

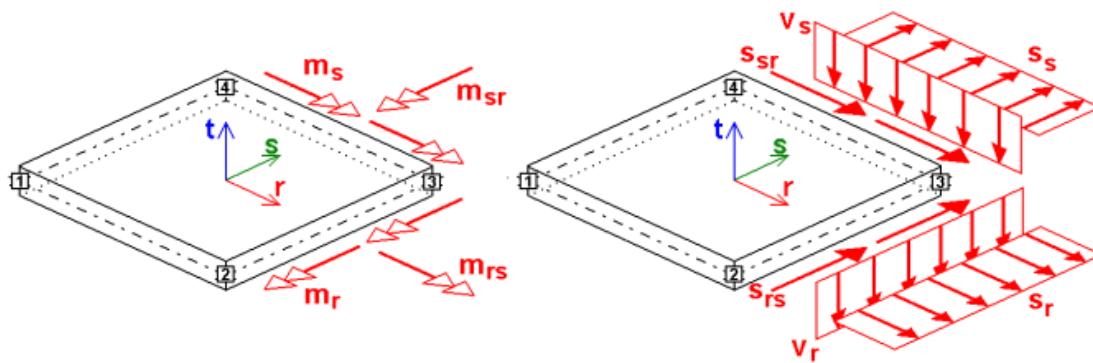
Behälterberechnung Gestern – Heute - Morgen

DR.-ING. INGO LUKAS
HERBERT LINDEN



Berechnungsverfahren

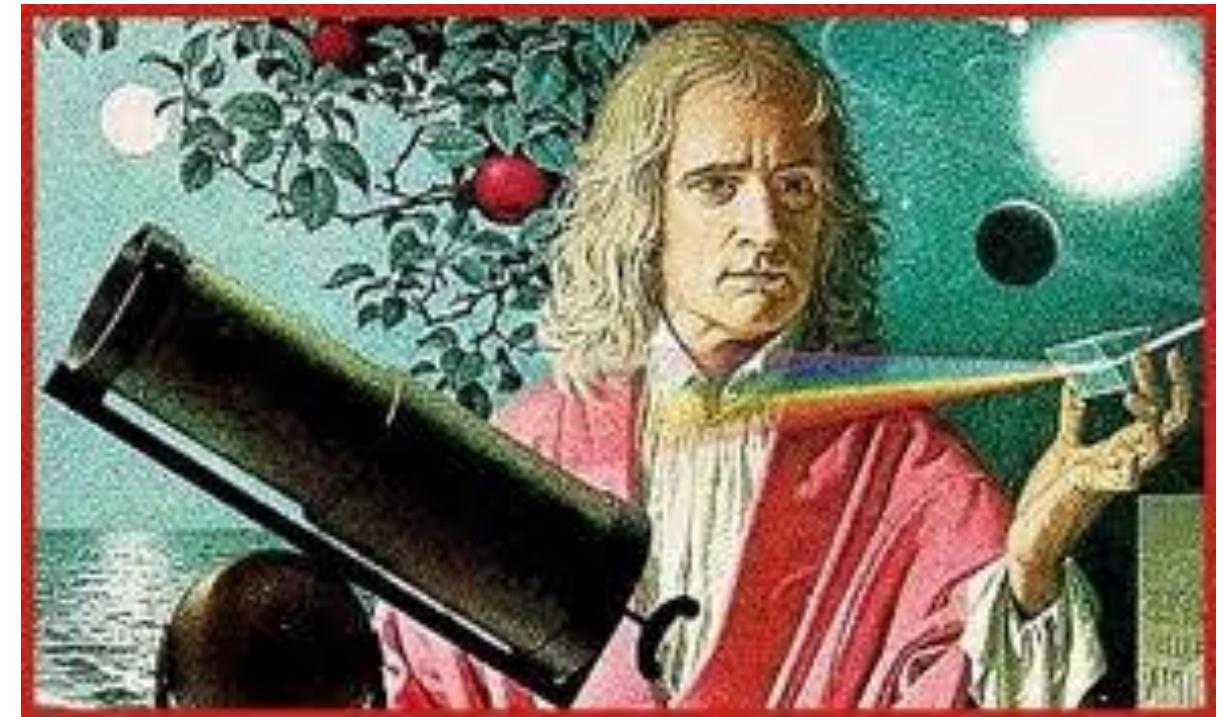
- Analytische Berechnungsverfahren



$$n^{\alpha\beta} = \int_{-h/2}^{h/2} (\delta_p^\beta - \theta^3 b_p^\beta) \sigma^{\alpha p} d\theta^3 = \tilde{n}^{\alpha\beta} - \tilde{m}^{\alpha p} b_p^\beta$$

$$m^{\alpha\beta} = \int_{-h/2}^{h/2} (\delta_p^\beta - \theta^3 b_p^\beta) \theta^3 \sigma^{\alpha p} d\theta^3 = \tilde{m}^{\alpha\beta} - \tilde{m}^{\alpha p} b_p^\beta \cong \tilde{m}^{\alpha\beta}$$

$$q^\alpha = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma^{\alpha 3} d\theta^3$$



Berechnungsverfahren

- Musterberechnungen und Normen
 - DVS - Merkblatt 2205 -1 ÷ 2205 - 5
 - Musterberechnung 40 – B1 (Stehende Behälter)
 - Musterberechnung 40 – B2 (Liegende Behälter)
- Norm prEN 13121



Ingenieursoftwarelösungen auf Grundlage

der **DVS Merkblätter 2205**

- Stabiler Programm lauf ?
- Softwaretechnologie State of the Art ?
- Alle üblichen Behältertypen berechenbar ?
- Komfortable Datenverwaltung ?
- Ausgabe prüffähig ?
- Programm Netz- und Cloudfähig ?

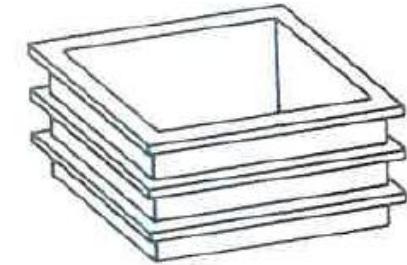
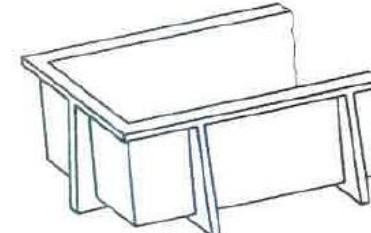
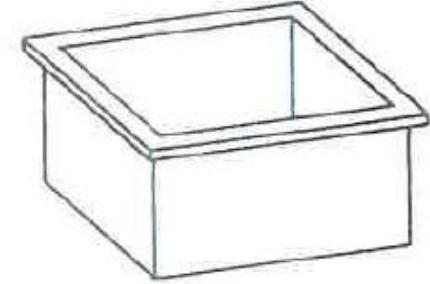
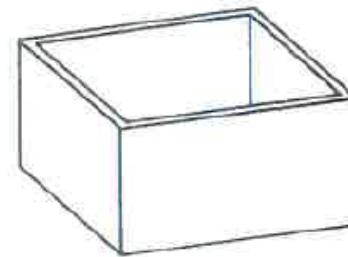


Problembereiche der DVS

Beispiel Rechteckbehälter

Merkblatt DVS 2205 Teil 5

- Sehr einfaches mechanisches Strukturkonzept
- Restriktiv und teilweise falsch
- Nicht mehr zeitgemäß
- Kein Abgleich mit bestehender Stahlbaunormung
- Wildwuchs innerhalb der Bemessung durch Vermischung moderner Stahlbaunormen und DVS Konzept

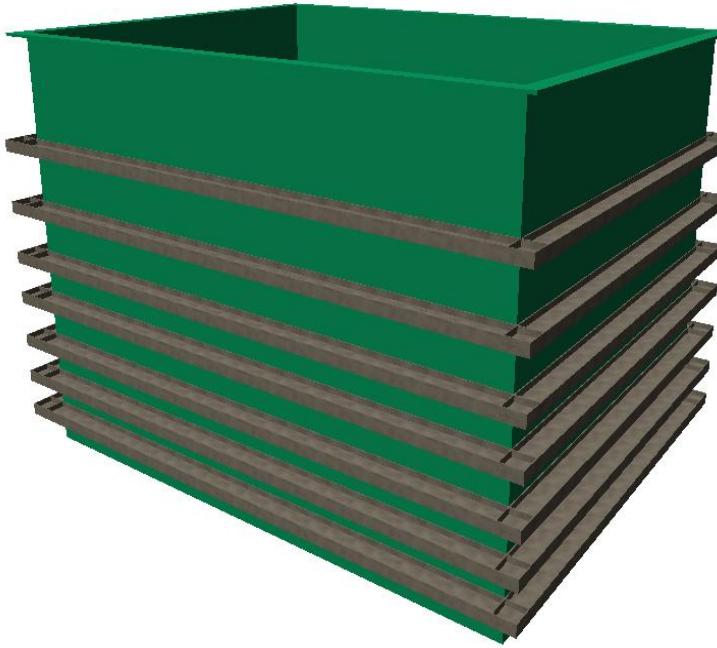


Bemessungsbeispiel eines Rechteckbehälters mit umlaufender Verstärkung

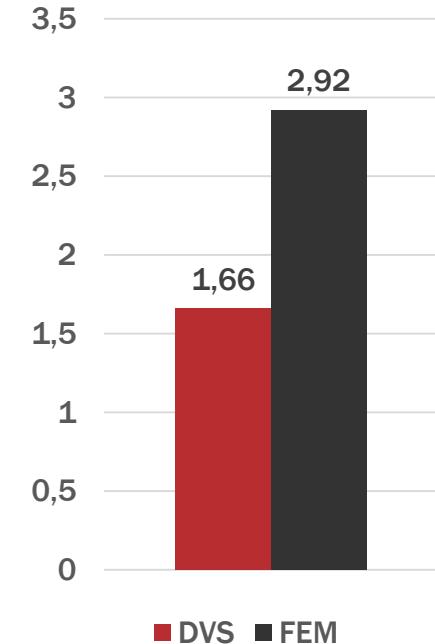
Rechteckbehälter
mit $h = 3,00 \text{ m}$, $b = 4,00 \text{ m}$
Wanddicke
 $t = 20,00 \text{ mm}$
 $\gamma_{\text{Med}} = 10,00 \text{ kN/m}^3$

Lichte Feldweite am unteren Rand
 $b_1 = 214 \text{ mm}$

Profilbreite
 $b_{\text{Prof}} = 82,0 \text{ mm (IPE 160)}$

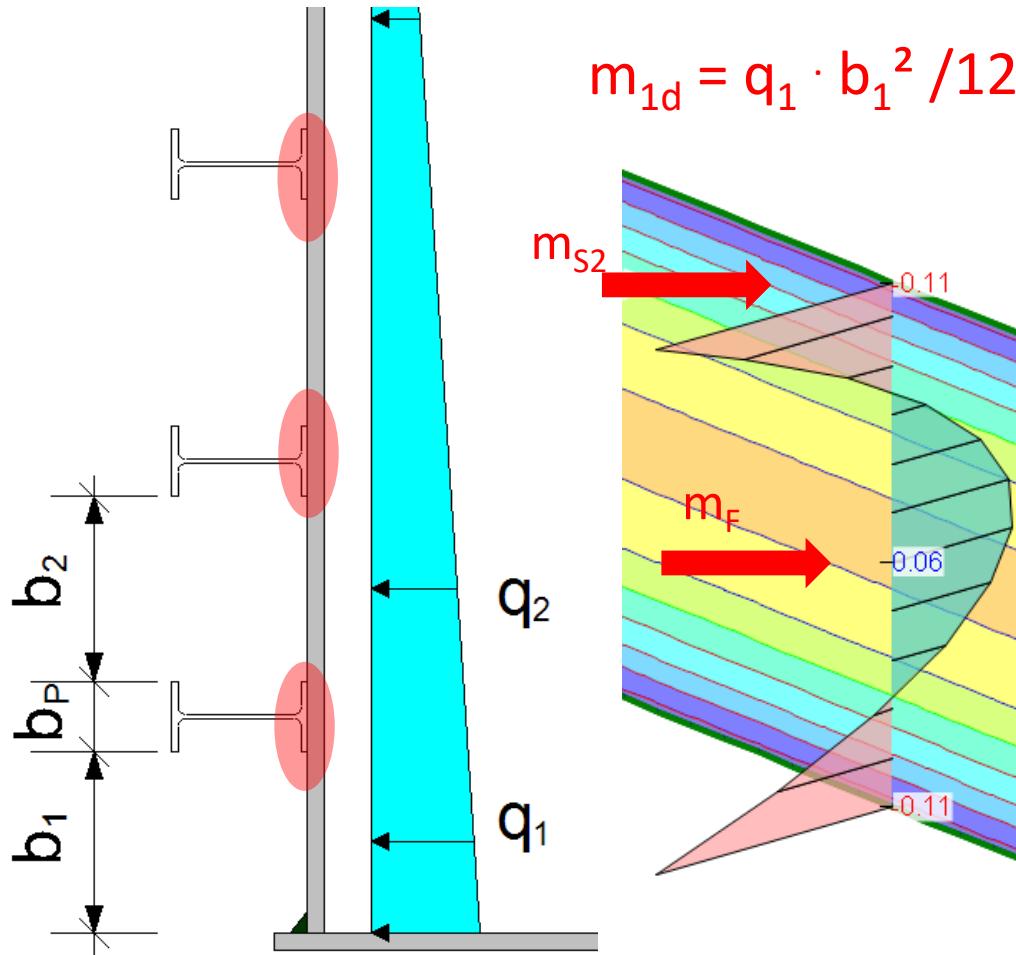


Spannungen UK
Behälter in
 N/mm^2

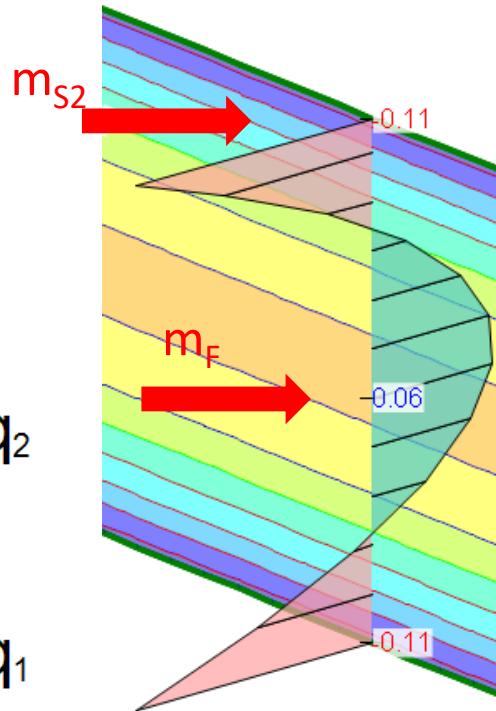


$\text{FEM/DVS} = 1,76$

Modellbildung Verstärkungsbereich Rechteckbehälter



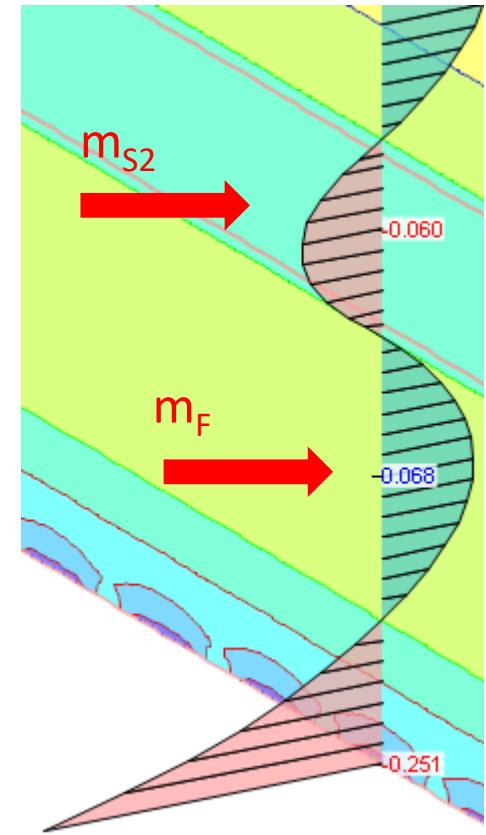
$$m_{1d} = q_1 \cdot b_1^2 / 12$$



Seitenwandmodell



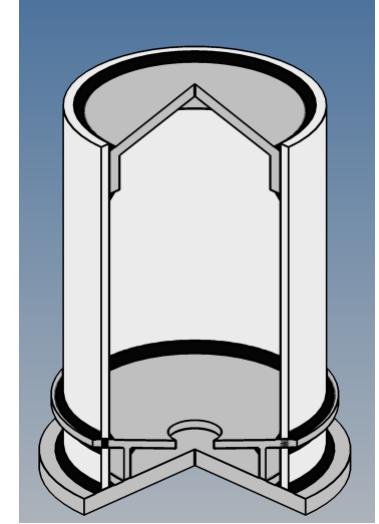
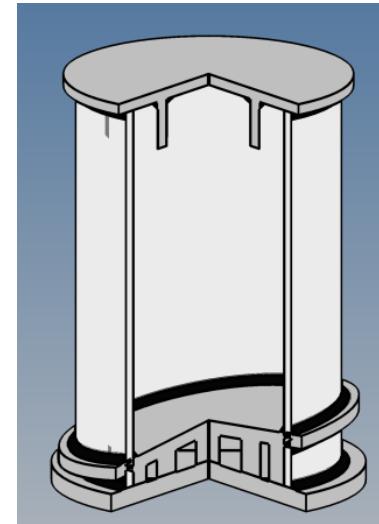
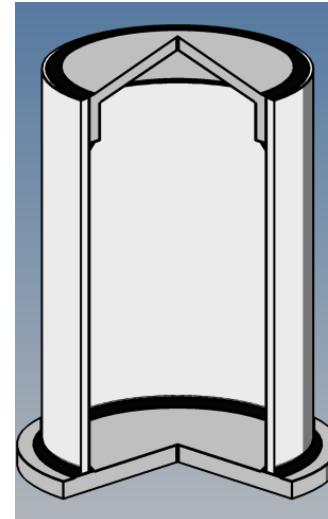
Elastischer Bettungsbereich



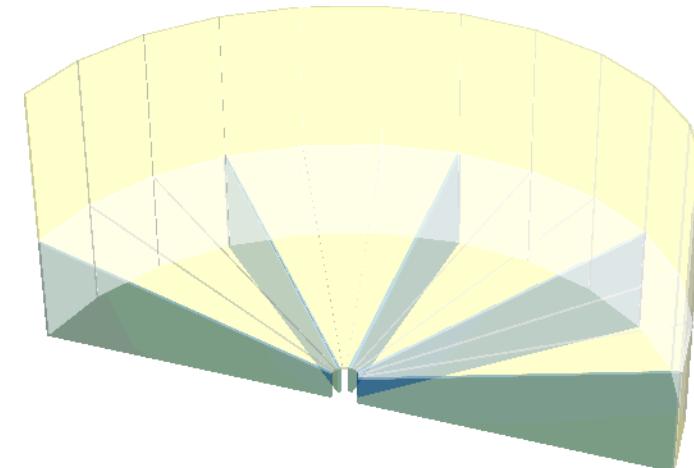
Problembereiche der DVS

Beispiel Behälterböden

- **Flachböden**
 - ✓ State of the Art
- **Schrägböden**
 - ✓ konstruktiv aufwendig, aber machbar
- **Ringgestützter Kegelboden**
 - ✓ konstruktiv aufwendig
 - ✓ alle Annahmen der Modellbildung konstruktiv realisierbar?
- **Segmentboden**
 - ✓ konstruktiv relativ einfache Konstruktion
 - ✓ viele statische Vorteile



Derzeit keinerlei Regelungen zur Berechnung



Finite Elemente Methode

- Dlubal
- MicroFE
- Ansys
- Adina
- Abacus

und viele , viele mehr



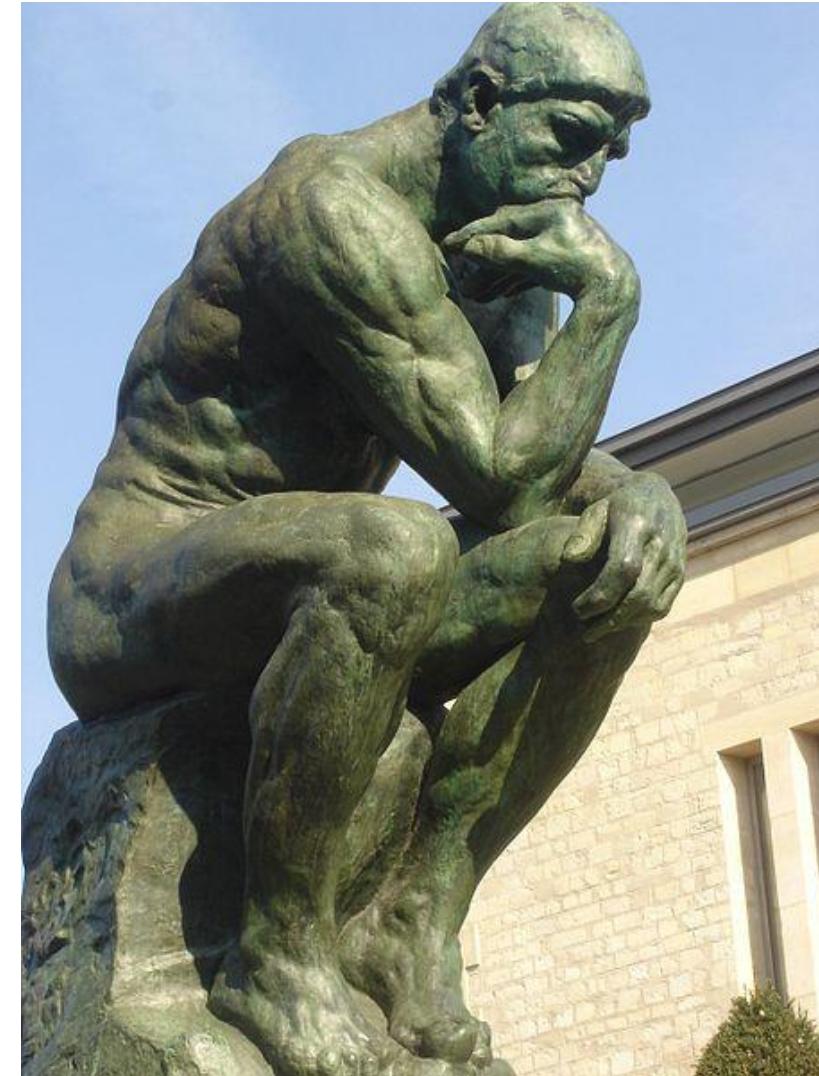
MicroFE

Finite Elemente



Finite Elemente Methode

- Hohe Anschaffungskosten
- Lange Einarbeitungszeiten
- Nur qualifiziertes Personal
- Aufwendige und zeitintensive Projektbearbeitung



Wie geht das?

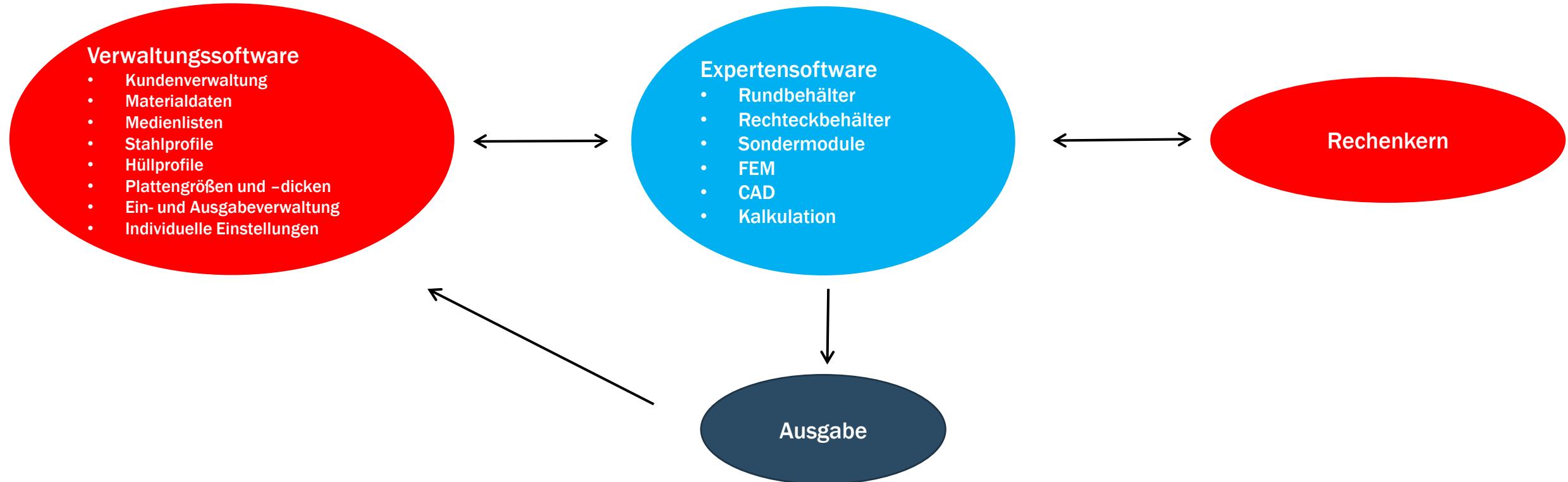
- Kernsoftware
- Softwareorganisation
- Zugriff auf die Software
- Datenstrukturen



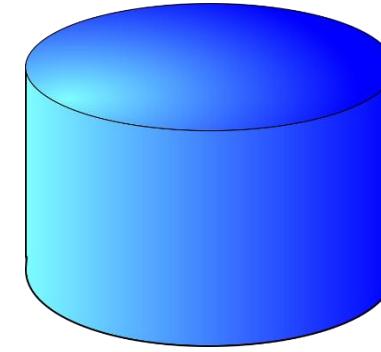
- Objektorientierte Programmierung
 - Leicht verständliche Benutzerführung
 - Stabiler Programmlauf mit hoher Performance
 - Eingabeüberprüfung
- Validierung statt Fehlermeldung**
- Strukturierte Datenspeicherung → XML
 - Klare und strikte Trennung zwischen Ein-/Ausgabe und den eigentlichen Daten
- Schichtenmodell



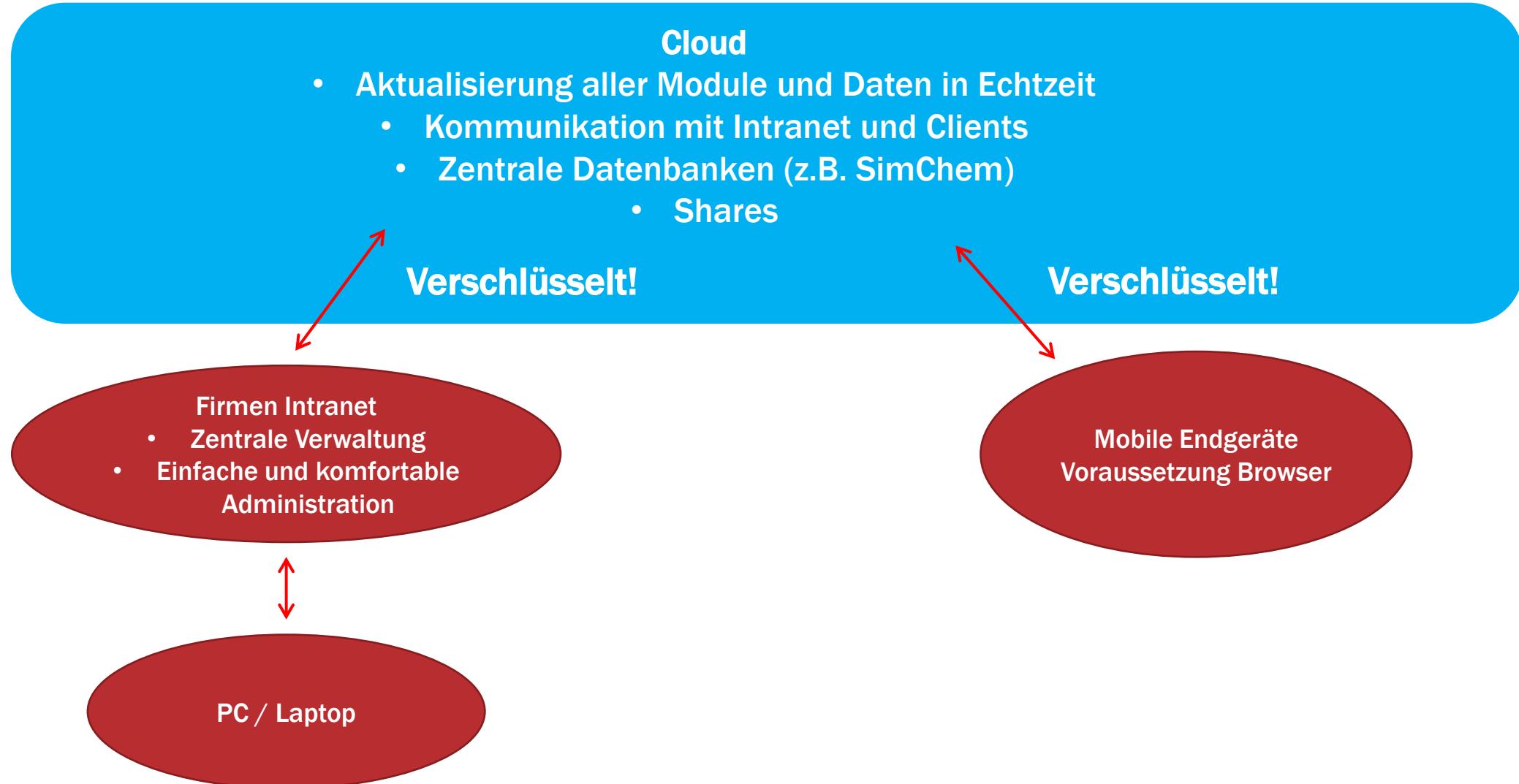
Schichtenmodell



Zugriff auf Software



Softwareorganisation



Zusammenfassung



Was ist ein muss?

- Objektorientierte Programmierung
- Stabiler Programmlauf mit Validierung
- Strukturierte Datenspeicherung und Austauschformate
- Komfortabler Verwaltungsmodul

Was ist ein wünschenswert?

- Universelle Kommunikation
- Integrierte Zusatzttools (FEM, CAD, Kalkulation)
- Real Time Updates und Cloudfähigkeit

Wohin führt der Weg?

Anwender



Softwarehersteller



i.lukas@lu-Software.com

hli@lu-Software.com