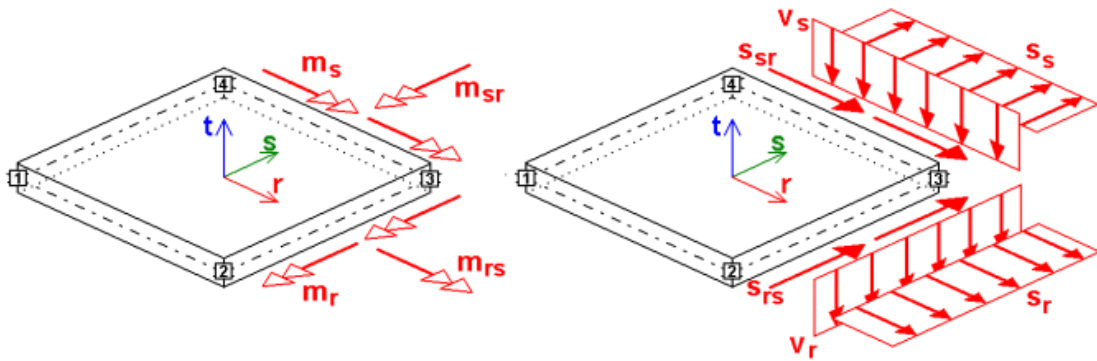


Behälterberechnung Gestern – Heute – Morgen

DR.-ING. INGO LUKAS
HERBERT LINDEN



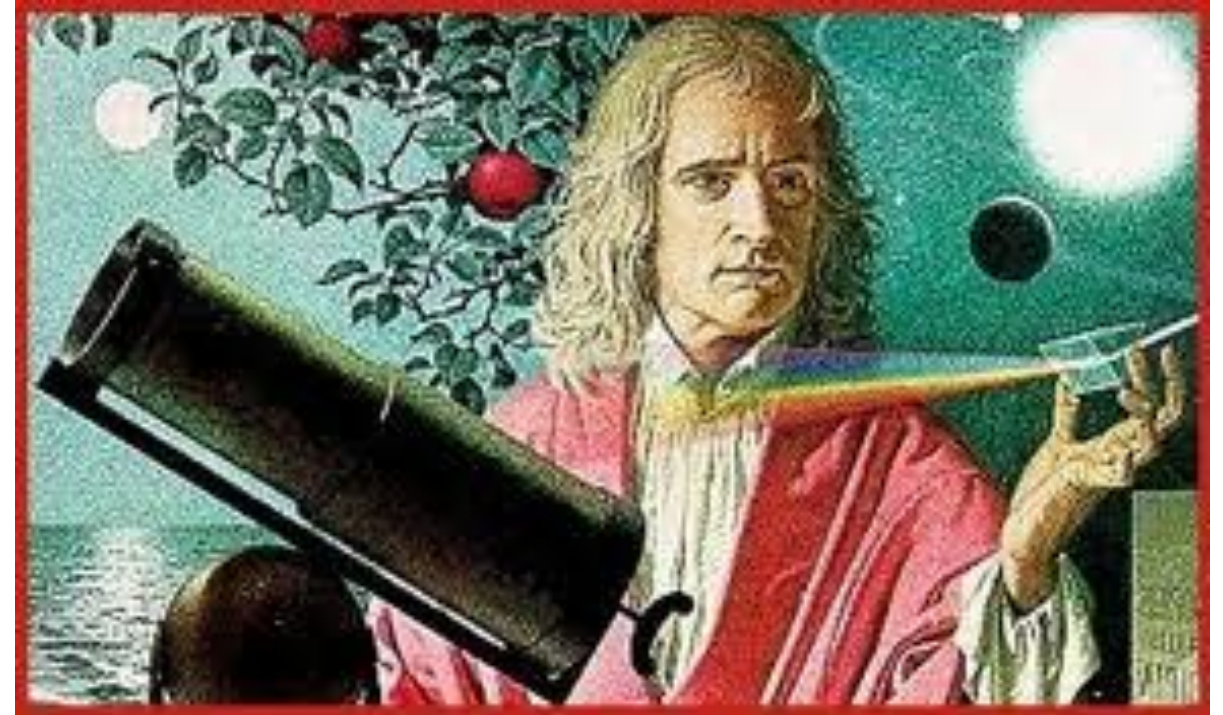
▪ Analytische Berechnungsverfahren



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

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

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



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

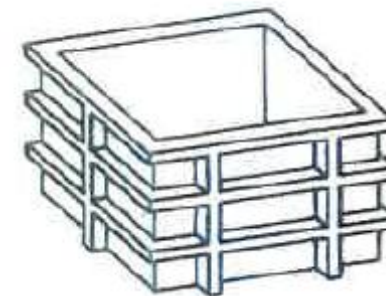
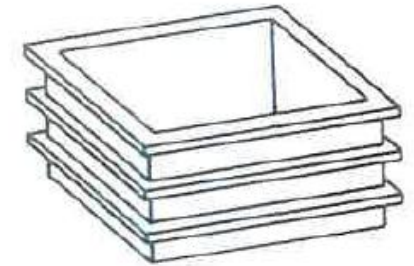
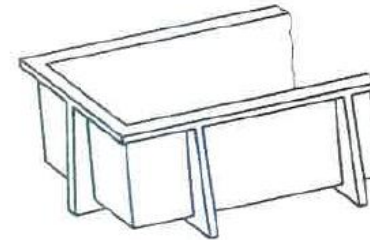
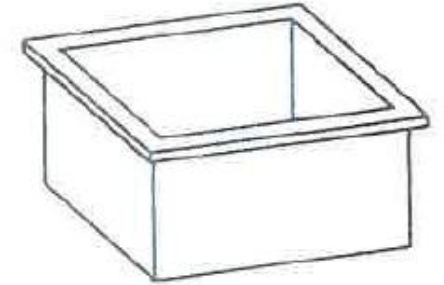
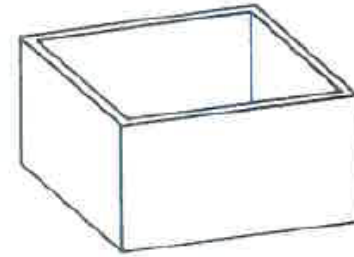


Problembereiche der DVS

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 $h = 3,00$ m, $b = 4,00$ m

Wanddicke

$t = 20,00$ mm

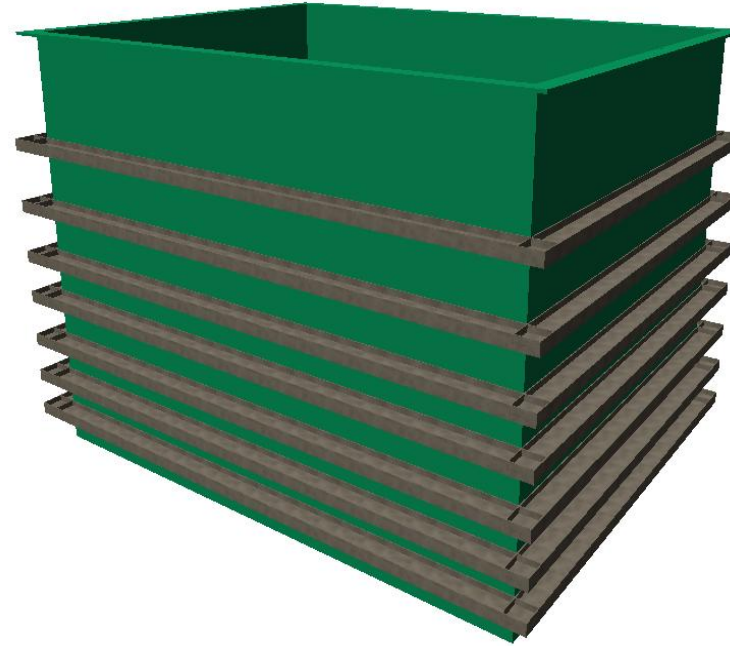
$\gamma_{Med} = 10,00$ kN/m³

Lichte Feldweite am unteren Rand

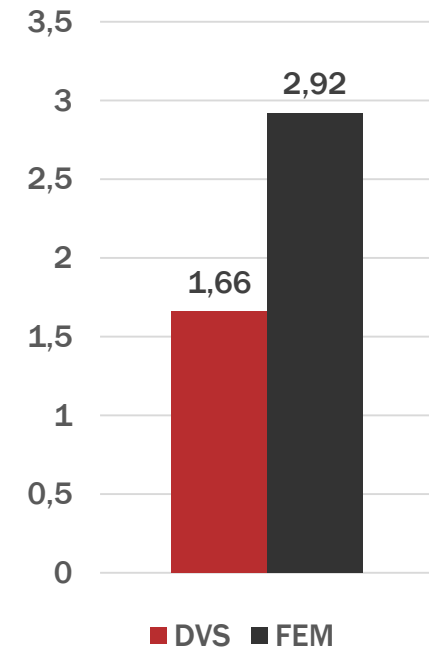
$b_1 = 214$ mm

Profilbreite

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

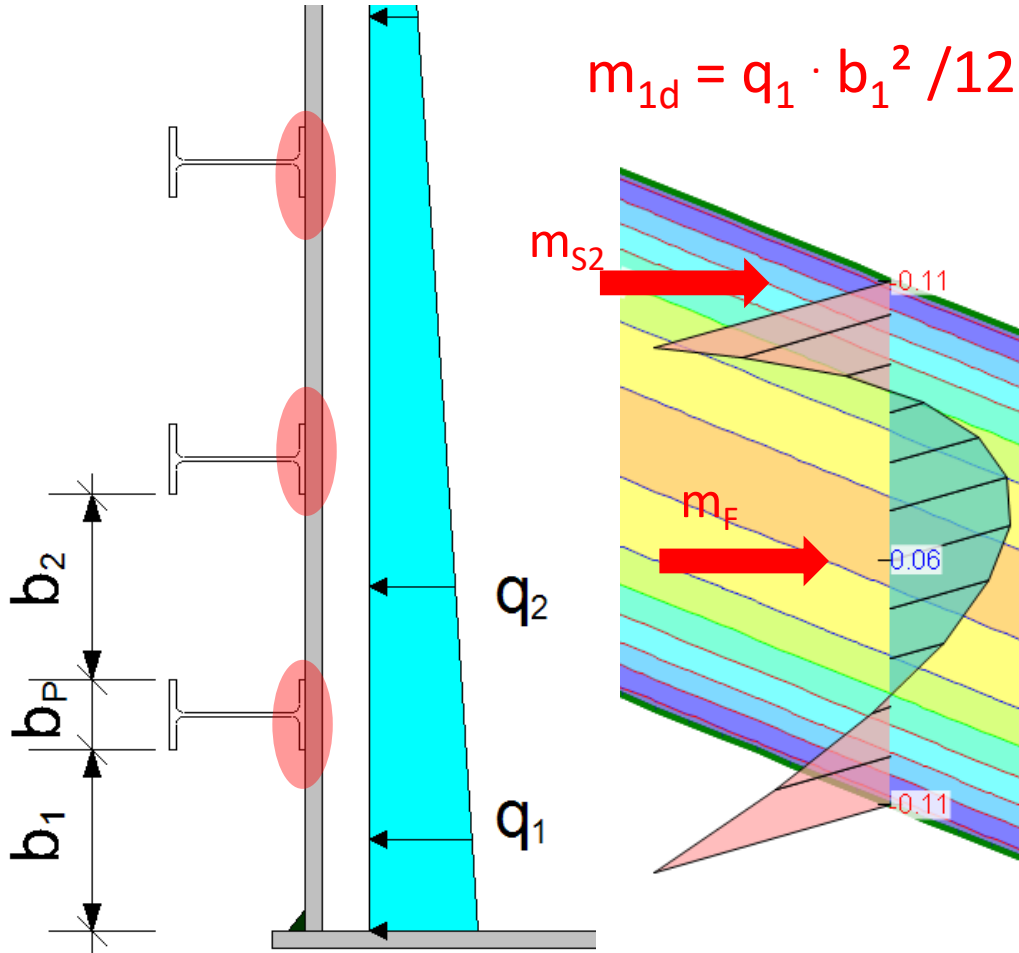


Spannungen UK
Behälter in
N/mm²



FEM/DVS = 1,76

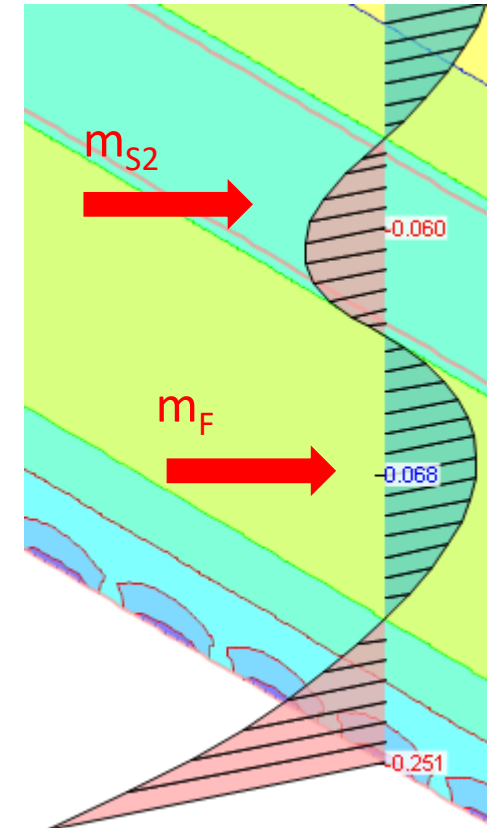
Modellbildung Verstärkungsbereich Rechteckbehälter



Seitenwandmodell



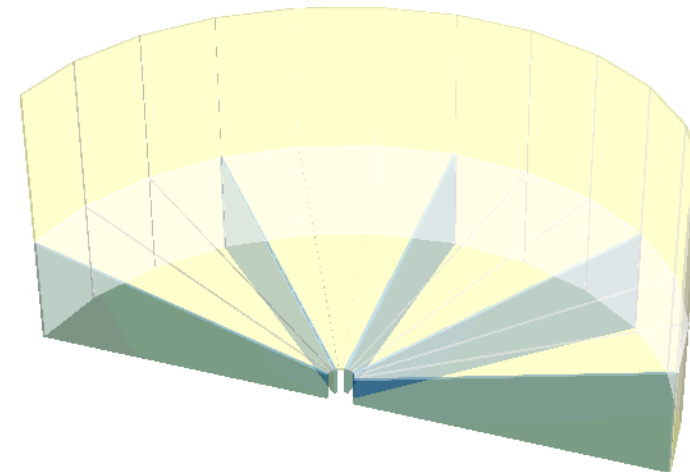
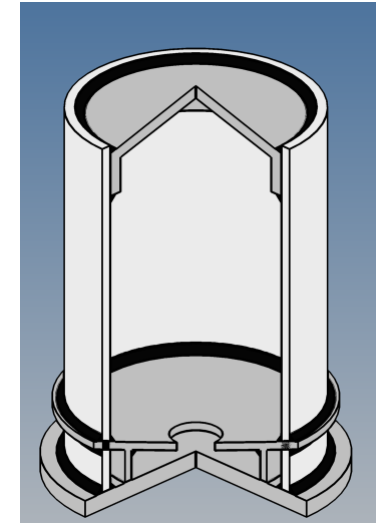
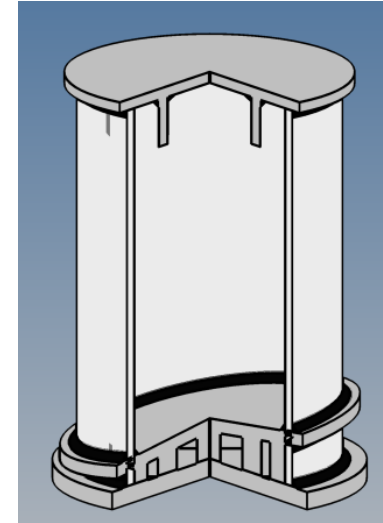
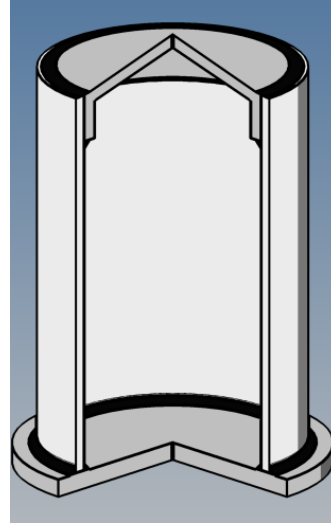
Elastischer Bettungsbereich



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



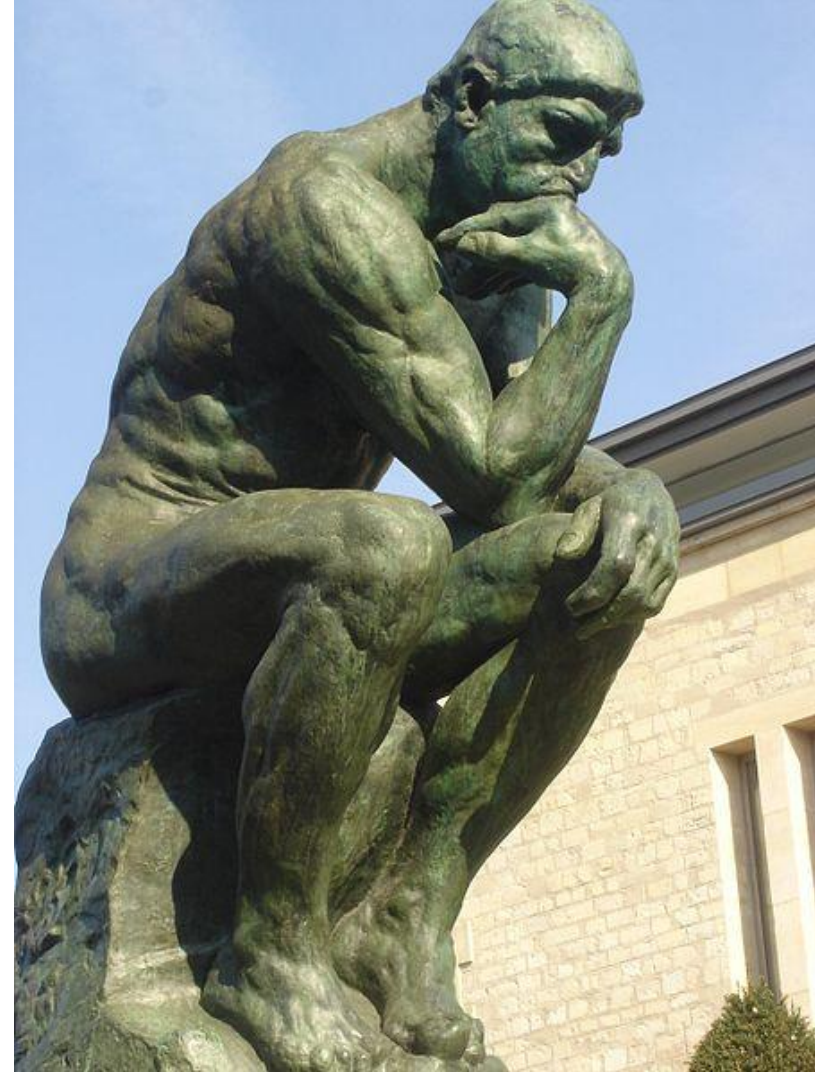
MicroFE

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



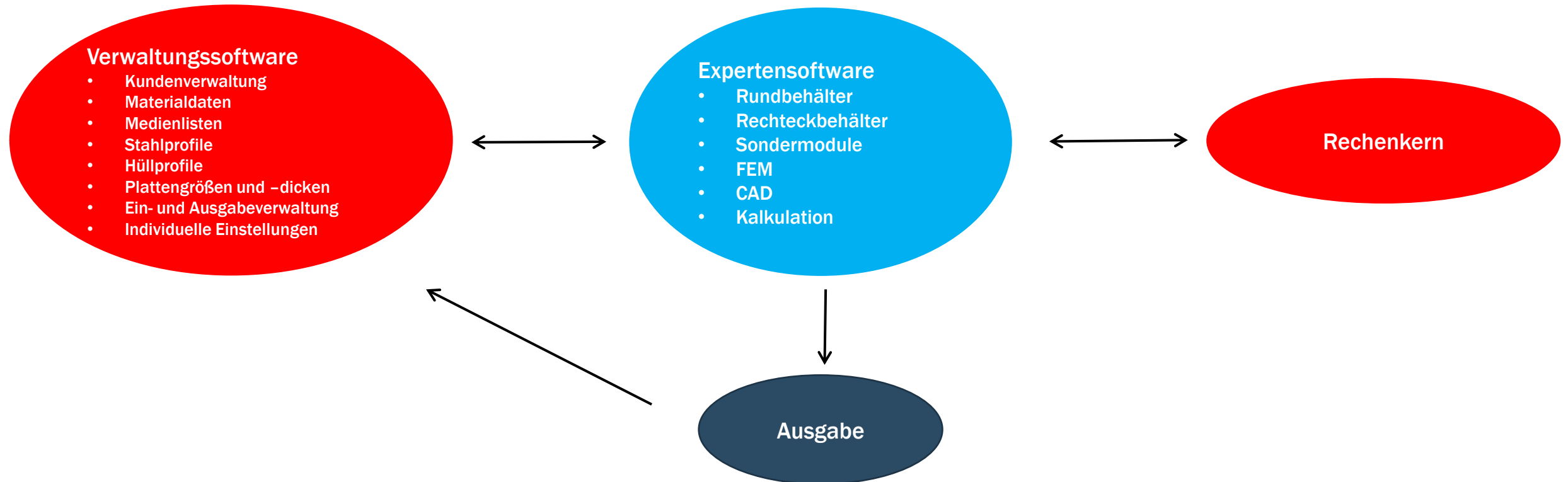
- Objektorientierte Programmierung
- Leicht verständliche Benutzerführung
- Stabiler Programmlauf mit hoher Performance
- Eingabeüberprüfung

Validierung statt Fehlermeldung

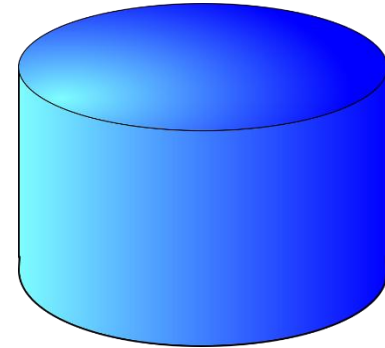
- Strukturierte Datenspeicherung → XML
- Klare und strikte Trennung zwischen Ein-/Ausgabe
und den eigentlichen Daten

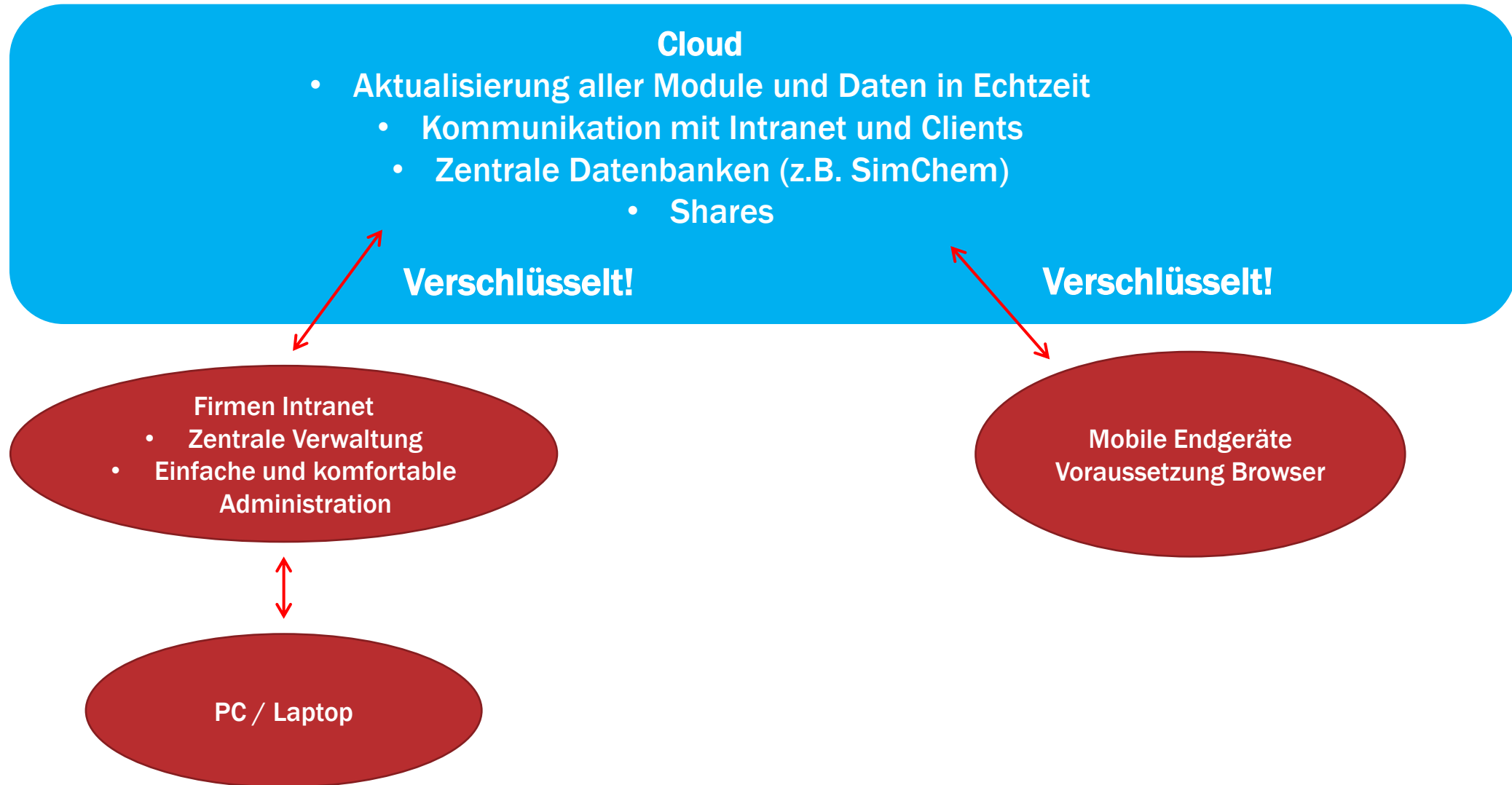
→ Schichtenmodell





Zugriff auf Software





Was ist ein muss?

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

Was ist ein wünschenswert?

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

Wohin führt der Weg?

Anwender  Softwarehersteller



i.lukas@lu-Software.com



hli@lu-Software.com