BEUTH HOCHSCHULE FÜR TECHNIK BERLIN
University of Applied Sciences

Explizite Finite Elemente Methode

LV03: Masterkurs für MK-M , ME-M und PE-M

Partical Flow Code (PFC) Syntax, Kontaktdefinitionen

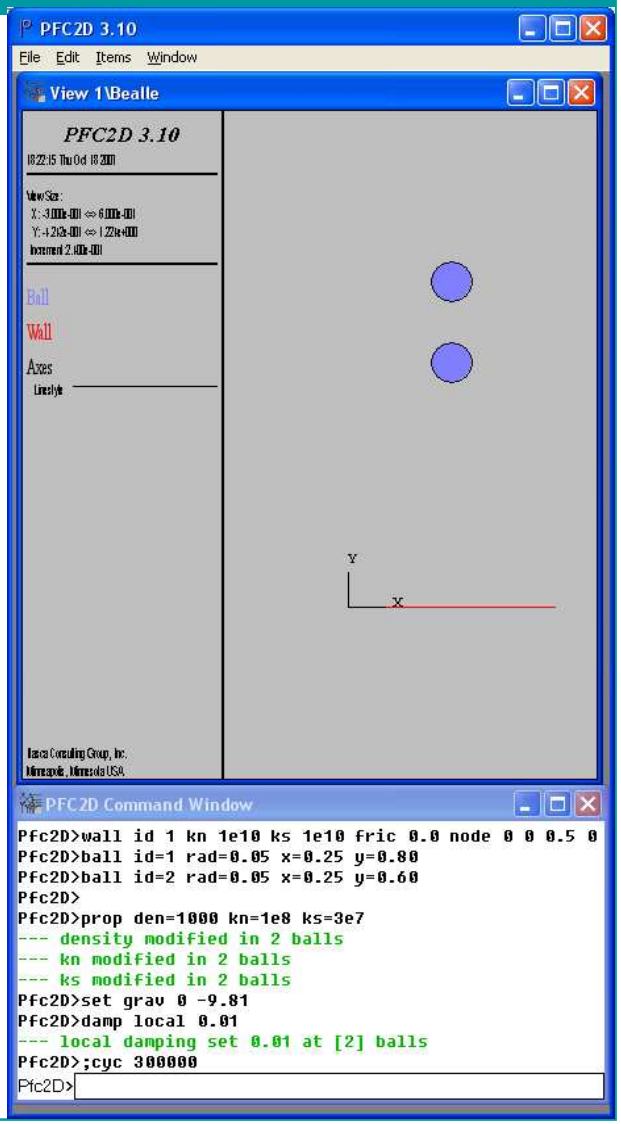
Prof. Dr.-Ing. Hans-Dieter Kleinschrodt
FB VIII: Maschinenbau, Veranstaltungstechnik, Verfahrenstechnik

Einführendes PFC-Beispiel

- **new** ;löschen alter Daten
- **plot** create Baelle ;neues Grafikfenster
- **pl** add ball lblue wall red ;Geometrie Balle Wand
- **pl** add ax ;Achenkreuz im Ursprung
- **pl** set size -0.3 0.6 -0.2 1.0 ;Fenstergröße 0.9x1.2
- **pl** show ;Darstellung Grafikfenster

- **wall** id 1 kn 1e10 ks 1e10 fric 0.0 node (0, 0) (0.5, 0)
- **ball** id=1 rad=0.05 x=0.25 y=0.80 ;Wände und Bälle
- **ball** id=2 rad=0.05 x=0.25 y=0.60 ;haben eigene id

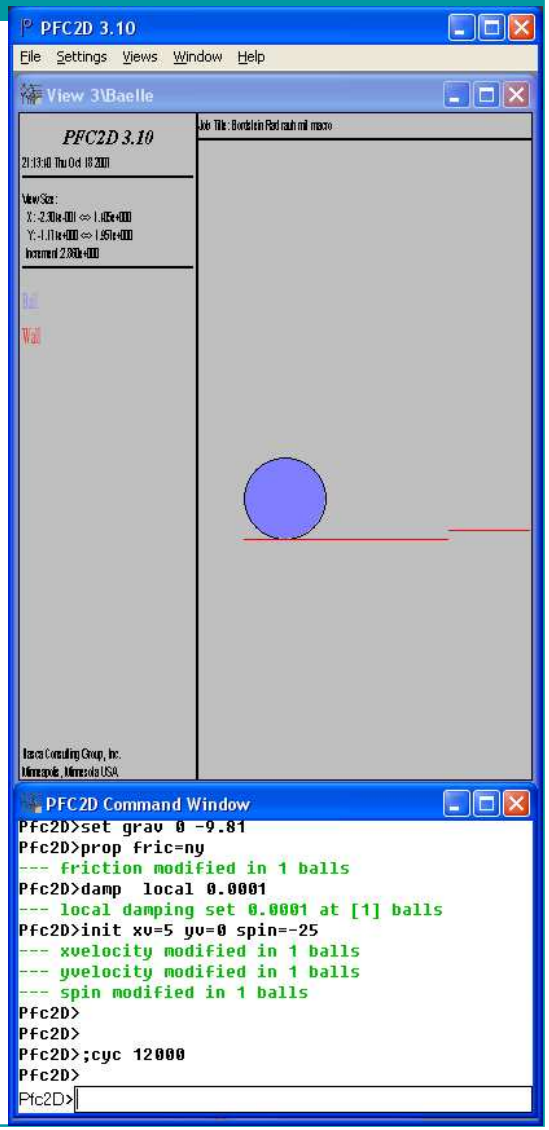
- **prop** den=1000 kn=1e8 ks=3e7 ;Dichte u. Steifigkeit
- **set** grav 0 -9.81 ;Gravitation in – Y-Richt.
- **damp** local 0.01 ;Dämpfung bei Berührung
- **cyc** 300000 ;Anzahl Zeitschritte



Variable definiert durch macro

- title 'Bordstein Rad rauh mit macro'
- **macro my** '0.5' ;Variable definiert mit Wert
- **macro knkswall** 'kn=1e10 ks=1e10'
- **set** disk 0.5 ;Scheiben mit Dicke
- **wall** id=1 kn=1e10 ks=1e10 fric=0.5 node (0, 0) (1.0, 0.00)
- **wall** id=2 **knkswall** fric=**my** node (1.0, 0.05) (12.00 0.05)
- **ball** id=1 rad=0.20 x=0.20 y=0.20

- **hist** nstep 5 ball spin id=1 ;alle 5 Zeitschritte eine Ausgabe
- **plot** create Spin
- **plot** hist 1 ;Time-History der Drehung
- **plot** create Baelle
- **pl** add ball lblue wall red
- **pl** set size -0.30 14.0 -0.20 0.60
- **pl** show
- **prop** dens=1000 kn=1e8 ks=3e7 fric= **my**
- **set** grav 0 -9.81
- **damp** local 0.0001
- **init** xv=5 yv=0 spin=-25 ;Anfangsgeschwindigkeiten
- **cyc** 12000



Zeitschritt bei Bällen und Scheiben

	Bälle	Disk
m	$\rho\ 4/3\ \Pi\ r^3$	$\rho\ \Pi\ r^2\ s$
J_s	$0{,}4\ m\ r^2$	$0{,}5\ m\ r^2$

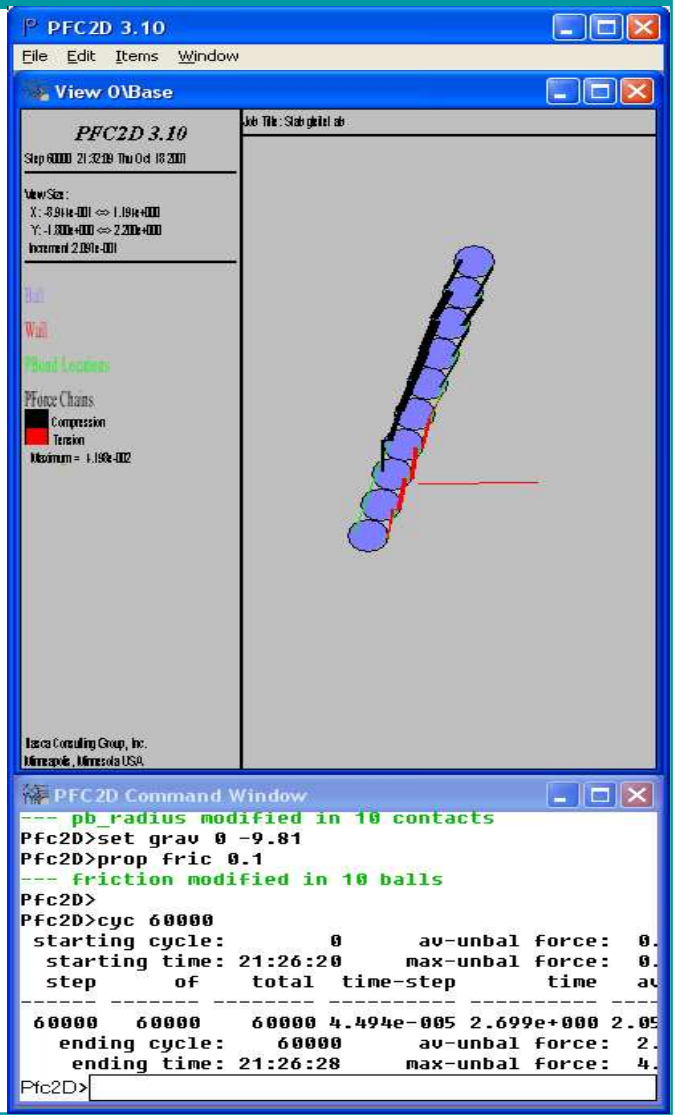
- **set** disk on ;es wird die Scheibendicke s=1 gesetzt
- Die kleinen Partikel bestimmen den Zeitschritt:

$$\Delta t = \min\left[(m/k_n)^{0,5} , (J_s/k_{rot})^{0,5}\right] \quad \text{mit} \quad k_{rot} = r^2\ k_s$$

- **set** dt max=1e-5 ;es wird unabhänging von Patikeln Δt gesetzt

Strukturen: def, loop, command

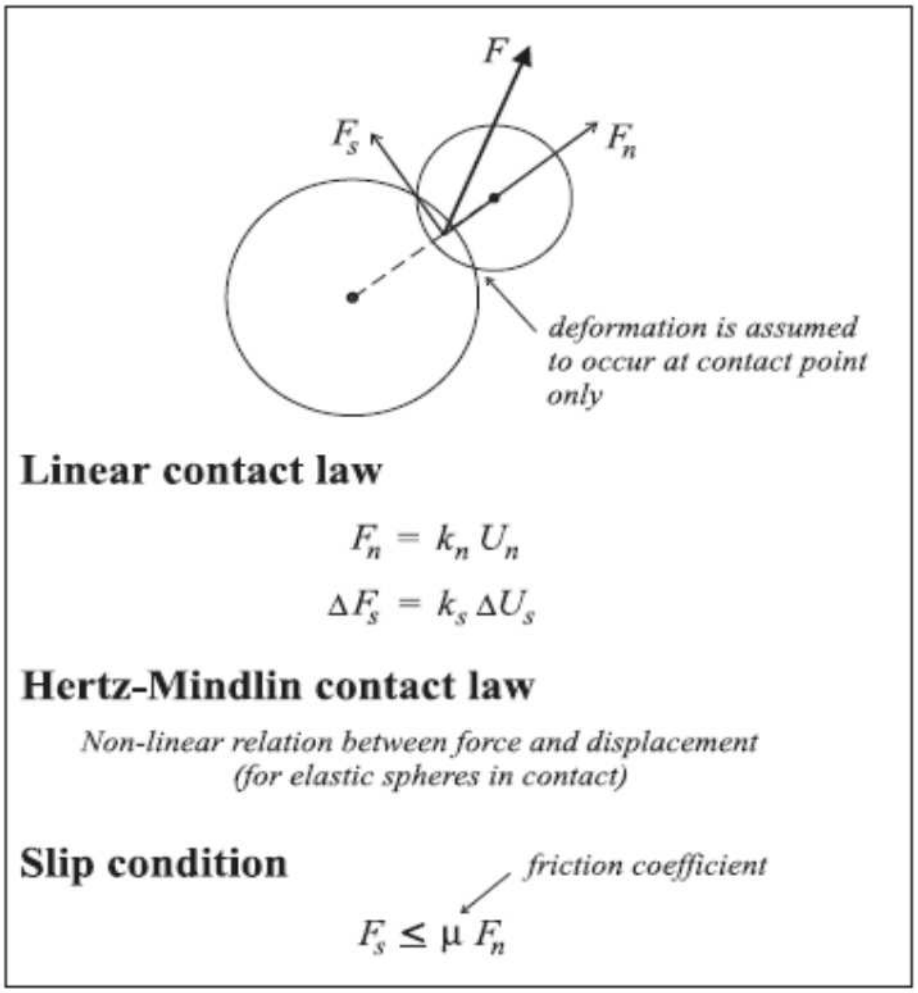
```
title 'Stab gleitet ab'
new
wall id=1 kn=1e10 ks=1e10 fric=0.0001 node (0,0) (0.6,0.01)

def baelle
        loop n (1,10)
        y_n=-0.05+n*0.2
            command
                    ball id n rad 0.10 x 0.1 y=y_n
            end_command
        end_loop
end

baelle
pl add ball lblue wall red pb green pf black cont black
pl set size -0.30 0.60 -1.80 2.20
pl show
prop dens 1000 kn 2e5 ks 1e5
prop n_bond 1e6 s_bond 1e5
prop pb_n 1e10 pb_s 1e9 pb_kn 2e10 pb_ks 1e10 pb_r 0.8
set grav 0 -9.81
prop fric 0.1
cyc 60000
```



Einheiten für poperty

n_bond	N	Normalbruchkraft
s_bond	N	Scherbruchkraft)
kn	N/m	Normalfedersteifigkeit
ks	N/m	Scherfedersteifigkeit
pb_n	N/m²	Normalbruchspannung (parallel bond)
pb_s	N/m²	Scherbruchspannung („ „)
pb_kn	N/m³	Bettung in Normalen-Richtung („ „)
pb_ks	N/m³	Bettung in Scher-Richtung („ „)
pb_r	0.8	Kontaktfläche 80% des Partikalradius

Elastischer Kontakt mit Gleitreibung



Contact logic

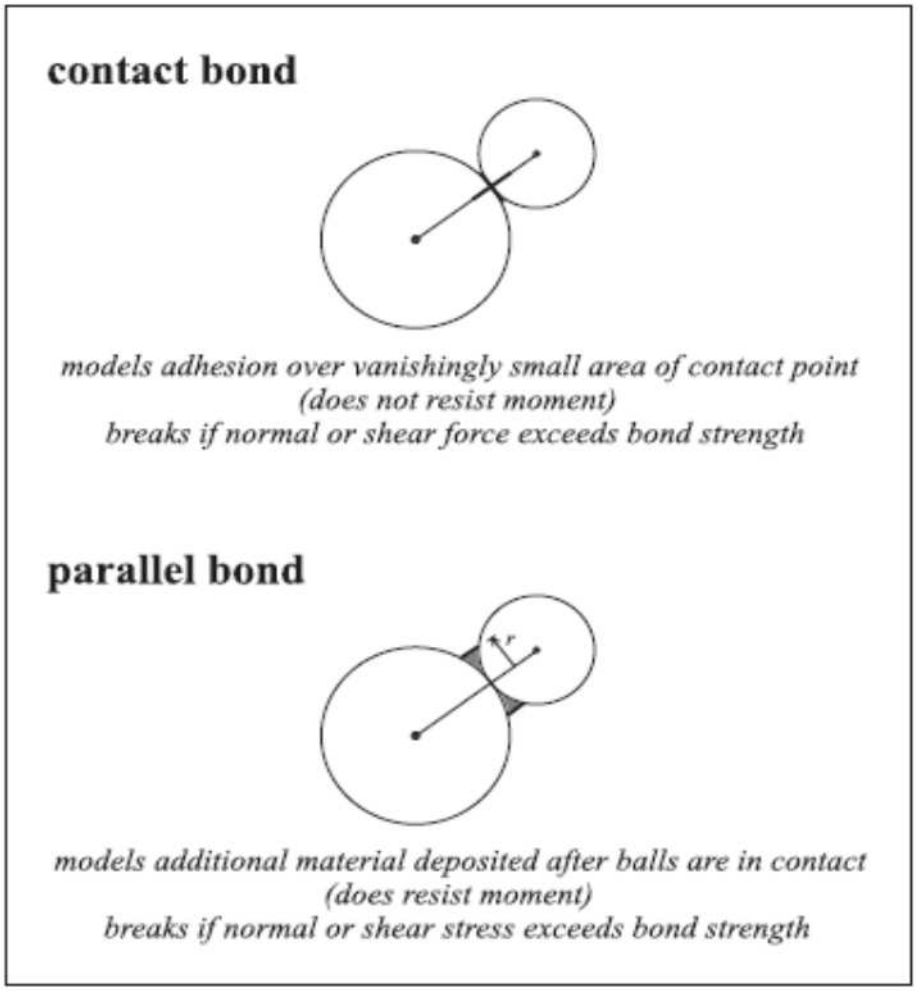
ball id=1 , rad=0.05 &
x=0.40 , y=0.80 , hertz

prop kn=1e8 , ks=3e7
;bei hertz nicht wirksam

prop pois=0.3 ,shear=1e5
;ohne hertz nicht wirksam

prop fric=ny

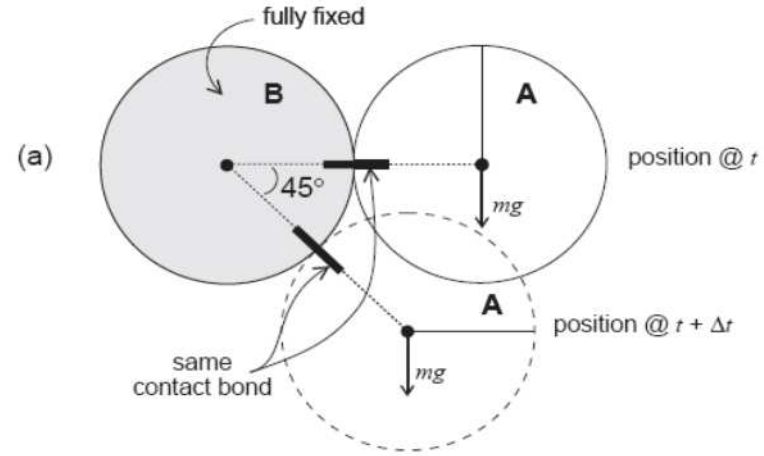
Bindungen bis zum Bruch



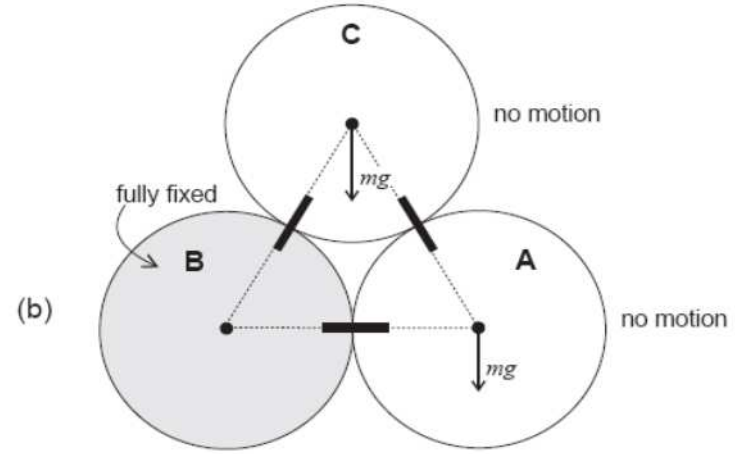
Bonding logic

```
prop n_bond=1e6    ;N
prop s_bond=1e5    ;N

prop kn 2e5        ;N/m
prop ks 1e5        ;N/m

prop pb_n=1e10     ;N/m^2
prop pb_s=1e9      ;N/m^2

prop pb_kn=2e10    ;N/m^3
prop pb_ks=1e10    ;N/m^3
prop pb_r=0.8      ;m
```

Bewegungen ohne gleiten trotz Verbund



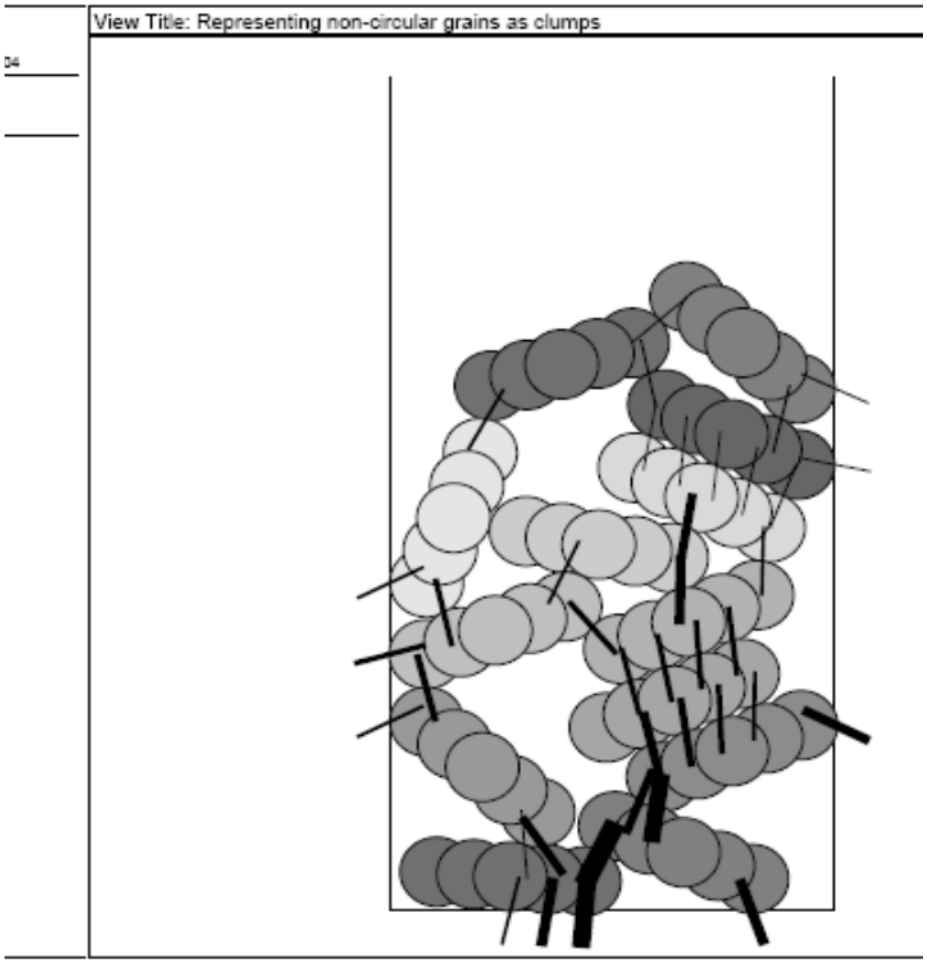
Auch bei
Normal- und/oder
Scherverbund ist
reines rollen möglich



3.10 Rolling without slip at a contact bond

bei 3 Körperkontakten
Blockierung,
bei 4 eventuell
reines rollen möglich

Clumps, Bildung neuer Patrikelgeometrien



State of the system at equilibrium (13 clumps)

```
ball x 0 y 2 rad 1
ball x 2 y 2 rad 1
ball x 4 y 2 rad 1
clump id=1 range y=1,3
ball x 2 y 5 rad 1
ball x 4 y 5 rad 1
ball x 6 y 5 rad 1
clump id=2 range y=4,6
```

Viskoelastischer- und Reib-Kontakt

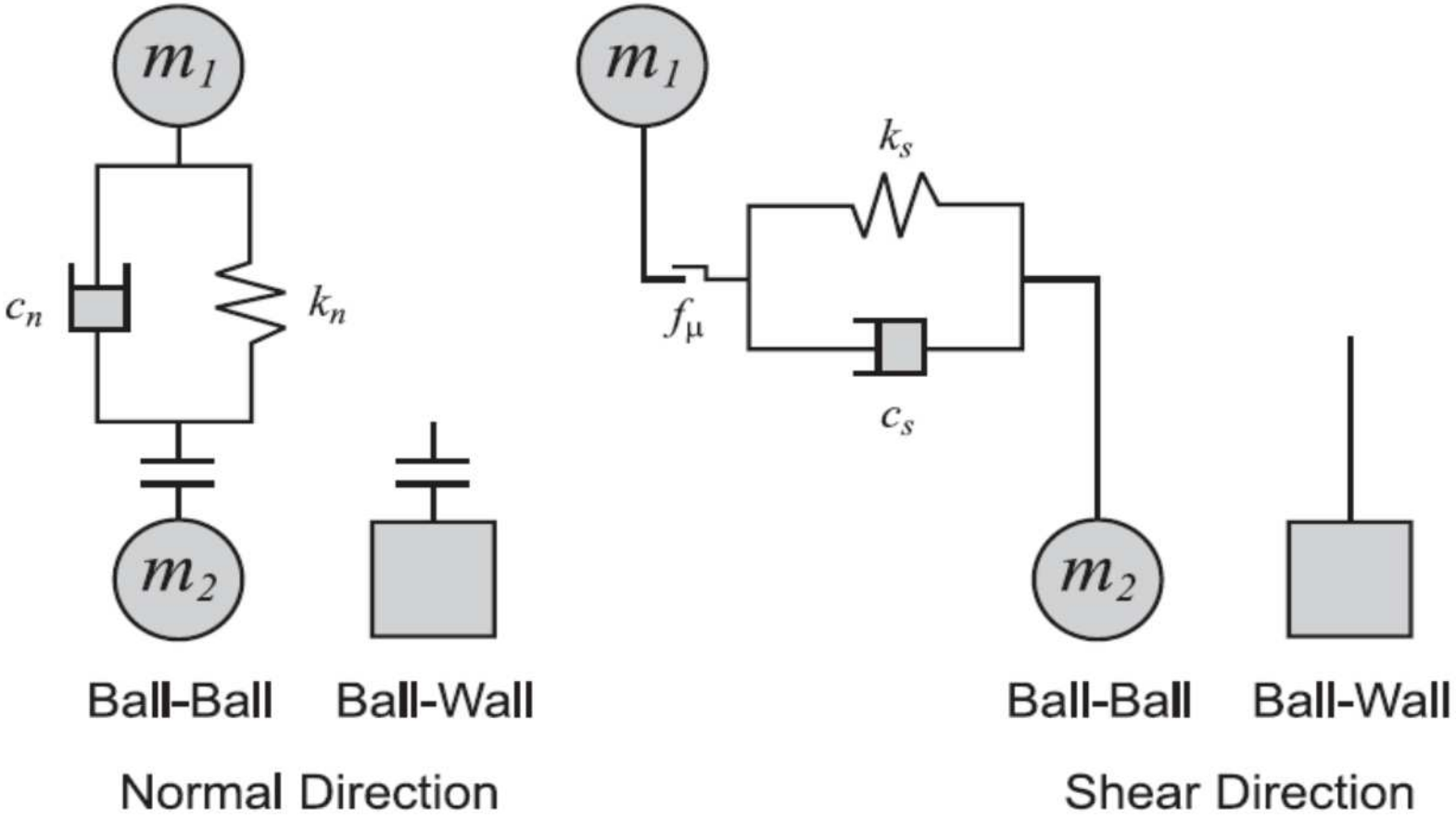


Figure 1.8 Viscous damping activated at a contact with the linear contact model

Komplexe Kontakt- und Dämfungsmodelle

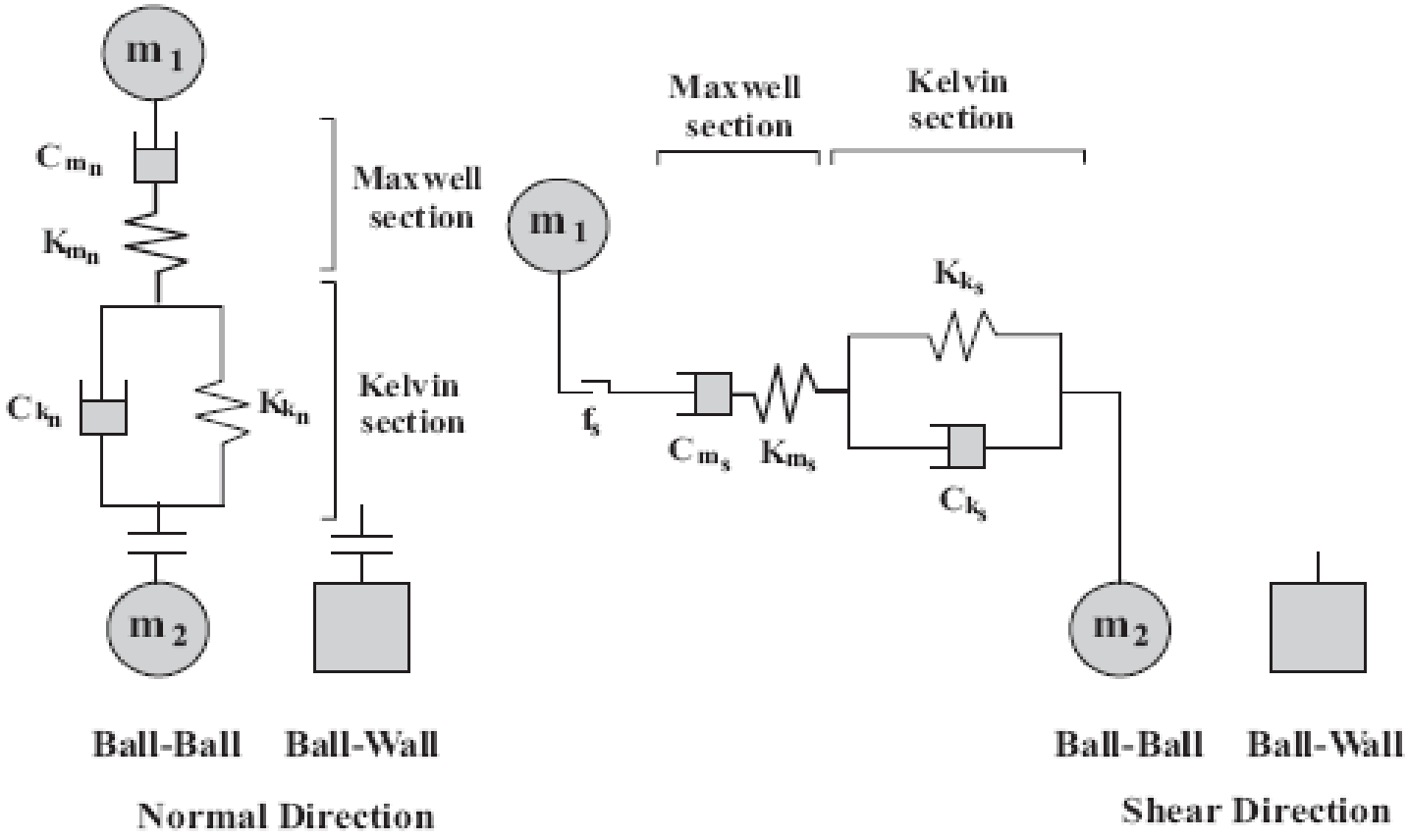


Figure 2.7 The Burger's model in PFC2D