

## Schriftliche Prüfung: Modul Grundlagen der Geochemie

18.04.2019

Name:

Matrikelnummer:

- Bei den vorgegebenen Antworten können mehrere Antworten oder auch keine Antwort richtig sein. Kreuzen Sie bitte eindeutig an oder markieren Sie nichts, wenn Sie meinen, dass alle vorgegebenen Antworten falsch sind.
- Bitte beschriften Sie die Skizzen und Abbildungen eindeutig mit den Fachbegriffen.
- Die maximal erreichbare Punktezahl beträgt 65 Punkte. Die Punktezahl am Ende jeder Aufgabenstellung gibt Aufschluss über deren Gewichtung.
- Die Arbeitszeit beträgt 90 Minuten.

Viel Erfolg!

1. Welche Gemeinsamkeit haben die Elemente einer Gruppe des Periodensystems?

- Sie haben alle identische Ionenradien.
- Sie haben die gleiche Anzahl an Neutronen.
- Ihre Elektronegativität ist identisch.
- Sie haben die gleiche Anzahl an Elektronen im zuletzt gefüllten Orbital.

1 Punkt

2. Bei welchen der folgenden Elemente erwarten Sie, dass sie in der Natur miteinander assoziiert sind?

- Pt, Os, Rh, Pd.
- Sr, Al, Si, Au.
- N, Ar, Pb, Li.
- Li, Na, K, Rb.

1 Punkt

3. Die Enthalpie der Reaktion von Korund mit Wasser zu Gibbsit ist  $\Delta H_r = -26,53 \text{ kJ}$  bei 1 bar und 298 K. Was bedeutet dies für die Reaktion?

- Die Bildung von Gibbsit setzt Energie frei.
- Die Reaktion ist bei den genannten Bedingungen endotherm.
- Bei der Verwitterung an der Erdoberfläche wird spontan Gibbsit aus Korund gebildet.
- Die Enthalpie einer Reaktion hat keinen Einfluss auf den Verlauf einer Reaktion.

2 Punkte

4. Wenn Sie Salz (NaCl) in Wasser geben wird es sich lösen. Die Temperatur des Wassers nimmt dabei ab. Warum läuft der Lösungsvorgang spontan ab?

- Der Lösungsvorgang ist exotherm.
- Der Lösungsvorgang ist zwar endotherm, aber die Entropie des Systems nimmt zu.
- Der Lösungsvorgang ist exotherm und  $\Delta G > 0$ .
- Der Lösungsvorgang ist zwar endotherm, aber die freie Enthalpie ist negativ.

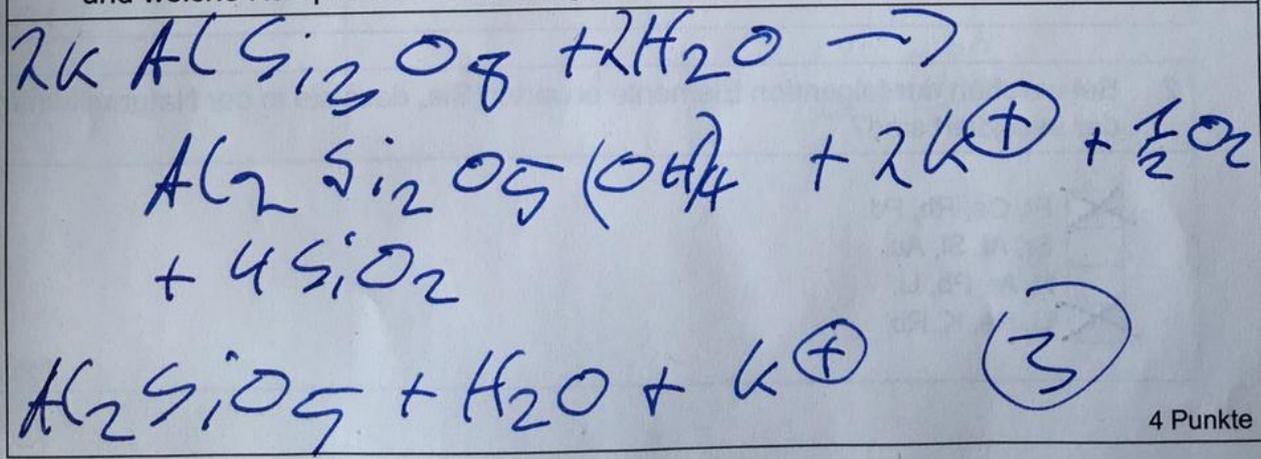
2 Punkte

5. Welche Aussagen zur Freien Gibbs'schen Energie sind richtig?

- Produkte und Edukte sind bei gleicher Freier Gibbs'scher Energie im Gleichgewicht.
- Die Freie Gibbs'sche Energie einer Reaktion zeigt bei bestimmter Temperatur und bestimmtem Druck die Richtung der spontanen Reaktion an.
- Die Freie Gibbs'sche Energie ist von Druck und Temperatur unabhängig und daher besonders hilfreich.
- Die Freie Gibbs'sche Energie ist von Enthalpie und Entropie abhängig.

2 Punkte

6. Kalifeldspat (Orthoklas) verwittert generell durch Hydratation zu Kaolinit. Wie viele und welche Komponenten sind nötig?



4 Punkte

7. Berechnen Sie den pH-Wert des Regenwassers aus der unten angegebenen Analyse. Nehmen Sie dabei an, dass alle Ionen vollständig dissoziiert und keine weiteren Elemente im Regenwasser enthalten sind.

	Regenwasser 1
	[ $\mu\text{M}$ ]
Na	9
Mg	4
K	5
Ca	8
Cl	17
NO <sub>3</sub>	10
SO <sub>4</sub>	18

Valenz

1  
2  
1  
2  
1  
1  
2

$$\Sigma \text{Kationen } 38$$

$$\Sigma \text{Anionen } 63$$


---


$$25$$

Ausgleich durch  $\text{H}^+$

$$\Rightarrow \text{pH} = \log(25 \cdot 10^{-6})$$

$\Downarrow$

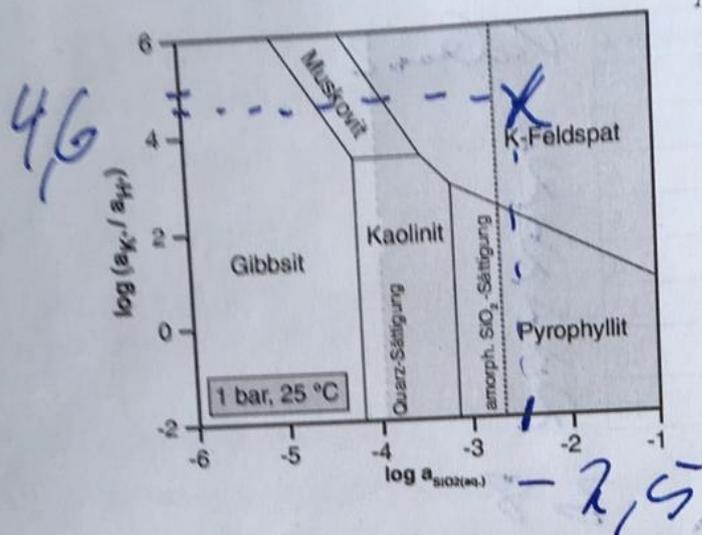
$\mu\text{M}$

$$= 4,60$$

$$[\text{OH}^-] = 4 \cdot 10^{-10}$$

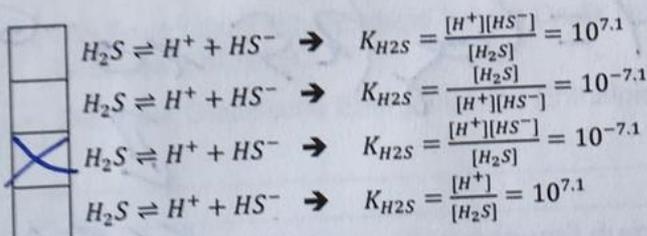
8. In der Abbildung ist das Aktivitätsdiagramm für das System K-Al-Si-O-OH (1 bar, 298 K) zu sehen. Welches Mineral ist in einer Porenlösung mit folgender Zusammensetzung thermodynamisch zu erwarten?  
 pH-Wert = 8;  $c_{(K^+)} = 0.4 \text{ mmol/L}$ ;  $c_{(\text{SiO}_2(\text{aq}))} = 3.18 \text{ mmol/L}$

Mineralname und Berechnung hier:



4 Punkte

10. Bei welcher der folgenden Reaktionen wird das Gleichgewicht korrekt dargestellt und angezeigt, dass es sich um eine schwache Säure handelt?



1 Punkt

11. Warum sind Elemente gerader Ordnungszahl häufiger auf der Erde als Elemente ungerader Ordnungszahl?

- Elemente gerader Ordnungszahl sind quantenphysikalisch stabiler als Elemente ungerader Ordnungszahl.  
 Die  $\gamma$ - und  $\alpha$ -Strahlung kontrolliert die Häufigkeit der Elemente.  
 Fusionsreaktionen sowie r- und s-Prozess haben bei der Entstehung des Universums bevorzugt Elemente gerader Ordnungszahl gebildet.  
 Bei der Bildung des Sonnensystems hat die Erde bevorzugt Elemente gerader Ordnungszahl eingefangen.

1 Punkt

12. Welche der folgenden Aussagen ist im Zusammenhang mit der Gleichgewichtsfraktionierung von Isotopen korrekt?

- Die Fraktionierung von Kohlenstoffisotopen bei der Lösung von Calcit wird mit zunehmender Temperatur größer.
- $^{13}\text{C}$  reichert sich in Calcit bei der Lösung des Minerals an, da die Bindungsenergie im Vergleich zu  $^{12}\text{C}$  höher ist.
- $^{12}\text{C}$  ist bei der Lösung von Calcit bevorzugt in einer Kohlenstoffspezies der wässrigen Lösung zu finden, da die Translationsgeschwindigkeit im Vergleich zu  $^{13}\text{C}$ -tragenden Spezies höher ist.
- Die Fraktionierung von Kohlenstoff bei der Lösung von z.B. Calcit ist aufgrund eines geringeren Massenunterschieds generell deutlich geringer im Vergleich zur Fraktionierung bei der Lösung von Eisenmineralen wie Goethit.

2 Punkte

13. Die Isotopenzusammensetzung einer Substanz wird üblicherweise als Delta-Wert angegeben. Bei welcher der folgenden Optionen sind alle Angaben korrekt?

- $\delta^{12}\text{C}_{\text{Probe}} [\text{‰}] = \left\{ \frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{Probe}}}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{SMOW}}} - 1 \right\} \times 1000 = -1$   
 → das leichte Isotop ist im Vergleich zum Standard angereichert.
- $\delta^{34}\text{S}_{\text{Probe}} [\text{‰}] = \left\{ \frac{(^{34}\text{S}/^{32}\text{S})_{\text{Probe}}}{(^{34}\text{S}/^{32}\text{S})_{\text{CDT}}} - 1 \right\} \times 1000 = -1$   
 → das schwere Isotop ist im Vergleich zum Standard angereichert.
- $\delta^{15}\text{N}_{\text{Probe}} [\text{‰}] = \left\{ \frac{(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})_{\text{Probe}}}{(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})_{\text{Luft}}} - 1 \right\} \times 1000 = -1$   
 → das schwere Isotop ist im Vergleich zum Standard angereichert.
- $\delta^{18}\text{O}_{\text{Probe}} [\text{‰}] = \left\{ \frac{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{Probe}}}{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{SMOW}}} - 1 \right\} \times 1000 = -1$   
 → das leichte Isotop ist im Vergleich zum Standard angereichert.

2 Punkte

14. Markieren Sie auf dem Ihnen ausgehändigten Periodensystem die „large ion lithophile elements (LILE)“ und die „high field strength elements (HFSE)“.

*Te, Nb, Ti, Hf, Zr, U, Th, Pa, K, Rb, Cs, Sr, Ba, Pb, Bi, Po, At, Fr*

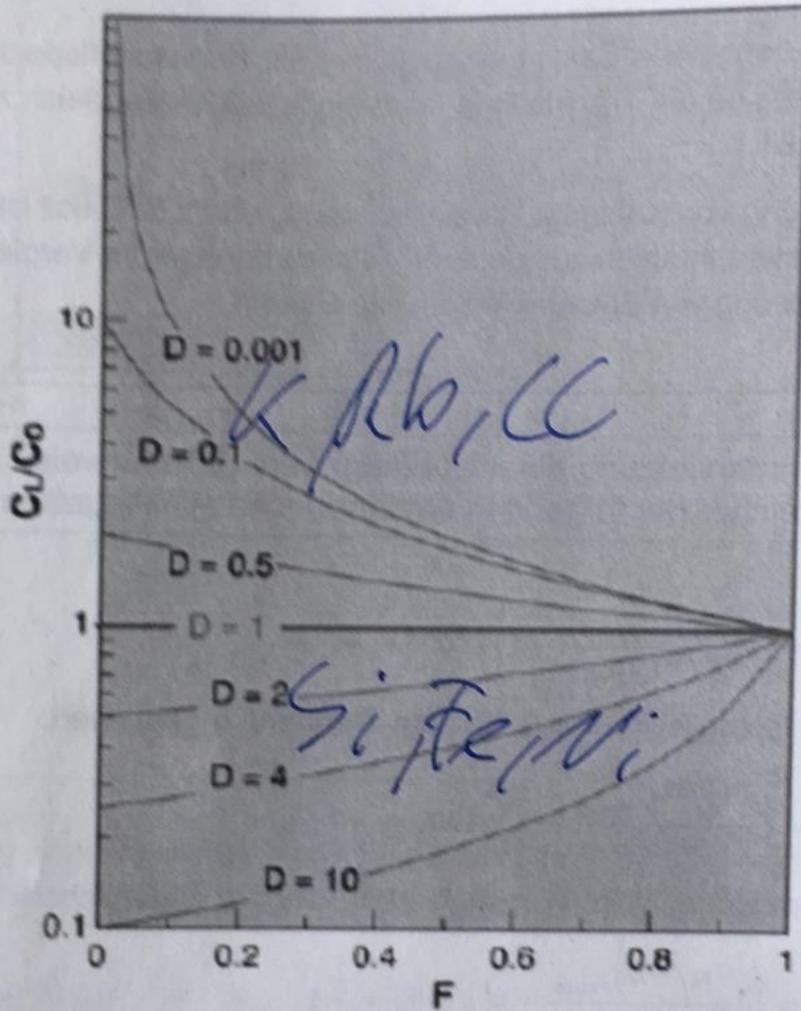
4 Punkte

15. Welche der folgenden Elemente repräsentieren 99,1% der silikatischen Erde?

- O, Mg, Si, Fe, Al, Ca.
- O, Mg, Si, Na, Al, K.
- Si, Ca, Fe, O, H, C.
- Si, Al, Mg, C, H, O, Fe.

1 Punkt

16. Das folgende Diagramm zeigt Kurven unterschiedlicher Verteilungskoeffizienten, die die Konzentrationsänderung beim Schmelzen anzeigen. Nehmen Sie ein System mit einer typischen basaltischen Schmelze an. Wie würden sich die folgenden Elemente bei der Schmelzbildung ungefähr verhalten? Ordnen Sie die Elemente Si, Fe, K, Rb, Cs und Ni den unterschiedlichen Kurven ungefähr zu.



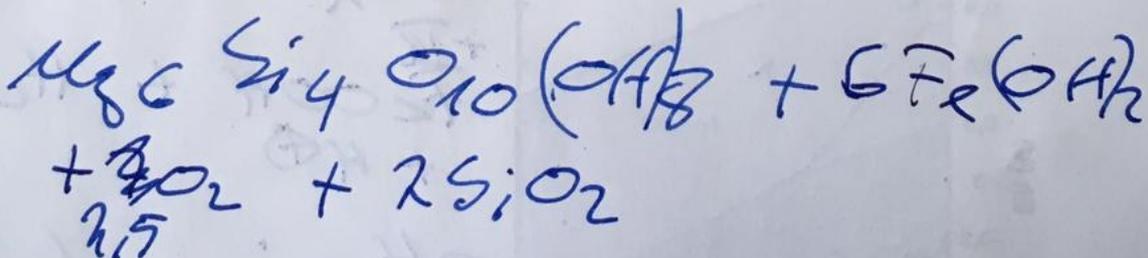
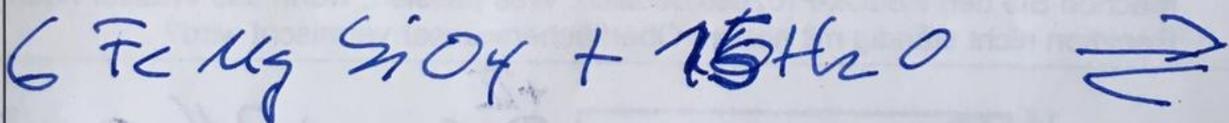
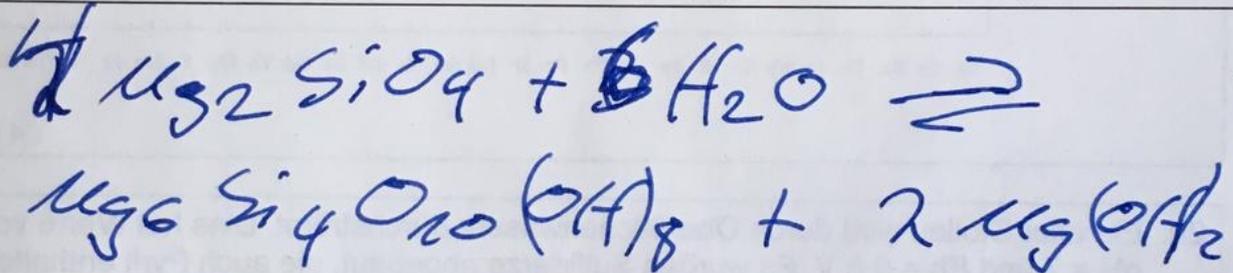
3 Punkte

17. Magmatische Gesteine in intrakontinentalen Riftzonen, z. B. im Kaiserstuhl, zeichnen sich durch bestimmte geochemische Charakteristika aus. Welche?

- Die Gesteine sind reich an den Hauptelementen Si und Al sowie generell arm an HFSE.
- Die Gesteine sind Si-untersättigt, reich an Alkalimetallen und auch reich an HFSE und LILE.
- Die Gesteine sind reich an den Übergangsmetallen und Si.
- Die Gesteine sind Si-untersättigt und reich an im Erdmantel kompatiblen Spurenelementen.

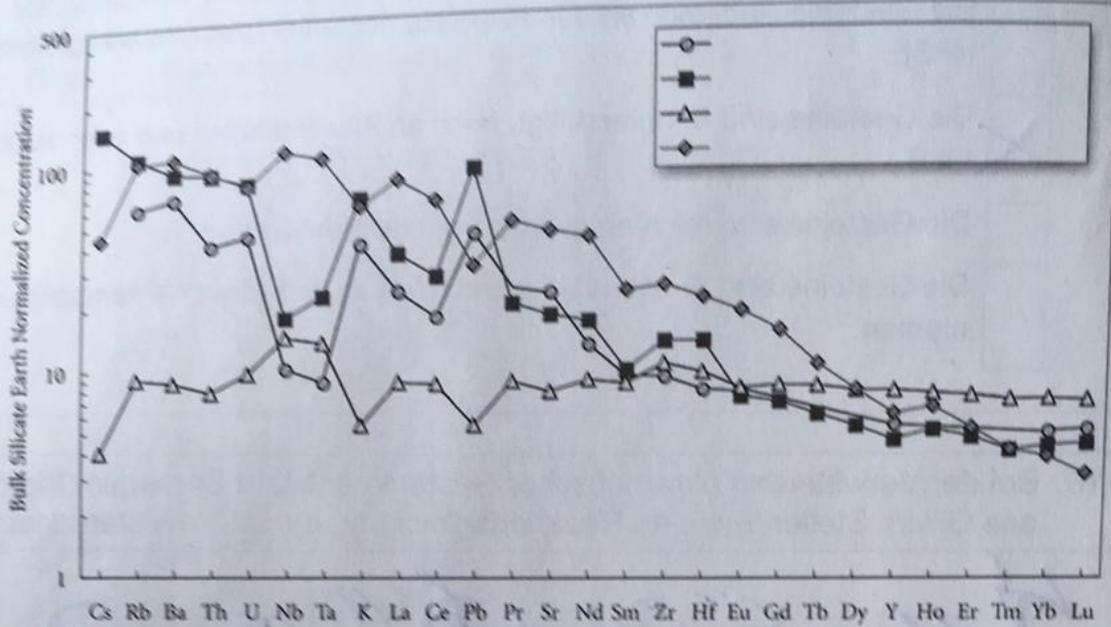
1 Punkt

18. Bei der Verwitterung ultramafischer Gesteine entsteht Serpentin ( $\text{Mg}_6\text{Si}_4\text{O}_{10}[\text{OH}]_8$ ) aus Olivin. Stellen Sie eine Reaktionsgleichung für die Verwitterungsreaktion auf.



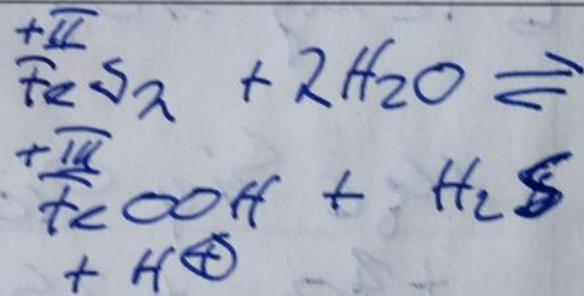
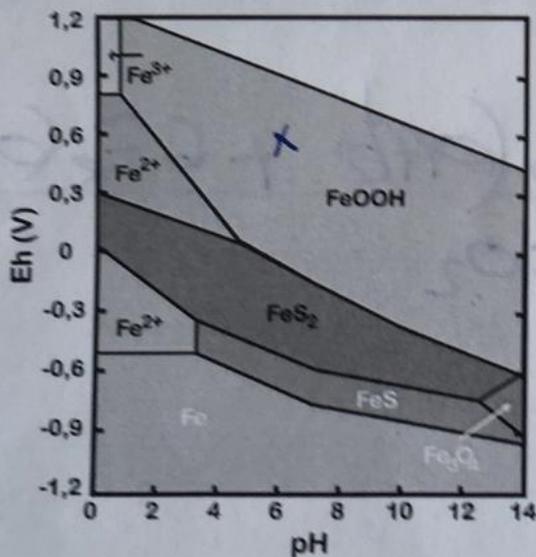
4 Punkte

19. Vervollständigen Sie die Legende dieser Abbildung. Welchen geologischen Einheiten entsprechen die hier gezeigten Spurenelementverteilungsmuster?



4 Punkte

20. Ein alter Stollen wird durch Oberflächenwasser durchströmt. Dies hat Werte von  $\text{pH} = 7$  und  $\text{Eh} = 0,6 \text{ V}$ . Es wurden Sulfidminerale abgebaut, die auch Pyrit enthalten. Was passiert mit dem restlichen Pyrit im Stollen, der in Kontakt mit dem Wasser kommt? Welche Phase wird sich bilden? Schreiben Sie die Reaktionsgleichung und machen Sie den RedOx-Prozess deutlich. Was passiert, wenn das Wasser nach der Reaktion nicht ständig mit neuem Oberflächenwasser vermischt wird?



pH nimmt ab

7 Punkte

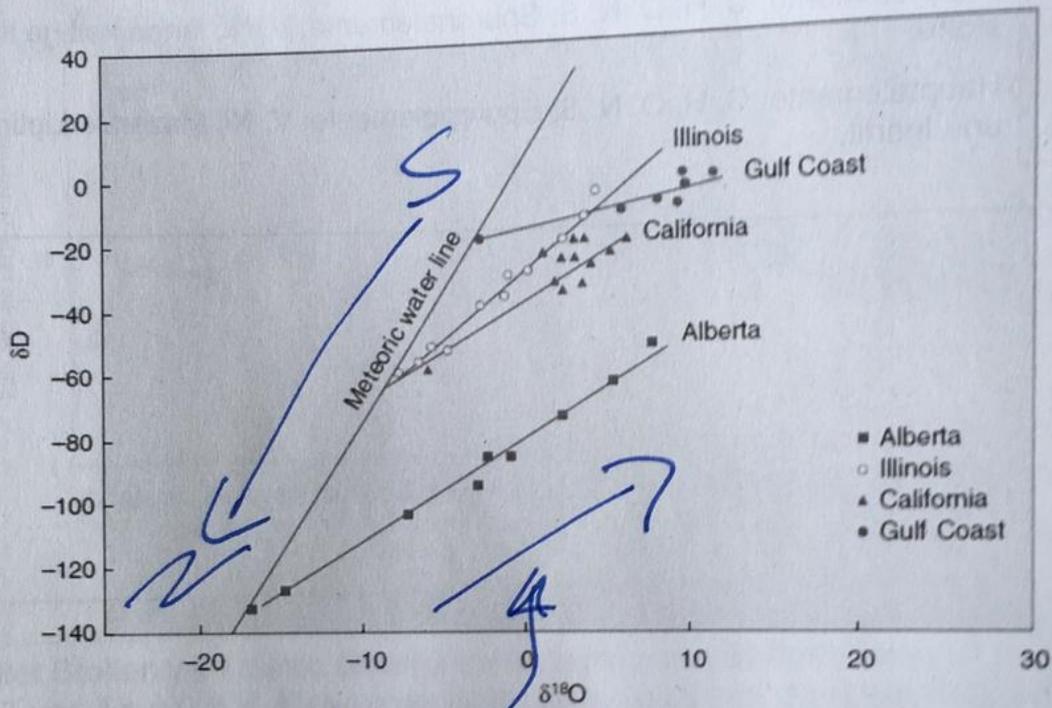
21. Wodurch sind Kerogene geochemisch charakterisiert?

- Hauptelemente: C, H, O, N, S; Spurenelemente: V, Ni; aromatische Kohlenwasserstoffe.
- Hauptelemente: C, H, O, N, S; Spurenelemente: Fe, K; aromatische Kohlenwasserstoffe.
- Hauptelemente: C, H, O, N, S; Spurenelemente: V, Ni; längerkettige Kohlenwasserstoffe.
- Hauptelemente: C, H, O, N, S; Spurenelemente: V, Ni; Mazerale Liptinit, Exinit, Vitrit und Inertit.

2 Punkte

# Zusätzliche Aufgaben für Studierende der Geoökologie

I.  $\delta D$  versus  $\delta^{18}O$  Daten von Formationswässern der Vereinigten Staaten von Amerika (nach Taylor 1974, aus Hoefs 2015). Was zeigen die Daten in diesem Diagramm? Was besagen die Daten über die geographische Lage der beprobten Gebiete?



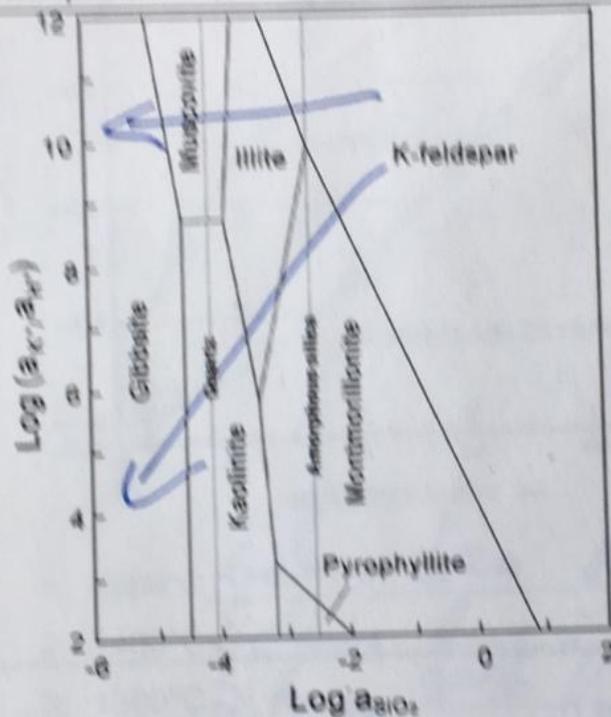
Evaporatisus trend

II. Was bedeuten die einzelnen Felder im Eh-pH Diagramm der Aufgabe 20?

- Die Linien, die die Felder begrenzen, zeigen eine Aktivität von  $10^{-6}$  für die jeweilige Phase an.
- Die jeweilige Phase ist unter den Bedingungen, die das Feld anzeigt, die dominante Phase.
- Die jeweilige Phase ist ausschließlich unter den Bedingungen innerhalb dieses Feldes stabil.
- Die jeweilige Phase ist die einzige Phase, die unter den Bedingungen innerhalb dieses Feldes stabil ist.

2 Punkte

III. Was muss passieren, damit Gibbsit aus Kalifeldspat entstehen kann??



- Quarz muss effektiv gelöst und weggeführt werden.
- Der pH-Wert muss stark sinken und Quarz muss weggeführt werden.
- Der pH-Wert muss stark steigen und Quarz muss weggeführt werden.
- Die  $K^+$ -Aktivität allein steuert den Prozess.

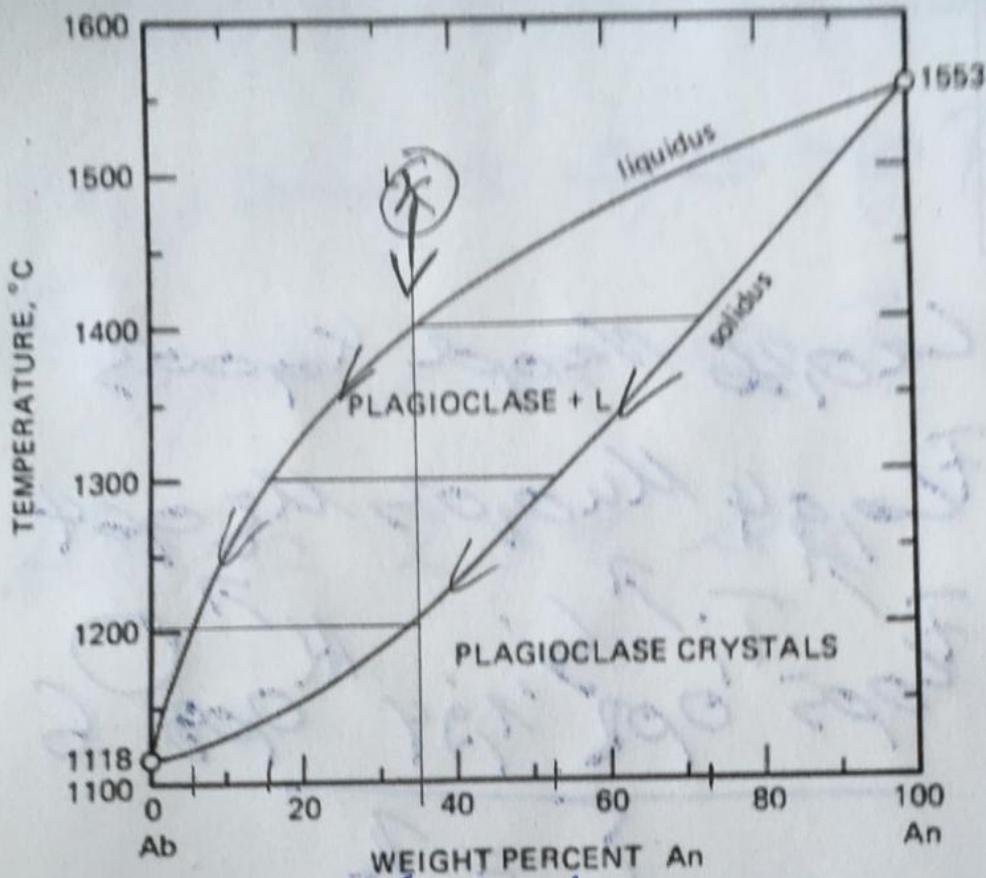
2 Punkte

IV. Berechnen sie den Unterschied in der Translationsgeschwindigkeit von Methan mit leichtem und schwerem Kohlenstoff bei der Diffusion aus dem Wasser in die Gasphase.

- Das leichte Methan ist um 0,29 % schneller als das schwere Methan.
- Das leichte Methan ist um 10 % schneller als das schwere Methan.
- Das leichte Methan ist um 3,1 % schneller als das schwere Methan.
- Das leichte Methan ist um 0,01 % schneller als das schwere Methan.

4 Punkte

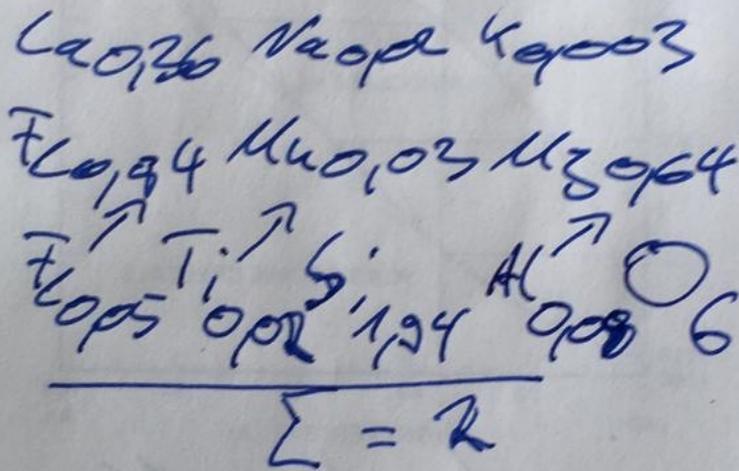
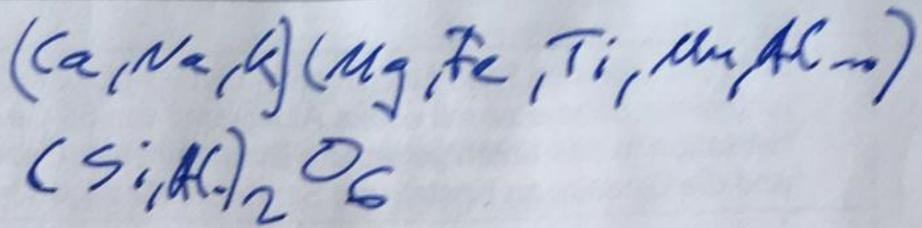
tallisation in das unten gegebene Diagramm ein. Geben Sie die Zusammensetzung und die Gehalte an Kristall und Schmelze für folgende Temperaturen an.



1. 1580°C Schmelze Ab65/An35
2. 1400°C Schmelze An35 Plag An72
3. 1300°C S: An46 50% // Pl: An52 50%
4. 1200°C S: An5 Pl: An35
5. 1118°C Pl Ab65/An35

II. Berechnen Sie aus den folgenden Analysedaten eines Klinopyroxens die chemische Formel des Minerals.

SiO <sub>2</sub>	49,46
TiO <sub>2</sub>	0,57
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,79
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,65
FeO	25,51
MnO	0,81
MgO	10,94
CaO	8,57
Na <sub>2</sub> O	0,23
K <sub>2</sub> O	0,05



- III. Die unten aufgeführten  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ - und  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnisse wurden in Fraktionen aus einem hydrothermalen Gang bestimmt. Konstruieren Sie ein Isochronendiagramm, bestimmen Sie das Alter der hydrothermalen Metasomatose und das initiale  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnis. Die Zerfallskonstante für  $^{87}\text{Rb}$  ist  $\lambda = 1,42 \times 10^{-11} \text{ 1/a}$ , die Formel für die Altersbestimmung ist Steigung =  $\lambda t$ .

Fraktion	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
Muskowit	53,26	0,90753
Gesamtgestein <sup>1)</sup>	0,8112	0,70993
Calcit	0,1334	0,70735
Gesamtgestein <sup>2)</sup>	0,9023	0,71022

<sup>1)</sup> Gesamtgestein nach Lösung mit 0,1N HCl; <sup>2)</sup> Gesamtgestein unbehandelt

$$\text{Steigung} = 0,04073$$

$$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr} = 0,7$$

$$t = 287 \text{ Ma}$$