

Das Bauen mit textilen Membranen ist die Suche nach der optimalen Form. Das Konstruktionsmaterial ist ausgesprochen zweidimensional und verfügt über eine vernachlässigbare Biegesteifigkeit, dadurch ist die Lastabtragung ausschließlich über Zugkräfte möglich. Erst durch das Zusammenfügen der Membrane zu einer vollständig dreidimensionalen Struktur und das Vorspannen entsteht ein Tragwerk.

Unter Lasteinwirkung erfahren Membrane typischerweise große Verformungen und erfordern deshalb eine geometrisch nichtlineare Strukturanalyse. Druckspannungen werden durch das Ausweichen der Membrane aus der Strukturebene vermieden und es treten Falten auf. Durch das druckschlaffe Verhalten der Membrane ist die Proportionalität zwischen den Spannungen  $\sigma$  und den Verzerrungen  $\varepsilon$  nicht mehr gegeben.

## Grundlegende Zusammenhänge

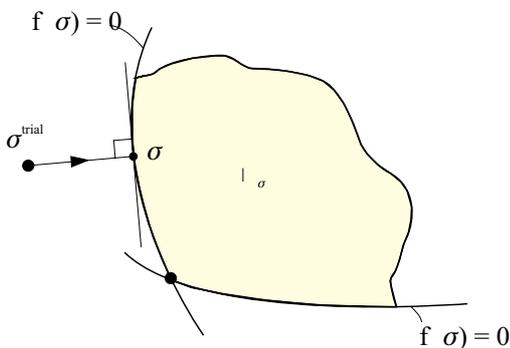
Das faltenfreie, straffe Gebiet kann durch Auswertung der Hauptspannungen beschrieben werden.

$$f_1 := -\sigma_1 \leq 0 \quad \text{und} \quad f_2 := -\sigma_2 \leq 0$$

Die Kinematik der Struktur wird durch eine Zerlegung der Verzerrungstensors  $\varepsilon$  mit

$$\varepsilon = \varepsilon^e + \varepsilon^w$$

in einen elastischen Anteil  $\varepsilon^e$  und einen gefalteten Anteil  $\varepsilon^w$  erfasst.



Ausgehend von einer ersten Annahme für den Spannungszustand  $\sigma^{trial}$  wird über eine Minimalbedingung eine zulässige Spannung ermittelt.

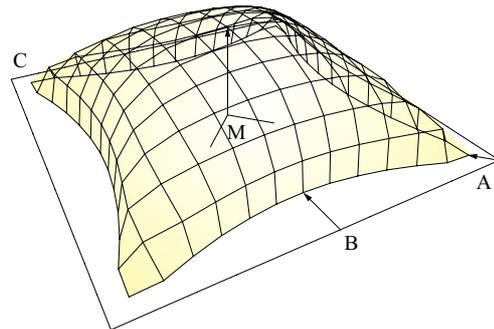
## Darstellung der Nebenbedingungen

Um eine konsistente Linearisierung zu ermöglichen, muss die Ableitung der Nebenbedingungen nach dem Spannungstensor  $\sigma$  möglich sein.

$$f_{\alpha} := - \left[ \frac{1}{2} \pi^T \sigma \pm \left( \frac{1}{2} \sigma^T P \sigma \right)^{\frac{1}{2}} \right] \quad \text{für} \quad \alpha \in \{1, 2\}$$

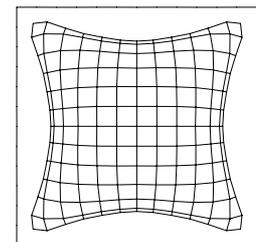
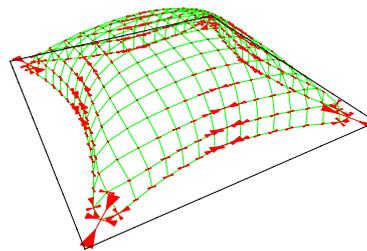
## Numerisches Beispiel

Die Zuverlässigkeit der vorgeschlagenen Elementformulierung wird an Modellsystemen überprüft, bei denen es auf Grund ihrer Abmessungen und Belastungen zu bereichsweiser Faltung der Membrane kommen wird. Die sehr gute Konvergenz in der Energienorm bestätigt die zuverlässige Berechnung der numerischen Lösung.



gefaltete Bereiche (rot)

Draufsicht



Last-Verschiebungskurve von Punkt M

