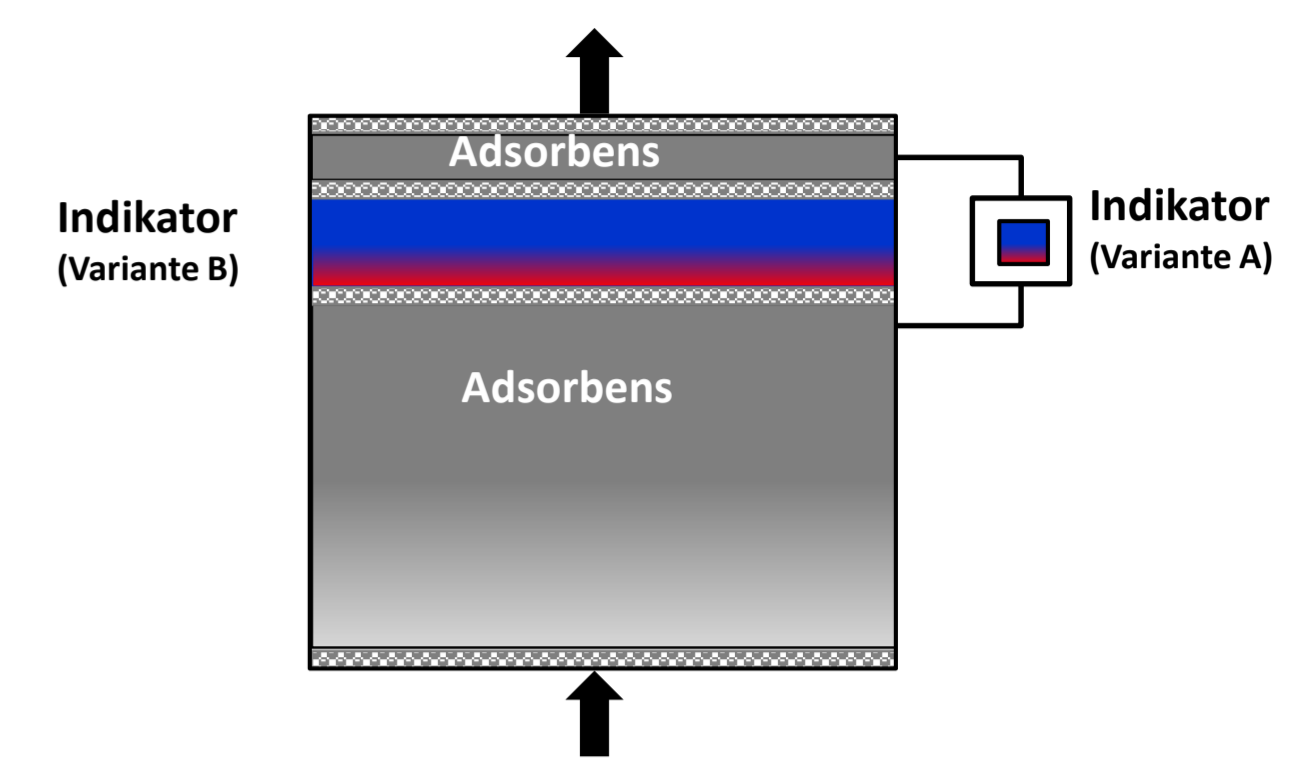


Motivation und Ziele

Kleine und mittlere Unternehmen produzieren vielfach diskontinuierliche Abluftströme mit stark wechselnden Quecksilberkonzentrationen, deren effiziente Aufbereitung bisher nicht gewährleistet ist. Großtechnisch etablierte Verfahren (absorptive Gaswäsche, Flugstromadsorption) eignen sich gut für die Abscheidung von Quecksilber aus großen, kontinuierlichen Volumenströmen mit gleichmäßiger Beladung. Für die Abscheidung von Quecksilber aus fluktuierenden Abluftströmen eignet sich prinzipiell die Festbettadsorption mit Aktivkohlen. In einem Gemeinschaftsprojekt des Lehrstuhls für Thermische Verfahrenstechnik der Universität Duisburg-Essen und des Instituts für Energie- und Umwelttechnik (IUTA) e.V. wird ein Mehrschicht-Adsorber mit Indikatorschicht zur Durchbruchwarnung des Quecksilbers entwickelt.



Versuchsanlagen und Methoden

Versuchsanlage:

- Dosierung des Hg⁰ über Verdampfer-Kondensator-System
- Hg⁰-Konzentration: 20 bis 1100 µg/m³
- Kontinuierliche Gasanalyse mit Atomabsorptionsspektrometer
- Temperierter Festbettadsorber (20 bis 400 °C)

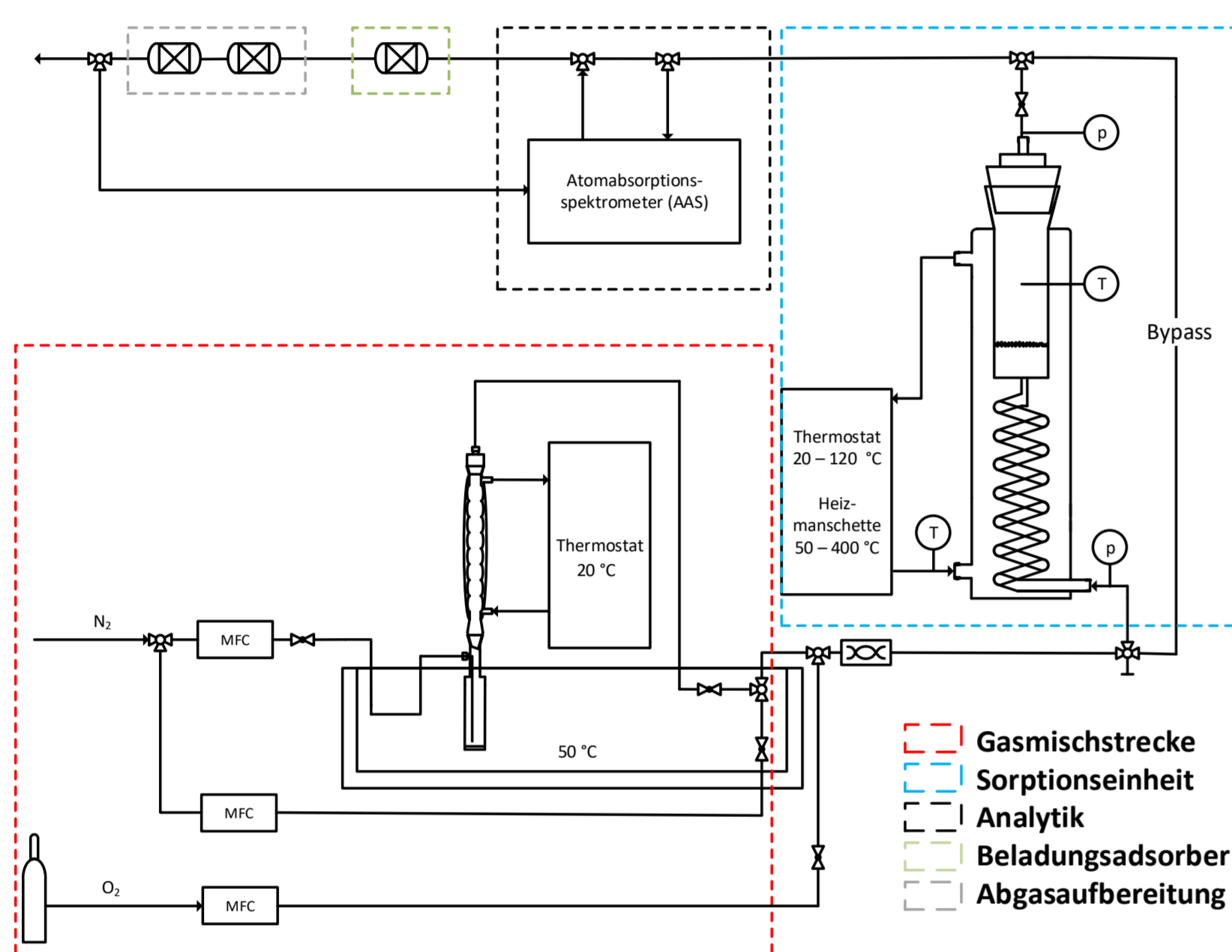


Abb. 1: Fließbild der Versuchsanlage

Methoden:

- Messung von Einzel- und kumulativen Durchbruchkurven
- Berechnung von Isothermendaten
- Bestimmung von Stoffübergangskoeffizienten durch computergestützte Simulation

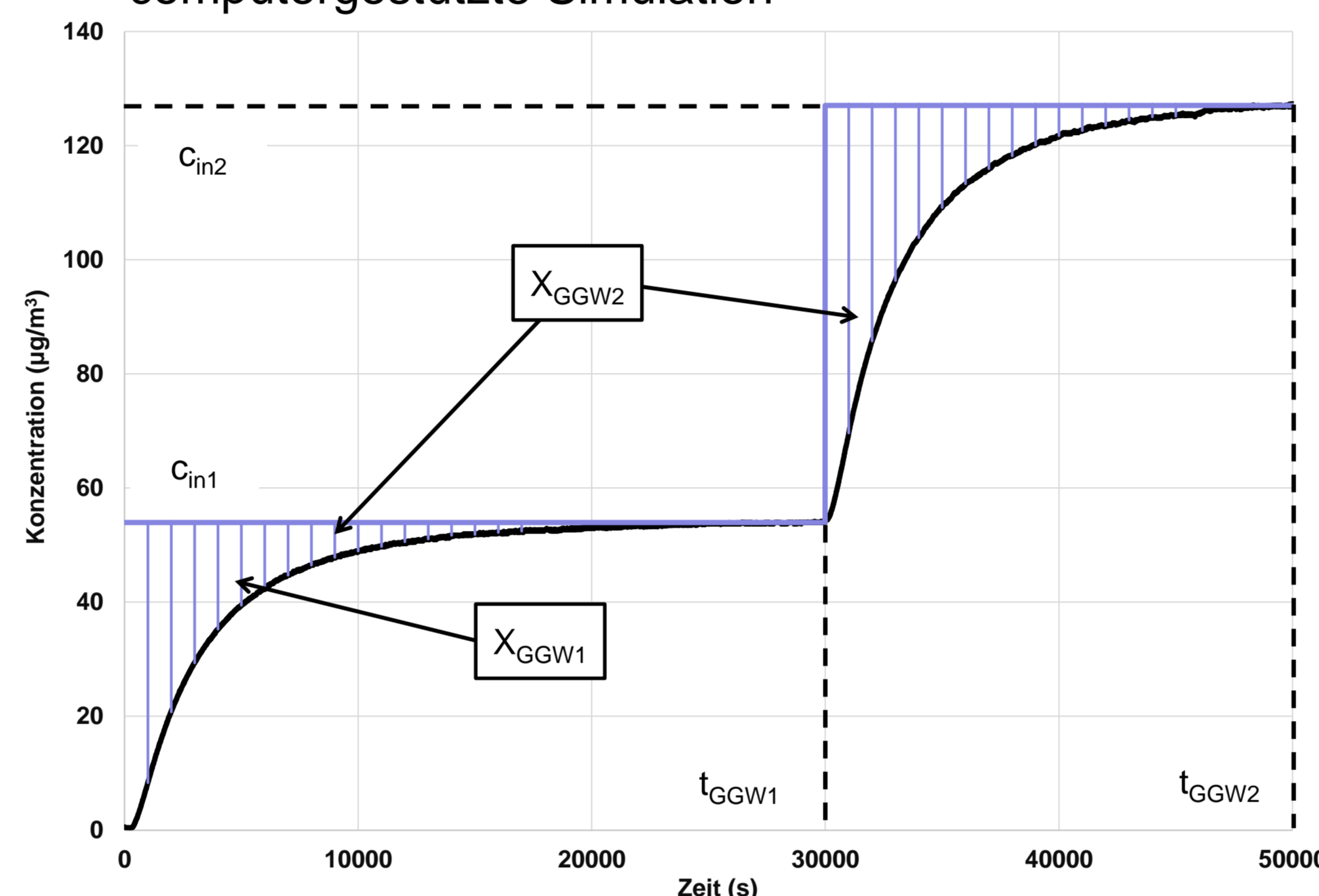


Abb. 2: Prinzip der kumulativen Messung von DBK

Modell Physisorption und Chemisorption:

- Massenbilanzen der festen Phase:

$$\frac{\partial X_{phys}}{\partial t} = k_{phys,eff} \cdot \left(\frac{X_{phys,Gl}^2 - X_{phys}^2}{2X_{phys}} \right)$$

$$\frac{\partial X_{chem}}{\partial t} = k_{chem,eff} \cdot (X_{chem,Gl} - X_{chem})$$

- Massenbilanz der fluiden Phase

$$\frac{\partial c_A}{\partial t} = D_{ax} \cdot \frac{\partial^2 c_A}{\partial z^2} - \frac{V_G}{\epsilon_L \cdot A} \cdot \frac{\partial c_A}{\partial z} - (k_{phys,eff} \cdot \rho_s \cdot \frac{(1-\epsilon)}{\epsilon} \cdot \left(\frac{X_{phys,Gl}^2 - X_{phys}^2}{2X_{phys}} \right) + k_{chem,eff} \cdot \rho_s \cdot \frac{(1-\epsilon)}{\epsilon} \cdot (X_{chem,Gl} - X_{chem}))$$

Modellannahmen:

- Ideale Gasphase
- Einkomponenten-Adsorption
- Berücksichtigung axialer Dispersion und Filmdiffusion
- Konstante Strömungsbedingungen

Ergebnisse und Diskussion

Die Durchbruchkurven für unbehandelte und imprägnierte Aktivkohlen zeigen für die Adsorption von Hg⁰ eine heterogene Oberfläche mit energetisch unterschiedlichen Adsorptionsplätzen:

- Plätze mit quasi-irreversibler Adsorption
- Plätze mit reversibler Adsorption

Durchbruchkurven können gut durch Modelle abgebildet werden

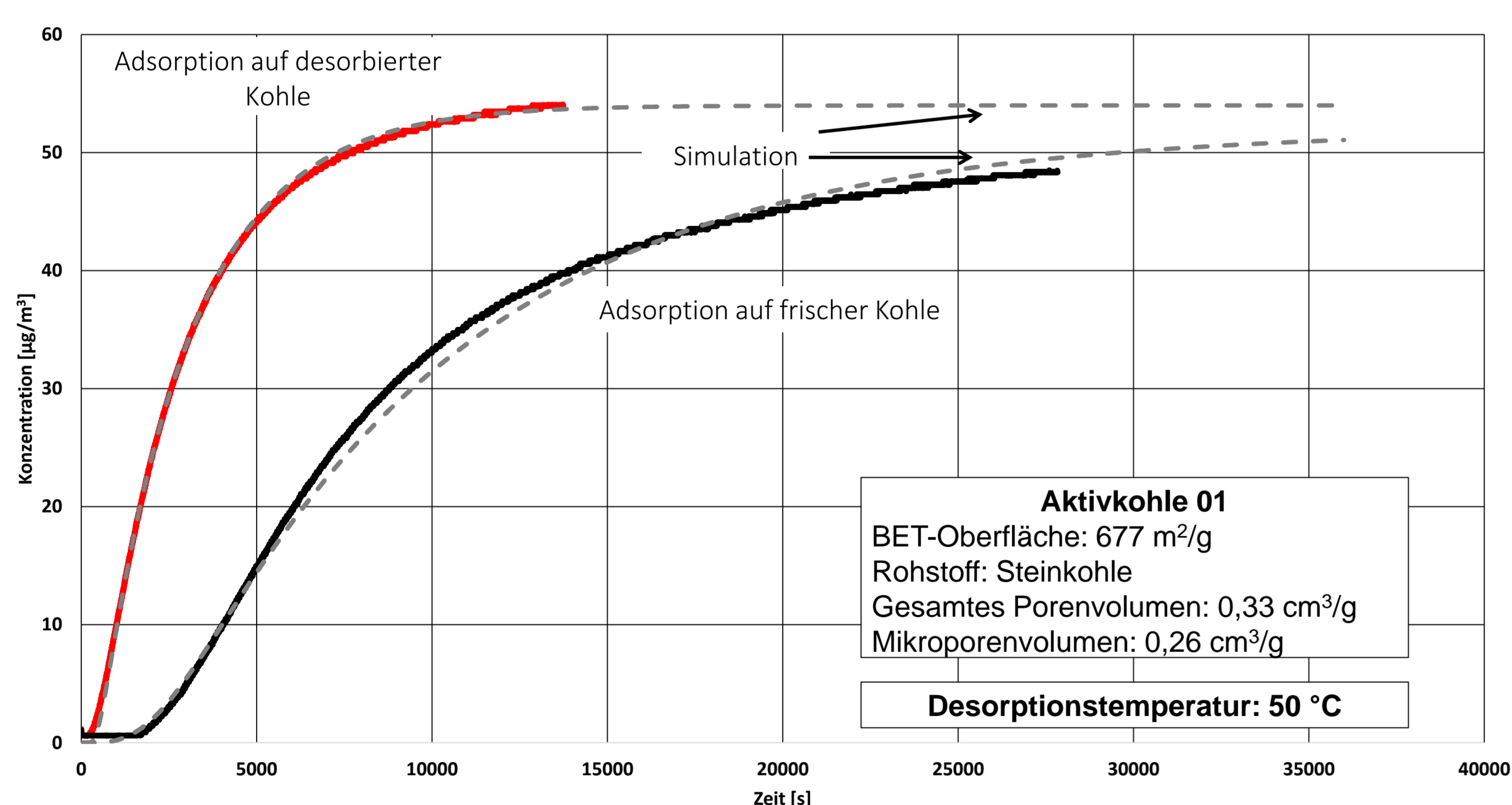


Abb. 3: Experimentelle und simulierte Durchbruchkurven an frischer und desorbierter Aktivkohle 01

Abbildung 4 zeigt Gleichgewichtsisothermen für Hg⁰ an AK 02

- Beladungspunkte können bei allen Temperatur mit Freundlich-Isothermen beschrieben werden
- Niedrigere Adsorptionstemperatur steigert Kapazität
- Isothermen bilden thermodynamische Datengrundlage für die Adsorberauslegung durch mathematische Modellierungen

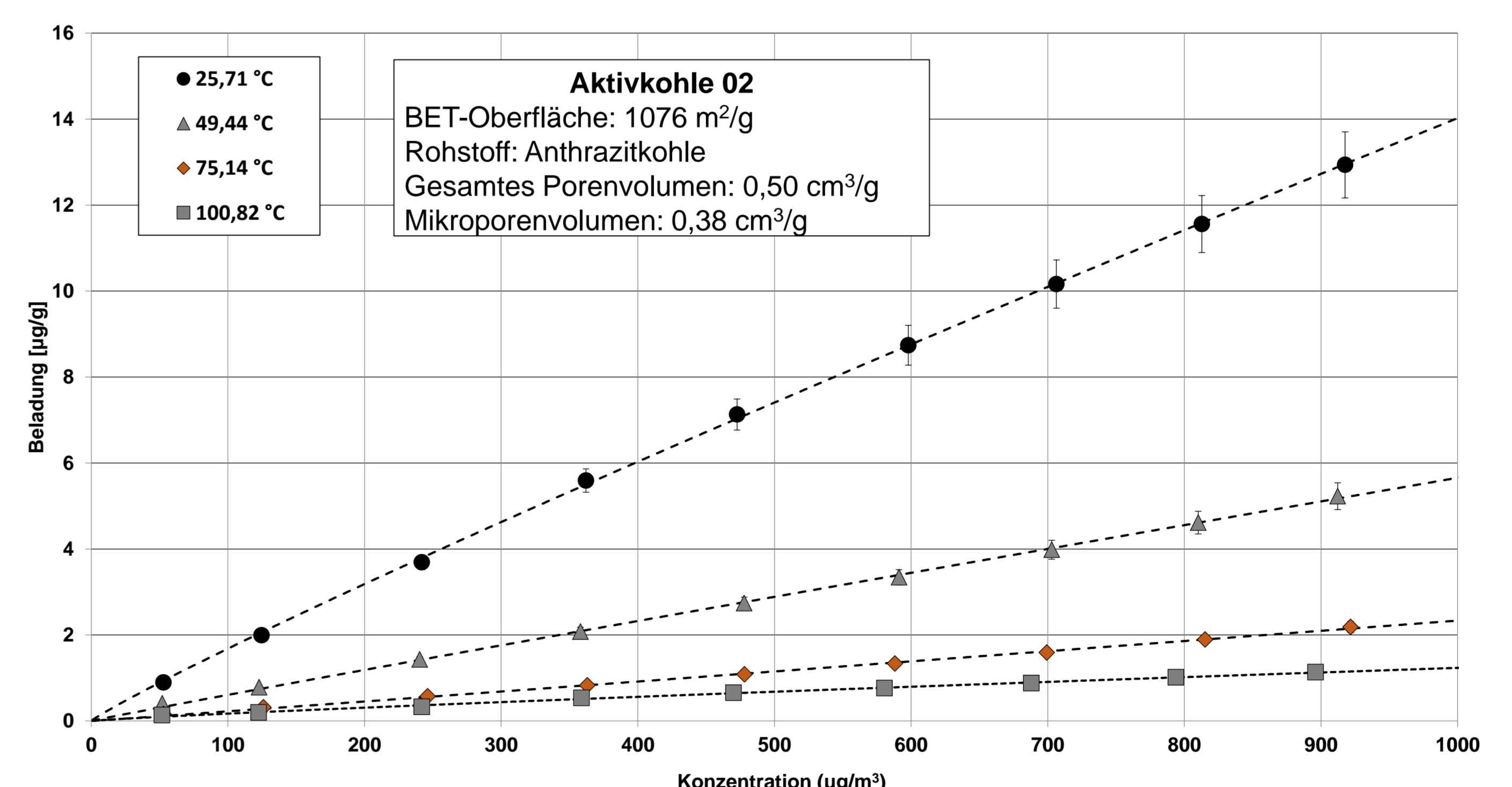


Abb. 4: Isothermenfeld an Aktivkohle 02

Fazit und Ausblick

Die bisherigen experimentellen Ergebnisse belegen die sehr gute Reproduzierbarkeit bei der Erzeugung des Quecksilberdampfes und der Messung von Durchbruchkurven. Somit steht eine verlässliche Methode für die Untersuchung des Adsorptionsprozesses von Hg⁰ zur Verfügung, um insbesondere den Einfluss der Oberflächenchemie, der Temperatur und der Porenweitenverteilung auf das Gleichgewicht und die Kinetik zu verstehen.

Die Messungen dokumentieren eine heterogene Oberfläche mit energetisch unterschiedlichen Adsorptionsplätzen für die Adsorption von Hg⁰ an Aktivkohlen. Anzahl und Art dieser aktiven Zentren beeinflussen maßgeblich das Adsorptionspotenzial der Adsorbentien. Erste Simulationen mit *Aspen Custom Modeler*® können experimentell gemessene charakteristische Durchbruchkurven von Hg⁰ an CSC AK 02 gut abbilden

Danksagung

Die Arbeiten werden über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert.