

Spannungsmessung an Plattenimplantaten

Nils Kästner

AG-Mechatronik
Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena

18. Februar 2013



*Thüringen.
Hier werden Ideen Wirklichkeit*



- 1 Einleitung
- 2 Geometrische Spannungsermittlung
- 3 Spannungskonzentrationen
- 4 Zusammenfassung und Ausblick

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung
- 2 Geometrische Spannungsermittlung
- 3 Spannungskonzentrationen
- 4 Zusammenfassung und Ausblick

Aufgabenstellung

- Projektziel: Verbesserung der Versorgung von periprothetischen Femurfrakturen

Aufgabenstellung

- Projektziel: Verbesserung der Versorgung von periprothetischen Femurfrakturen
- Teilziel EAH Jena: Evaluierung der mechanischen Eigenschaften des Implantats und der Implantat-Knochen Koppelstellen

Aufgabenstellung

- Projektziel: Verbesserung der Versorgung von periprothetischen Femurfrakturen
- Teilziel EAH Jena: Evaluierung der mechanischen Eigenschaften des Implantats und der Implantat-Knochen Koppelstellen
- Vortrag: Vorstellen des Versuchstands zur Spannungsmessung an Plattenimplantaten

Versuchsstand

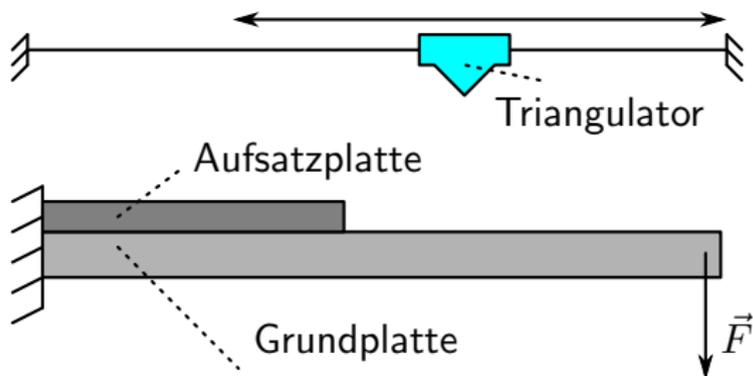


Abbildung 1 : Schematischer Versuchsaufbau.

Versuchstand

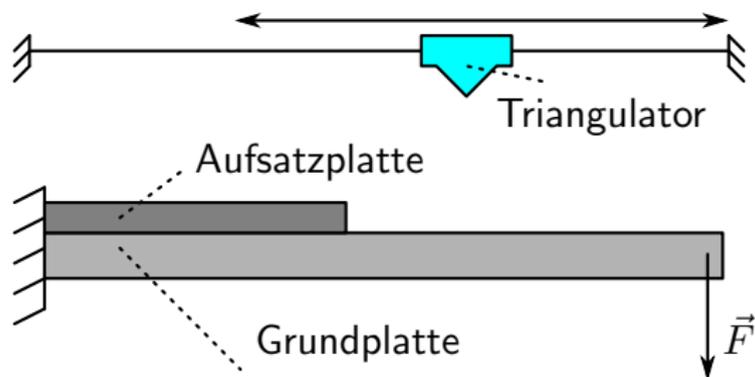


Abbildung 1 : Schematischer Versuchsaufbau.

- Biegelinie $v(x)$ wird aufgenommen

Inhaltsverzeichnis

- ① Einleitung
- ② Geometrische Spannungsermittlung
- ③ Spannungskonzentrationen
- ④ Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenhang zw. Spannung & Biegelinie

- Biegelinie:

$$v''(x) = \frac{M(x)}{EI(x)} \quad (1)$$

Zusammenhang zw. Spannung & Biegelinie

- Biegelinie:

$$v''(x) = \frac{M(x)}{EI(x)} \quad (1)$$

- Normalspannung an Implantatoberseite:

$$\sigma(x) = \frac{M(x)}{I(x)} \frac{h(x)}{2} \quad (2)$$

Zusammenhang zw. Spannung & Biegelinie

- Biegelinie:

$$v''(x) = \frac{M(x)}{EI(x)} \quad (1)$$

- Normalspannung an Implantatoberseite:

$$\sigma(x) = \frac{M(x)}{I(x)} \frac{h(x)}{2} \quad (2)$$

- Zusammenhang:

$$\sigma(x) = v''(x) \frac{Eh}{2} \quad (3)$$

Zusammenhang zw. Spannung & Biegelinie

- Ansatz für $v(x)$:

$$v(\tilde{x}) - v_0 = \frac{Fl^3}{EI(\tilde{x})} \left(-\frac{1}{6}\tilde{x}^3 + \frac{1}{2}\tilde{x}^2 + v'_0\tilde{x} \right) \quad (4)$$

mit $\tilde{x} = x/l$ und $0 \leq \tilde{x} \leq 1$

Zusammenhang zw. Spannung & Biegelinie

- Ansatz für $v(x)$:

$$v(\tilde{x}) - v_0 = \frac{Fl^3}{EI(\tilde{x})} \left(-\frac{1}{6}\tilde{x}^3 + \frac{1}{2}\tilde{x}^2 + v'_0\tilde{x} \right) \quad (4)$$

mit $\tilde{x} = x/l$ und $0 \leq \tilde{x} \leq 1$

- Aus Experiment ergeben sich: v_0 , v'_0 und $I(\tilde{x})$

Beispielrechnung

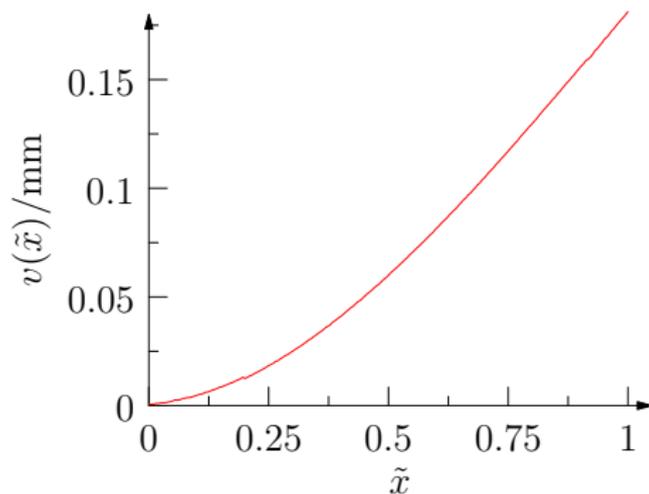


Abbildung 2 : Gemessene Biegelinie.

Beispielrechnung

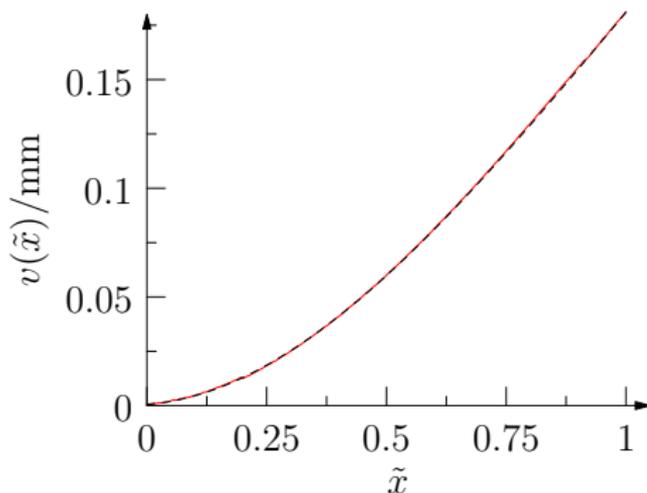


Abbildung 2 : Gemessene Biegelinie.

- Kurvenanpassung liefert: $I = 84.9 \text{ mm}^4$ $v'_0 = 0.030$, $v_0 = 0.0013$

Beispielrechnung

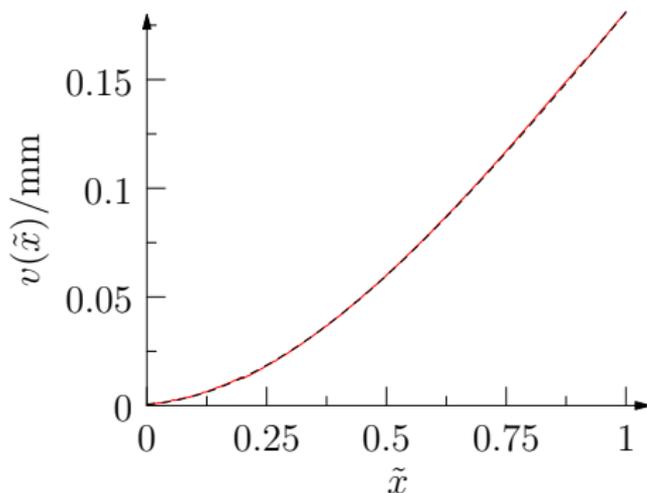


Abbildung 2 : Gemessene Biegelinie.

- Kurvenanpassung liefert: $I = 84.9 \text{ mm}^4$ $v'_0 = 0.030$, $v_0 = 0.0013$
- $\Rightarrow v''(\tilde{x}) \Rightarrow \sigma(\tilde{x})$

Beispielrechnung

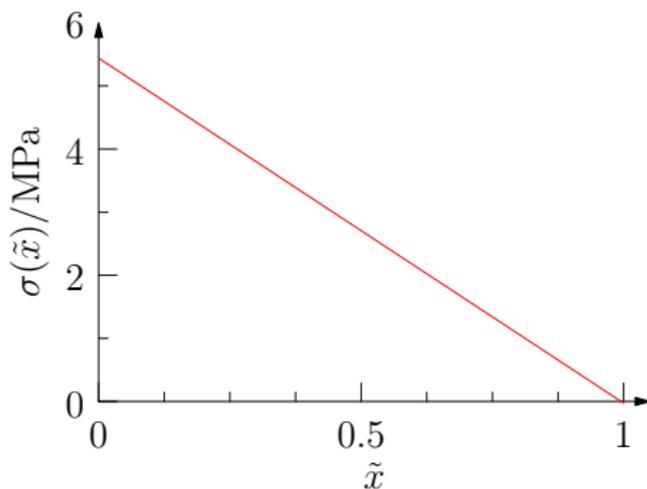


Abbildung 3 : Resultierender Normalspannungsverlauf.

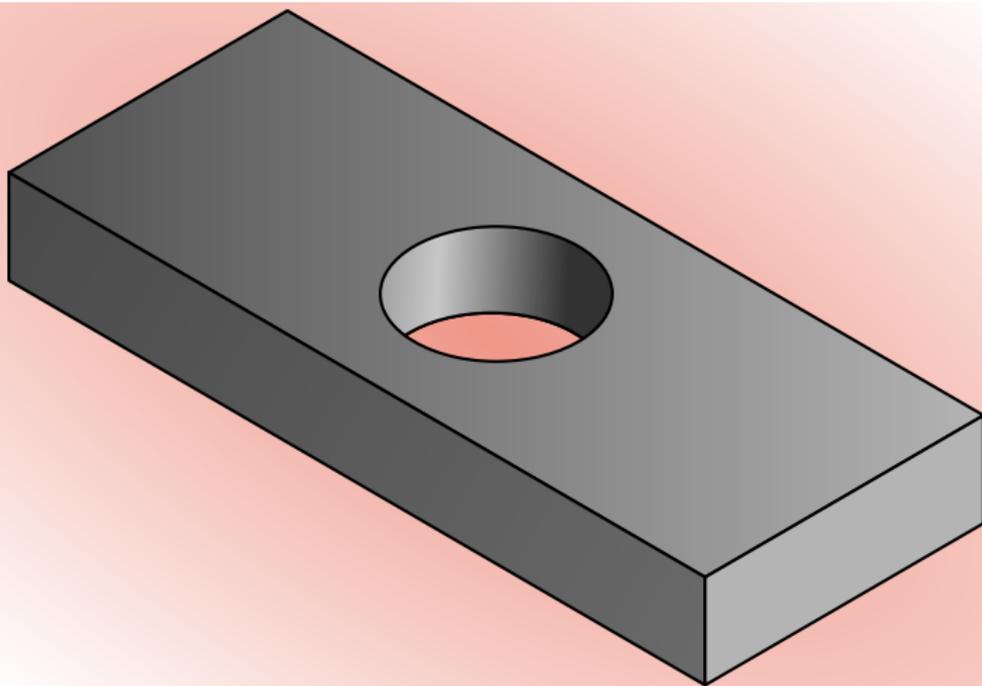
Inhaltsverzeichnis

- ① Einleitung
- ② Geometrische Spannungsermittlung
- ③ Spannungskonzentrationen**
- ④ Zusammenfassung und Ausblick

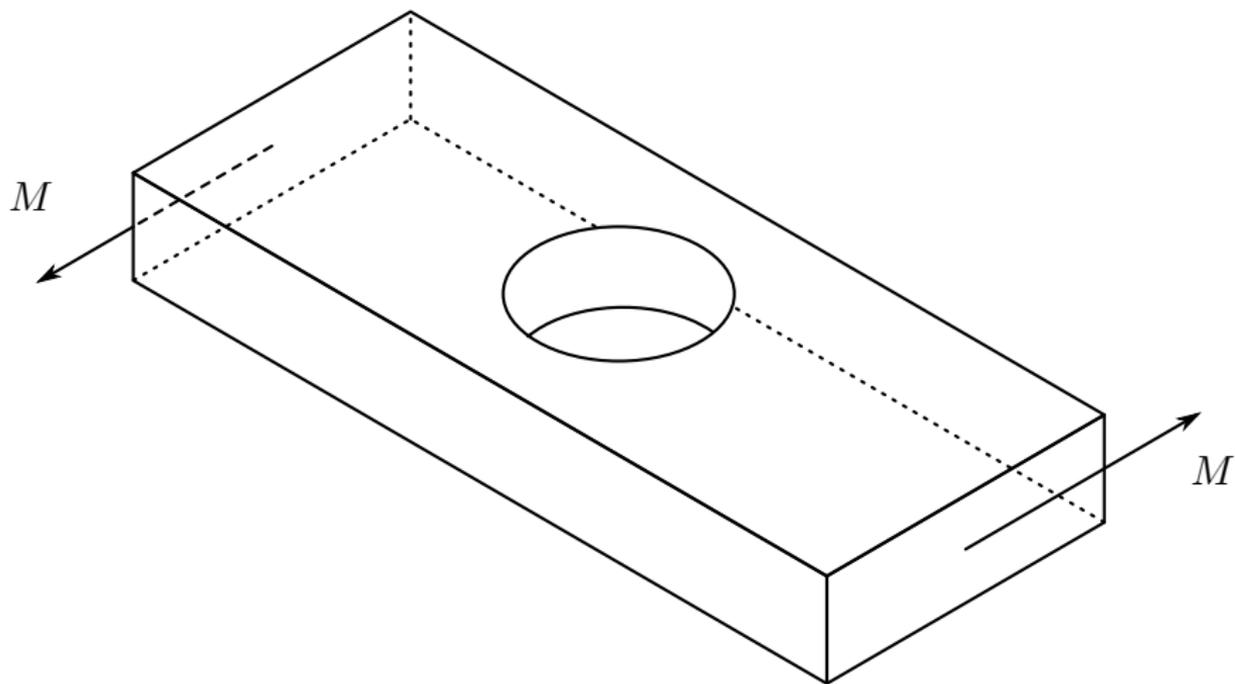
Allgemeine Hinweise

- Problem: Ermittelte Spannung stellt Mittelwert dar, relevant für Implantatversagen sind Spannungsspitzen.
- Lösungsidee: Spannungsverlauf für ein isoliertes Loch ermitteln (FEM oder analytische Näherungslösung) und dann geeignet überlagern

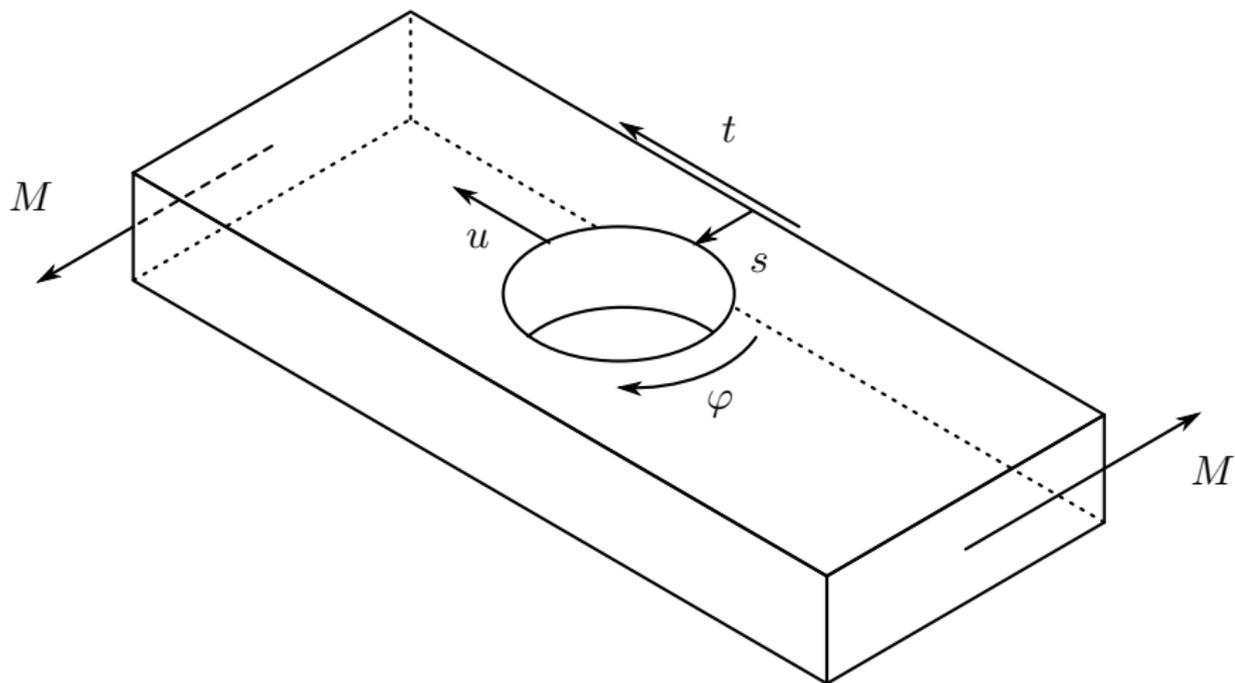
Ausgangspunkt – einzelnes Loch



Ausgangspunkt – einzelnes Loch



Ausgangspunkt – einzelnes Loch



Spannungsverlauf dreidimensional

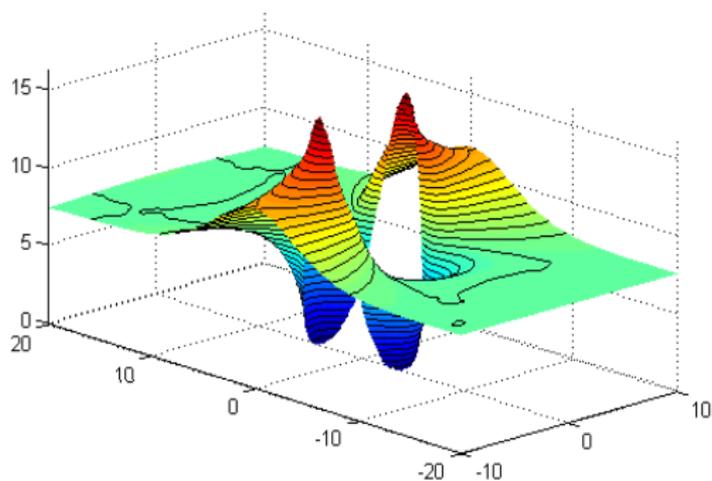


Abbildung 4 : Spannungsverlauf am Loch bei reiner Biegebelastung.

Ausgewählte Randkurven der Lochspannung

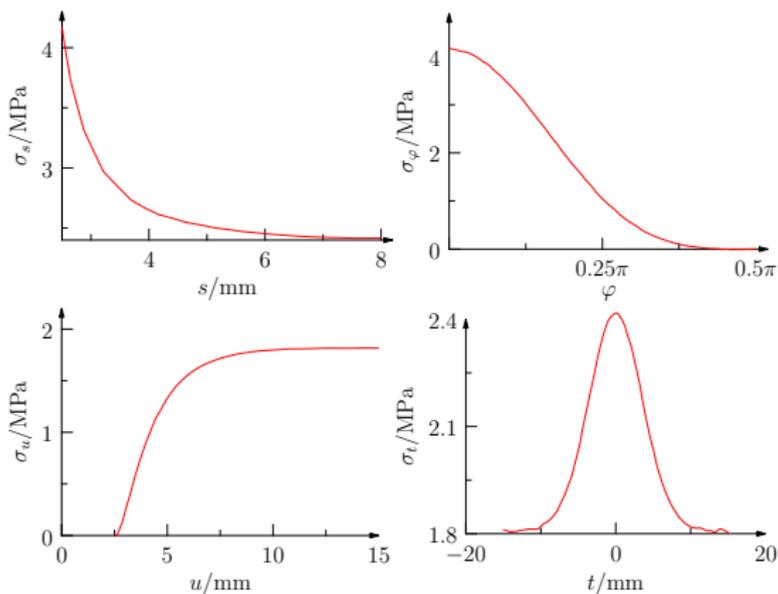
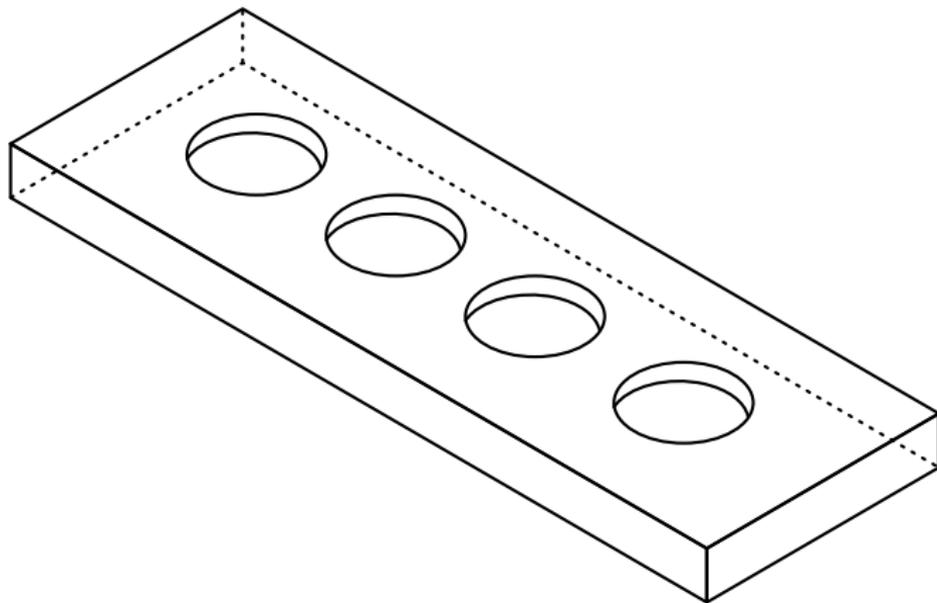


Abbildung 5 : Ausgewählte Spannungskurven.

Übergang zumehreren Löchern



Übergang zumehreren Löchern

- Kurven σ_s und σ_φ an jedem Loch ähnlich

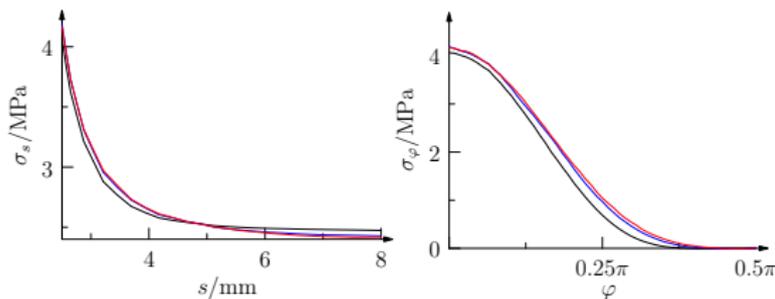


Abbildung 6 : σ_s und σ_φ für periodische Lochanordnug.

Übergang zumehreren Löchern

- $\sigma_T = \sigma_{\text{Nenn}} + \sum_{i=1}^n [\sigma_t(x - l_i) - \sigma_{\text{Nenn}}]$

Übergang zumehreren Löchern

- $$\sigma_T = \sigma_{\text{Nenn}} + \sum_{i=1}^n [\sigma_t(x - l_i) - \sigma_{\text{Nenn}}]$$

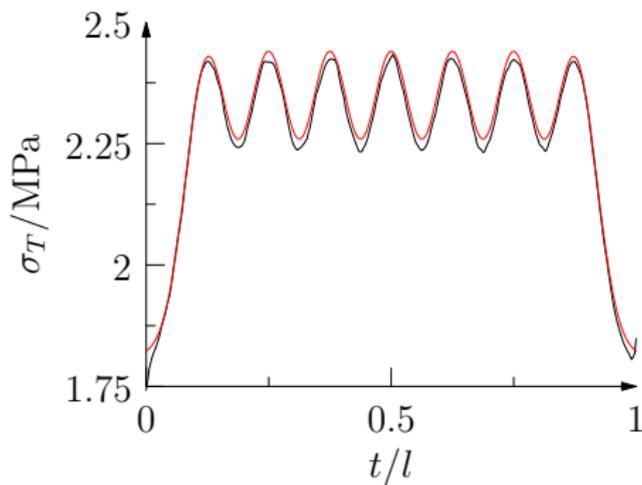


Abbildung 7 : σ_T für periodische Lochanordnung.

Übergang zumehreren Löchern

- $$\sigma_T = \sigma_{\text{Nenn}} + \sum_{i=1}^n [\sigma_t(x - l_i) - \sigma_{\text{Nenn}}]$$

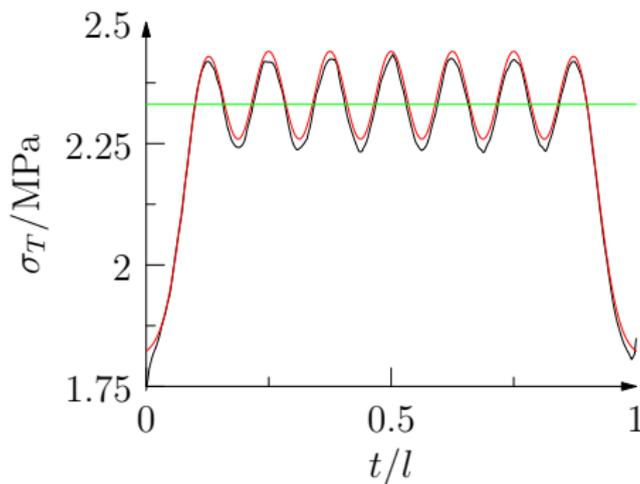


Abbildung 7 : σ_T für periodische Lochanordnug.

Übergang zumehreren Löchern

- $$\sigma_T = \sigma_{\text{Nenn}} + \sum_{i=1}^n [\sigma_t(x - l_i) - \sigma_{\text{Nenn}}] - \alpha_{BL}$$

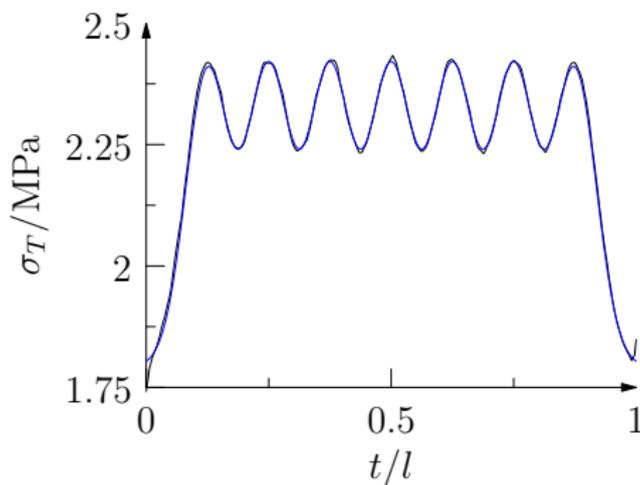


Abbildung 7 : σ_T für periodische Lochanordnung.

Übergang zumehreren Löchern

- $$\sigma_U = \sigma_{\text{Nenn}} - \sum_{i=1}^n [\sigma_{\text{Nenn}} - \sigma_u(x - l_i)]$$

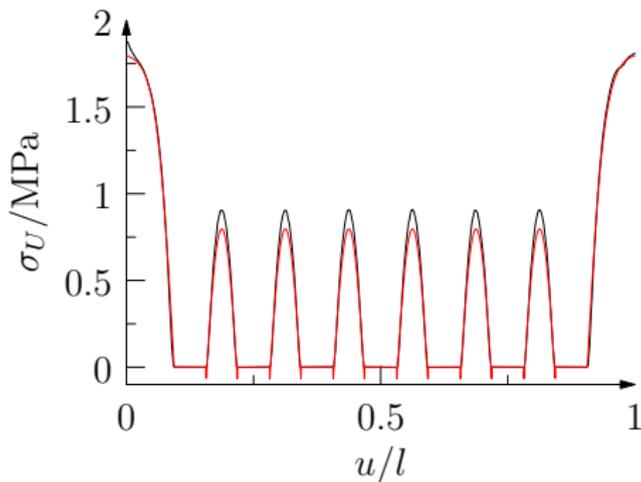


Abbildung 8 : σ_U für periodische Lochanordnug.

Übergang zumehreren Löchern

- $$\sigma_U = \sigma_{\text{Nenn}} - \sum_{i=1}^n [\sigma_{\text{Nenn}} - \sigma_u(x - l_i)] + \beta_+$$

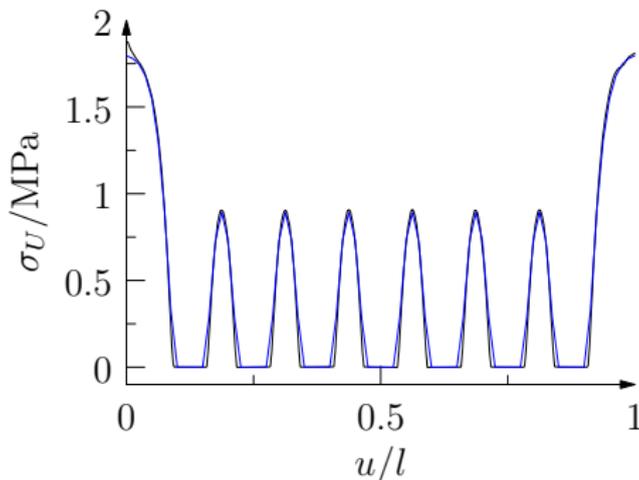


Abbildung 8 : σ_U für periodische Lochanordnug.

Inhaltsverzeichnis

- ① Einleitung
- ② Geometrische Spannungsermittlung
- ③ Spannungskonzentrationen
- ④ Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung

- Messstand zur Bestimmung der mittleren Spannung wurde aufgebaut

Zusammenfassung

- Messstand zur Bestimmung der mittleren Spannung wurde aufgebaut
- Spannungskonzentrationen für einzelnes Loch werden berechnet

Zusammenfassung

- Messstand zur Bestimmung der mittleren Spannung wurde aufgebaut
- Spannungskonzentrationen für einzelnes Loch werden berechnet
- Überlagerung von mehreren Einzellöchern unter Berücksichtigung der mittleren Spannung ergibt Gesamtspannungsverlauf

- Lochspannungen parametrisieren \implies Auswertung Automatisieren

Ausblick

- Lochspannungen parametrisieren \implies Auswertung Automatisieren
- Experimentelle Prüfung durch DMS

Ausblick

- Lochspannungen parametrisieren \implies Auswertung Automatisieren
- Experimentelle Prüfung durch DMS
- Übergang zu Kombination von zwei verschiedenen Löchern

Spannungsmessung an Plattenimplantaten

Nils Kästner

AG-Mechatronik
Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena

18. Februar 2013



*Thüringen.
Hier werden Ideen Wirklichkeit*

