



# Thermodynamik I – Übung 1

Folien von Dominic Landolf, angepasst durch Pascal Hodel

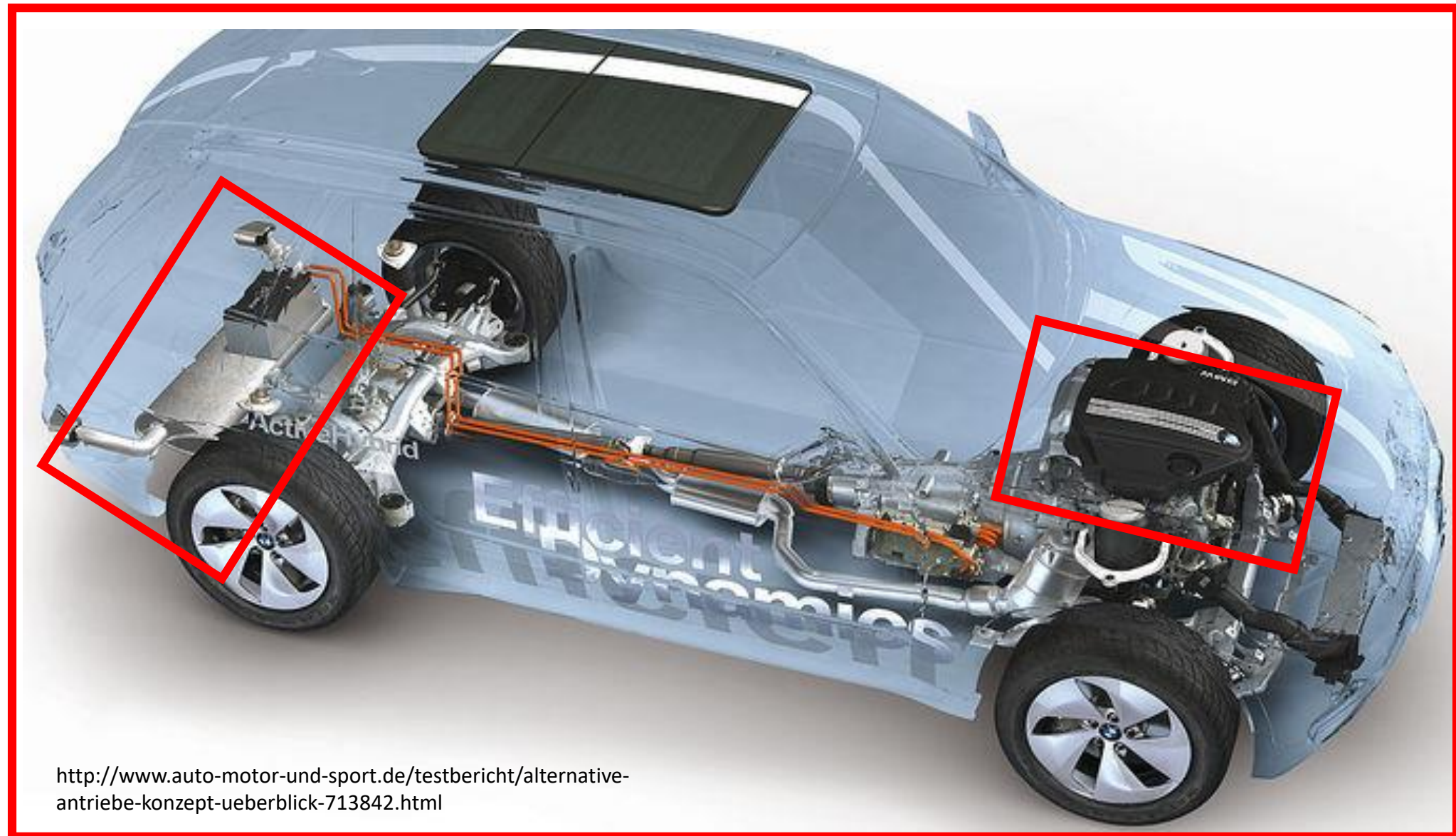
# Ablauf

- Begriff des Systems
- Zustandsgrößen
- $p, v, T$ -Beziehung
- $p$ - $v$ -Diagramm,  $T$ - $v$ -Diagramm
- Dampfmassenanteil
- Lineare Interpolation

# Begriff des Systems – Systemgrenzen & Bilanzen

- Bei jeder thermodynamischen Analyse immer **Systemgrenzen** definieren
- Systemgrenze trennt **System** von der **Umgebung**
- Wieso System definieren?  
Man braucht ein System, für welches eine **Bilanz** aufgestellt werden kann  
→ Thermodynamik 1 hauptsächlich Bilanzen (Energie/Massen)

# Begriff des Systems - Beispiel



# Begriff des Systems – Grundbegriffe I

- **Offenes System:**  
Massenströme über Systemgrenzen
- **Geschlossenes System :**  
Keine Massenströme über Systemgrenze
- **Isoliertes / adiabates System:**  
Keine thermische Energie / Wärmeströme über Systemgrenze
- **Nicht isoliertes / diathermes System:**  
Thermische Energie / Wärmeströme über Systemgrenze
- **Abgeschlossenes System:**  
Keine Massenströme und keine Energieströme über Systemgrenze

# Begriff des Systems – Grundbegriffe II

- **Homogene Systeme:**

Systeme, bei denen chemische und physikalische Zusammensetzung überall gleich ist (makroskopisch betrachtet, nicht auf Molekülebene «hineingezoomt»)

- **Chemisch homogen:**

System hat überall gleiche chemische Zusammensetzung

- **Physikalisch homogen:**

System hat überall die gleichen physikalischen Eigenschaften (Dichte, Viskosität,...).

Wenn nur eine Substanz betrachtet wird: erfüllt wenn die gesamte Substanz denselben Aggregatzustand hat. (Bei mehreren Substanzen nicht zwingend: Wasser & Öl beispielsweise mischen sich nicht)



# Zustandsgrößen – Begriffe I

- **Zustandsgröße:** Eigenschaft, die thermodynamischen Zustand eines Systems definiert. Unabhängig vom Prozess bzw. Weg der zurückgelegt wurde, um zu dem Zustand zu gelangen. Bsp.: Druck, Temperatur, Volumen, Masse, Stoffmenge.  
Bsp. aus Mechanik: potentielle Energie vs. Arbeit bei Besteigung eines Berges
- **Intensive Zustandsgrößen** ändern Wert bei gedachter Teilung des Systems nicht (z.B. Druck, Temperatur)
- **Extensive Zustandsgrößen** sind abhängig von Stoffmenge (z.B. Gewicht, Anzahl Mol)
- **Spezifische Zustandsgrößen** sind extensive Zustandsgrößen, welche auf Masseneinheit bezogen werden (pro Masse) → intensive Zustandsgrößen

# Zustandsgrößen – Begriffe II

- **Spezifisches Volumen:**

Gibt Verhältnis von Volumen zur Masse im System

$$v = \frac{\text{Volumen}}{\text{Masse}} \rightarrow [v] = \frac{m^3}{kg}$$

- **Spezifische innere Energie:**

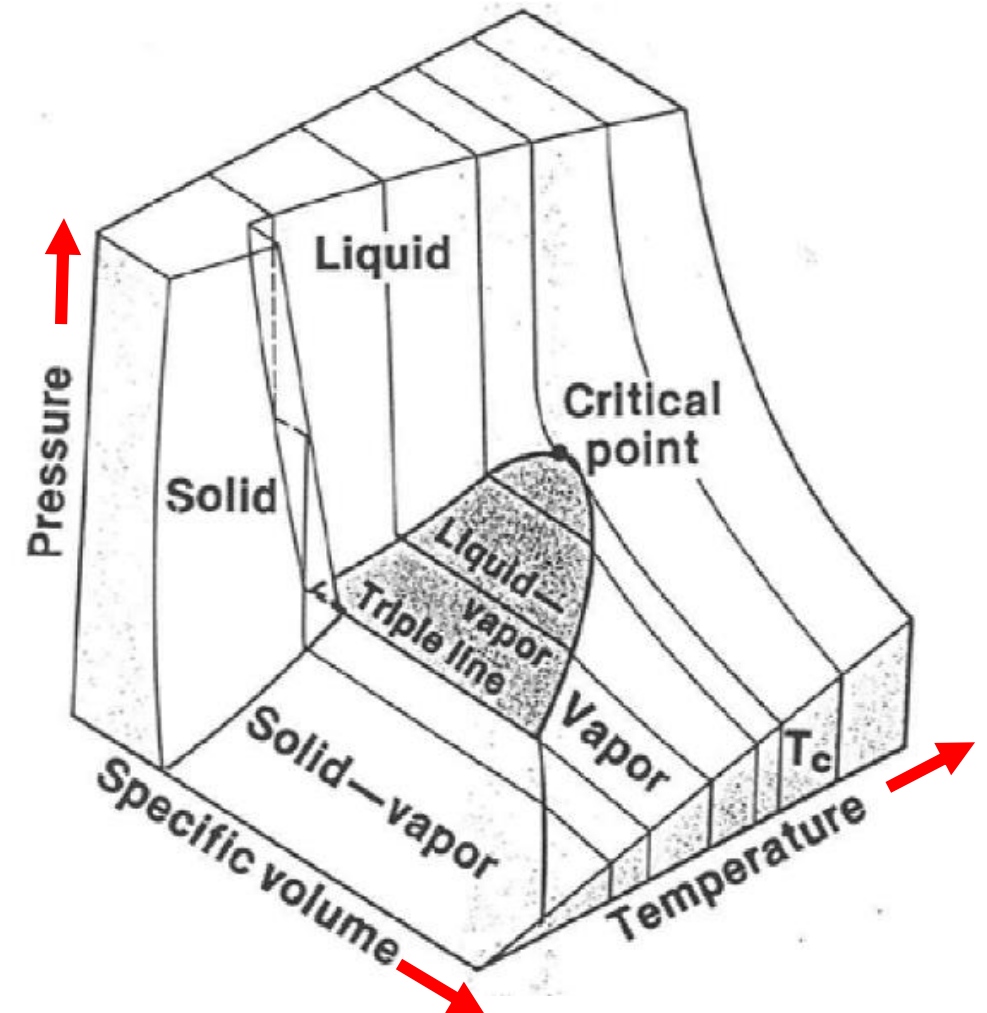
Gibt die gespeicherte Energie in einem kg Masse des jeweiligen Zustands an

$$u = \frac{\text{Energie}}{\text{Masse}} \rightarrow [u] = \frac{kJ}{kg}$$

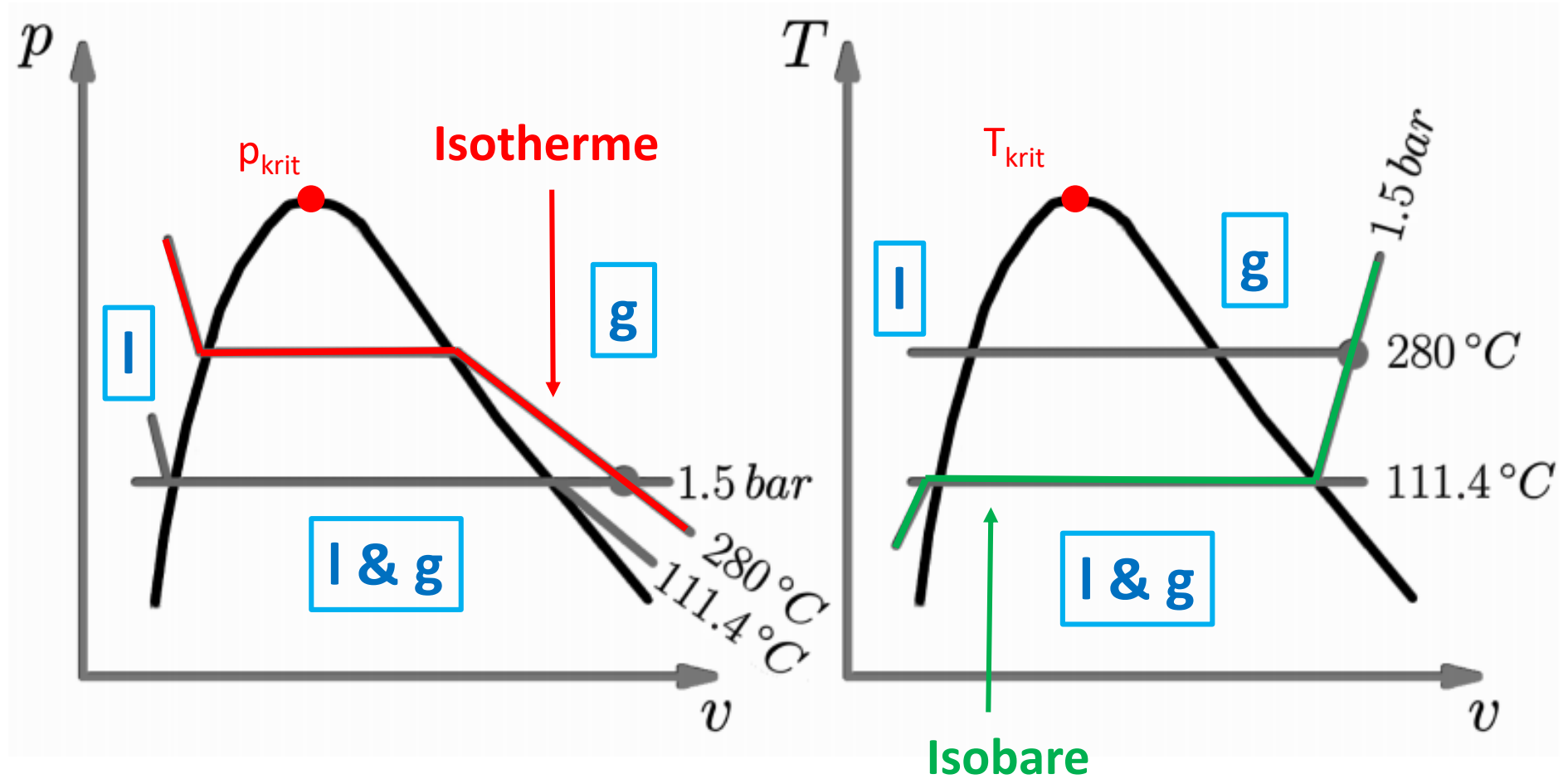


# p,v,T-Beziehung

- p, v und T wichtigsten Zustandsvariablen für einfaches (d.h. geschlossenes) System
- Es gilt:  $p = f(v, T)$
- **Sättigungszustand:**  
Zustand entlang Grenzlinie zu Zweiphasengebiet
- **Kritischer Punkt: (Wasser: 374°C & 220 bar)**  
Keinen Unterschied zwischen g,l darüber  
Für Werte: Tab. A-2 ganz unten
- **Tripellinie:**  
Stoff existiert gleichzeitig g,l,s



# p-v Diagramm, T-v Diagramm



# Dampfmassenanteil

- Gibt den Massenanteil des Dampfes an der Gesamtmasse im Zweiphasengebiet an:

$$x = \frac{m_{Dampf}}{m_{Dampf} + m_{flüssig}}$$

- Hilfsgrösse um Zustandsgrössen innerhalb Zweiphasengebiet zu bestimmen:

$$v(x, T) = v_f(T) + x \left( v_g(T) - v_f(T) \right)$$

- Analog für spezifische innere Energie  $u$

# Lineare Interpolation

- Falls Tabellenwert nicht vorhanden ist, muss linear interpoliert werden
- $$y_{ges} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x_{geg} - x_1) + y_1$$
- Dabei sind x und y tabellierte Werte
- Hinweis: Formel folgt aus Ähnlichkeit von Dreiecken:

$$\frac{y_{ges} - y_1}{x_{geg} - x_1} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

