
DEM-Modellierung selbstschärfender Schneidwerkzeuge

Nils Mölders
Wülfrath, 27.02.2009



Fraunhofer

Institut
Umwelt-, Sicherheits-,
Energietechnik UMSICHT

Gliederung

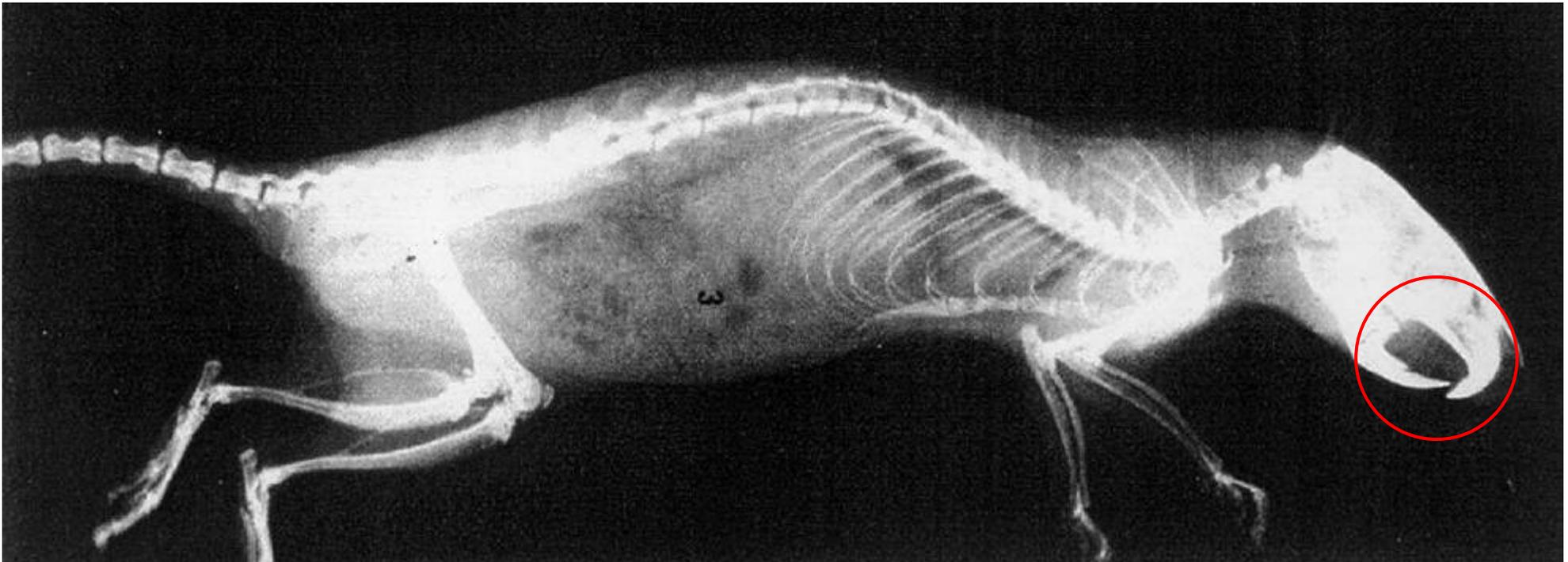


www.d.om.org

- Bionisches Vorbild
- Projektziele
- Methodenauswahl
- Kalibrierung
- Anwendungsbeispiel
- Zusammenfassung und Ausblick

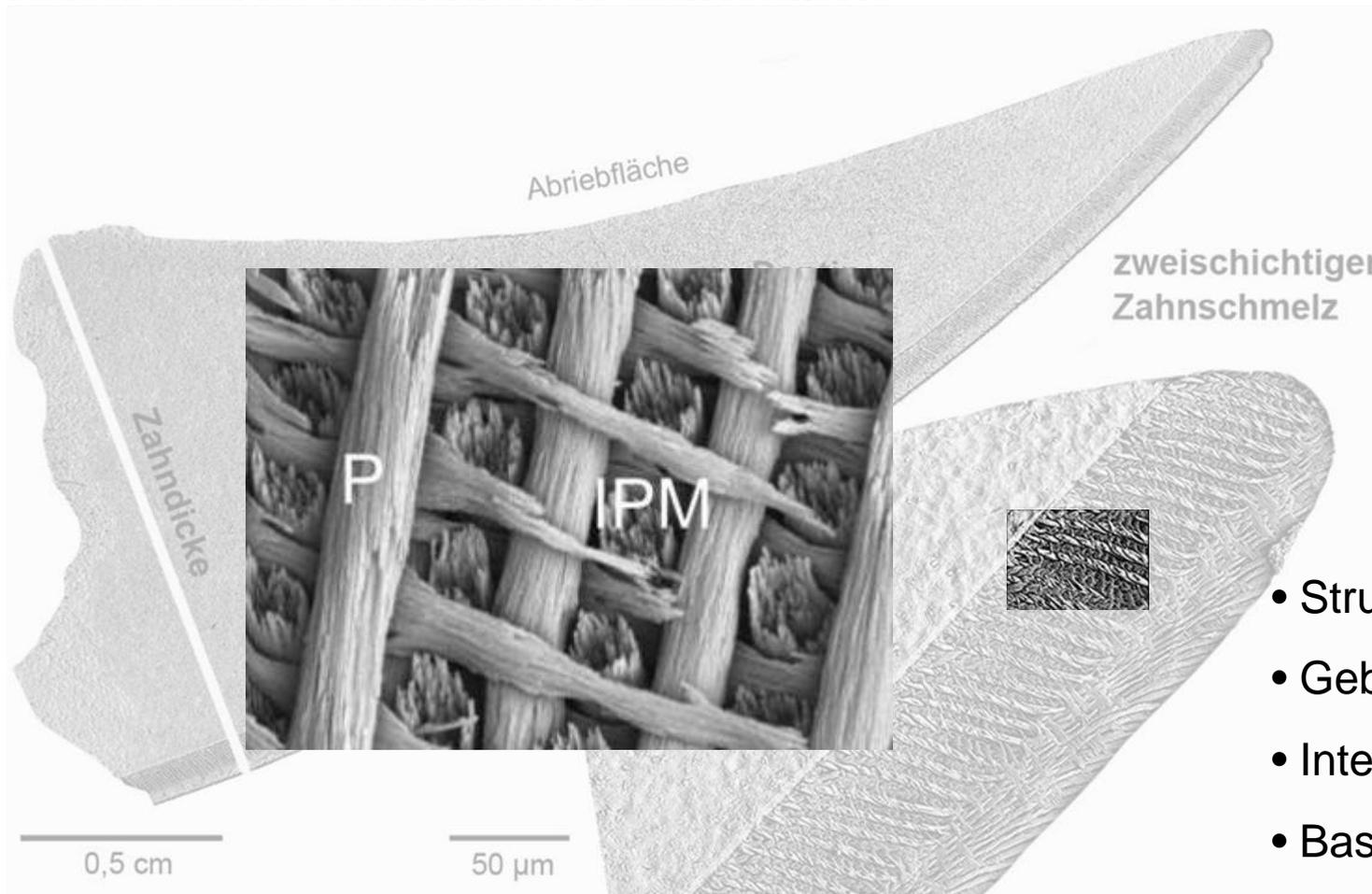
Bionisches Vorbild

Kontrollierter Verschleiß an Nagetierzähnen



Bionisches Prinzip

Hierarchisch strukturierte Materialien



- Strukturkeramik
- Gebündelte Schmelzprismen (P)
- Interprismatische Matrix (IP)
- Basalmembran an Grenzfläche



Projektziele

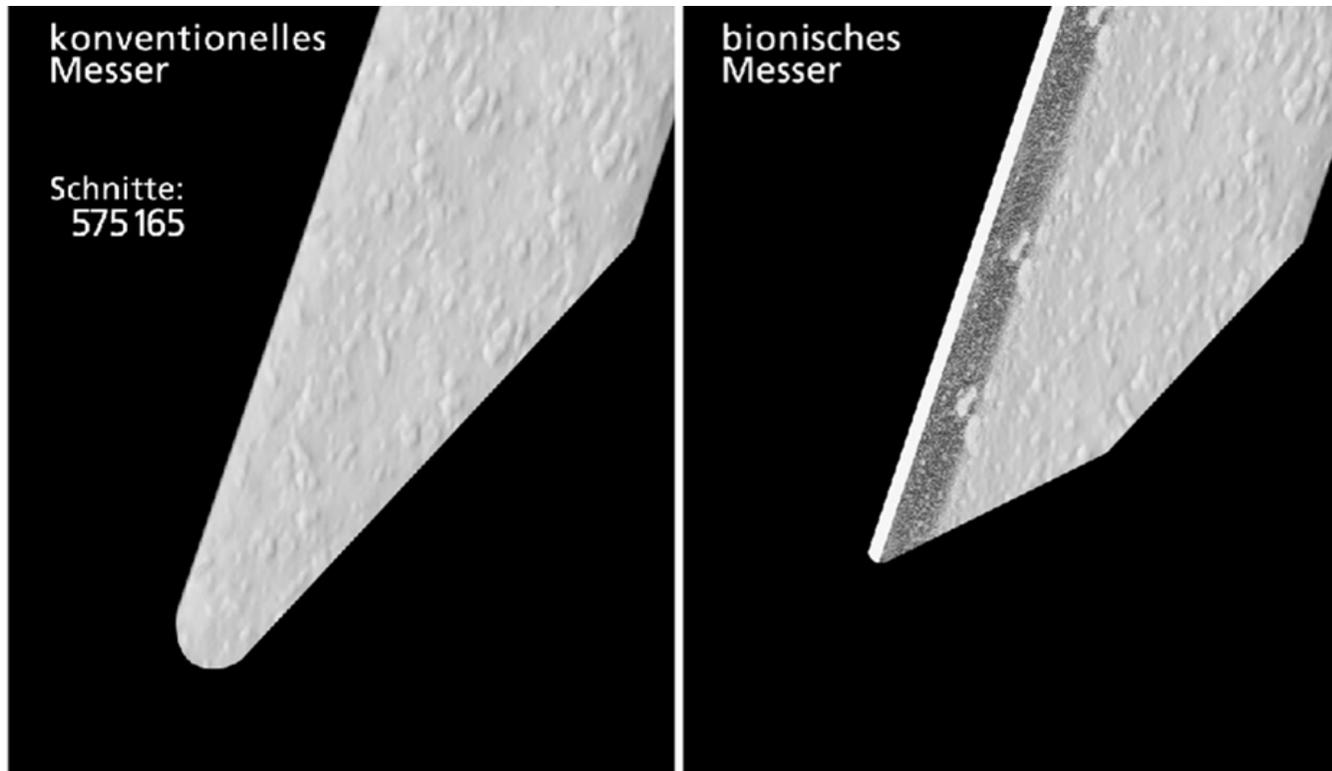
- Erfassung der tribologischen und mechanischen Randbedingungen beim Schneiden von Kunststoffen
- Entwicklung innovativer, multiskalarer Modellierungsansätze zur Simulation von Kunststoffschneidmessern
- Entwicklung einer Methodik zur Anpassung der Verschleißbeständigkeit von Messergrundwerkstoff und Beschichtungssystem

Projektziele

- Erfassung der tribologischen und mechanischen Randbedingungen beim Schneiden von Kunststoffen
- Entwicklung innovativer, multiskalarer Modellierungsansätze zur Simulation von Kunststoffschneidmessern
- Entwicklung einer Methodik zur Anpassung der Verschleißbeständigkeit von Messergrundwerkstoff und Beschichtungssystem

 Verständniserweiterung des Verschleißprozesses

Zielstellung



Verrundung der Schneidkante Ausbildung einer schnitthaltigen Schneidkante

Modellierung & Simulation

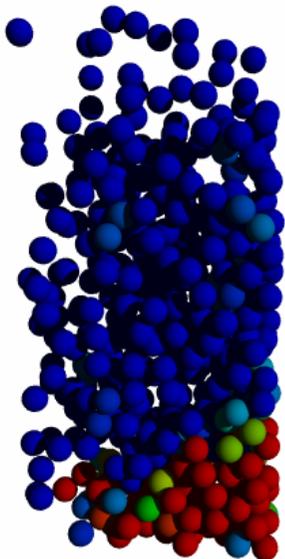
Methodenauswahl

- Finite-Elemente-Methode (FEM)
 - Gitterbasierte Methode
 - Abtrag und Bruch schwer darstellbar (Remeshing)
 - Heterogene Materialien kaum abbildbar
- Diskrete-Elemente-Methode (DEM)
 - Betrachtung frei beweglicher Elemente
 - Verbindung der Elemente durch Feder-Dämpfersysteme/Biegebalken
 - Materialabtrag, Schnitte, Brüche, plastische Verformungen und heterogener Materialaufbau abbildbar

Modellierung & Simulation

Methodenauswahl

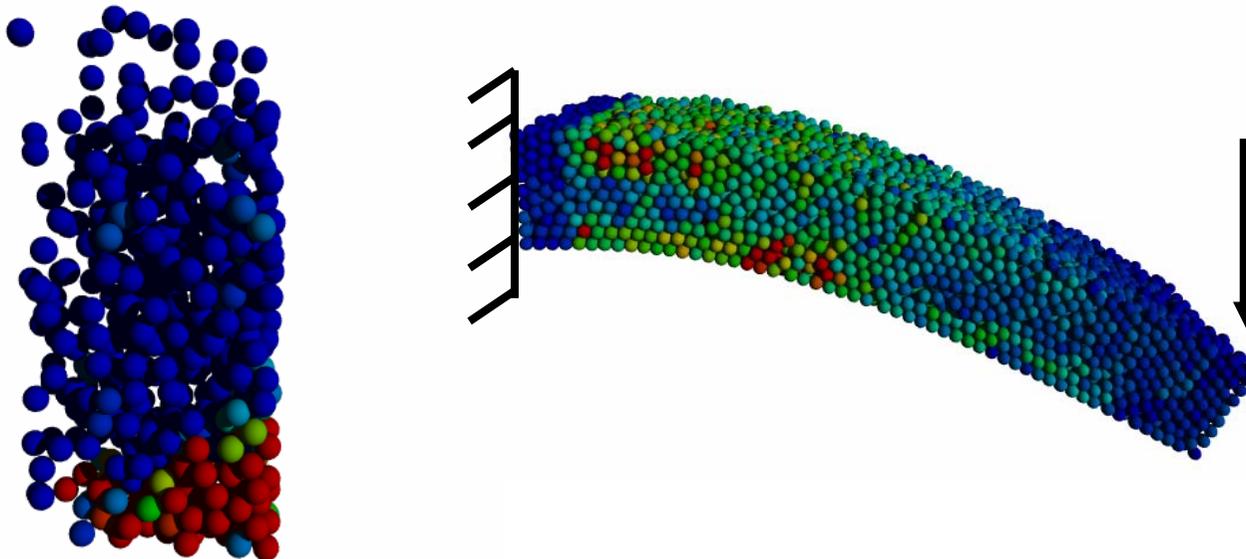
- Finite-Elemente-Methode (FEM)
 - Gitterbasierte Methode
 - Abtrag und Bruch schwer darstellbar (Remeshing)
 - Heterogene Materialien kaum abbildbar
- Diskrete-Elemente-Methode (DEM)
 - Betrachtung frei beweglicher Elemente
 - Verbindung der Elemente durch Feder-Dämpfersysteme/Biegebalken
 - Materialabtrag, Schnitte, Brüche, plastische Verformungen und heterogener Materialaufbau abbildbar



Modellierung & Simulation

Methodenauswahl

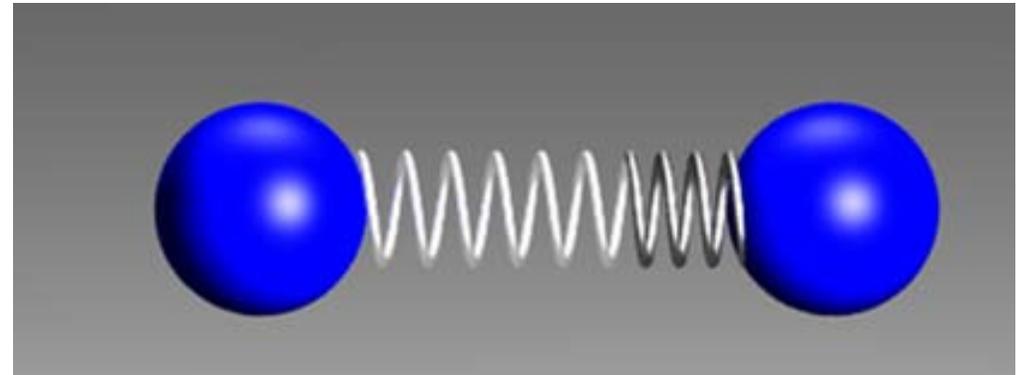
- Finite-Elemente-Methode (FEM)
 - Gitterbasierte Methode
 - Abtrag und Bruch schwer darstellbar (Remeshing)
 - Heterogene Materialien kaum abbildbar
- Diskrete-Elemente-Methode (DEM)
 - Betrachtung frei beweglicher Elemente
 - Verbindung der Elemente durch Feder-Dämpfersysteme/Biegebalken
 - Materialabtrag, Schnitte, Brüche, plastische Verformungen und heterogener Materialaufbau abbildbar



Modellierung & Simulation

- Elastische zentrale Federn
- Dämpfungskraft in Normalenrichtung
- Tangentiale Reibkraft
- Hertz'sche Pressung
- Biegebalken
- Langreichweitige Kräfte

$$F_F = \kappa * \Delta x$$



Modellierung & Simulation

- Elastische zentrale Federn
- Dämpfungskraft in Normalenrichtung
- Tangentiale Reibkraft
- Hertz'sche Pressung
- Biegebalken
- Langreichweitige Kräfte

$$F_F = \kappa * \Delta x$$

$$F_D = \gamma * v_{\perp}$$

$$F_R = \mu * F_N \frac{v_i}{v}$$

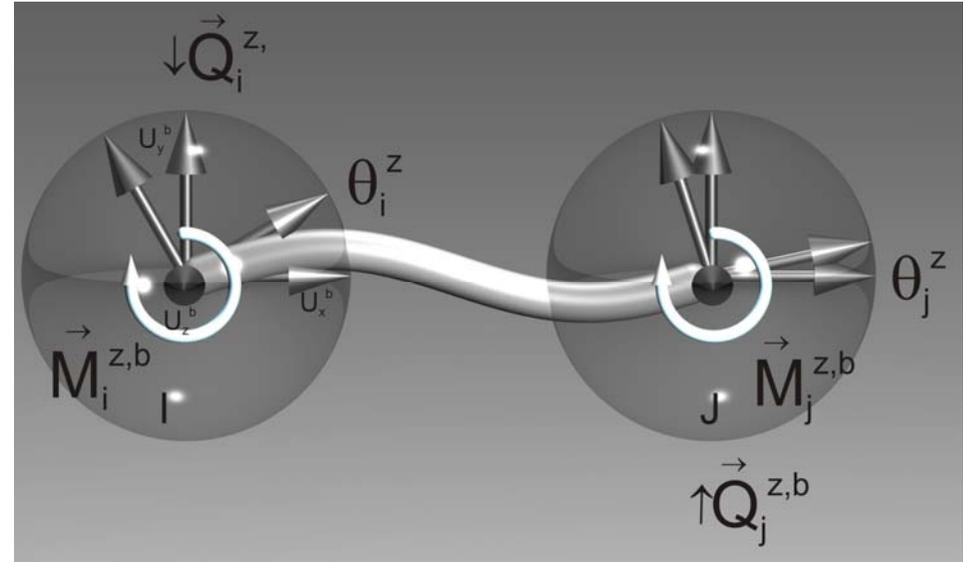
$$F_H = \frac{4}{3} * E * R^{0.5} * \xi^{\frac{3}{2}} * \hat{r}$$

$$F_B = -E^b A^b * \varepsilon * \hat{r}$$



Modellierung & Simulation

- Elastische zentrale Federn
- Dämpfungskraft in Normalenrichtung
- Tangentiale Reibkraft
- Hertz'sche Pressung
- Biegebalken
- Langreichweitige Kräfte

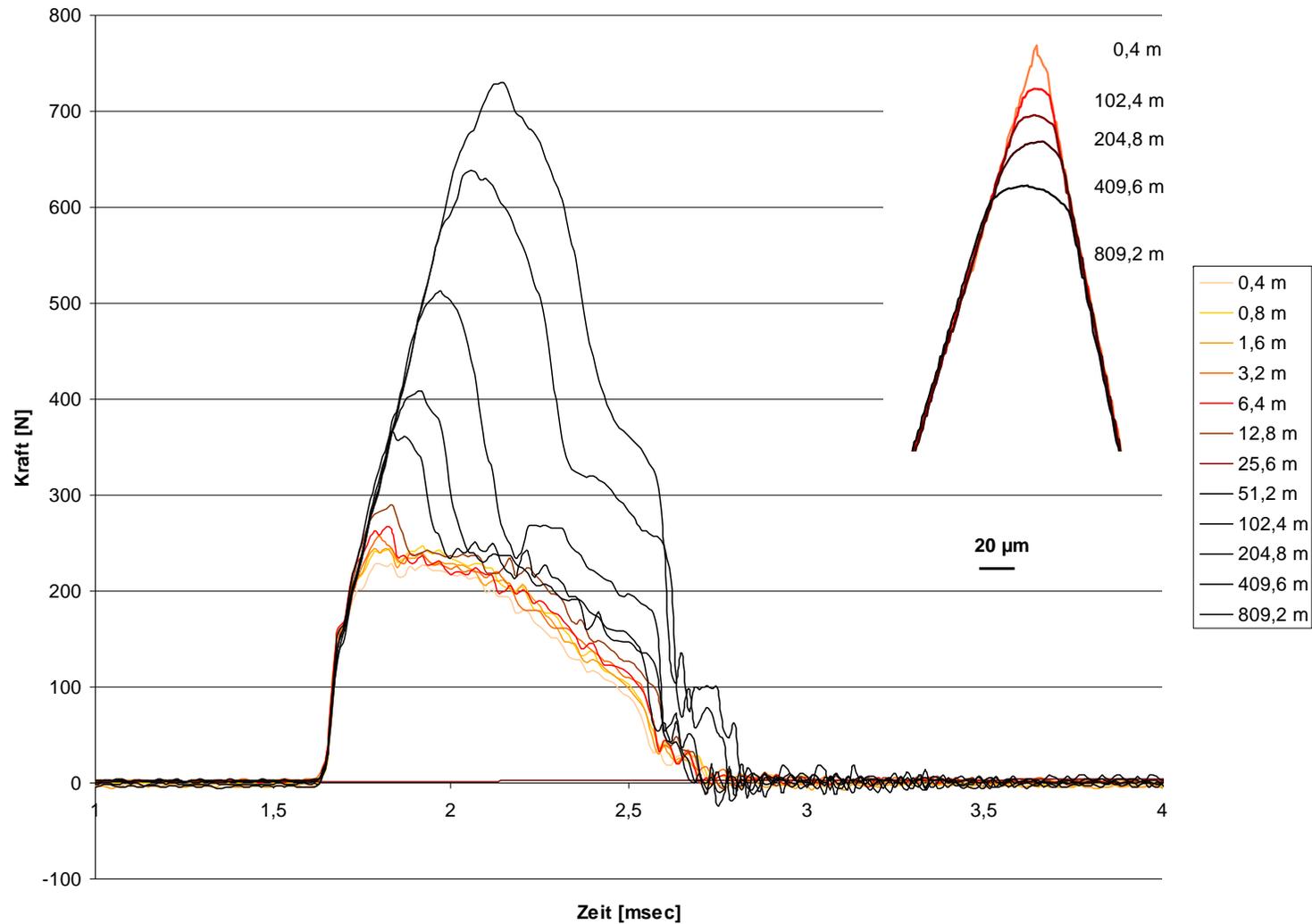


$$\mathbf{F}_B = -\mathbf{E}^b \mathbf{A}^b * \varepsilon * \hat{\mathbf{r}}$$

Modellierung & Simulation

Skalierung des Modells

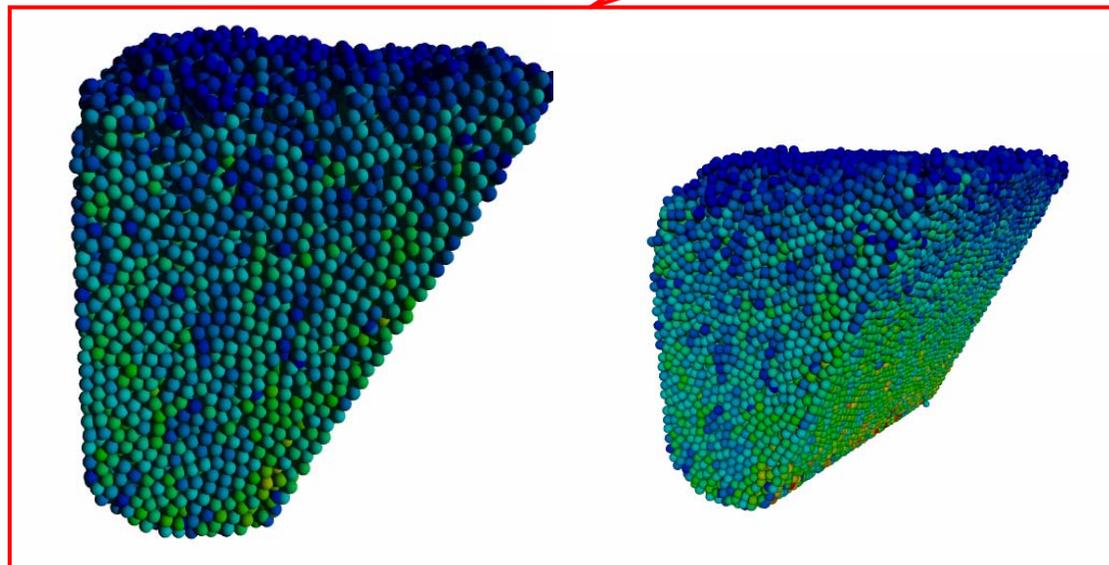
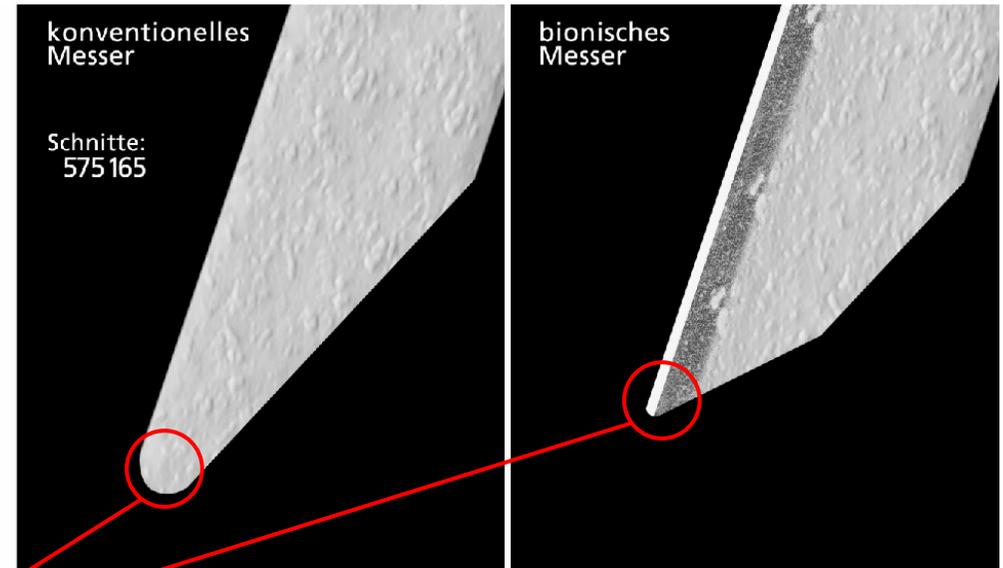
- Messer 1 - St 1.2379 unbehandelt



Modellierung & Simulation

Skalierung des Modells

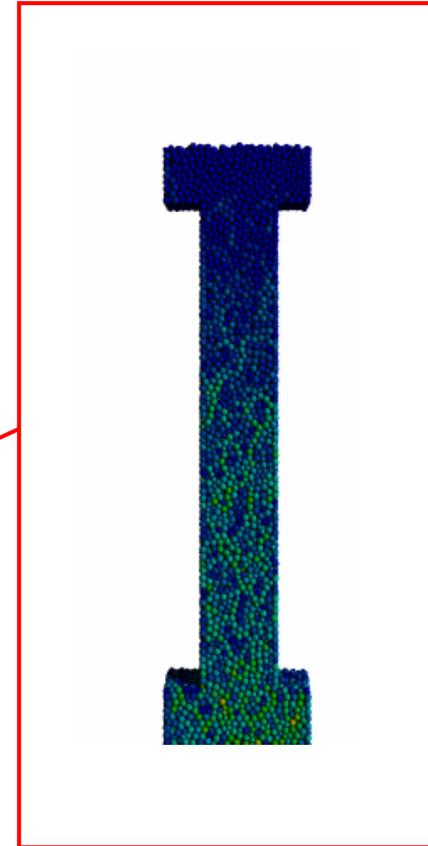
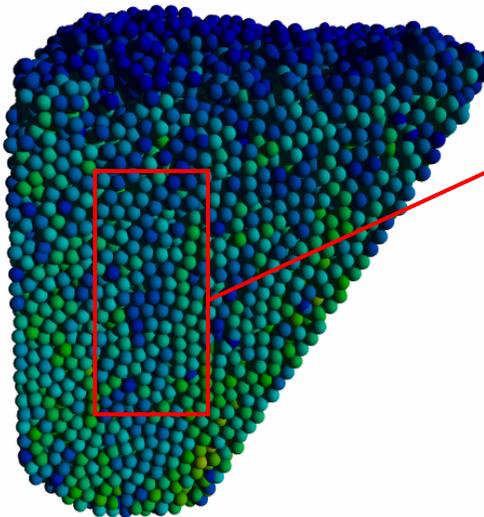
- Molekularer Bereich- (Adhäsion, Korrosion)
- Nanometerbereich (Abrasion)
- Mikro-/Millimeterbereich (Ausbrüche) ✓
- Kilometerbereich (Gesamtschnittlänge) ✓



Modellierung & Simulation

Kalibrierung der Werkstoffdaten im Mikrometerbereich

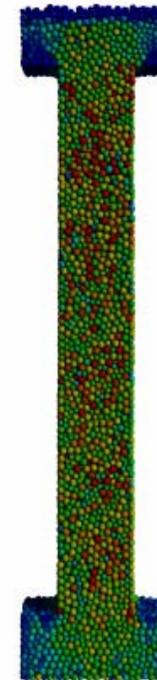
- Materialgesetze
- Zugversuche
- Druckversuche
- Kerbschlagbiegeversuche
- Härteprüfung
- Schnittsimulationen



Modellierung & Simulation

Kalibrierung der Werkstoffdaten im Mikrometerbereich

- Materialgesetze
- **Zugversuche**
- Druckversuche
- Kerbschlagbiegeversuche
- Härteprüfungen
- Schnittsimulationen



Modellierung & Simulation

Kalibrierung der Werkstoffdaten im Mikrometerbereich

- Materialgesetze
- **Zugversuche**
- Druckversuche
- Kerbschlagbiegeversuche
- Härteprüfungen
- Schnittsimulationen



Modellierung & Simulation

Kalibrierung der Werkstoffdaten im Mikrometerbereich

- Materialgesetze
- **Zugversuche**
- Druckversuche
- Kerbschlagbiegeversuche
- Härteprüfungen
- Schnittsimulationen



Modellierung & Simulation

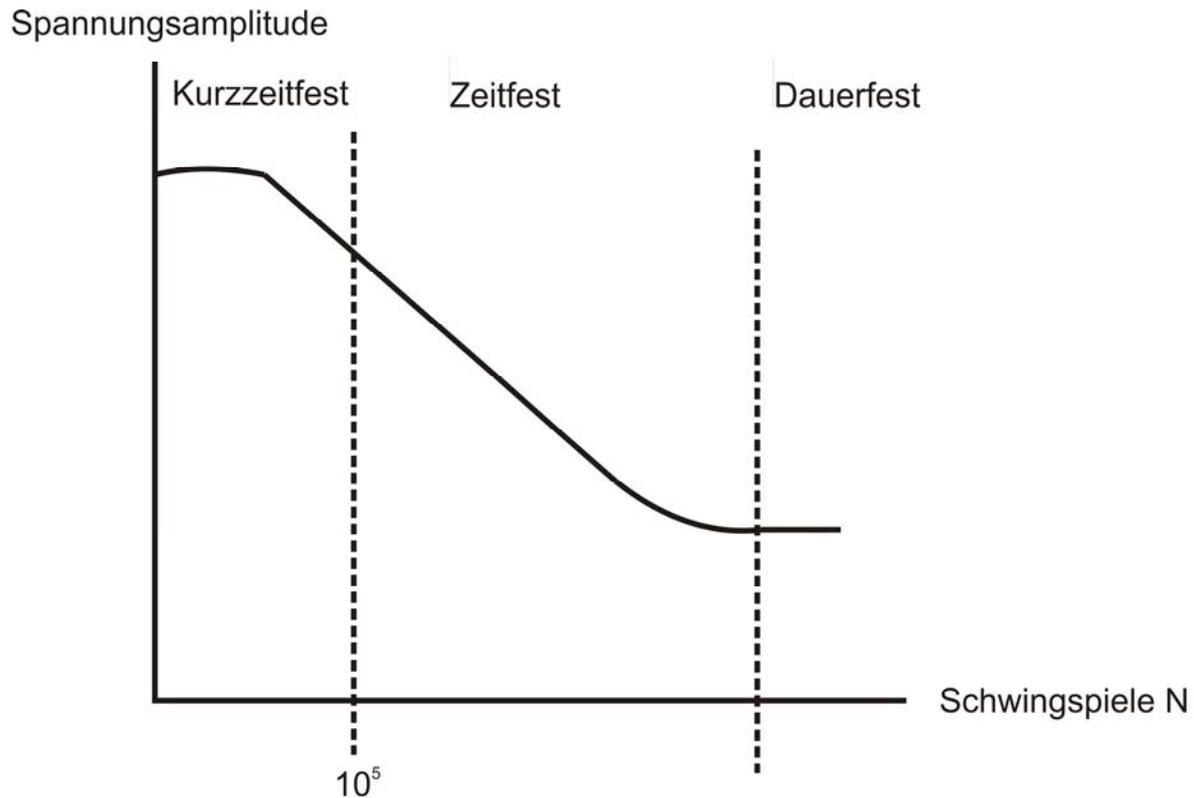
Kalibrierung der Werkstoffdaten über den Schnittweg

- Alterungsgesetze (Fatigue)
- Wöhlerlinie
- Lineare Schadensakkumulation

Modellierung & Simulation

Kalibrierung der Werkstoffdaten über den Schnittweg

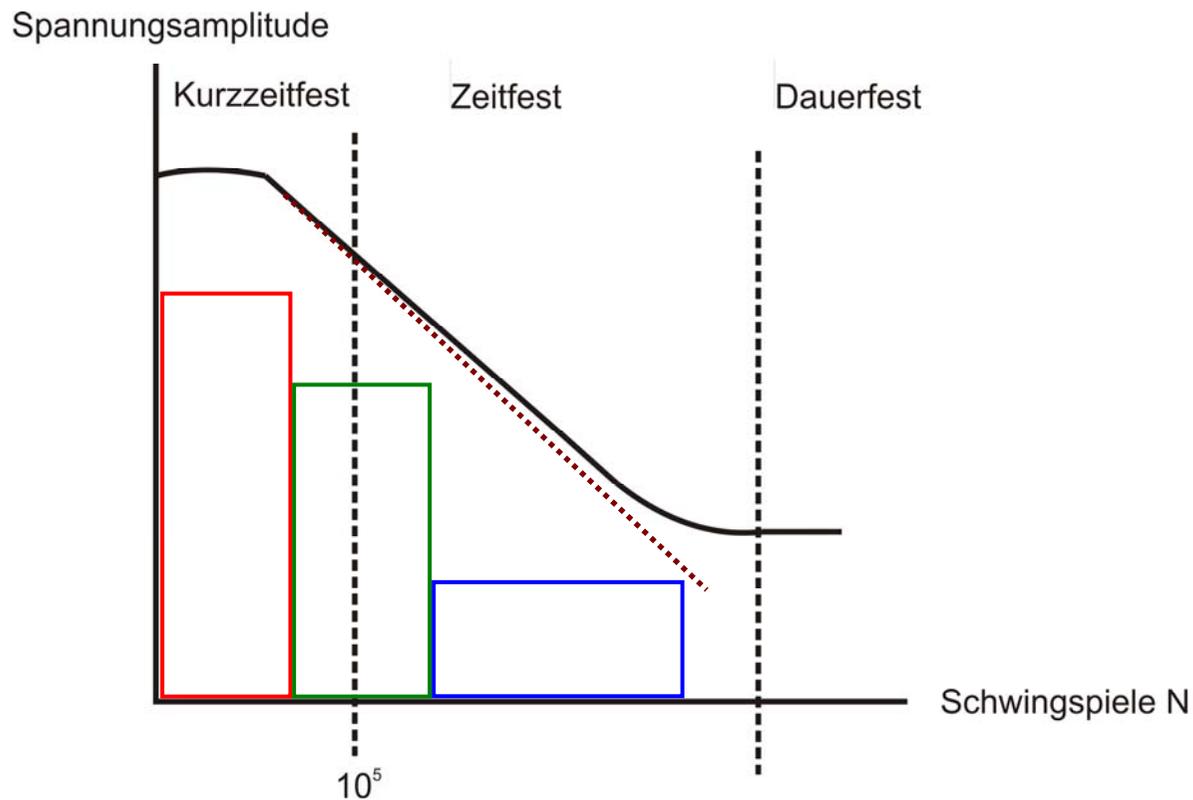
- Alterungsgesetze (Fatigue)
- **Wöhlerlinie**
- Lineare Schadensakkumulation



Modellierung & Simulation

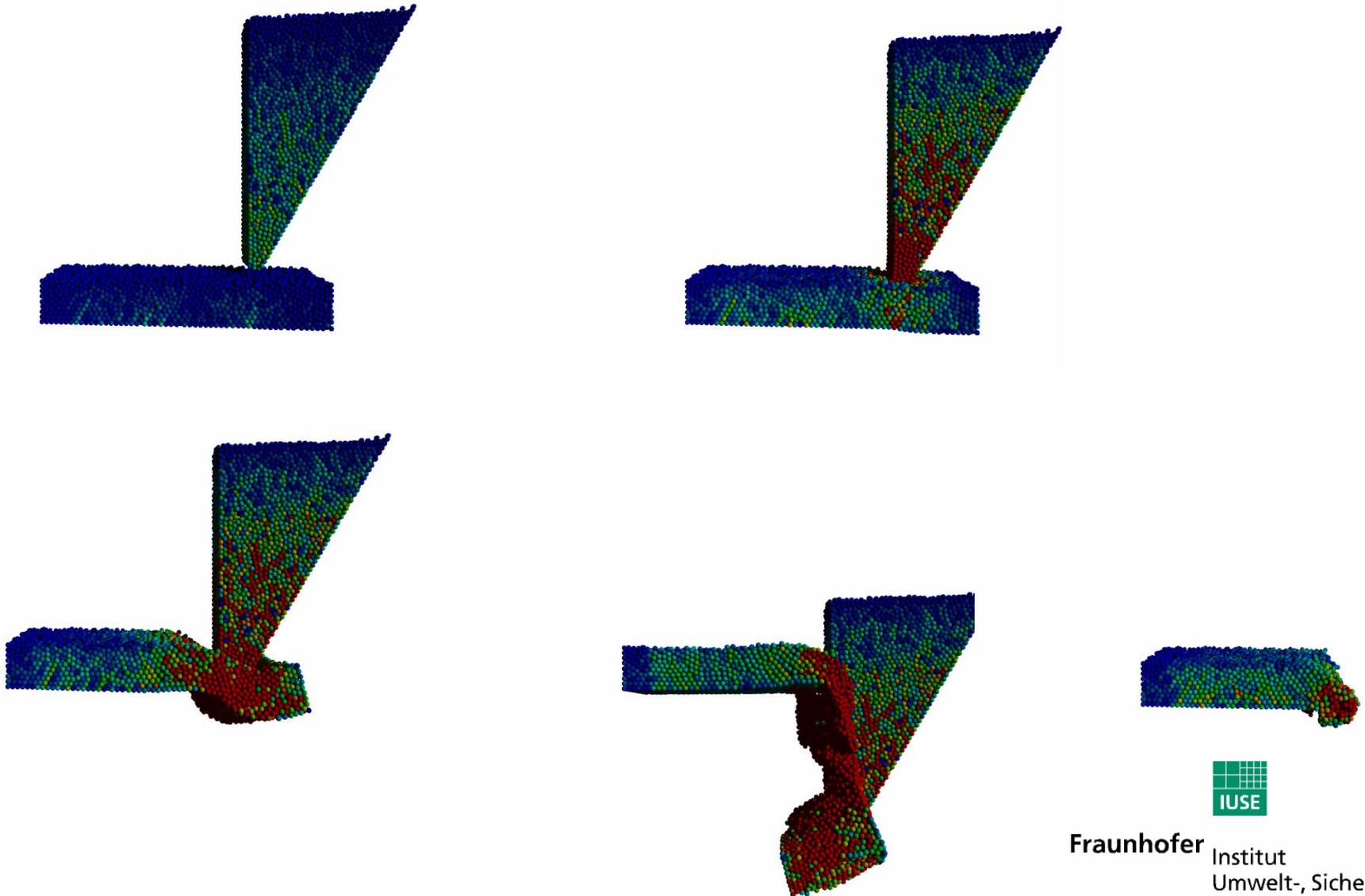
Kalibrierung der Werkstoffdaten über den Schnittweg

- Alterungsgesetze (Fatigue)
- Wöhlerlinie
- **Lineare Schadensakkumulation**



Modellierung & Simulation

Schnittsimulation



Modellierung & Simulation

Zusammenfassung und Ausblick

- Verwendung der DEM als Simulationsmethode
- Berücksichtigung der Werkstoffheterogenität (Compounds, Gradienten)
- Simulation im Mikro- und Kilometerbereich
- Kalibrierung des Modells
- Berücksichtigung der Werkstoffschädigung
- Einsatz alternativer Geometrien (Superquadrics, Ellipsoide)
- Laufzeitoptimierung (Einsatz von Grafikkarten als Rechenprozessoren)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Fraunhofer
Institut
Umwelt-, Sicherheits-,
Energietechnik UMSICHT