

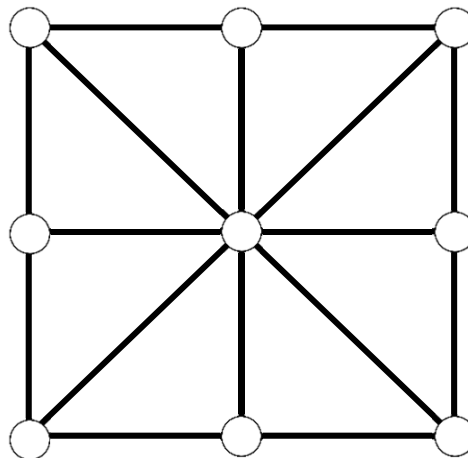


Prof. Dr. Jan Bender
Dynamische Simulation von Mehrkörpersystemen

SIMULATION VON KLEIDUNG

Masse-Feder-Systeme

- ◎ Ein Masse-Feder-System ist ein Netz aus Partikeln, die durch Federn miteinander verbunden sind.



Masse-Feder-Systeme

- ◎ Federkraft zwischen zwei Punkten

$$\mathbf{F}_{\text{Feder}} = k(|\mathbf{b} - \mathbf{a}| - l_0) \frac{\mathbf{b} - \mathbf{a}}{|\mathbf{b} - \mathbf{a}|}$$

- ◎ Dämpfung der Feder

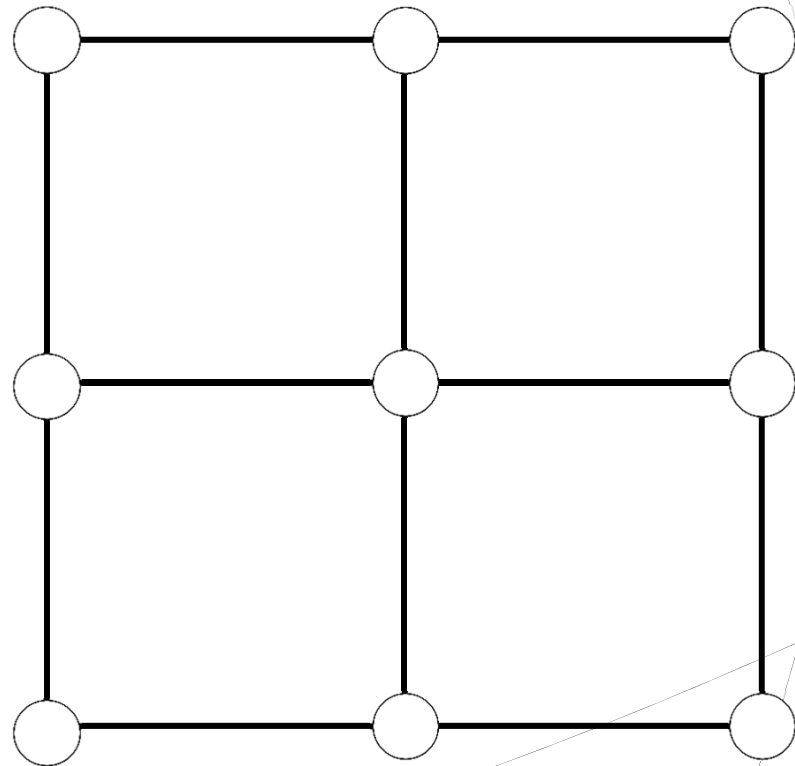
$$\mathbf{F}_{\text{Dämpfung}} = \mu(\mathbf{v}_b - \mathbf{v}_a)$$

- ◎ Gesamt

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_{\text{Feder}} + \mathbf{F}_{\text{Dämpfung}}$$

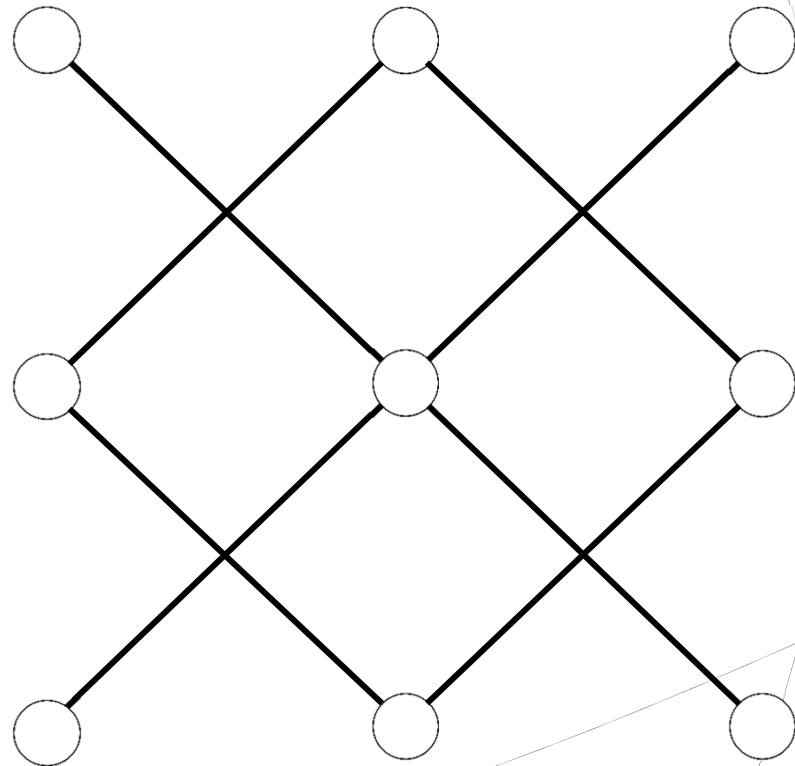
Modell von Provot

- ◎ „structural springs“
- ◎ Diese Federn wirken einer Dehnung bzw. Kompression des Modells entgegen.



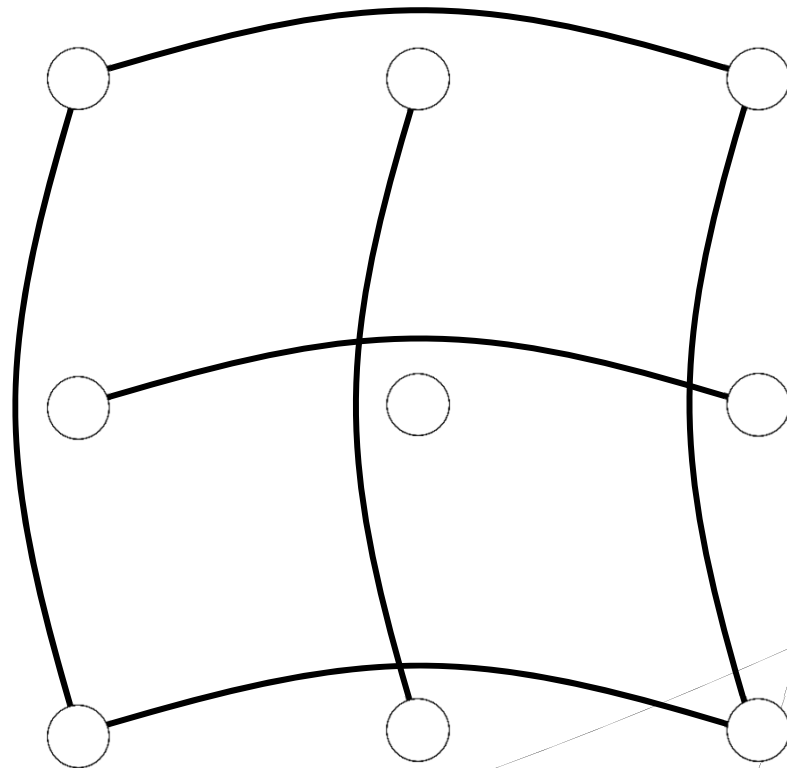
Modell von Provot

- ◎ „shear springs“
- ◎ Diese Federn wirken einer Scherung des Modells entgegen.



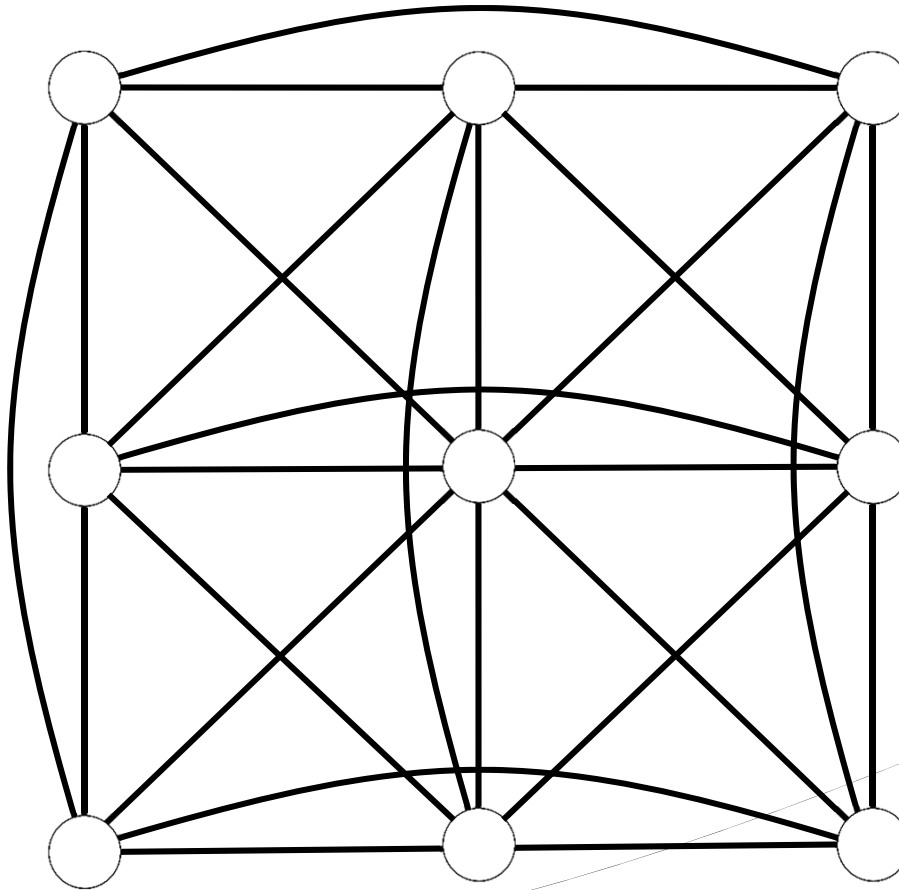
Modell von Provot

- ◎ „flexion springs“
- ◎ Diese Federn wirken einer Biegung des Modells entgegen.



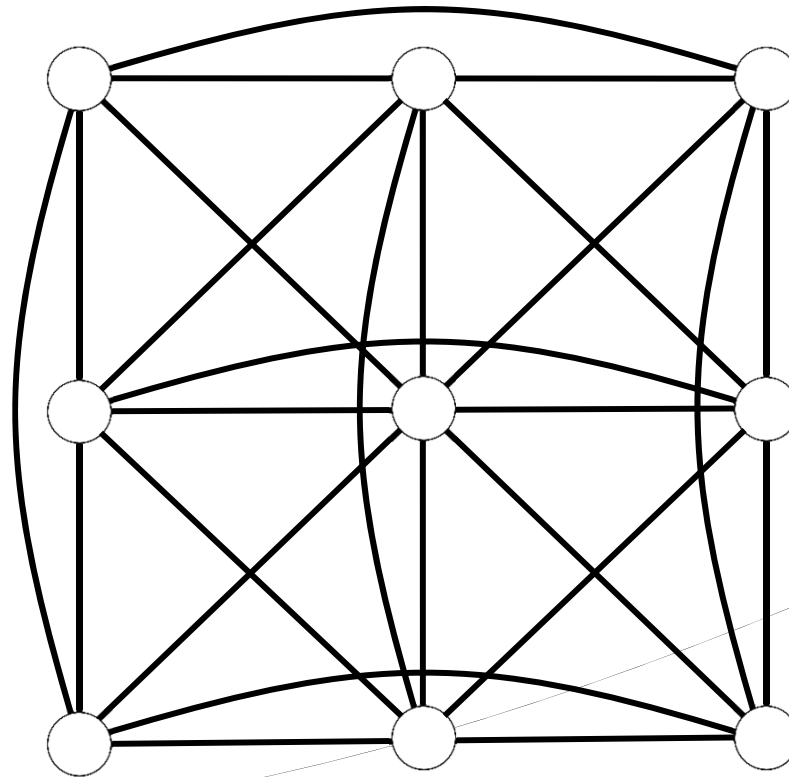
Modell von Provot

- ⦿ structural
- ⦿ shear
- ⦿ flexion



Modell von Provot

- ⊙ Anzahl Feder bei Modell der Größe $n \times n$:
- ⊙ $2n(n-1)$
- ⊙ $2(n-1)(n-1)$
- ⊙ $2n(n-2)$



Integration

- ⊙ Für die Integration wird das Euler-Verfahren verwendet.
- ⊙ Bei einer Feder mit der Konstante k ist die Zeitschrittweite, mit der die Bewegungsgleichung numerisch stabil gelöst werden kann beschränkt durch:

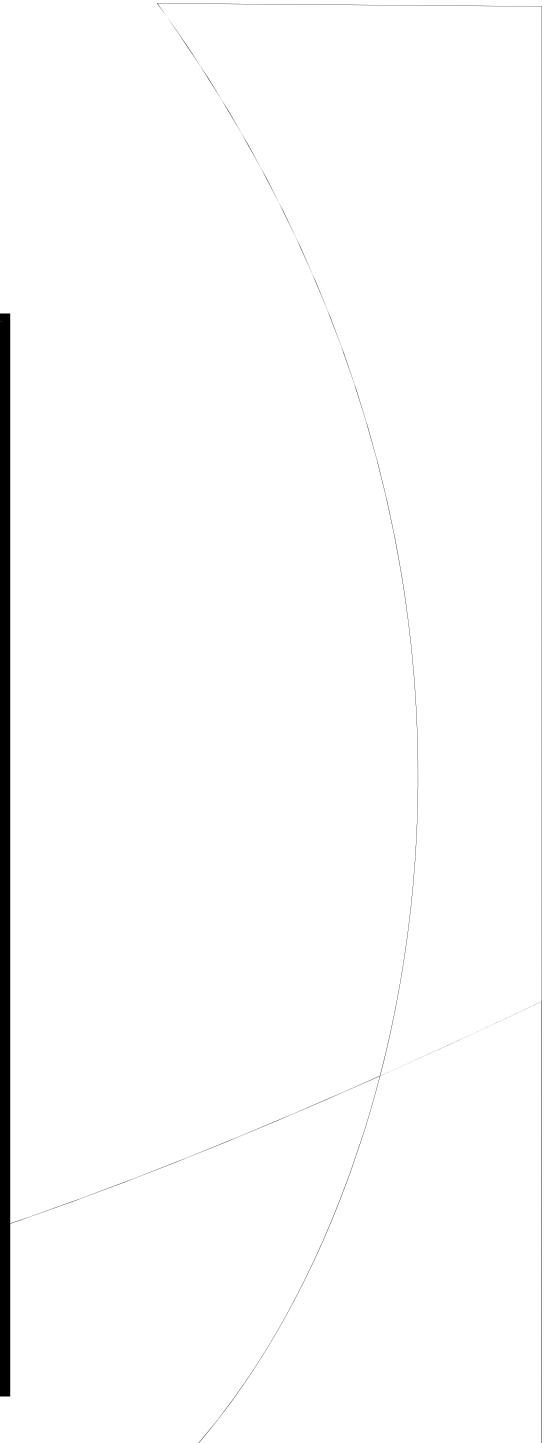
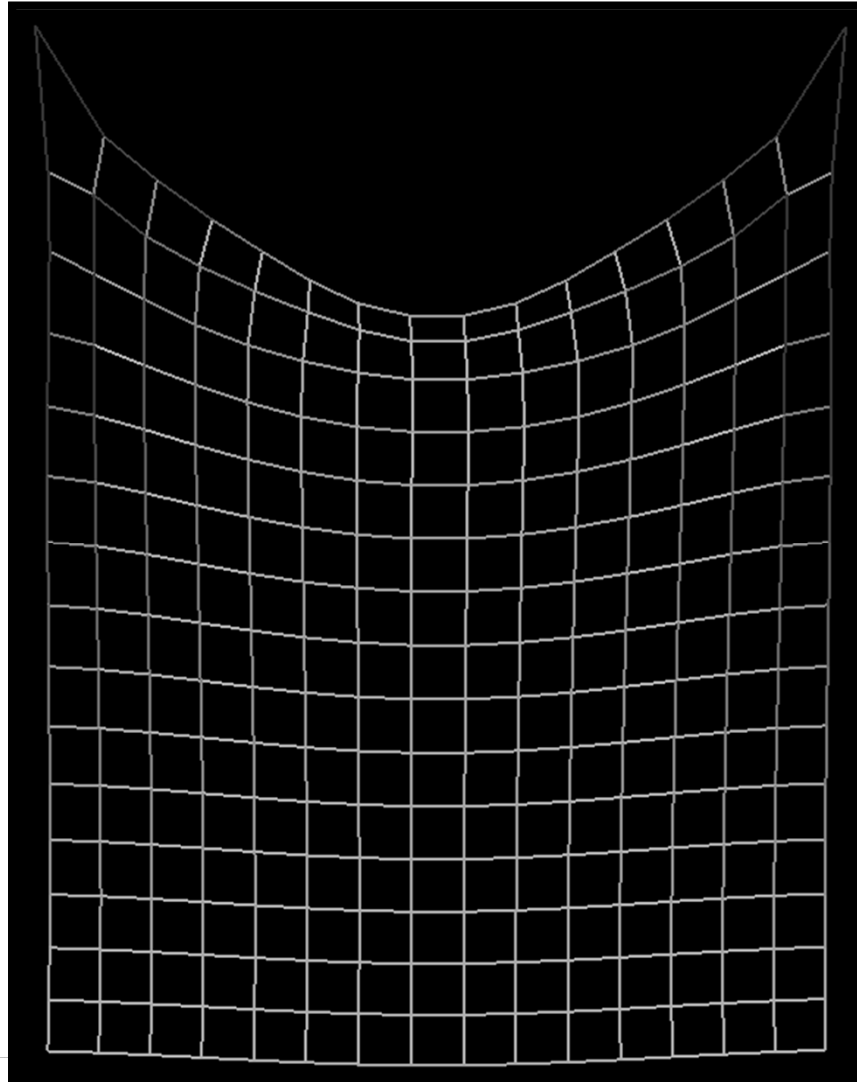
$$T_0 \approx \pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Dehnung

- ⦿ Wenn eine Simulation schnell sein soll, dürfen daher die Federn nicht sehr steif sein.
- ⦿ Dies führt dazu, dass Federn zu stark gedehnt werden.
- ⦿ Daher wird versucht eine maximale Dehnung von 10% einzuhalten:

$$\tau_c = 0.1$$

Dehnung

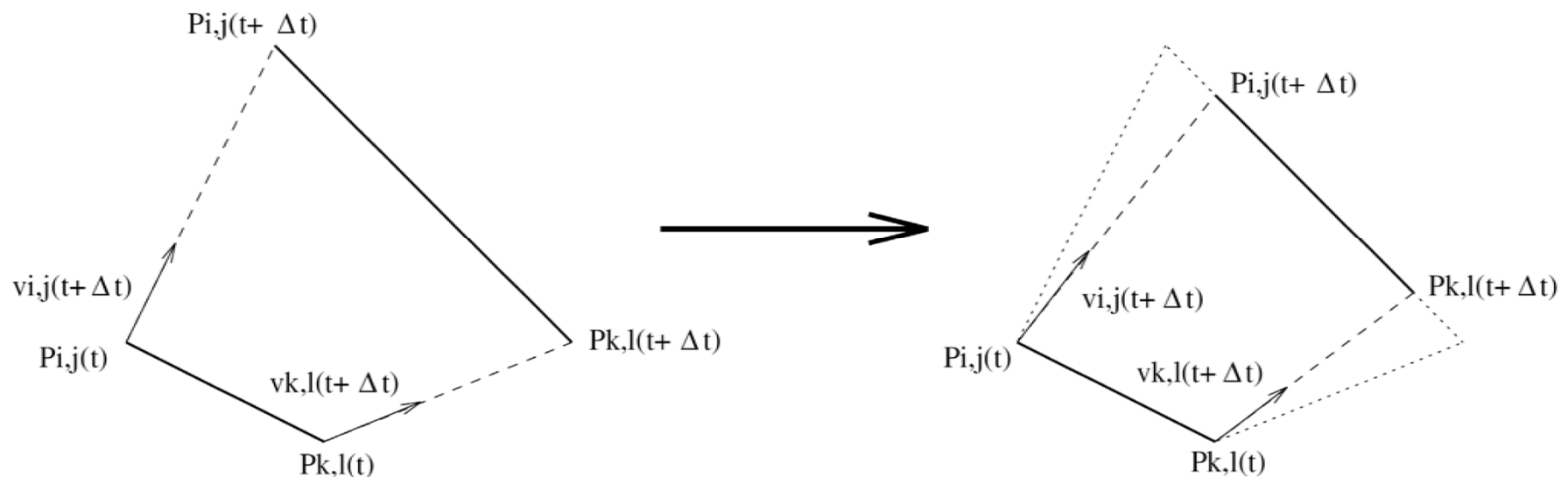


Überdehnung

- ◎ Das Lösen der Bewegungsgleichung ergibt die neuen Positionen für alle Partikel.
- ◎ Für eine Feder wird angenommen, dass die neue Richtung korrekt ist, aber nicht die Länge.
- ◎ Daher werden alle Federn, die die maximale Dehnung überschreiten entsprechend gekürzt.

Überdehnung

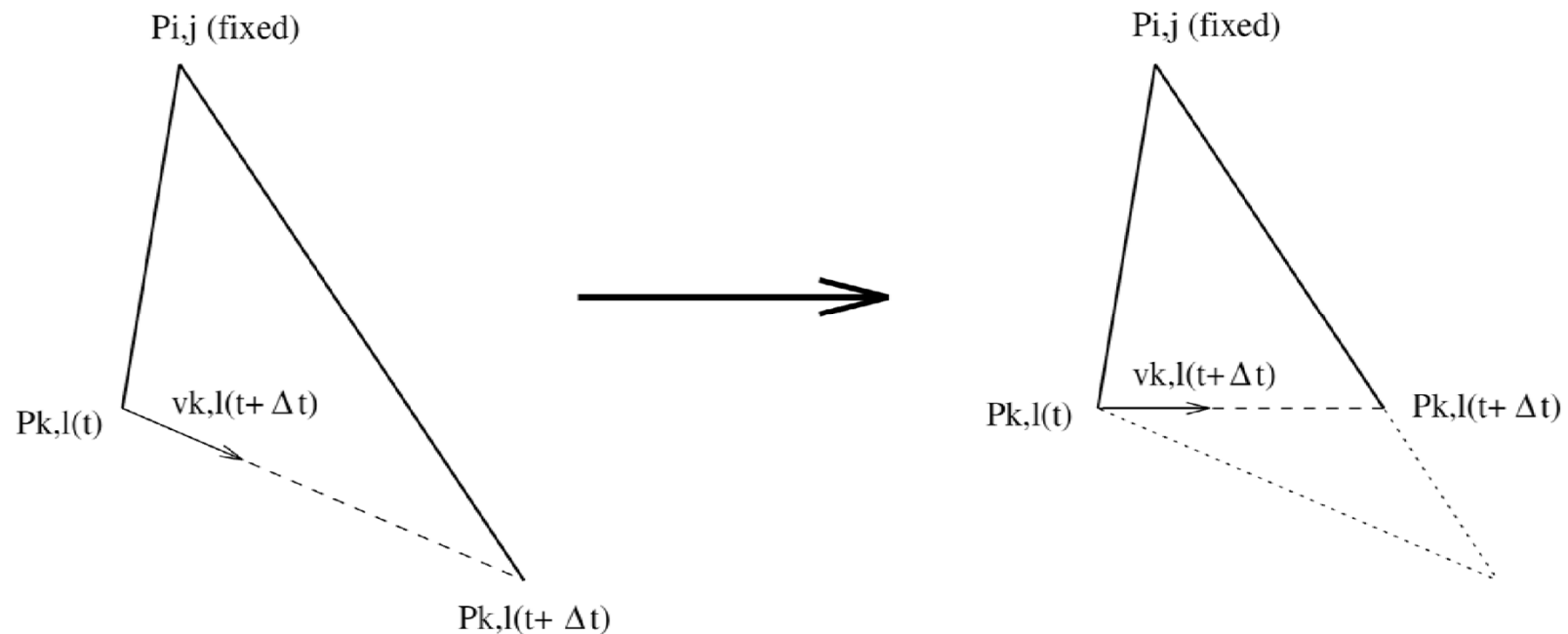
- ◎ Anpassung einer „überdehnten“ Feder zwischen zwei dynamischen Partikeln.



Quelle: X. Provot, „Deformation Constraints in a Mass Spring Model to Describe Rigid Cloth Behavior“, Graphics Interface 1996

Überdehnung

- ◎ Anpassung einer „überdehnten“ Feder mit einem statischen Partikel.



Quelle: X. Provot, „Deformation Constraints in a Mass Spring Model to Describe Rigid Cloth Behavior“, Graphics Interface 1996

Überdehnung

- ◎ Das Kürzen der Federn führt dazu, dass andere Federn überdehnt werden.
- ◎ Wenn die Deformation lokal konzentriert ist, verteilt sie sich durch die Kürzung auf die umliegenden Federn.
- ◎ Insgesamt wirkt das Modell steifer und lokale Überdehnungen werden verteilt.

Literatur

- ◎ Xavier Provot, „Deformation Constraints in a Mass Spring Model to Describe Rigid Cloth Behavior“, Graphics Interface 1996