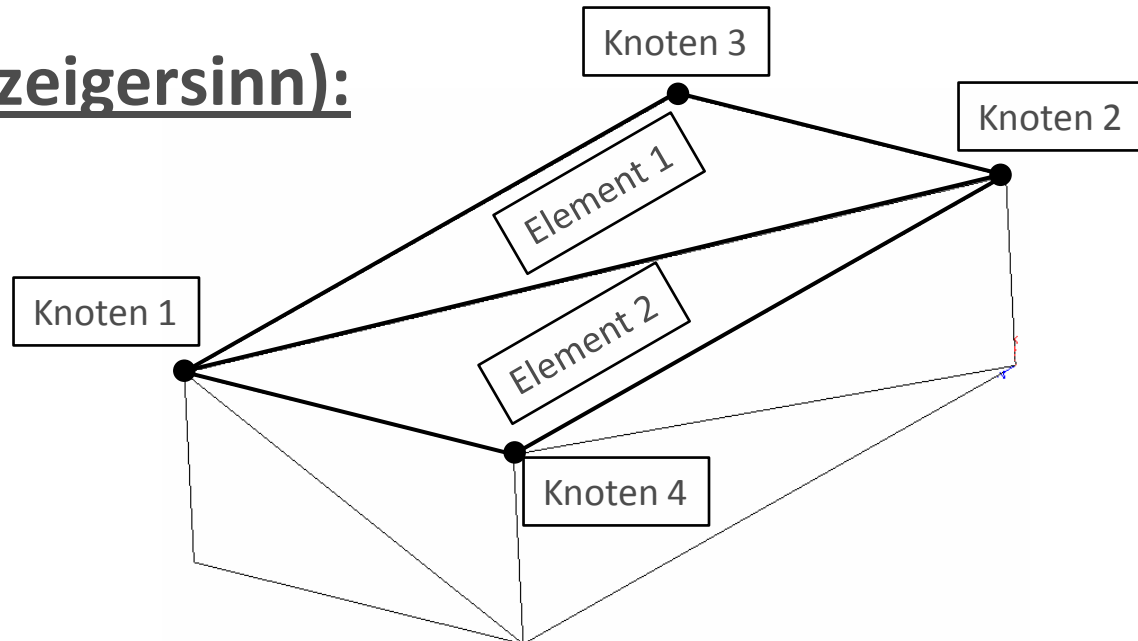


Element 2 (gegen Uhrzeigersinn):

Knoten 1

Knoten 4

Knoten 2





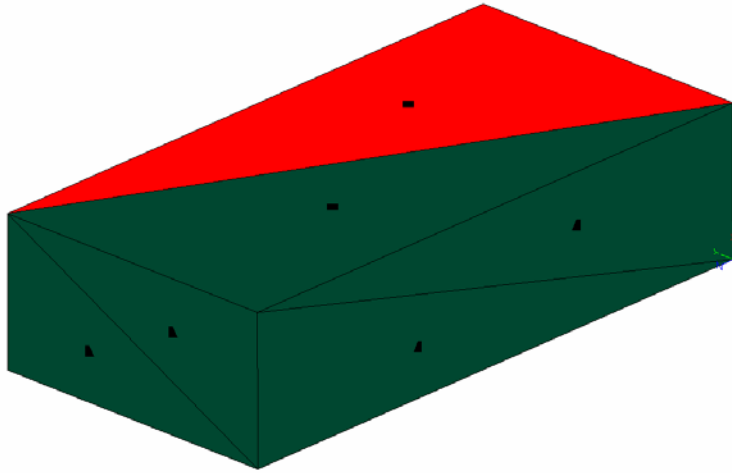
- Anzahl der Elemente
- Anzahl der Knoten
- Pseudo FE-Netz (nicht rechenfähig)
- Richtige Reihenfolge der Knoten pro Element
- Richtiger Normalvektor (nach Neuberechnung)
- Neu generierte STL-Datei basierend auf den vorherigen Informationen

Beispiel 1

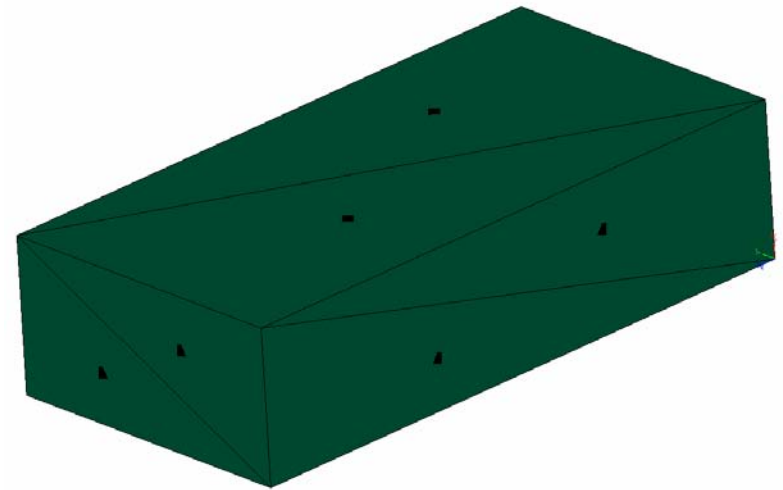
Quader



Vorher



Nachher



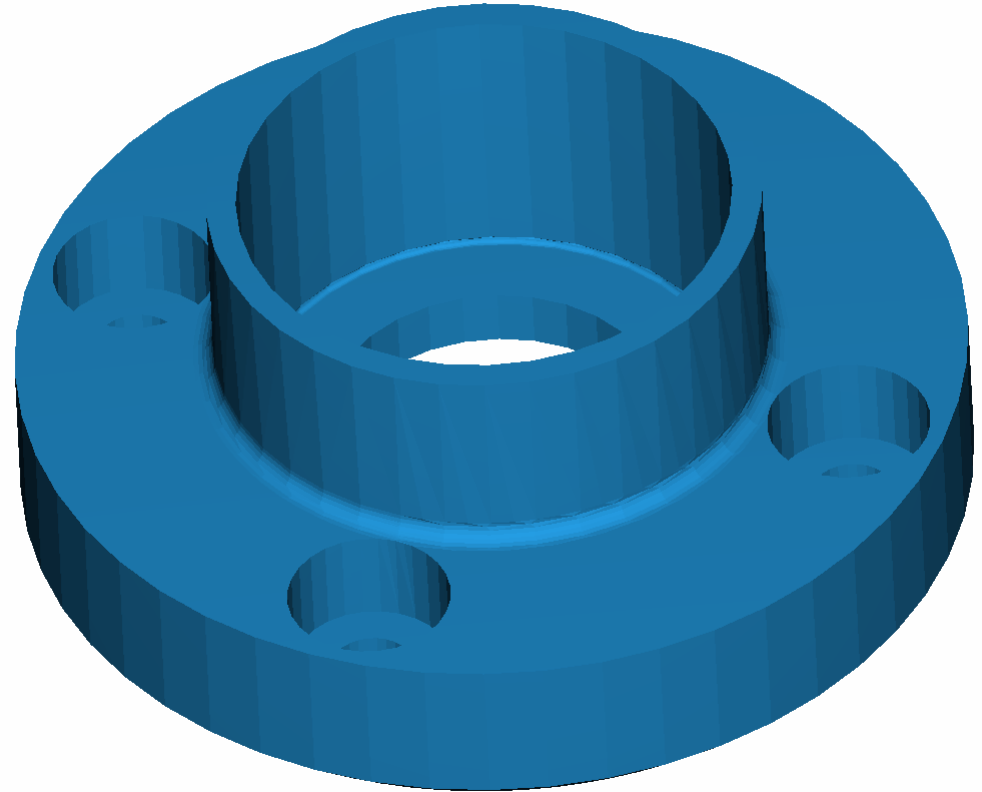
Einfaches und rein akademisches Beispiel!



STL-Daten:

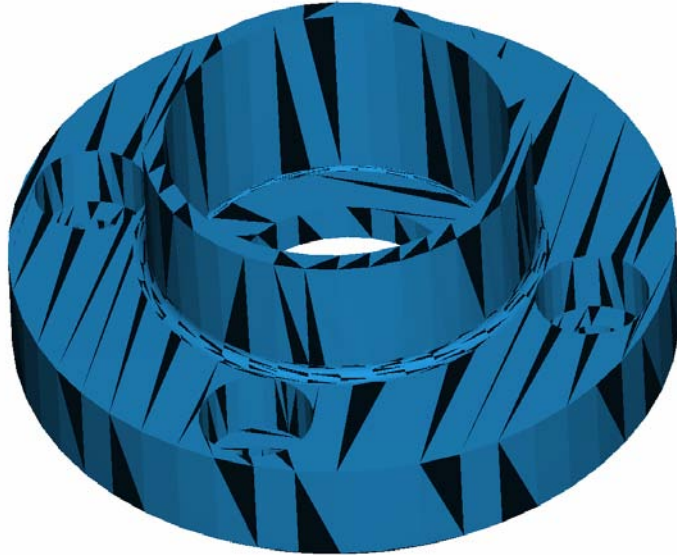
- 10980 Knoten
- 3660 Elemente

Schattierte Ansicht einer Lagerhalterung mit vier Bohrungslochern und einer Lageraufnahme.

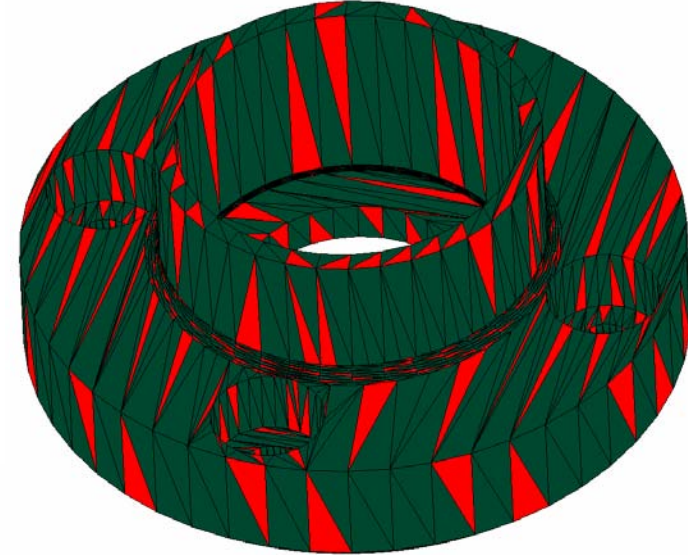


Beispiel 2

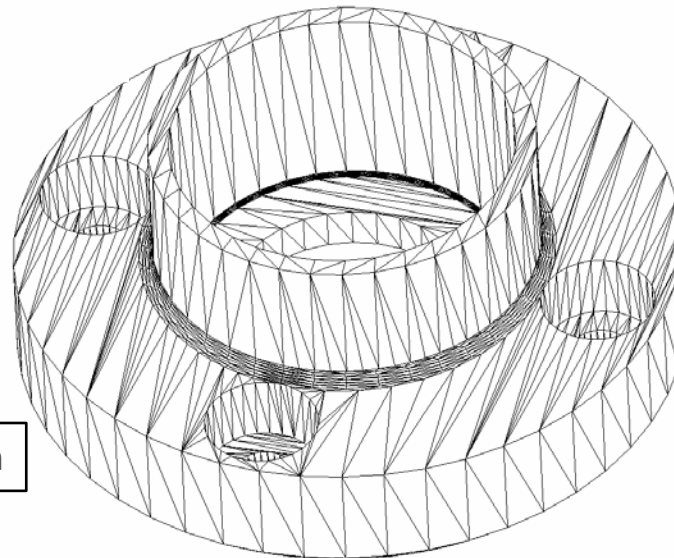
Lagerhalterung (teilweise falsche Nummerierung)



Schattiert



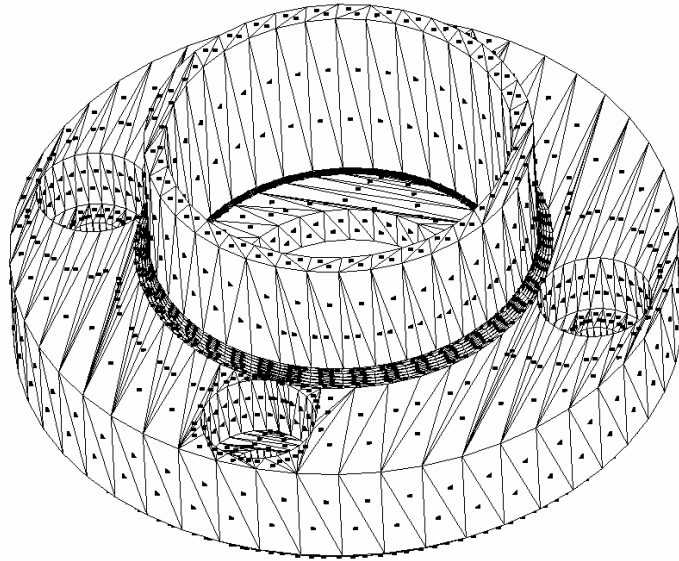
STL-Farbdarstellung



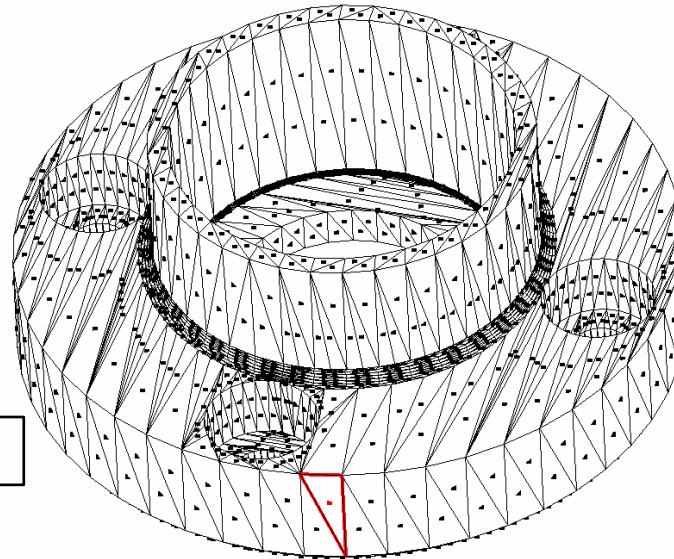
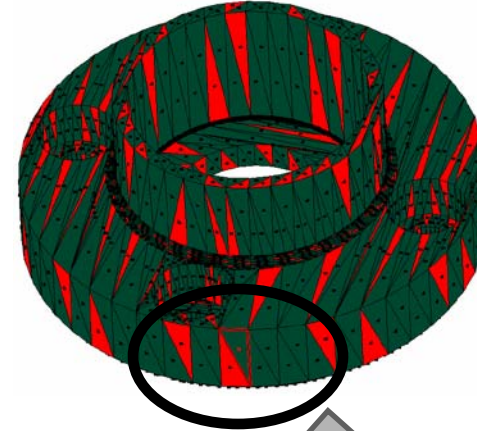
Verdeckte Kanten

Beispiel 2

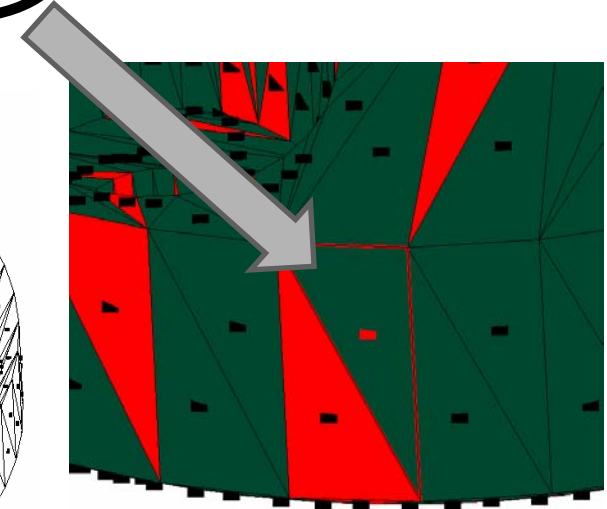
Lagerhalterung



Elementauswahl

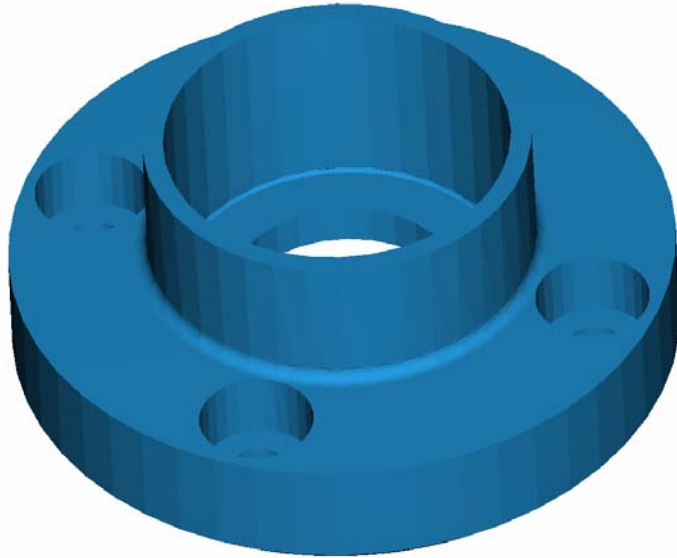


„richtiges“ Element ausgewählt

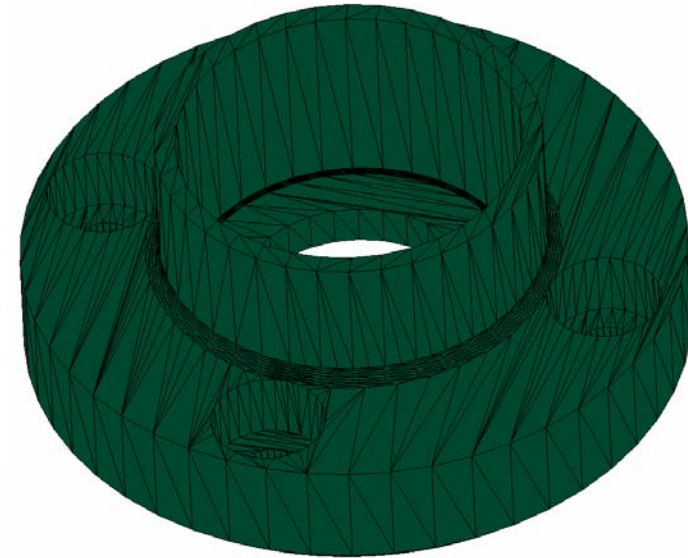


Beispiel 2

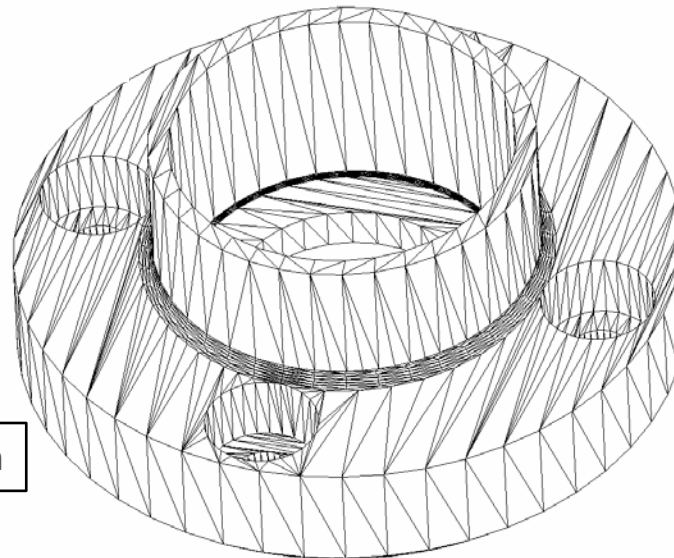
Lagerhalterung (richtig Nummerierung)



Schattiert



STL-Farbdarstellung



Verdeckte Kanten



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!