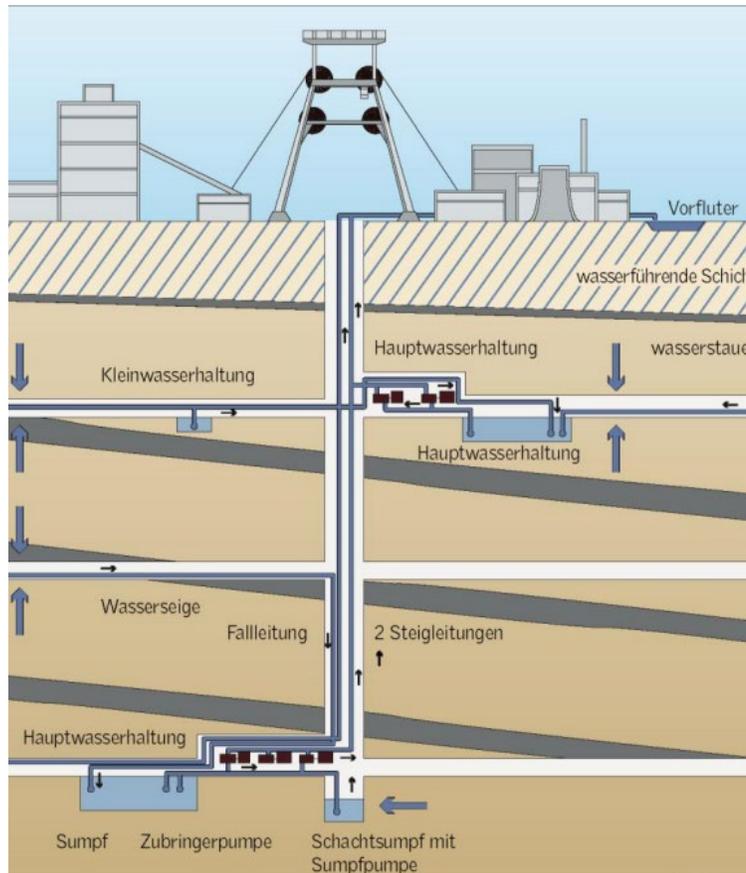


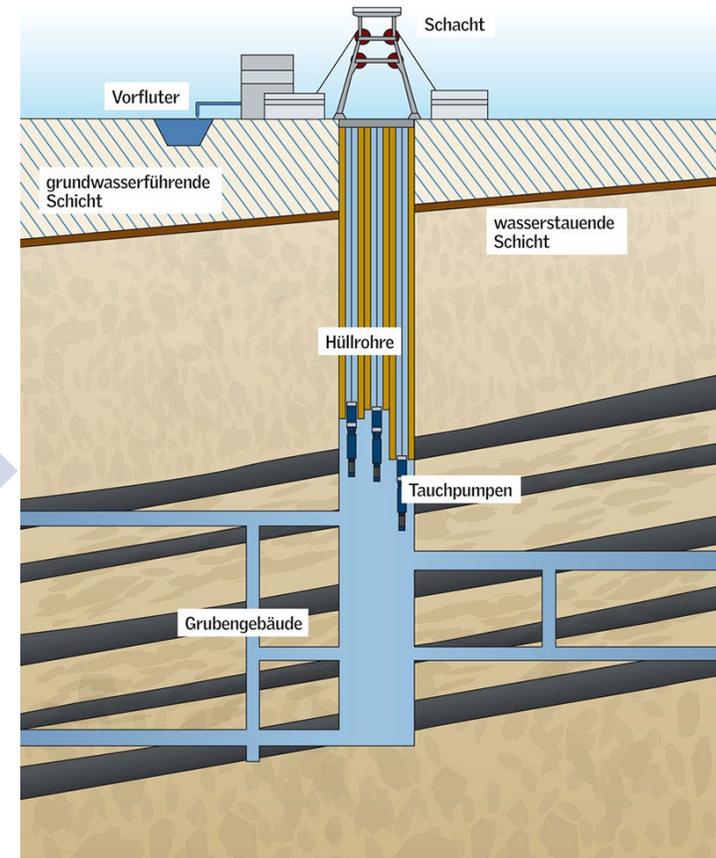
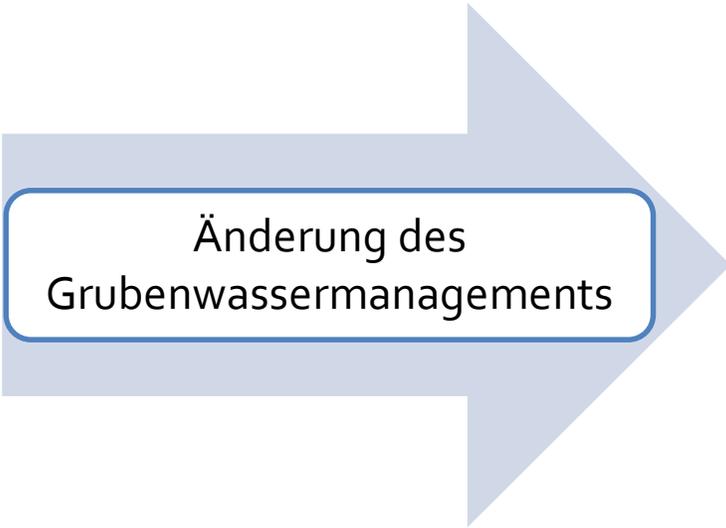
# Methanausgasungen aus stillgelegten Steinkohlebergwerken: Modellierung des dynamischen Ausgasungspotentials

T. Bergmann, O. Langefeld, B.M.A. Teichert, C. Melchers, S. Möllerherm,

# Änderung des Grubenwassermanagements

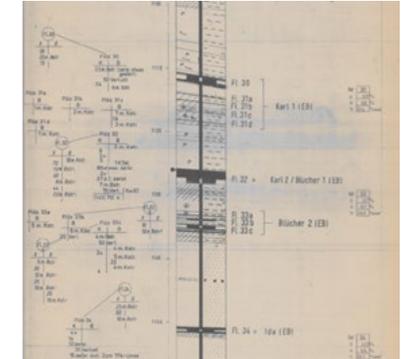
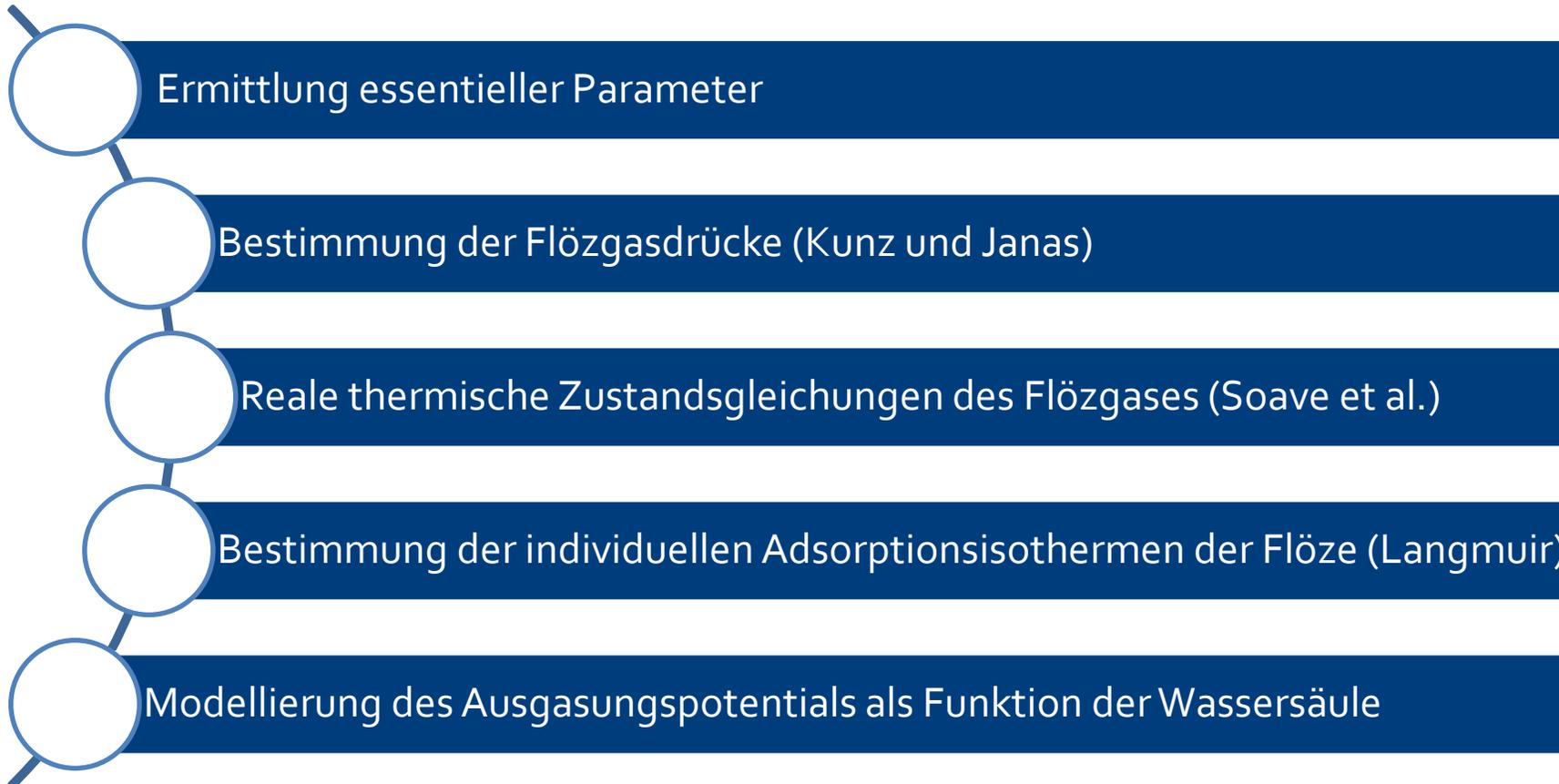


Quelle: RAG AG

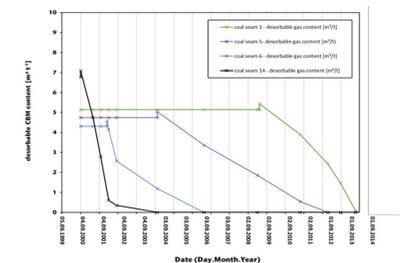
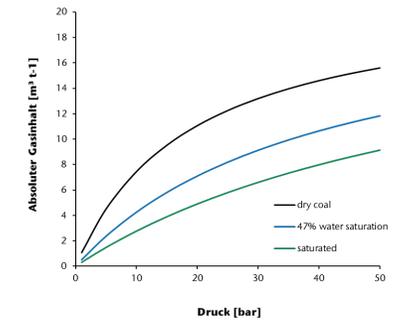


Quelle: RAG AG

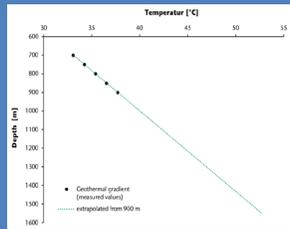
# Entwicklungsphasen des Ausgasungsmodells



Quelle: RAG AG

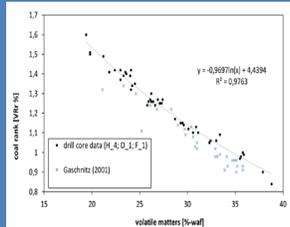


# Essentielle Parameter für das Ausgasungsmodell



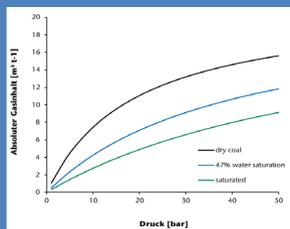
## Geothermaler Tiefengradient und Teufe der Flöze

- Temperaturen der individuellen Flöze



## Gasinhalte und flüchtige Bestandteile der Flöze

- Flözgasdrücke und Inkohlungsgrad



## Zusammenführung der Parameter

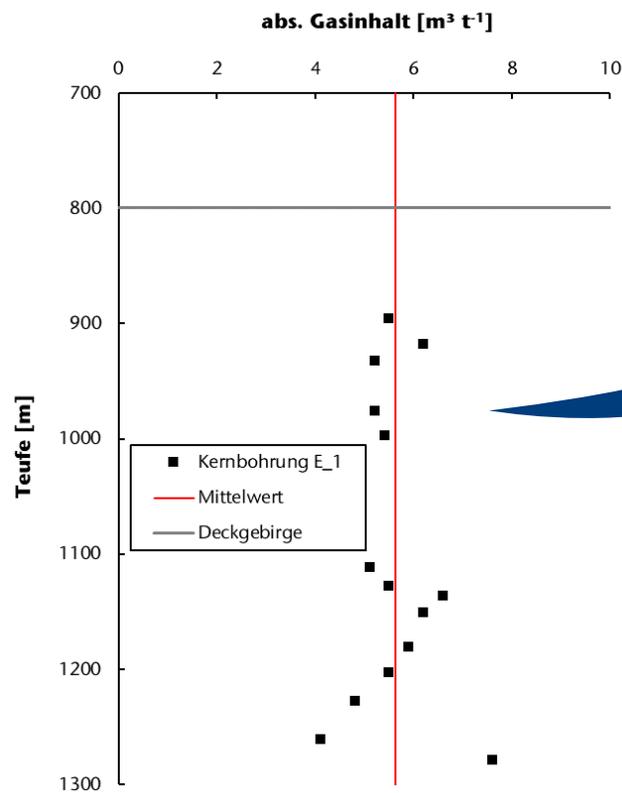
- Thermische Zustandsgleichung (Flözgasdichte)
- Individuellen Adsorptionsisothermen der Flöze



## Rohdaten für die Modellerstellung

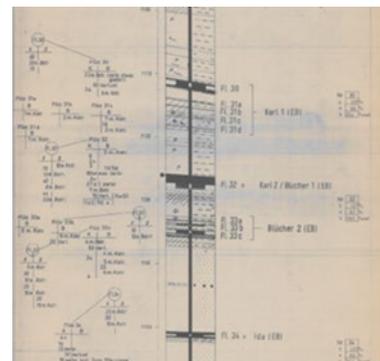
- Bohrkernprofile und 3D-Modelle der Bergwerke (Quelle: RAG)
  - Teufe der Flöze, flüchtige Bestandteile, geothermaler Tiefengradient, Wassergehalte (?), Inkohlungsgrad (?), Abbaukonstellation
- Gasinhaltsdatenbank (Quelle: DMT)
  - „Extrakte“ der Bohrkernprofile, Gasinhalte der Flöze
- Allgemeine Literatur
  - Wassergehalte der Flöze (inhärent, gesättigt), Korrelation des Inkohlungsgrad, Abschätzung des Flözgasdruckes, Langmuir-Theorie, Langmuir-Parameter, untertägiger Luftdruck

# Ansatz zur Bestimmung der Flözgasdrücke (Kunz und Janas)



Gasinhalte

Kernbohrung [-]	Flöz [-]	flüchtige Bestandteile [%-waf]	Gasinhalt absolut [m³ t⁻¹]	Flözgasdruck [bar]
E_1	M_1	35.4	5.5	11.54
E_1	M_2	35	6.2	13.16
E_1	MT_G	33.2	5.2	10.40
E_1	M_3	32.7	5.2	10.08
E_1	HU	31.7	5.4	10.46
E_1	KA	31.4	5.1	10.12
E_1	ID	30.3	6.2	12.49



Bohrkernprofil

$$p = \left( \frac{q_{Flöz,abs}}{q_{1\ bar\ F}} \right)^{\frac{1}{n}} \quad [m^3\ t^{-1}]$$

$$q_{1\ bar\ U} = 19.86 \cdot F^{-0.7803} \quad [m^3\ t^{-1}]$$

$$n = 0.2651 \cdot F^{0.2119} \quad [-]$$


---

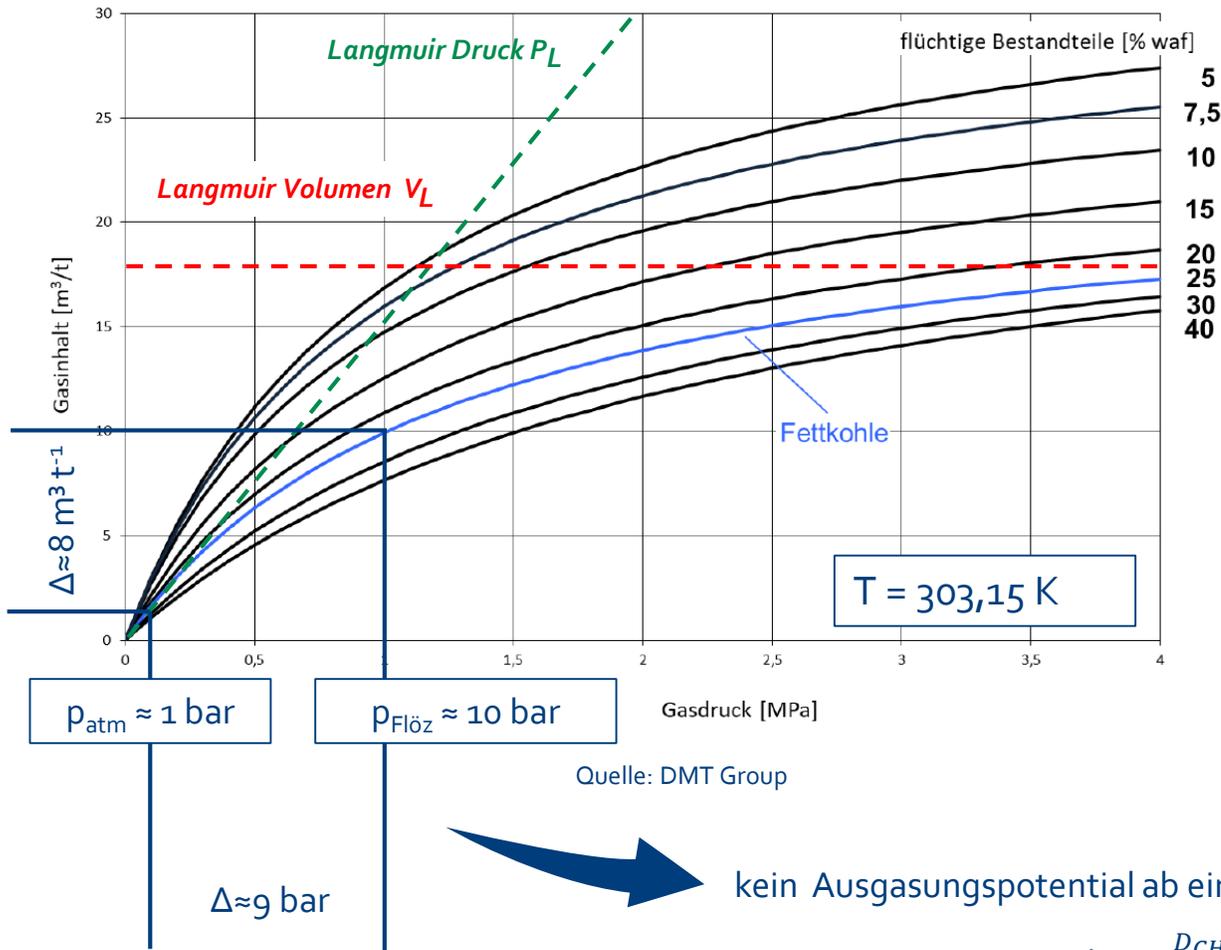

$$q_{1\ bar\ F} = q_{1\ bar\ U} \cdot K \quad [m^3\ t^{-1}]$$

$$K = \frac{1+0.23 \cdot w_F}{1+0.23 \cdot w_U} \cdot \exp(0.0014 \cdot (t_F - t_U)) \quad [-]$$

Iterativer Prozess

Statische Eingangsgrößen

# Adsorptionsisotherme nach Langmuir



$$\text{Langmuir Ansatz: } \frac{q_{abs}}{V_L} = \frac{b \cdot p}{1 + b \cdot p}$$

mit:

$q_{abs}$ : adsorbierte Menge absolut [ $\text{m}^3 \text{ t}^{-1}$ ]

$V_L$ : Langmuir Volumen [ $\text{m}^3 \text{ t}^{-1}$ ]

$b$ :  $1/P_L$  Reziproker Langmuir Druck [ $1/\text{Pa}$ ]

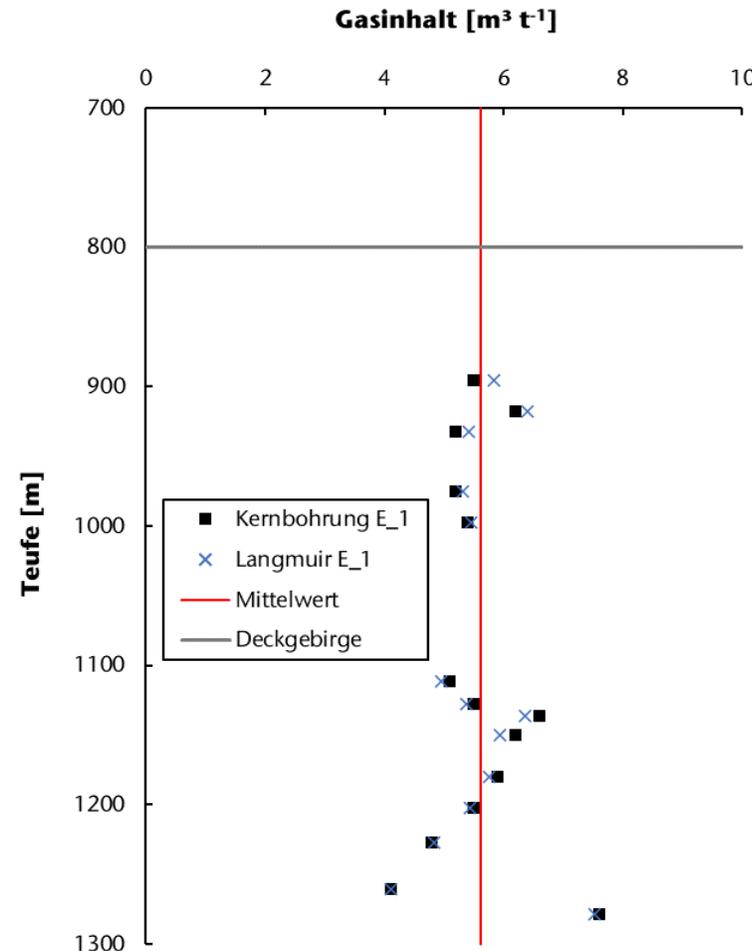
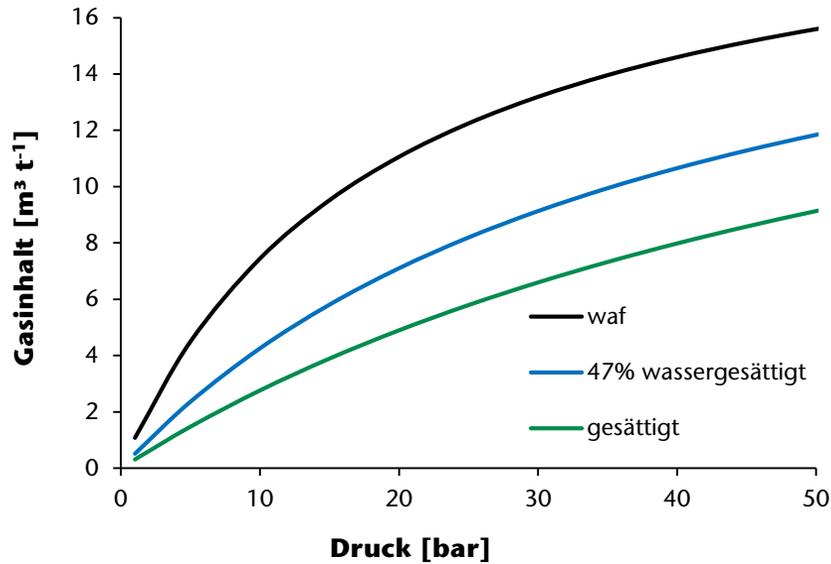
$p$ : Gasdruck/ Druck der Wassersäule (Model)

Hinweis:  $1 \text{ mmol g}^{-1} \approx 24,5 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$  (gilt für Methan)

kein Ausgasungspotential ab einer Wassersäule von 90 m Höhe!

Begründung:  $\frac{D_{\text{CH}_4, \text{Luft}}}{D_{\text{CH}_4, \text{H}_2\text{O}}} \approx 1,5 \cdot 10^4$

# Individuelle Adsorptionsisothermen der Flöze

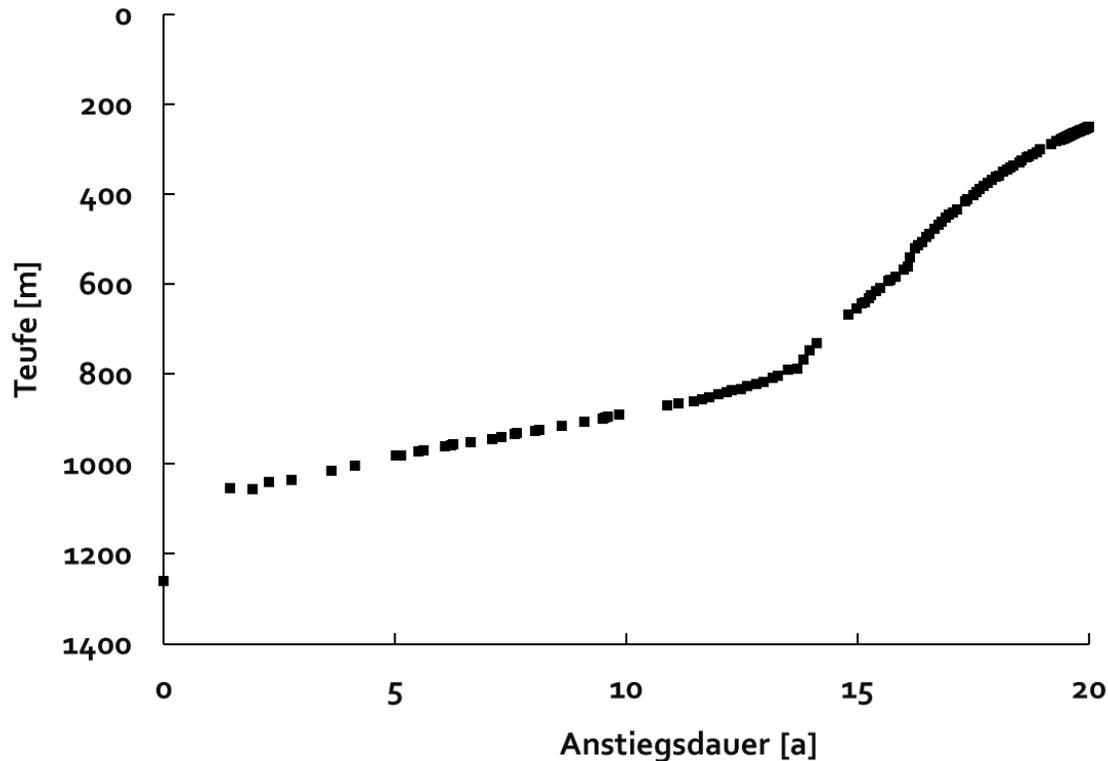


- Darstellung individueller Adsorptionsisothermen
- Abweichung der Gasinhalte <10% (Modell vs. Messung)
- Relative Abweichungen des Modells sind geringer als systematische Messfehler

Inkohlungsgrad [VRr (%)]	Sättigungsgrad [%]	Flöztemperatur [K]	Langmuir Druck [bar]	Langmuir Volumen [m³ t⁻¹]
0,93	0	318,0	18,8	21,46
0,92	47	315,7	40,0	21,32
0,93	100	318,6	68,0	21,56



# Ausgangssituation eines beispielhaften Bergwerks

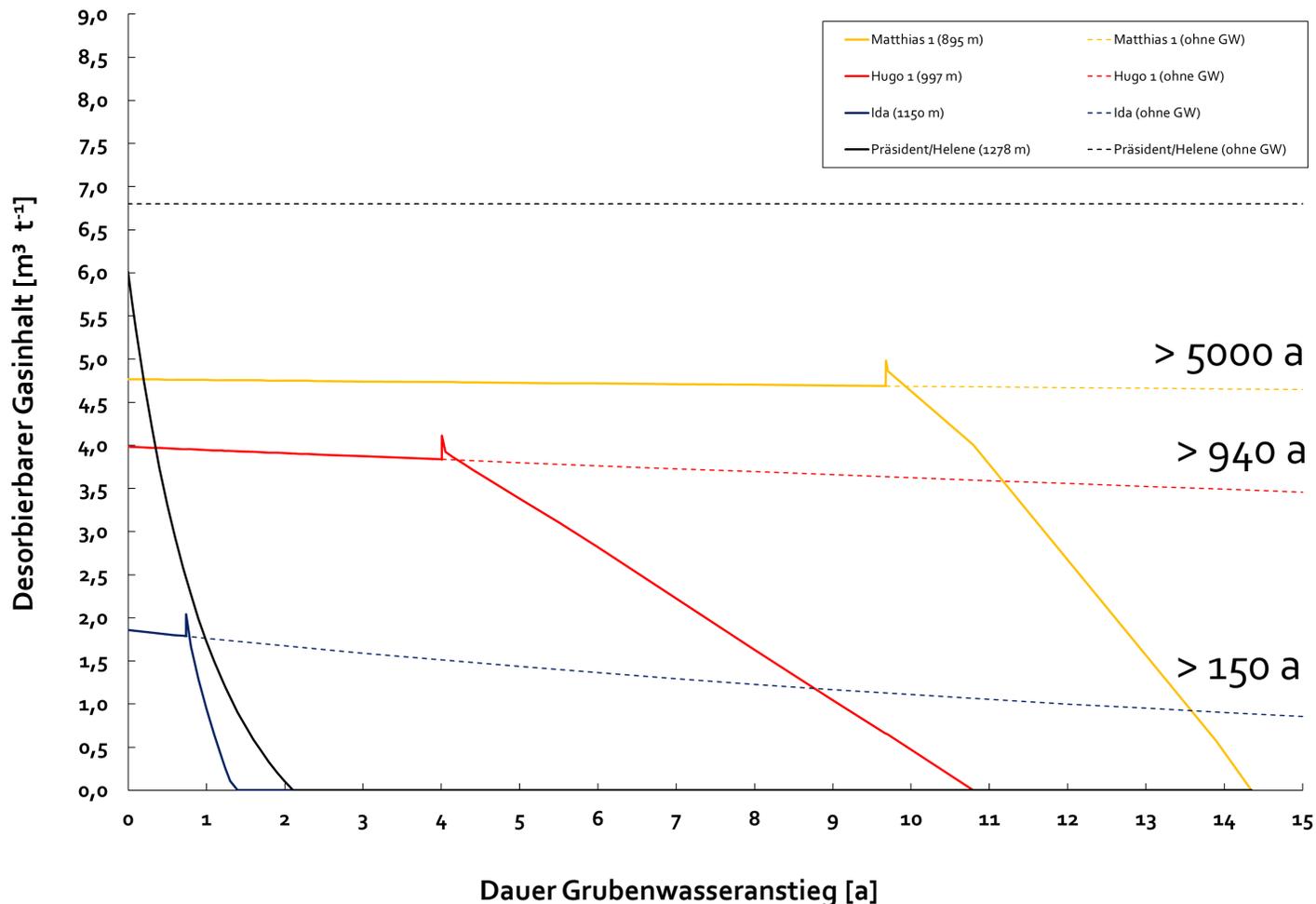


Wasseranstiegskurve

Flöz [-]	Teufe [m]	Status
Matthias 1	895,30	betrachtet
...	...	
Hugo 1	997,30	betrachtet
Karl 1	1111,30	gasfrei
Karl 2/Blücher 1	1127,30	abgebaut
Blücher 2	1136,30	gasfrei
Ida	1150,30	betrachtet
...	...	
Präsident/Helene	1278,3	betrachtet

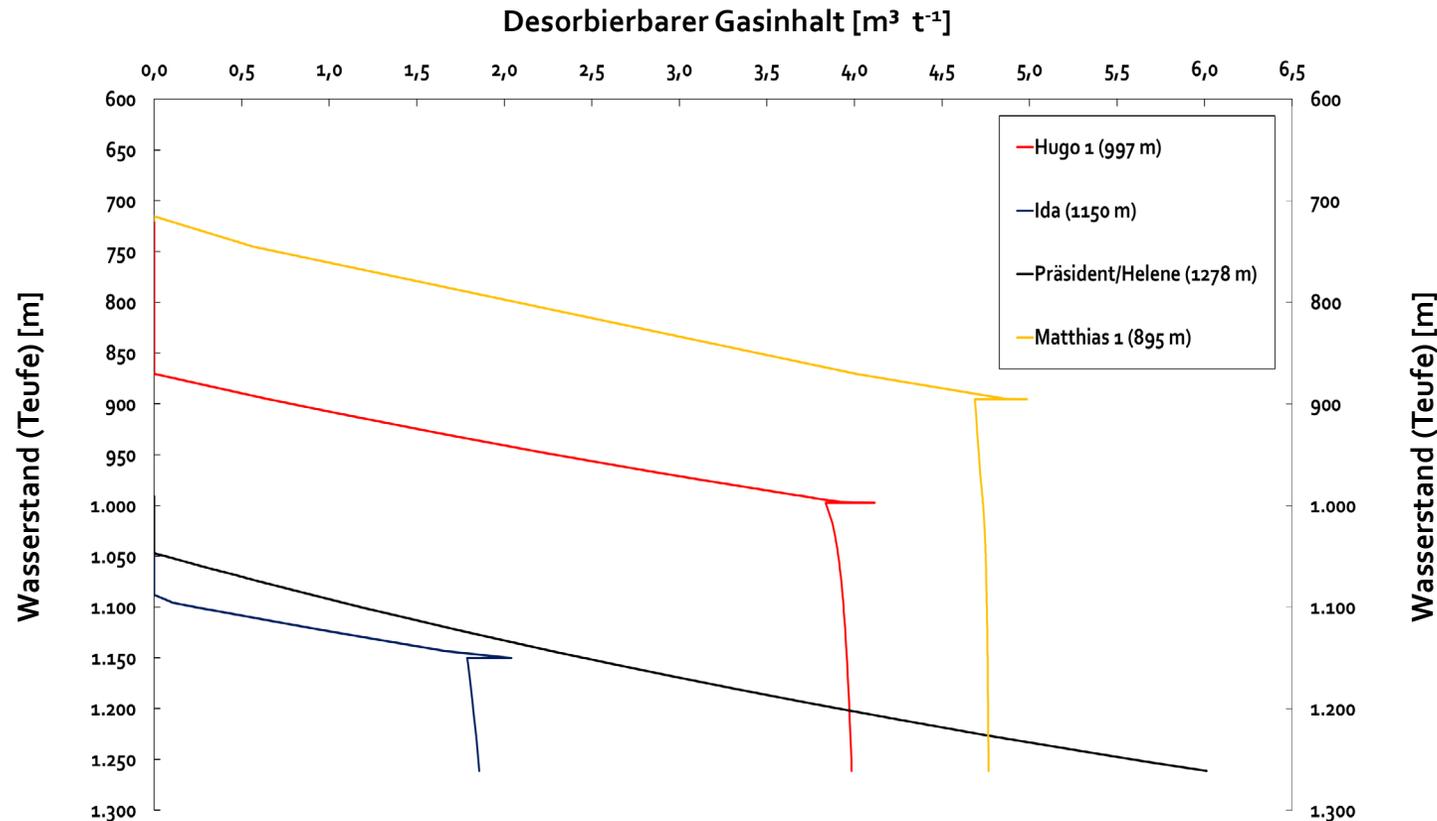
Ausschnitt der Flözfolge (Westfal A2/Bochumer Schichten)

## Änderung des Ausgasungspotentials (zeitlich)



- Verlauf des Ausgasungspotentials ist abhängig von der Krümmung der Grubenwasseranstiegskurve
- Geschätzte Ausgasungsdauer ohne Grubenwasseranstieg > 150 a (für diese Abbaukonstellation)
- Wassersättigung der Kohle führt zu einer kurzzeitigen Erhöhung des Ausgasungspotentials (Achtung: vereinfachte Annahme)
- Ausgasungsabschätzung über das Ausgasungsgradverfahren (Koppe und Winter) und der Betriebsdauer

# Änderung des Ausgasungspotentials (Wasserstand)



- Abnahme des Ausgasungspotentials ist keine lineare Funktion der Wassersäule!
- Verlauf des Ausgasungspotentials wird durch die individuelle Adsorptionsisotherme des jeweiligen Flözes vorgegeben



## Fazit

- Darstellung der Gasinhalte und Flözgasdrücke mittels des Ansatzes von Kunz und Janas und unter der Anwendung der Langmuir-Isotherme
- Darstellung des Ausgasungspotentials als Funktion der Zeit und Höhe der Wassersäule unter Verwendung der Langmuir-Isotherme
- Entwickelte Ansätze sind theoretisch für alle Steinkohlenlagerstätten und vorliegenden Abbaukonstellationen anwendbar

## Danke



Für die finanzielle Förderung.



Für die Unterstützung (Herr P. Sonsalla).

Für Ihre Aufmerksamkeit!

# Glückauf





# Ausgasung durch Abbau

