

## Stanovení složení tuhých fází v kvaternárních systémech typu „voda a tři soli se společným iontem“

S. SCHOLLE

*Katedra anorganické technologie Vysoké školy chemickotechnologické,  
Pardubice*

Sledovala se možnost aplikace Schreinemakersovy metody „mokrého zbytku“ pro studium kvaternárních soustav typu „voda a tři soli se společným iontem“. Navrhuje se experimentálně jednoduchý postup určení dvou tuhých fází současně nasycujících roztok.

Stanovení složení *tuhé fáze* (s), resp. *tuhých fází* (ss), které jsou v rovnováze s roztokem, obsahujícím více než tři složky, je poměrně složitý úkol. Jak známo, zásadně se má určovat složení tuhých látek bez oddělení kapalně fáze, se kterou jsou (s) nebo (ss) v termodynamické rovnováze. Tento požadavek ovšem mnohdy není splnitelný.

Dodržení uvedené podmínky je možné pouze tím způsobem, že se provede analýza čirého *nasyceného roztoku* (l) a *kaše, kterou tvoří* (s) s *vlpělým* (l) [tzv. *mokrý zbytek* — (s + l)]. Vhodnou látkovou bilancí se zjistí množství (l), zachycené v (s + l) a odečtením od celkové hmoty (s + l) se nalezne hledané složení (s). Vtipným grafickým řešením této úlohy je Schreinemakersův postup [1], propracovaný pro ternární systémy. Vychází ze skutečnosti, že v trojúhelníkových diagramech leží *figurativní body* (FB): (l) — (s + l) — (s) na přínce. Stanoví-li se složení několika (l), nasycených společnou (s), a příslušných (s + l), pak spojnice FB: (l) — (s + l) se protínají v bodě, který udává složení (s).

Jmenovaný autor nastínil i aplikaci své metody pro kvaternární soustavy [2, 3]. Jeho návrhy se však — pokud je nám známo — nevžily. V novější době cituje Schreinemakersovo pojednání R. Vogel [4].

Tato práce je pokusem o využití metody „mokrého zbytku“ pro rozbor kvaternárních systémů typu „voda a tři soli se společným iontem“ [5].

Pro stanovování tuhých fází ve složitějších soustavách se obvykle používá fyzikálních metod (zvláště mikroskopického stanovení krystalografických konstant). Tyto postupy působí efektivněji než Schreinemakersovo řešení z r. 1893. Je však třeba připomenout jejich společný nedostatek: neudávají chemickou analýzu, ale nějaké fyzikální veličiny, které pouze porovnáváme s tabelovanými hodnotami a tím přejímáme případné chyby v literatuře bez možnosti kontroly.

Při řešení jistého technologického úkolu [6] jsme v omezené době potřebovali vypracovat diagram kvaternární soustavy  $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{MgSO}_4 - \text{H}_3\text{BO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ . (Izotermie této soustavy možno znázornit jako tetraedry, neboť podvojná reakce mezi síranem hořečnatým a kyselinou boritou ve sledovaných podmínkách neprobíhá.) Sestavili jsme tři diagramy dílčích ternárních systémů, obsahujících vodu a u vlastní kvaternární soustavy složení řady roz-

toků, současně nasycených síranem hořečnatým a kyselinou boritou, a odpovídajících mokrých zbytků, které obsahovaly dvě tuhé fáze a jednu kapalnou fázi. Bylo třeba vypracovat postup, který by umožnil stanovit z těchto údajů složení obou tuhých fází, které nasycují příslušný binárně eutonický roztok.

### Rozbor problému

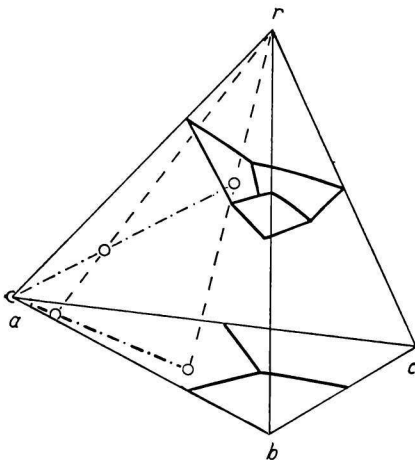
#### A. Aplikace metody „mokrého zbytku“ pro kvaternární soustavy uvažovaného typu

Uvažujme o systému látek  $a$ ,  $b$ ,  $c$  (například solí se společným iontem) a rozpustidla  $r$  (například vody) a předpokládejme, že složky  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $r$  vzájemně chemicky nereagují, mohou však tvořit společné krystaly.

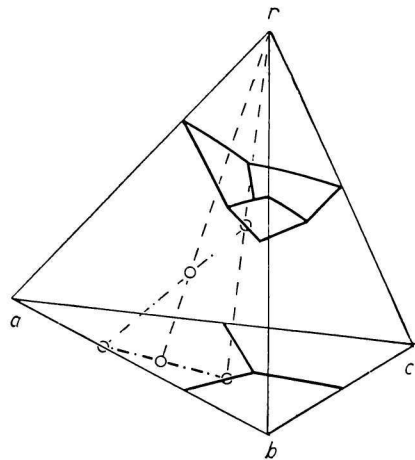
Jak známo, libovolnou izotermu takového kvaternárního systému možno znázornit prostorovým modelem — pravidelným tetraedrem. Nechť základnu tohoto tělesa tvoří rovnostranný trojúhelník, daný FB látek  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , a vrchol FB ( $r$ ). Stěny tetraedru tvoří rovnostranné trojúhelníky, které jsou fázovými diagramy jednotlivých soustav. Nazveme je „okrajové diagramy“

Zanesme do prostorového modelu *figurativní body nasycených roztoků* [FB(l)], *mokrých zbytků* [FB(s + l)] a položme příslušnými dvojicemi FB(l)—FB(s + l) prostorové přímky. Tyto spojnice promítneme postupně ze všech čtyř vrcholů tetraedru na příslušné protilehlé strany; v projekci jsou opět přímkami. Mohou nastat tyto případy:

1. Roztoky nestejného složení jsou nasyceny jednou společnou tuhou látkou. Množina FB takových roztoků tvoří uvnitř tetraedru prostorovou plochu, jak vyplývá z Gibbsova fázového zákona (podobně u řady dalších tvrzení).



Obr. 1. Kvaternární soustava. V mokřém zbytku je tuhá látka  $a$ .

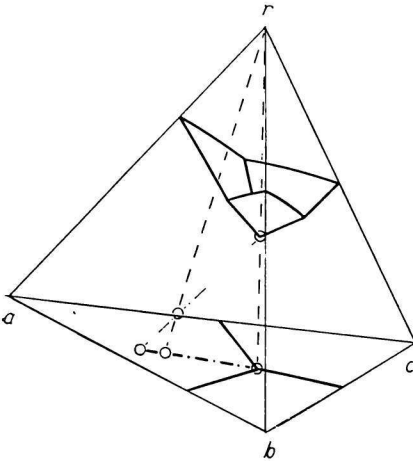


Obr. 2. Kvaternární soustava. V mokřém zbytku jsou tuhé látky  $a$ ,  $b$ .

Spojnice  $FB(1)$  a  $FB(s + 1)$  se sbíhají v jednom bodě, což je  $FB$  hledané tuhé fáze.

Průměty  $FB(1)$  [ $P-FB(1)$ ] na všech dílčích diagramech jsou rozptýleny po určitých plochách. Spojnice příslušných párů  $P-FB(1)$  a  $P-FB(s + 1)$  se protínají v bodě, který je průmětem figurativního bodu, odpovídajícího tuhé fázi  $P-FB(s)$ ; viz obr. 1.

2. Roztoky nestejného složení jsou nasyceny dvěma společnými tuhými látkami. Množina  $FB$  těchto roztoků tvoří prostorovou křivku, která se promítá opět jako křivka. Spojnice  $FB(1)$  a  $FB(s + 1)$  i spojnice průmětů těchto bodů se náhodně rozbíhají, pokud nenastane případ, popsáný sub  $B$ . Křivky, odpovídající jednotlivým dvojicím ( $ss$ ), ohraničují plochy, popsané sub  $I$ . Viz obr. 2.



Obr. 3. Kvaternární soustava. V mokré zbytku jsou tuhé látky  $a$ ,  $b$ ,  $c$ .

3. Roztok stálého složení je nasycen třemi společnými tuhými látkami a v prostoru i průmětech se jeví jako bod, ze kterého se paprskovitě rozbíhají spojnice s body, charakterizujícími jednotlivé ( $s + 1$ ).

V tomto bodě se sbíhají křivky, uvedené sub 2; viz obr. 3.

4. Eventualitu koexistence čtyř tuhých fází (počet volností = 0) lze vyloučit volbou teploty sledované izotermy. Je zřejmé, že zásadně je možné vyhodnotit kvaternární systém uvažovaného typu z údajů ( $1$ ) a odpovídajících ( $1 + s$ ) sestavením prostorového modelu izotermy (například z drátů).  $FB(1)$ , nasycené společnou tuhými fázemi, tvoří uvnitř tetraedru prostorové plochy. Hledaná ( $s$ ) je určena průsečíkem svazku paprsků, spojujících  $FB(1)$  na ploše s  $FB(s + 1)$  v prostoru heterogenních směsí ( $1$ ) + ( $s$ ). Složení roztoků, nasycených dvěma nebo třemi tuhými fázemi, je pak určeno průsečnicí dvou nebo průsečíkem tří prostorových ploch. Vyhodnocování experimentálních výsled-

ků konstrukcí prostorového modelu pro svoji pracnost ovšem nepřipadá v úvahu.

Libovolný FB uvnitř tetraedru je však možno jednoznačně určit klinografickou projekcí tohoto bodu ze všech vrcholů tetraedru na příslušné protilehlé strany.

Procentické obsahy složek  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $r$  označme velkými písmeny, pak

$$A + B + C + R = 100 \% \text{ váh.} \quad (1)$$

Vlastní „provedení“ klinografických projekcí je jednoduché. Při výpočtu souřadnic projekce bodu na kterékoliv protilehlé ploše tetraedru považujeme součet tří složek ze vztahu (1), které se na právě uvažovaném diagramu vyskytují, za rovný stu procent:

$$\Delta(a, b, c): A_1 + B_1 + C_1 = 100 \% \text{ (tzv. Jänneckeého projekce),} \quad (2)$$

$$\Delta(a, b, r): A_2 + B_2 + R_2 = 100 \%, \quad (3)$$

$$\Delta(a, c, r): A_3 + C_3 + R_3 = 100 \%, \quad (4)$$

$$\Delta(b, c, r): B_4 + C_4 + R_4 = 100 \%, \quad (5)$$

například:

$$C_3 = \frac{100 C}{100 - B}. \quad (6)$$

Souřadnice jednotlivých dvojic (1)–(s + 1) přepočítáme podle vztahů (2) až (5) a postupně zaneseme do všech dílčích diagramů. Jak již bylo popsáno, v oblastech nasycených jednou tuhou fází budou P–FB(1) rozptýleny na plochách a jejich spojnice s P–FB(s + 1) se budou protínat v průmětech figurativního bodu hledané (s).

Souřadnice této tuhé fáze:

$$A_1B_1C_1 \quad A_2B_2R_2 \quad A_3C_3R_3 \quad B_4C_4R_4$$

odečteme na jednotlivých „okrajových diagramech“.

Ze vztahů (1) až (5) jsme odvodili soustavu lineárních rovnic:

$$\alpha A + \alpha B + (\alpha + 1)C = 100, \quad (7)$$

$$(\beta + 1)A + \beta B + \beta C = 100,$$

$$\gamma A + (\gamma + 1)B + \gamma C = 100,$$

kde

$$\frac{A_1}{A_2} = \alpha; \quad \frac{B_1}{B_4} = \beta; \quad \frac{C_1}{C_3} = \gamma. \quad (8)$$

Řešením soustavy rovnic (7) – například podle Cramerova pravidla – přímo stanovíme složení hledané tuhé fáze (s).

V praxi se však vyskytují jen zřídka tuhé fáze, obsahující (v kvaternární soustavě) všechny čtyři složky.

Obsahuje-li tuhá fáze nejvýše tři složky, sbíhají se spojnice průmětů figurativních bodů nasycených roztoků a mokrych zbytků jen na jediném dílčím diagramu, kde se pak přímo odečte hledané složení tuhé fáze.

Postupně se stanoví složení kapalných a tuhých fází, které jsou v rovnováze na všech prostorových plochách uvnitř čtyřstěnu; tím jsou dány i podmínky fázových rovnováh na průsečících těchto ploch a systém je jednoznačně určen.

### B. Rozbor systému z neúplných experimentálních údajů

Řešení, popsané sub *A*, je přesné, avšak vyžaduje mnoho pokusné práce. Obvykle studujeme pouze dílčí ternární systémy a u kvaternární soustavy složení roztoků, nasycených současně dvěma i třemi solemi. Uvažujeme o možnosti stanovení dvou (ss) ze znalosti řady dvojic  $(l) - (s + 1)$ , kde v  $(s + 1)$  jsou obsaženy obě (ss) a  $(l)$ .

Je zřejmé, že přímý výpočet je nemožný pro nedostatek nezávislých údajů; je nutno (ss) odhadnout a ověřovat správnost předpokladu.

Základem navrhovaného řešení je odhad jedné z obou tuhých fází, které jsou v rovnováze s nasycenými roztoky v jistém intervalu koncentrací. Předpokládejme, že touto očekávanou  $(s)$  je čistá složka *a*, další tuhá fáze složku *a* neobsahuje. Provedeme klinografickou projekci  $FB(l)$  i  $FB(l + s)$  z vrcholu *a* na dílčí diagram  $(b, c, r)$  a jednotlivými dvojicemi  $P - FB(l)$  a  $P - FB(l + s)$  proložíme přímky. Z principu projekce je zřejmé, že polohy  $P - FB(l)$  i  $P - FB(l + s)$  jsou nezávislé na obsahu složky *a* v  $(l)$  i v  $(l + s)$ .

Ze dvou tuhých fází se v mokřém zbytku projeví jen hledaná tuhá fáze, kdežto druhá  $(s)$  (tj. složka *a*) je „maskována“. Jednotlivé přímky se pak protínají v  $FB$  hledané druhé tuhé fáze, jejíž složení na dílčím diagramu přímo odečteme. Obrazec na okrajovém diagramu se podobá ternárním diagramům, neboť  $P - FB(l)$  leží na plynulé křivce a spojnice  $P - FB(l)$  a  $P - FB(l + s)$  tvoří „vějíř“, sbíhající se v  $FB(s)$ . Někdy nalezneme více sloučenin složek *b*, *c*, *r*, které mohou být v různých oblastech koncentrací v rovnováze s *a*.

Po zjištění hledané tuhé fáze si ověříme výchozí předpoklad, že jednou z obou (ss), se kterými je  $(l)$  v rovnováze, je právě *a*. Provedeme projekci z  $FB$  právě nalezené druhé tuhé fáze na dílčí diagram *a*, *b*, *r*, nebo *a*, *c*, *r*; spojnice  $P - FB(l)$  a  $P - FB(l + s)$  se musí sbíhat ve dříve předpokládaném bodu *a*, resp. v kterémkoli jiném původně zvoleném bodu. Z geometrického znázornění je zřejmé, že popsané řešení je jednoznačné; ověření výchozího předpokladu prokazuje přítomnost obou tuhých fází. Přítomnost třetí  $(s)$  je vyloučena vznikem plynulé křivky, kterou tvoří  $FB$  složení roztoků; tato čára poukazuje na jeden stupeň volnosti pro koncentrace roztoků.

Při navrhovaném postupu často zjistíme, že nalezená (nebo i předpokládaná) tuhá fáze je složena z více složek (například sůl je hydratována). Pak je nutno „zamaskování“ této  $(s)$  provést projekcí z jejího figurativního bodu, který není vrcholem tetraedru. Výpočet souřadnic na okrajových diagramech pro tuto eventualitu ukážeme na příkladu.

U sledované soustavy jsme jako prvou tuhou fází předpokládali  $H_3BO_3$  a na okrajovém diagramu  $H_2SO_4 - MgSO_4 - H_2O$  jsme v jisté oblasti koncentrací našli jako

druhou (s)  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Pro zpětnou projekci z  $\text{FB}(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$  bylo nutno přepočítat výchozí údaje pro (l) a (l + s) z původního vyjádření:

$$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{MgSO}_4 + \text{H}_3\text{BO}_3 + \text{H}_2\text{O} = 100 \%$$

na tvar

$$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + \text{H}_3\text{BO}_3 + (\text{H}_2\text{O})_p = 100 \%, \quad (9)$$

a z rovnice (9) vyjádřit:

$$(\text{H}_2\text{SO}_4)_q + (\text{H}_3\text{BO}_3)_q + (\text{H}_2\text{O})_q = 100 \%, \quad (10)$$

například:

$$(\text{H}_2\text{SO}_4)_q = \frac{100 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4}{100 - \text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} (\%). \quad (11)$$

V oblasti pentahydrátu se pak vyjádří obsah síranu hořečnatého v roztoku i v mokrém zbytku jako  $\text{MgSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  atp. Plocha tetraedru, protilehlá hraně  $\text{MgSO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ , ovšem přestává zobrazovat dílčí diagram ve smyslu výše uvedené definice, neboť jeho různé oblasti vznikly projekcí z nestejných bodů.

Uvedený postup může sloužit jako rychlá metoda výzkumu nepřliš složitých kvaternárních systémů z minimálního množství pokusných dat. Pro úspěšnou aplikaci je žádoucí znalost dílčích ternárních soustav, která umožňuje odhadnout podmínky ve studovaném kvaternárním systému. Je vhodný pro určování jednoduchých solí a jejich hydrátů. Selhává v těch případech, kdy se v soustavě vyskytují podvojně soli, což se projeví negativním výsledkem při ověřování prvé tuhé fáze a experimentální data je pak nutno doplnit podle metody A.

Máme-li možnost odhadnout obě (ss), nasycující roztok, ověříme si správnost předpokladu též materiálovou bilancí mokrého zbytku. Provedení je zřejmé z příkladu:

Roztok a mokrý zbytek, se kterým byl v rovnováze, měly složení:

% váh. (25 °C)	$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{MgSO}_4$	$\text{H}_3\text{BO}_3$	$\text{H}_2\text{O}$
Nasycený roztok	3,21	23,24	2,24	71,31
Mokrý zbytek	0,37	33,77	25,68	40,18

Z analogie s ternárními systémy  $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{MgSO}_4 - \text{H}_2\text{O}$  a  $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_3\text{BO}_3 - \text{H}_2\text{O}$  bylo možno očekávat v mokrém zbytku přítomnost tuhých fází  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  a  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ; tomuto předpokladu odpovídá váhová bilance:

$$(l + s) \quad 100 = x(\text{H}_3\text{BO}_3) + y(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) + z(l), \quad (12)$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \quad 0,37 = \quad \quad \quad + z \cdot 0,0321, \quad (13)$$

$$\text{MgSO}_4 \quad 33,77 = \quad \quad y \quad 0,4884 \quad + z \cdot 0,2324, \quad (14)$$

$$\text{H}_3\text{BO}_3 \quad 25,68 = x \quad \quad \quad + z \cdot 0,0224. \quad (15)$$

Rovnicím odpovídají kořeny:

$$\begin{aligned} x &= 25,42; & y &= 63,66; & z &= 11,53; \\ x + y + z &= 100,61. \end{aligned} \quad (16)$$

Odechylka v rovnici (16) od hodnoty 100 je způsobena analytickými chybami. Pokud se součet nerovná stu nebo je-li některý kořen záporný, je předpokládaná bilance (12)

nesprávná a je nutno uvažovat zkusmo jiné tuhé fáze. Provedeme-li několik úspěšných bilancí pro roztoky blízkého složení a dvě stejné tuhé fáze, je důkaz těchto (ss) rovnocenný vytvoření „vějiře“ paprsků spojnic (l)–(s) při geometrickém řešení. Postup je obecně použitelný, numerické výpočty jsou však dosti pracné.

### Závěr

Klasická Schreinemakersova metoda studia ternárních soustav metodou „mokrého zbytku“ byla rozvedena pro kvaternární systémy typu „voda a tři soli se společným iontem“ Vedle exaktního postupu je navrženo zjednodušené řešení, které vyžaduje pouze znalost složení roztoků, současně nasycených dvěma tuhými fázemi, a odpovídajících mokrých zbytků. Použití metody má jistá omezení. Je připomenut i čistě početní způsob řešení. Úspěšná aplikace metody „mokrého zbytku“ na kvaternární systémy předpokládá přesné výsledky chemických analýz, neboť eliminací jedné ze čtyř složek při projekcích se chyby stanovení zbývajících tří složek relativně zvětšují.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ТВЕРДОЙ ФАЗЫ В ЧЕТЫРЕХКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМАХ ТИПА „ВОДА—ТРИ СОЛИ С ОБЩИМ ИОНОМ“

С. Шоллэ

Кафедра неорганической технологии Химико-технологического института,  
Пардубице

Для определения твердых фаз, которые находятся в равновесии со своими ненасыщенными растворами, был в трехкомпонентных системах применен известный метод Шрайнемакера, называемый „метод мокрого остатка“.

Этот метод был в настоящей работе применен для изучения четырехкомпонентных систем типа „три соли с общим ионом—вода“, их изотермы можно изобразить равносторонним тетраэдром.

Экспериментально определяется достаточное число пар: состав раствора—состав „мокрого остатка“, который находится с жидкостью в равновесии и содержит от одной до трех твердых фаз. Производится проекция фигуративных точек насыщенных растворов и мокрых остатков последовательно из всех вершин тетраэдра на противоположные стороны (координаты проекций точек рассчитываются по уравнениям (2) — (5)) и на получившихся плоскостных диаграммах соединяются точки насыщенного раствора и соответствующего мокрого остатка. До тех пор, пока исследуемая твердая фаза содержит максимально три компонента, соединительные прямые пересекаются только на одной из диаграмм в точке, которая указывает состав исследуемой твердой фазы; если же твердая фаза содержит все четыре компонента, получаются „вееры соединительных прямых“ на всех диаграммах и состав солидуса необходимо определять решением системы уравнений (7).

При упрощенном исследовании экспериментально определяется только состав растворов, насыщенных одновременно двумя твердыми фазами, и соответствующие

мокрые остатки, содержащие две твердые фазы. Заранее делается предположение о составе одной из твердых фаз (например, на основе отдельных тройных систем) и производится проекция фигуративных точек насыщенного раствора и мокрого остатка из фигуративной точки этой твердой фазы (лучше всего из вершины тетраэдра) на противоположающую сторону. Точка пересечения соединительных прямых проекций точек насыщенных растворов и мокрых остатков дает исследуемую другую твердую фазу. О правильности предположения о составе первой твердой фазы убедимся обратной проекцией из фигуративной точки найденной второй твердой фазы.

Упрощение решения не является универсальным; если не удастся достичь цели (например, для двойных солей), необходимо дополнить экспериментальный материал для основного исследования.

*Preložila T. Dillingerová*

BESTIMMUNG DER ZUSAMMENSETZUNG DER FESTEN PHASEN  
IN QUATERNÄREN SYSTEMEN DES TYPUS  
„WASSER UND DREI SALZE MIT EINEM GEMEINSAMEN ION“

S. Scholle

Lehrstuhl für anorganische Technologie an der technischen Hochschule für Chemie,  
Pardubice

Bei der Bestimmung der festen Phasen, die sich mit ihren ungesättigten Lösungen im Gleichgewicht befinden, wird in ternären Systemen das bekannte Schreinemakers'sche Verfahren der sog. „Methode des nassen Rückstands“ benutzt.

Dieses Verfahren wird für das Studium quaternärer Systeme des Typs „drei Salze mit einem gemeinsamen Ion und Wasser“ appliziert, deren Isothermen man durch ein gleichseitiges Tetraeder veranschaulichen kann.

Experimentell wird eine genügende Anzahl von Paaren von Angaben der Zusammensetzung der Lösung und des „nassen Rückstands“ bestimmt, der sich mit der Flüssigkeit im Gleichgewicht befindet und eine bis drei feste Phasen enthält. Es wird die Projektion der figurativen Punkte der gesättigten Lösungen und der nassen Rückstände allmählich von allen Eckpunkten des Tetraeders auf die gegenüberliegende Seite durchgeführt (die Koordinaten der Projektionen der Punkte werden gemäß den Gleichungen (2) bis (5) berechnet), und auf den entstehenden Flächendiagrammen werden jene Punkte miteinander verbunden, die der gesättigten Lösung und dem zugehörigen nassen Rückstand entsprechen. Falls die gesuchte feste Phase höchstens drei Bestandteile enthält, schneiden sich diese Verbindungslinien nur auf einem dieser Diagramme in einem Punkt, der die Zusammensetzung der gesuchten festen Phase angibt; falls die gesuchte feste Phase alle vier Bestandteile enthalten würde, bilden sich auf allen Diagrammen „Fächer von Verbindungslinien“ und die Zusammensetzung des Solidus muß notwendigerweise durch die Lösung eines Systems von Gleichungen (7) bestimmt werden.

Beim vereinfachten Verfahren wird experimentell lediglich die Zusammensetzung der Lösungen ermittelt, die gleichzeitig mit den zwei festen Phasen gesättigt sind, und die entsprechenden nassen Rückstände enthalten die beiden festen Phasen. Die eine feste Phase wird geschätzt (z. B. aus den Kenntnissen der ternären Teilsysteme), und es wird die Projektion der figurativen Punkte der gesättigten Lösung und des nassen Rückstands



aus dem figurativen Punkt dieser festen Phase (am besten aus der Ecke des Tetraeders) auf die gegenüberliegende Wand durchgeführt. Der Schnittpunkt der Verbindungslinien der Projektionen der Punkte der gesättigten Lösungen und der nassen Rückstände gibt die gesuchte zweite Phase an. Von der Richtigkeit der Annahme der ersten festen Phase überzeugt man sich durch eine Rückprojektion aus dem figurativen Punkt der eben gefundenen zweiten Phase.

Diese vereinfachte Lösung ist keine universelle; wenn sie nicht zum Ziel führen sollte (z. B. bei Doppelsalzen), wird das experimentelle Material für das Grundverfahren ergänzt.

*Preložil K. Ullrich*

#### LITERATURA

1. Schreinemakers F. A. H., *Z. physik. Chem.* **11**, 81 (1893).
2. Schreinemakers F. A. H., *Z. physik. Chem.* **59**, 641 (1907).
3. Schreinemakers F. A. H., *Z. physik. Chem.* **65**, 553 (1909).
4. Vogel R., *Die heterogenen Gleichgewichte*, 670 n. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig, Leipzig 1959.
5. Regner R., *Theoretické základy anorganické technologie I*, 57. Státní pedagogické nakladatelství, Praha 1954.
6. Scholle S. *Kandidátská dizertační práce*. Vysoká škola chemickotechnologická, Pardubice 1963.

Do redakcie došlo 14. 9. 1964

*Adresa autora:*

*Inž. Stanislav Scholle, CSc., Katedra anorganické technologie VŠChT; Pardubice, ul. Slovenského povstání 565.*