



Hans-Heinz Emons

Salze im Reich der Mitte

SES-Projekte in China ¹



*Der Autor, Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Hans-Heinrich Emons,
während seines China-Aufenthaltes*

¹ Vortrag vor der Klasse Naturwissenschaften der Leibniz-Sozietät am 08. September 2005



„Wer keine Gedanken auf die ferne Zukunft verwendet, wird in Schwierigkeiten kommen, wenn sie herannaht.“

KONG QUI – KONFUZIUS (551 – 479 v. Chr.)

Diese Worte gelten für das weltumspannende Wirken von Forschung, Lehre und Praxis in gleicher Weise wie für das Engagement des einzelnen Wissenschaftlers.

In den letzten 15 Jahren bestimmten langfristige Aufgaben als Senior Scientific Adviser, als Gastprofessor und als Gutachter im In- und besonders im Ausland meine fachlichen Aktivitäten auf den Gebieten der anorganischen und anorganisch-technischen Chemie speziell der Chemie und Technologie anorganischer Salze. Seit 1994/95 entwickelte sich eine sehr konstruktive und fruchtbare Zusammenarbeit mit dem Senior Expert Service in Bonn (SES). Über 20 Projekte gelangten auf meinen Schreibtisch angesiedelt in Asien, Afrika und Amerika. Manche "starben" im Vorfeld aus unterschiedlichen Gründen – Finanzierung, betriebliche Voraussetzungen, nicht eindeutige Aufgabenstellungen, Sicherheit – und in den letzten 2 Jahren an persönlichen Gegebenheiten. Von 13 eingereichten Projekten aus China konnten 8 realisiert und nach gegenseitiger Einschätzung erfolgreich bearbeitet werden.

Nach gebührendem Abstand soll die folgende Schrift einen Eindruck über diese Tätigkeit vermitteln, ohne auf Vollständigkeit Anspruch zu erheben.

Dabei gilt mein besonderer Dank Herrn Dr. Gottfried Nettesheim (SES) für seine vertrauensvolle, fachlich so wertvolle und konstruktive Vorbereitung und Zusammenarbeit, die eine effektive Einarbeitung in das vielschichtige fachliche Terrain ermöglichte.

Frau Dr. Heide Hilse gilt mein verbindlicher Dank dafür, daß sie den Experten in die territorialen Gegebenheiten des Einsatzlandes, -gebietes, -ortes einführte, ihn mit Sitten und Gebräuchen bekannt machte und vor allem mit ihren freundlichen Mitarbeiterinnen gemeinsam Reise und Aufenthalt so problemlos wie möglich organisierte. Stets stand sie, gleich von welchem Ort, als kompetenter Ansprechpartner zur Verfügung.

Meinen chinesischen Kollegen gilt mein Respekt und Dank für die fruchtbare, engagierte und freundschaftliche Zusammenarbeit. Ich möchte meine Chinaaufenthalte mit ihren Ergebnissen, Lehren und Erfahrungen nicht missen.

Inhaltsübersicht

| | | |
|-----|--|------|
| 1. | Einführung | S. 7 |
| 2. | Salz im alten China | S. 9 |
| 3. | Anorganische Salze im Tarim-Becken | S.11 |
| 3.1 | Salzherstellung aus Solen durch reziproke Umsetzung | S.11 |
| 3.2 | Alkalimetallnitrate aus festen Rohsalzen | S.18 |
| 4. | Einsätze in der Region Shandong | S.22 |
| 4.1 | Kaliumsulfatherstellung über eine Austauschreaktion | S.22 |
| 4.2 | Herstellung von Salzen durch thermische und elektrochemische Oxidation | S.26 |
| 5. | Ausblick | S.34 |
| | Anhang | S.35 |

1. Einführung

Ausgehend vom Titel dieses Beitrages sei die Definition eines Salzes an den Anfang gestellt.

*SALZE = heteropolare Verbindungen bzw. Ionenverbindungen,
in deren Kristallgitter mindestens eine von Wasserstoff-Ionen verschiedene Kationenart
und mindestens eine von Hydroxid-Ionen verschiedene Anionenart beteiligt sind.*

Es gibt noch andere Formulierungen, die dasselbe aussagen. Beschränkt werden soll sich in den weiteren Darlegungen auf anorganische Salze und hier wiederum auf Verbindungen, an denen in der Regel Alkali- und/oder Erdalkalimetallionen beteiligt sind.

Die Herstellung dieser Salze läßt sich wie folgt ordnen:

- Gewinnung durch Verfahren ohne Stoffumwandlung,
- Gewinnung durch reziproke Umsetzungen,
- Gewinnung durch Austauschreaktionen,
- Gewinnung durch elektrochemische Verfahren,
- Gewinnung durch elektrothermische Verfahren.

Ebenso wenige Worte zum *Reich der Mitte*, zu *China*.

Dem Ausländer bietet sich ein Land der größten Vielfältigkeiten. Geographisch ist China das Land mit den meisten 8000er Gipfeln -generell sind über 70% der Landesfläche Gebirge – aber auch der Oase Turpan, die über 150 m unter dem Meeresspiegel liegt. Die Bevölkerung ist ein Spiegelbild der von Nord nach Süd, von Ost nach West wechselnden Völkergruppen – insgesamt etwa 1.3 Mrd. Einwohner – von denen in der Regel in der sogenannten westlichen Welt nur die Han-Chinesen synonym für die Menschen in ganz China mit ihren unterschiedlichsten Kulturen gesehen werden. In den folgenden Ausführungen werden zwei Regionen im Mittelpunkt stehen *Shandong* im Osten und *Xingjiang* im Nordwesten (siehe Bild 1).

Shandong – Bevölkerung über 81 Mil., Fläche über 153.000 km², gehört zum historischen Kernland Chinas und besitzt ein Monsunklima der warmgemäßigten Zone. Es wird durch den *Gelben Fluß* mit all seinen positiven und negativen Seiten wie Feinsandschwämmung Flutkatastrophen aber auch durch die fruchtbaren Landschaften -daher eine vielfältige Küche – sehr bestimmt. Im Osten haben wir eine buchtenreiche Halbinsel mit Erdnußanbau und Seidenraupenzucht.

Der Westen ist Teil der *Großen Ebene* (sehr fruchtbar). An der Küste begegnen wir der Fischerei und der Meeressalzgewinnung. *Shandong* besitzt reiche Bodenschätze an Steinkohle, Gold, Eisenerz und Erdöl. Die Hauptstadt ist Jinan, ein internationales Handelszentrum mit Hafen ist Qingdao (Tzingtau).

Shandong ist eine historisch-kulturell stark geprägte Region. Beispielhaft genannt seien nur: Qufu – Konfuzius (551-479 v.Chr.), Zoucheng – Mencius (372-289 v.Chr.) und Liaocheng – Guanggyue-Turm.



Bild 1: Die Regionen Chinas – vereinfachte Skizze

Die zweite Region ist die Xingjiang Uigurische Autonome Region.

Sie ist mit 1.660.000 km² die flächenmäßig größte Region Chinas. Die über 14 Mio Einwohner sind überwiegend Angehörige von Turkvölkern und daher Mohammedaner. Diese Region hat eine bewegte Vergangenheit. Bis vor wenigen Jahren gab es u.a. permanente Unruhen durch den Einfluß eines religiösen Fanatismus. Die Landschaft wird maßgeblich durch die Taklamakan-Wüste (Tarimbecken) und die sie umgebenden Gebirge bestimmt. Das Tarim-Becken ist ein Senkungsfeld zwischen den Bergketten des Tianshan, Pamir und Kunlunshan, durchschnittlich über 1000 m ü.M. gelegen, Größe etwa 975.000 km² davon nimmt die Taklamakan-Wüste etwa 330.000 km² ein.

"Taklamakan" heißt wörtlich "Aus der Du nicht heimkommst". Wir finden in ihr Sanddünen bis 300 m hoch. Randoasen waren einst Leitstationen der Seidenstraße. Das Kernkraftversuchsgelände liegt am Lop Nur. Die Wüste ist eine der extremsten. Im Jahresmittel werden nur 50 mm Niederschlag gemessen. Das Grundwasser – wenige Meter unter der Oberfläche – ist stark salzhaltig.

Den unterschiedlichen Charakter der beiden Regionen sowie ihre sehr differenzierten Gegebenheiten unterstreicht die Bruttoinlandsproduktion

| | |
|--------------|------------------|
| China (2002) | 11.077,6 Mrd RMB |
| Shandong | 1.149,7 Mrd RMB |
| Xingjiang | 91,7 Mrd RMB |

Shandong war damit 2002 an der Bruttoinlandsproduktion mit über 10% beteiligt, während Xingjiang nicht einmal 1% erreichte. Diese Differenzen zeigen sich auch bei den Chemieprodukten. Während Shandong eine breite Palette von Produkten anbietet, ist der Anteil Xingjians sehr bescheiden. Bei den Rohstoffen sieht die Situation besonders perspektivisch sicher anders aus.

2. Salz im alten China

Das Kochsalz, das seit den ältesten Zeiten nicht nur als Würzmittel sondern vor allem auch als Konservierungsmittel der Speisen von der Bevölkerung dringend benötigt wird, ist nach der Überlieferung von dem Minister Su Sha des Gelben Kaisers (2697-2598 v.Chr.) entdeckt worden. Es besaß im alten China nicht nur eine große wirtschaftliche, sondern auch eine hervorgehobene kulturhistorische Bedeutung.

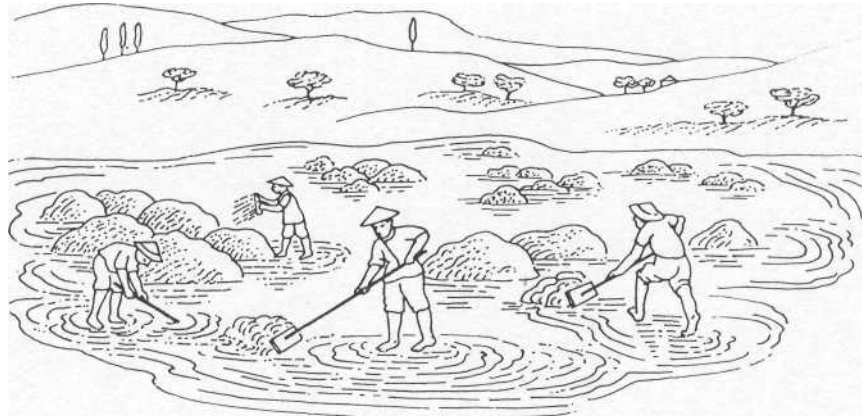


Bild 2: Salzgewinnung in Meeressalinen

Der größte Teil des Salzes wurde aus dem Meer gewonnen. Die Überlieferung schreibt diese "Erfindung" dem Kaiser YÜ (2205-2197 v.Chr.) zu. An den Meeresküsten der östlichen Gebiete stellte man durch Sonneneindampfung ein grobkörniges Salz her "sheng-yen", das den ärmeren Bevölkerungsschichten zur Verfügung stand. Für die Privilegierten erzeugten dagegen besondere Beamte ein feinkristallines Siedesalz "shu-yen".

Die Erdbohrtechnik hatte in China schon über tausend Jahre vor der Zeitenwende ein erstaunliches Niveau erreicht. So berichtet Konfuzius um 500 v.Chr. von Bohrungen mit einer Tiefe von mehr als 500 m. Eine vergleichbare Technik entwickelte sich in Europa erst im 18. Jahrhundert. Dabei erbohrten die Chinesen neben Salzsole vor allem Erdöl und Erdgas. Viele Bohrlöcher sind heute noch erhalten. In Szechuan wurde die Sole durch das gleichzeitig auftretende Erdgas an die Oberfläche gedrückt. Aneinandergereihte Bambusrohre leiteten die Sole in die Siederei.

Zeitig hatten die Mächtigen des Landes erkannt, daß eine Salzsteuer die Staatseinnahmen gewaltig verbessert. So begegnen wir in der Chow-Dynastie (1050-250 v.Chr.) erstmals Beamten für Salzangelegenheiten.

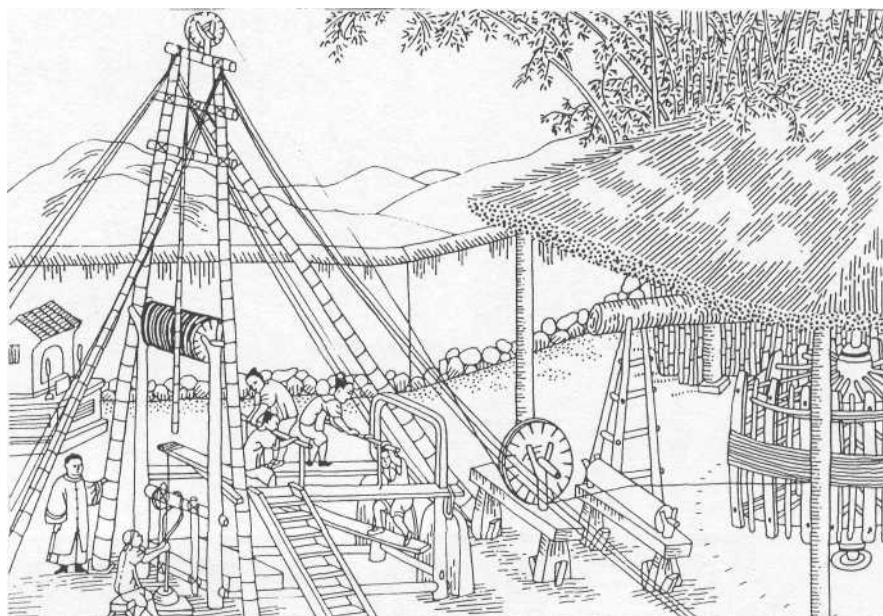


Bild 3: Seilbohren im alten China

Zur Überwachung der zahlreichen Gesetze für die Salzgewinnung und den Salztransport gab es die Salzpolizei "Kien-yüan". Das gesamte Salzwesen beschäftigte in China zeitweise bis zu 10.000 Menschen. Bis in die Neuzeit ist die Salzsteuer in China – und nicht nur dort – eine wichtige Einnahmequelle des Staates geblieben.

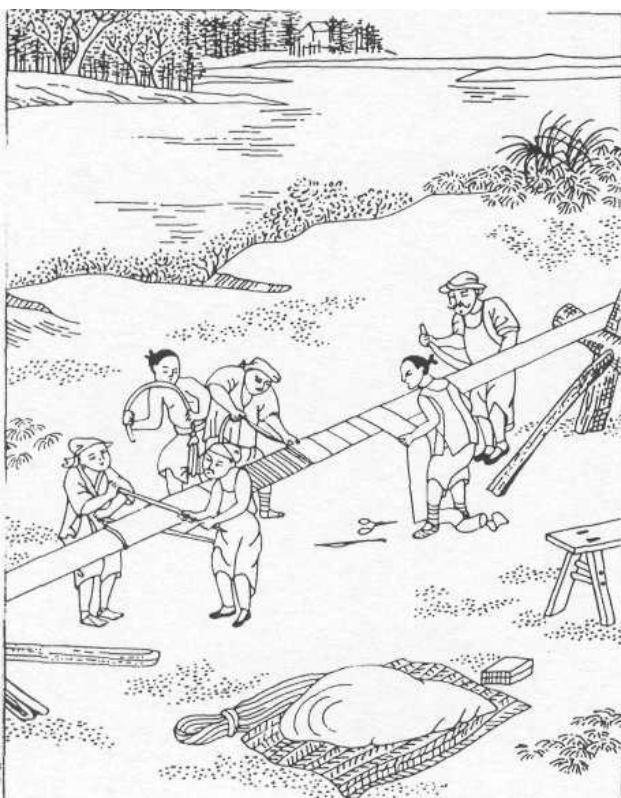


Bild 4: Bau einer Soleleitung aus Bambusrohren

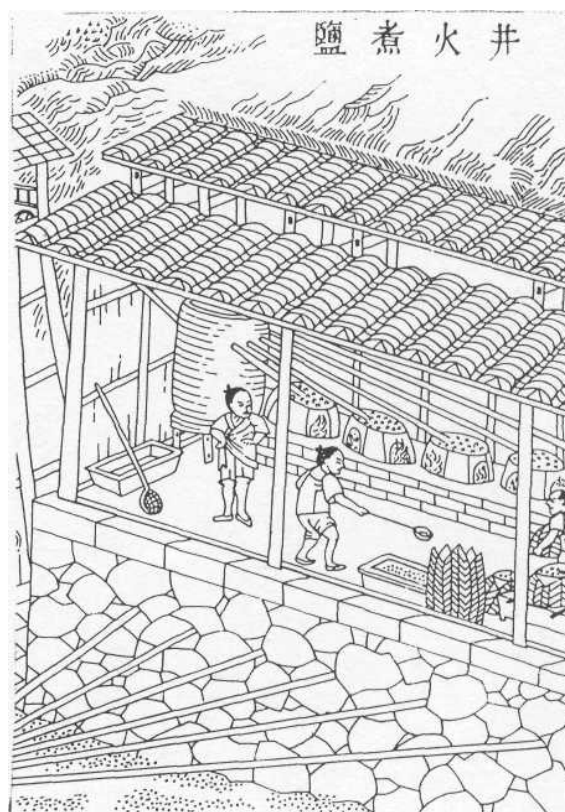


Bild 5: Siedesalzherstellung in erdgasbeheizten Kesseln

In der Quing-Dynastie (1644-1911) wurde die Technik der Solarsalzgewinnung weiterentwickelt. Hatte man vorher Einzelbeete verwendet, setzte sich jetzt ein System zusammengesetzter Beete durch, wie wir es heute auch in anderen Teilen der Erde kennen. Die aufkonzentrierte und aufbereitete Sole, einschließlich Reinigung, wurde in offenen Pfannen versotten. Diese bestanden

zunächst aus geflochtenen Bambusstreifen, die mit einer Muschelschicht überzogen waren, später aus Eisenblech.



Bild 6: Erzeugung von Seesalz in der Provinz Shanxi

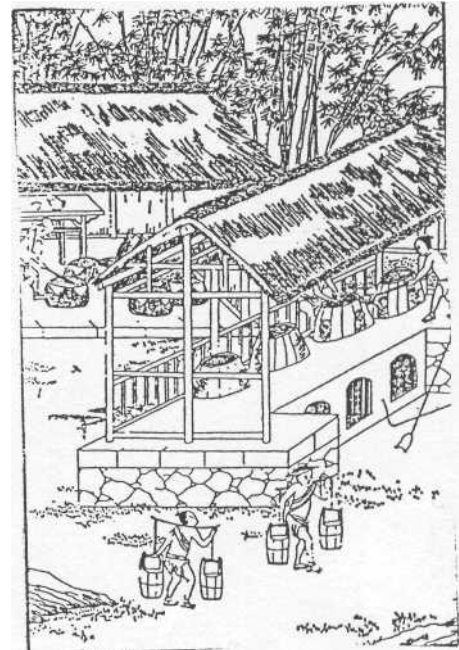


Bild 7: Gewinnung von Siedesalz
in offenen Pfannen

3. Anorganische Salze im Tarim-Becken

Salzsolen unterschiedlicher Genese und Zusammensetzung im Tarim-Becken (Taklamakan-Wüste) gewinnen zunehmend an Interesse für die Produktion anorganischer Salze speziell im Hinblick auf die Eigenfabrikation von Kalium- und Stickstoffdüngemitteln. Die Firma Foreign Affairs Office of Xingjiang D'Long Co.Ltd. Urumqi mit Betriebsteilen in Hami – nebst Außenstellen im Gebiet Lop Nur und südlich von Hami – und in Turpan ist maßgeblich an der Erschließung, Aufbereitung und Veredelung – einschließlich Marketing – einheimischer, mineralischer Rohstoffe besonders der Region Xingjiang beteiligt und gegenüber der Regionalregierung verpflichtet.

3.1 Salzherstellung aus Solen durch reziproke Umsetzung

Zunächst ein Blick auf das allgemeine Verfahrensschema zur Aufbereitung des Rohstoffes aus der Lagerstätte ohne eine Stoffumwandlung – Beispiel Natriumchlorid, Bild 8:

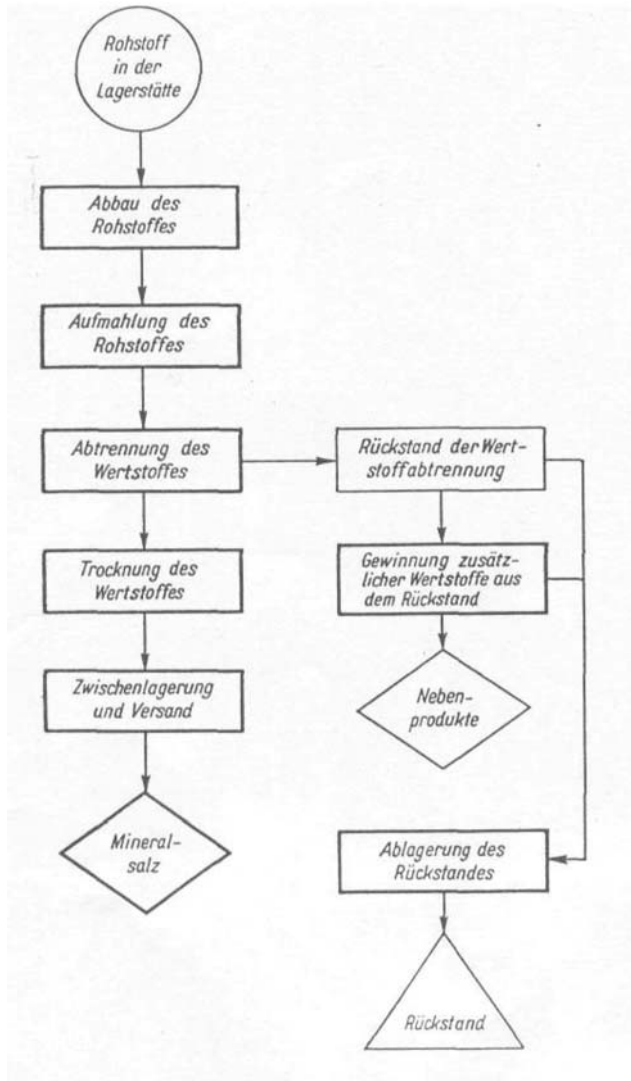


Bild 8: Allgemeines Verfahrensprinzip zur Herstellung von Salzen ohne Stoffumwandlung

Für die Herstellung von Kaliumsulfat und Kaliumnitrat befanden sich die Projekte in der Phase des Pilotbetriebes (Gewinnung der Rohprodukte) und der Vorbereitung bzw. Projektierung der Gewinnungs- und Verarbeitungsverfahren sowie der entsprechenden Anlagen. Die u.a. geplante Kaliumsulfat-Produktionsstätte wäre mit etwa 200000 t K_2O/a die größte in China für dieses Salz.

Je nach den Gegebenheiten bieten sich für die beiden Salze folgende Herstellungsmöglichkeiten an

- Kaliumsulfat: Umsetzung von Kaliumchlorid mit sulfathaltigen Mineralien in wässriger Lösung bzw. in gemischten Lösungsmitteln
 Umsetzung von Kaliumchlorid mit Schwefelsäure
- Kaliumnitrat: Konversion von Kaliumchlorid mit Natriumnitrat in wässriger Lösung
 Ausnutzung natürlicher Vorkommen
 Umsetzung von Kaliumchlorid mit Salpetersäure
 oder nitrosen Gasen.

Da in beiden Fällen die reziproke Umsetzung zur Diskussion stand, seien die Verfahrensprinzipien kurz skizziert, Bild 9a und 9b:

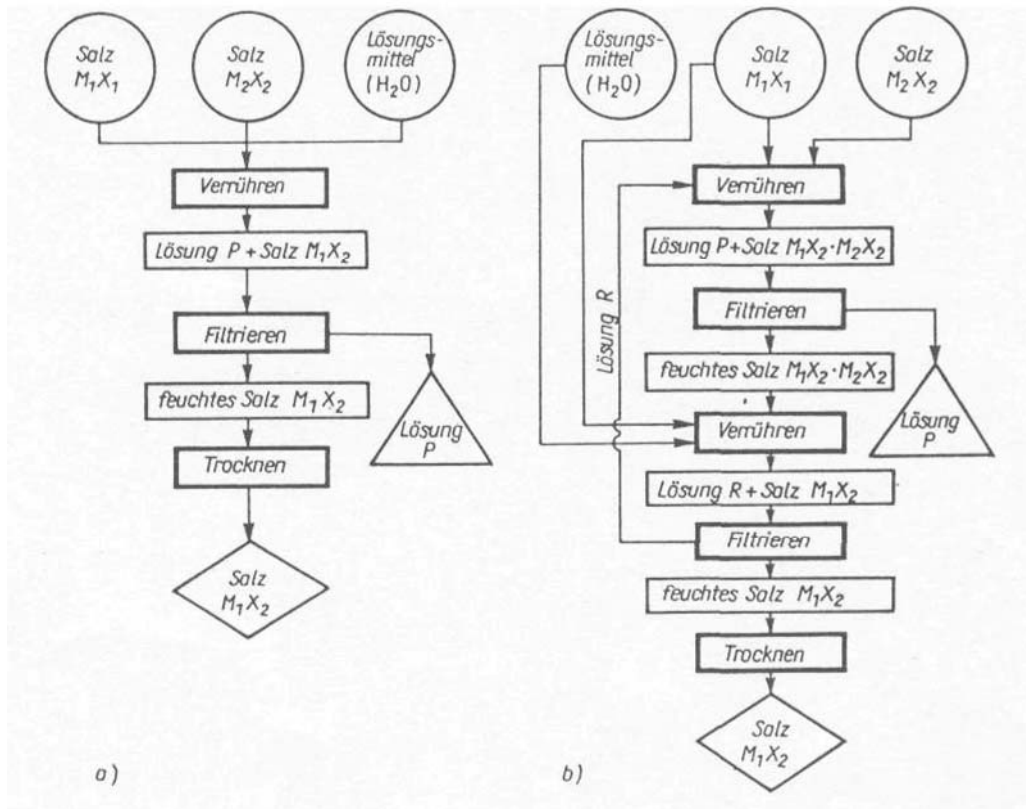


Bild 9: Verfahrensprinzip zur Herstellung organischer Salze durch reziproke Umsetzung
a) einstufige Variante; b) zweistufige Variante

Zum Einsatz in Hami einschließlich der Außenstellen

Kaliumsulfat

Für die Kaliumsulfatproduktion standen zwei Sole-Typen an:

1. mit Magnesiumsulfat und
2. mit Natriumsulfat.

Folgende Technologie war für den ersten Typ vorgesehen:

Gewinnung der Sole – Eindampfung der Sole mit Sonnenenergie

1. Vorkonzentration,
2. Natriumchlorid-Abscheidung,
3. Erzeugung des Zwischenproduktes Kainit bzw. Schönit und Leonit – Verarbeitung des Doppelsalzes zu einem Kaliumsulfat mit internationalem Standard.

Dieser Gesamtkomplex einschließlich verfahrenstechnischer, apparativer und regelungstechnischer Fragen stand zur Diskussion. Generell gehörte an allen Einsatzorten die Weiterbildung des ingenieurtechnischen und chemischen Personals in Form von Seminaren zur Aufgabe des Experten. Als Beispiel sei das Programm, das in Hami absolviert wurde, angeführt:

- Vorträge über den Weltstand der Kaliumsulfat-Produktion hinsichtlich Produktionsverfahren, Technologie, Technik, Produktionshöhen, Qualitätsanforderungen – chemisch wie physikalisch - Anteil am Kalidüngemiteleinsetz, Preise.
- Vorstellung des chinesischen Projektes
- Diskussion.

Daraus resultierten grundlegende Beratungen über die Verfahrenswege .

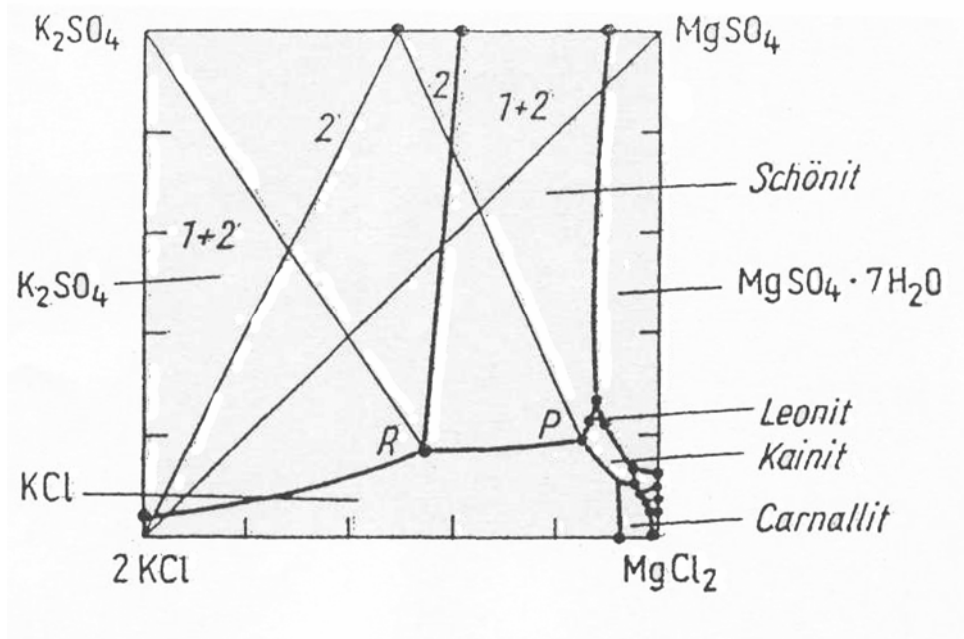


Bild 10: Gleichgewichtsdiagramm des Systems $2 \text{KCl} + \text{MgSO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MgCl}_2 / \text{H}_2\text{O}$ bei 25°C

Aus dem Diagramm ist zu erkennen, daß sowohl ein einstufiger (Konjugationslinien 1) als auch ein zweistufiger (Konjugationslinien 2) Prozeß möglich ist. Beim Zweistufenverfahren bildet sich als Zwischenprodukt das Doppelsalz Schönit. Der einstufige Prozeß erreicht maximal die Ausbeuten 45.6% für Kalium und 67.8% für Sulfat, der zweistufige Prozeß 83.0% für Kalium und 78.3% für Sulfat. Der einstufige Prozeß ist nur vertretbar, wenn die Endlösungen günstig in andere Stufen einer Rohsalzverarbeitung eingesetzt werden können.

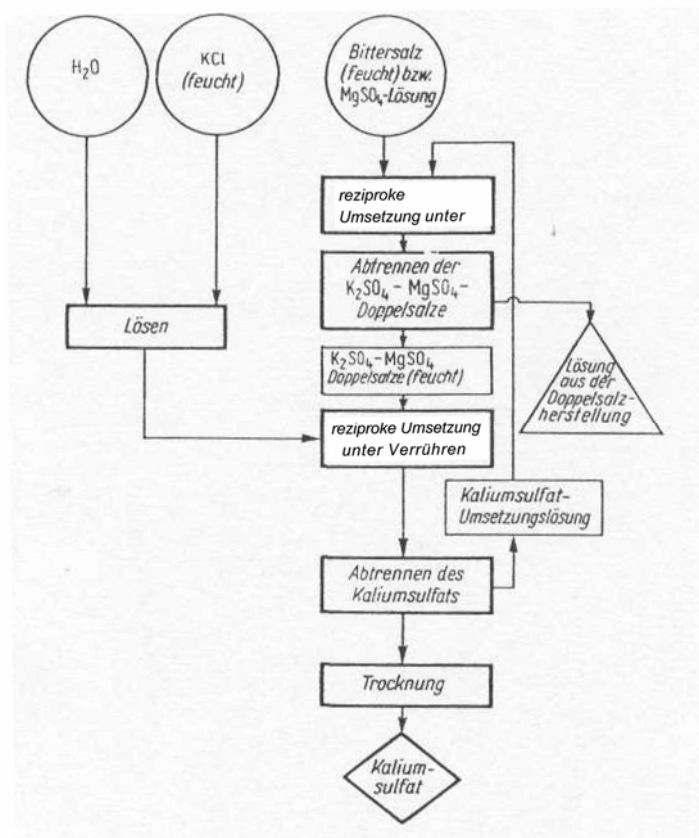


Bild 10a: Verfahrensschema zur Herstellung von Kaliumsulfat durch reziproke Umsetzung

Die zentrale Projektierungsgruppe der Gesellschaft neigte aus territorialer Sicht – Infrastruktur, Wasser, Energie, Transport – aber auch wegen des einfacheren technologischen Ablaufs stark zum einstufigen Verfahren, was zunächst verständlich erschien. Da aber der Kaliumgehalt der zur Verfügung stehenden Solen sehr gering ist, muß Kaliumchlorid zugeführt werden, auch in absehbarer Zeit durch Import, was bei der schlechten Kaliumausbeute der einstufigen Variante und damit auch hinsichtlich der Kosten generell nach meiner Auffassung nicht sinnvoll sein konnte. Auch hinsichtlich der Zwischenprodukte – Schönit/Leonit, Kainit, Langbeinit Glaserit – und ihrer Weiterverarbeitung gab es auf Grund der fehlenden Kenntnisse und Erfahrungen umfangreiche Diskussionen.

Hierzu nur ein Beispiel:

Schönit ist nur bis 35 – 40°C je nach Zusammensetzung der Lösung stabil. Oberhalb dieser Temperatur entsteht Leonit, der in einem Kristallinat anfällt, das wesentlich schlechter filtrierbar ist. Folglich spielt das Temperaturregime eine bedeutend größere Rolle als vorgesehen. Eingebaut in das Programm war die Fahrt zum künftigen Gewinnungs- und evtl. Verarbeitungsort im Gebiet Lop nur etwa 320 km von Hami, 11 Stunden Wüstenfahrt pro Strecke. Die Pilotanlage besitzt drei Sonneneindampfbecken mit einer kleinen einfachen Station – Strom mittels Generator, Verpflegung, Wasser und alles Arbeitsmaterial müssen durch die Wüste antransportiert werden. Auf der Abschlußberatung dieses Themenkreises, in Anwesenheit der zuständigen Direktoren der Generaldirektion, wurde von mir auf der Basis der gesammelten Erkenntnisse ein Vorschlag für die Kaliumsulfat-Produktion unterbreitet. Die Herstellung des Doppelsalzes sollte in der Gewinnungsstation mit Sonneneindampfung realisiert werden. Unter Berücksichtigung der nicht vorhandenen Infrastruktur sollte das Zwischenprodukt anschließend in einer Fabrik verarbeitet werden, der Wasser, Energie und Transportmöglichkeiten zugänglich sind, da sonst keine Effektivität, insbesondere keine akzeptable Ausbeutung des Rohstoffes gegeben sind. Da die Sole wenig Kalium enthält, muß dieses sowieso extern in Form von Kaliumchlorid zugeführt werden. Dieser Ablauf würde die in – der Aufgabenstellung formulierten Ziele erreichen. Welche Schlußfolgerungen letztendlich gezogen wurden, ist nicht abzuschätzen.

Alkalinitrate (Sole)

In der Taklamakan-Wüste sind in den letzten Jahren umfangreiche Vorkommen an Alkalinitraten – fest und in Form von Solen – erkundet worden. So entstanden verschiedene Versuchsbetriebe wie die im Juni 2000 gegründete Anlage einige Stunden südlich von Hami. Hier wird an der zukünftigen Herstellung von Natrium- und Kaliumnitrat aus zwei unterirdischen Solen – abhängig von der Tiefe der unterirdischen Salzseen – gearbeitet. Die Lagerstätte ist schon nach jetziger Kenntnis des Projektierungsgebietes etwa 100 km² groß. Die Solen enthalten Kalium, Natrium, Nitrat und Chlorid.

Der derzeitige Salzgarten ist 140.000 m² groß.

1.Bassin: Vorkonzentration, 2.Bassin: NaCl-Kristallisation, 3.Bassin: Nitrat-Kristallisation
NaNO₃ : KNO₃ A ~ 2:1. Die Reserve wird auf etwa 30x10⁶ t geschätzt.

Generelle Aufgabenstellungen sind die weitere Erkundung der Lagerstätte, die Verbesserung der Ausbeute sowie die Erarbeitung der künftigen Verarbeitungstechnologie. Der letzte Aspekt war Gegenstand detaillierter Ausführungen meinerseits einschließlich von Vorschlägen unter besonderer Berücksichtigung des Umstandes, daß in den Becken Mischungen anfallen, die je nach Bedarf in Richtung des Kalium- oder Natriumsalzes aufgearbeitet werden sollten. Darüber lagen vor Ort keine genaueren Kenntnisse vor. Ein großes Problem stellte der Transport der nur 1 – 2 m unter der Erdoberfläche mit einer Schichtdicke von 10 – 20 m liegenden recht konzentrierten Sole dar. Es sei hier nur auf die großen Temperaturschwankungen und damit im Zusammenhang auf die Temperaturgradienten der Löslichkeit von Alkalinitraten hingewiesen. Verkrustungen – besonders schnell bei den Pumpen – sind damit vorprogrammiert. (siehe auch bei den Zufuhrinnen Bild 15).



Bild 11: Wüstenfahrt



*Bild 12:
Eindampfungsbecken*



Bild 13: Versuchsstation



Bild 14:
Eindampfbecken
Alkalinitrate



Bild 15:
Solezuführungsrinnen



Bild 16:
Mausoleum der
Uigurischen Könige in Hami

3.2 Alkalinitrate aus festen Rohsalzen

Wie schon erwähnt, befinden sich in der Wüste auch beachtliche Vorkommen an festen Nitratsalzen. *Turpan Chemical Plant* in *Shanshan Railway Station* gehört als Betrieb zu einer "Company", die als Hauptauftrag die Gewinnung und Nutzung von Rohstoffen speziell von Mineralsalzen hat. Aus dem Rohstoffbetrieb (etwa 300 km entfernt) erhält der chemische Betrieb ein mineralisches Rohsalz, dessen Hauptkomponenten Kalium- und Natriumnitrat sind. Dieses Rohsalz wird in einer doppelten Umsetzung mit importiertem Kaliumchlorid zu Kaliumnitrat und Natriumchlorid (Abfall) mit Hilfe einer einfachen chemischen und apparativen Technologie verarbeitet. Das Rohprodukt kommt in einer sehr schwankenden Zusammensetzung mit etwa 80% NaNO_3 und 20% KNO_3 in der Fabrik an.

Grundlage für den chemischen Ablauf des Prozesses ist das folgende Phasendiagramm:

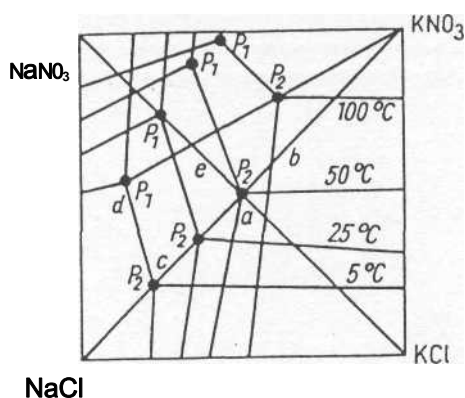


Bild 17:

Gleichgewichte im System
 $\text{NaNO}_3 + \text{KCl} \leftrightarrow \text{KNO}_3 + \text{NaCl} / \text{H}_2\text{O}$
bei verschiedenen Temperaturen

Die vorliegenden Gleichgewichtsverhältnisse erlauben, einen Kreisprozeß zur Herstellung von Kaliumnitrat aus Natriumnitrat und Kaliumchlorid mit nahezu quantitativer Ausbeute durchzuführen. Geht man von einem äquivalenten Gemisch der Ausgangsstoffe in Wasser bei 100°C aus, so zerfällt dieser Komplex in festes NaCl und die Lösung **b**. Wird das abgeschiedene NaCl abgetrennt und die Lösung **b** auf 5°C abgekühlt, so kristallisiert KNO_3 aus. Es entsteht die Lösung **c**, die nach der Abtrennung des KNO_3 zur Herstellung des neuen Komplexes **a** eingesetzt wird. Im praktischen Betrieb geht man besser vom Komplex **e** aus.

Aus der vor Ort vorgefundenen Situation und den Vorstellungen der Partner ergab sich als Aufgabenstellung u.a.

- eingehende Befahrung des Betriebes,
- Aufzeigen von Möglichkeiten zur Verbesserung des gesamten Produktionsablaufes, chemisch – technologisch-apparativ,
- Berücksichtigung der territorialen und ökonomischen Gegebenheiten, Vorschläge für eine stufenweise Entwicklung,
- Vermittlung des internationalen Standes der Kaliumnitratgewinnung
Chemie-Technologie-Qualität-Produktionshöhen-Absatz usw.,
- erste Aussagen zur Nutzung neuentdeckter Mineralsalzvorkommen
bzw. zur Aufarbeitung von Abfallprodukten früherer Produktionslinien wie z.B. Ammoniumchlorid.

Die vorhandene Technologie ist sehr einfach, die kontinuierliche Produktion – 7 Tage, 24 Std. – hatte gerade begonnen. Der Ablauf des Einsatzes war gekennzeichnet durch eine enge Verzahnung des Betriebsgeschehens mit Problemdiskussionen mit den leitenden Vertretern der "Company"

und dem Betriebspersonal. Dabei kam es bis zu Variantenvergleichen besonders zu den Löse- und Kristallisationsstufen und der Ausarbeitung für apparative Veränderungen unter Berücksichtigung der spezifischen Bedingungen wie Energie- und Wassersituation – Arbeiten in fast offenen Hallen bei stark schwankenden Temperaturen (Sommer bis 55°C, Winter bis –30°C) auch innerhalb von 24 Stunden. Da die energetischen Voraussetzungen fehlen, als Energieträger steht nur Kohle in direktem Einsatz zur Verfügung, wurde deutlich gemacht, daß von den Kenntnissen der Phasensysteme her eine Verbesserung der Qualität und eine Erhöhung der Ausbeute auf Grund der Temperaturabhängigkeit des chemischen Gleichgewichtes und der Löslichkeiten nicht gegeben ist. Diese Basiskenntnisse lagen nicht vor und waren besonders für die Betriebsleitung als Argumentationsbasis gegenüber der "Company" außerordentlich nützlich. Auch für die Salzkristallisation wurden konkrete Verfahrensvarianten und apparative Vorschläge erarbeitet.

Die nähere Perspektive des Betriebes war der Aufbau von zwei Linien:

Kaliumnitrat (technisch) und Kaliumnitrat (Düngemittel). Bei einem späteren Einsatz, in Verbindung mit einem eintägigen Arbeitsbesuch einer Entwicklungsstelle in der Oase Turpan bei der ähnliche Probleme anstanden, erfuhr ich, daß der Betrieb nach umfangreicher Rekonstruktion und technologischen Veränderungen für sein Finalprodukt Kaliumnitrat auf einer internationalen Messe ausgezeichnet worden ist.

Hier sei mir eine kleine Abschweifung gestattet. Shanshan Railway Station hat heute über 20 000 Einwohner und existiert praktisch wegen der Erdöl- und Erdgasgewinnung mitten in der Wüste. Diesem Konzern gehört das sehr moderne Städtchen mit Wohngebäuden, Schule, Krankenhaus, Hotel, Kommunikationszentrum usw. Am Rande siedeln "fliegende Händler" und andere Kleingewerbe, die die boomende Industrie angezogen hat. Die Rückfahrt von diesem Einsatz nach Urumqi erfolgte über das Zentrum der Oase Turpan mit Besichtigung der 10 km entfernten ehem. Militärstadt Jiaohe (Ruifie). Eine große Überraschung war das "Grüne Tal", eines der größten zusammenhängenden Weinbaugebiete der Welt, praktisch ohne Weinherstellung, dafür Rosinen in zahlreichen Sorten.



Bild 18:
Sanashan Railway Station,
Direktionsgebäude



Bild 19:
Sanashan Railway Station,
Krankenhaus



Bild 20:
Sanashan Railway Station,
Am Rande der neuen Stadt



Bild 21:
Emid-Moschee, Oase Turpan



Bild 22: Jiache
Oase Turpan



Bild 23: Das „Grüne Tal“
Oase Turpan

4. Einsätze in der Region Shandong

Während in der Region Xingjiang in Verbindung mit der wirtschaftlichen Entwicklung strategische und perspektivische Aufgaben im Mittelpunkt der Einsätze standen, waren es in der landwirtschaftlich, industriell und infrastrukturell wesentlich weiter entwickelten Region Shandong Probleme der weiteren Qualifizierung bestehender Betriebe.

4.1 Kaliumsulfat-Herstellung über eine Austauschreaktion

Als Beispiel für eine Salzherstellung durch Austauschreaktion, in diesem Fall auch Verdrängungsreaktion genannt, ist die Produktion von Kaliumsulfat aus Kaliumchlorid und Schwefelsäure zu nennen. Die Reaktion verläuft in zwei Stufen.

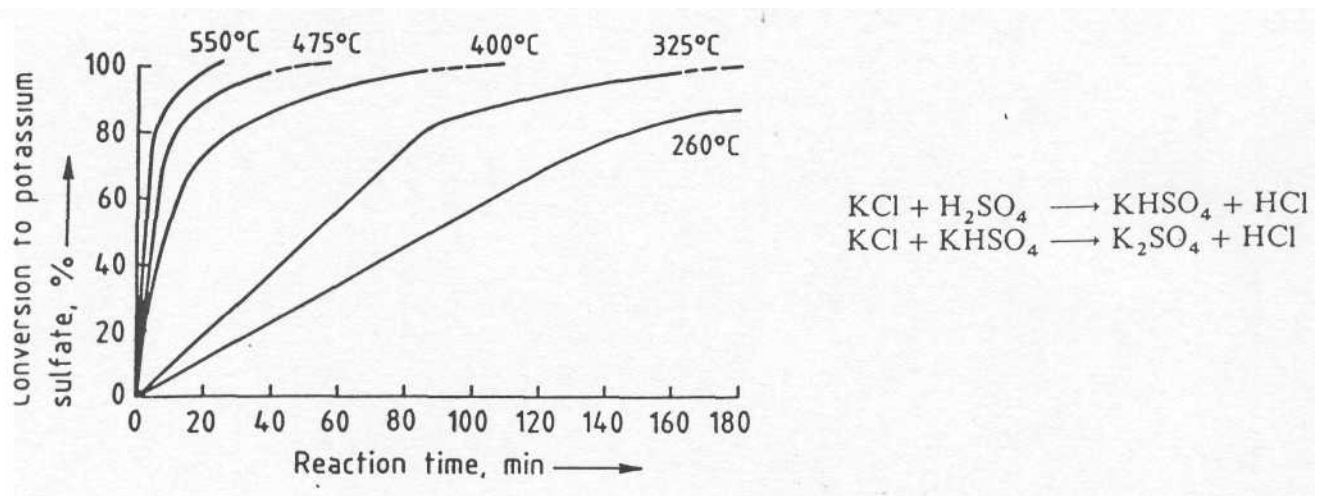


Bild 24: Reaktionsablauf und Temperaturabhängigkeit der Ausbeute bei der Umsetzung von Kaliumchlorid mit Schwefelsäure

Die erste Stufe ist exotherm, die zweite endotherm. Sie beginnt bei einer Temperatur von 260°C und erreicht die maximale Reaktionsgeschwindigkeit bei 550°C. Um ein möglichst chloridfreies Produkt zu erhalten, arbeitet man mit einem geringen Schwefelsäureüberschuß, der zum Schluß der Reaktion bei etwa 700°C abgeraucht wird.

Der gebräuchlichste Reaktor für diese Umsetzung ist der "Mannheim-Ofen", eigentlich für die Natriumsulfatherstellung konzipiert:

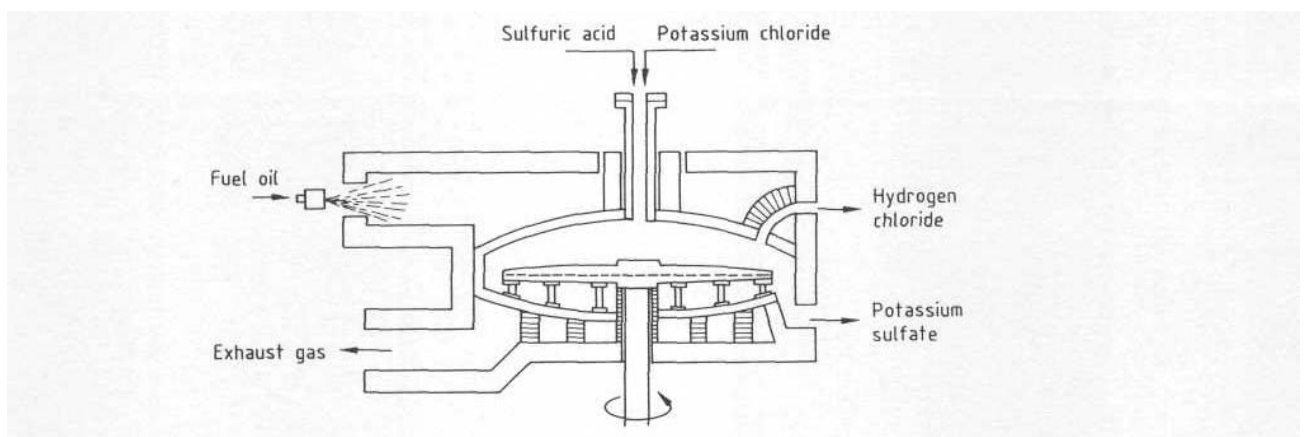


Bild 25: Schematische Darstellung eines Mannheim-Ofens

Die Firma Fuyuan Chemical Co, Ltd in Liaocheng ist ein Privatbetrieb mit etwa 300 Beschäftigten, davon etwa 20 Ingenieure und Techniker. Die Produktion konzentriert sich auf die Herstellung von Kaliumsulfat und einer 31%igen Salzsäure. Die Verkaufsprodukte entsprachen qualitativ und quantitativ weder in chemischer noch in physikalischer Hinsicht internationalen Standards. Die vorhandene Technologie deckt sich im Prinzip mit dem klassischen Mannheim-Prozeß. Die Ausgangsprodukte Kaliumchlorid (K 60) und Schwefelsäure werden angekauft, während meines Einsatzes aus Jordanien und China. Die Anlage ist chinesischer Eigenbau mit einem hohen Anteil Eigenleistungen des Betriebes und entsprach bezüglich der Reaktionsöfen und des Absorptionsteils weder seitens der eingesetzten Werkstoffe noch von den Leistungsparametern internationalem Stand. Betont werden soll, daß bei aller Einfachheit und Improvisation der Betrieb einen sehr geordneten und sauberen Eindruck machte.

Abgeleitet aus der konkreten Betriebssituation und in Abstimmung mit dem Partner resultierte als präzisierete Aufgabenstellung

- eingehende Befahrung des Betriebes
- Vermittlung des Weltstandes bei der Produktion von K_2SO_4 , unterschiedliche Rohstoffe und Verfahren, Chemie und Technologie, Wirtschaftlichkeit, Markt, Qualität und Preise
- Aufzeigen von Möglichkeiten zur Verbesserung des Produktionsablaufes – chemisch, technologisch, apparativ
- Schlußfolgerungen für die Erhöhung der chemischen Qualität der Endprodukte – Senkung des Gehaltes an Chlorid, Schwermetallen, Arsen und sog. freier Säure
- Vorschläge zur Verbesserung der physikalischen Eigenschaften der Endprodukte, Kornspektrum – damit verbunden Einführung einer Granulation, Kornstabilität, Staubfreiheit – damit verbunden Einsatz von Antitack- und Hydrophobierungsmitteln.

Der Ablauf des Einsatzes war gekennzeichnet durch eine Synthese der Arbeit vor Ort einschließlich detaillierter Informationen durch den Partner, von mir gestalteten Vorträgen und Seminaren mit allen Ingenieuren, Technikern und Managern sowie intensiven Diskussionen über Lösungsvarianten der anstehenden Probleme mit den leitenden Ingenieuren. Daraus resultierten u.a. folgende Empfehlungen:

- Verbesserter Rohstoffeinsatz; die Probleme der Verunreinigungen mit Arsen und Schwermetallen lassen sich nur durch einen Wechsel der Schwefelsäure abstellen
- Schwefelsäure aus Schwefel oder Schwefelwasserstoff statt aus Pyrit –
- oder man kann den Produzenten überzeugen, den Gehalt an As_2O_3 und Schwermetallen auf $< 5 \times 10^{-6} \text{ g/m}^3$ im Röstgas zu senken, dann ist es kein Problem, den As-Gehalt im Finalprodukt auf $< 1 \times 10^{-5} \%$ und den Schwermetallgehalt auf $< 1 \text{ ppm}$ zu senken.
- Verbesserte und kontrollierte Fahrweise der Mannheim-Öfen; so reduziert ein qualifizierteres Temperaturregime – höhere Temperaturen in der Endphase der Reaktion – deutlich den Chloridgehalt, eine genaue Dosierung der Einsatzstoffe ist dringend notwendig.
- Zerkleinerung und Neutralisation des Ofenaustrages; damit verbunden ist die Freisetzung von Chlorwasserstoff sowie die Reduzierung der sog, freien Säure durch Zusatz von Soda.

Bei Realisierung dieser Vorschläge, die im Betrieb keine zu großen Aufwendungen verlangen, kann ein Kaliumsulfat mit garantiert 50% K_2O produziert werden, was für das Mannheim-Verfahren internationalem Stand entspricht.

Als weitere Maßnahmen sind zu sehen:

- Verbesserung der physikalischen Eigenschaften durch Einführung einer Granulation mit anschließender Klassierung sowie die Anschaffung einer Einrichtung zum Aufbringen von Antitack- und Hydrophobierungsmitteln. Da von betrieblicher Seite eine Granulation mit einer rotierenden Trommel zur Diskussion steht – veranlaßt durch apparative Möglichkeiten, an sich unüblich in der Kaliindustrie –, wurde der gesamte technologische Ablauf ab Ofenaustritt bis zum fertigen Endprodukt neu konzipiert.
- Anpassung der Qualitätskontrolle an die internationalen Methoden mit detaillierter Information der Laborbelegschaft.
- Verbesserung der Qualität der Ofensteine – höhere Säurebeständigkeit und Temperaturstabilität sowie höhere Wärmeleitfähigkeit. Hier würde ein Übergang auf siliciumcarbidhaltiges Material eine weitaus höhere Stabilität sichern. Hier konnte ich freundlicherweise die reichen Erfahrungen von Herrn Prof. Dr. Hellmold, Halle/Saale, nutzen und entsprechende Produktpaletten dem chinesischen Partner nachträglich übermitteln.

Für eine mögliche Produktion von Natriumsulfat und qualitativ anspruchsvollere Produkte sowie für die Herstellung spezieller medizinischer Präparate fehlten jegliche Voraussetzungen. Solche Produkte zu erzeugen, verlangt eine völlig neue Technologie und andere Ausgangsstoffe – superreines Wasser und Reinstchemikalien, eine hochqualifizierte Analytik usw. Das kann kaum in einem Großproduktionsbetrieb der gegebenen Art realisiert werden, von den Kosten ganz zu schweigen.

Die Zusammenarbeit war vom ersten Tag an besonders in fachlicher Hinsicht voll zufriedenstellend, das Informationsbedürfnis unerschöpflich. Der Arbeitsablauf war stets durch Vorabgespräche und eine gute Organisation effektiv gesichert, wie üblich 12-14 h/Tag, allerdings ohne Sonntag. Umfangreiches Material wurde von mir zum Abschluß übergeben. Beiderseits ergab sich am Ende das Gefühl, viel bewegt und manches erreicht zu haben. Dies gilt besonders für die weitere chemisch-technologische und technisch-apparative Weiterentwicklung des Betriebes.

Ein Sonntag wurde durch eine 1100 km lange Autofahrt nach Qingdao - auf tadelloser, neuer Autobahn – zu einem besonderen Erlebnis.

Die nichtchloridische Kalidüngemittelproduktion hat in China in den letzten Jahren einen solchen Aufschwung genommen, daß die internationale Konkurrenz die Entwicklung sehr beachtet. Der in der Welt führende Produzent – die "Kali und Salz AG" in Deutschland – demonstriert diese Situation in ihren letztjährigen Jahresberichten.



Bild 26: Mannheim-Ofen-Batterie



Bild 27: Chlorwasserstoff-Absorptionsanlage



Bild 28: Lingyan-Tempel, südlich von Jinan



Bild 29: Qingdao – Deutsches Viertel

4.2 Herstellung von Salzen durch thermische und elektrochemische Oxidation

Betrachtet man die Permanganatsalze, so ist die Kaliumverbindung die mit Abstand wichtigste. Sie dient als Oxidationsmittel bei der Synthese organischer Verbindungen – etwa ein Drittel der Produktion wurde bei der Sacharinsynthese eingesetzt – als Mittel zur Desodorierung, als Antiseptikum, zum Bleichen von Wolle, Seide und anderen Fasern.

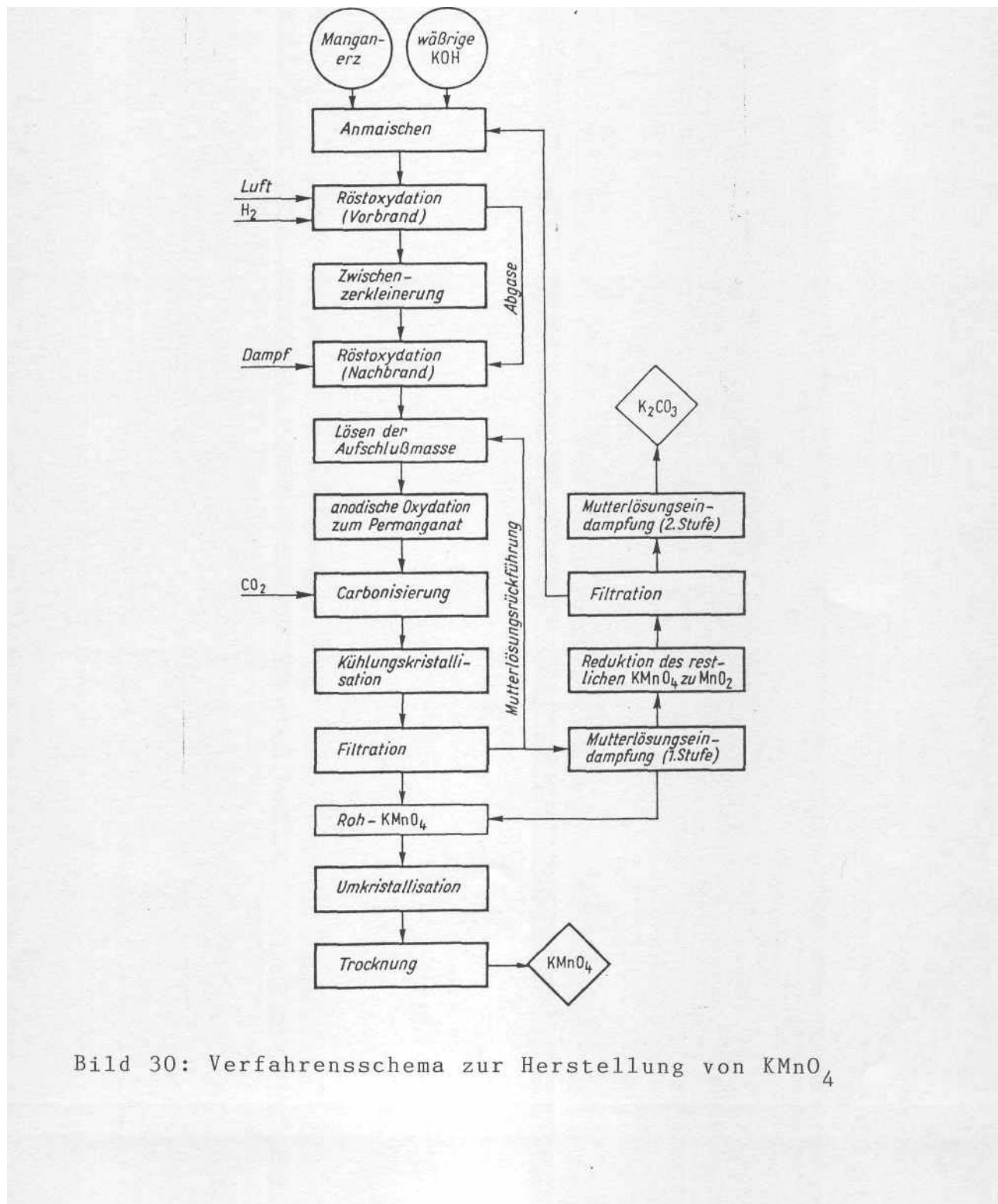


Bild 30: Verfahrensschema zur Herstellung von KMnO_4

Das Bild zeigt als Schema die Herstellung von Kaliumpermanganat. Das mangandioxidhaltige Erz wird mit Kalilauge angemischt und in innenbeheizten Drehrohrrofen einer zweistufigen Röstoxidation unter Einschaltung einer Zwischenzerkleinerung unterzogen. Der Aufschlußgrad des Mangandioxids beträgt nach dem Verlassen des zweiten Drehrohrofens etwa 90%. aus der Aufschlußmasse und rückgeführten Lösungen wird eine unfiltrierte Aufschlämmung mit etwa 200 g K_2MnO_4/l in 2n KOH- K_2CO_3 -Lösung hergestellt, die in der Elektrolysezelle der anodischen Oxidation unterworfen wird. Die Elektrolyse erfolgt bis zu einem Restgehalt an K_2MnO_4 von 20 bis 30 $g\ l^{-1}$. Dies entspricht einer 85-90%igen Umsetzung.

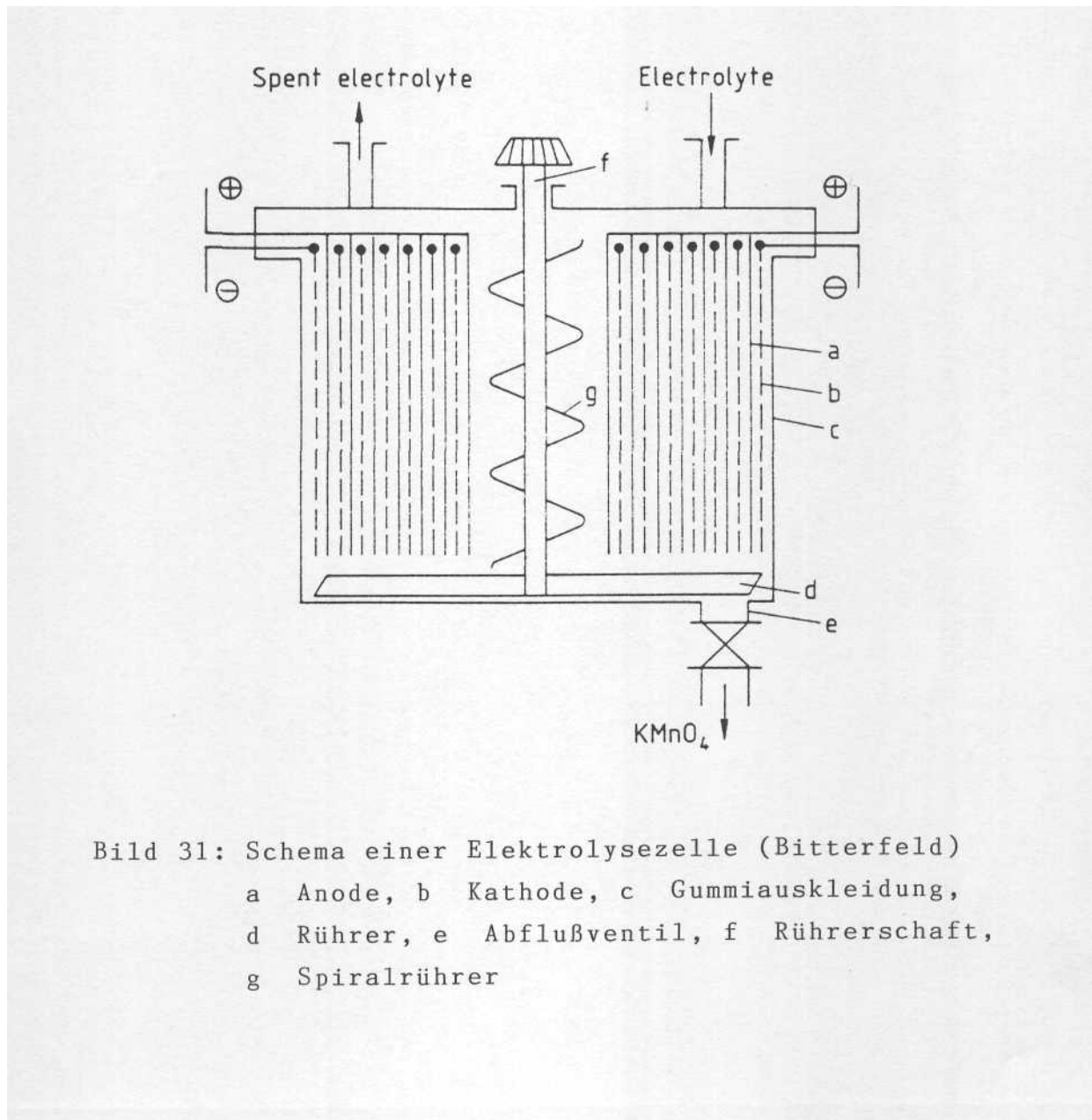


Bild 31: Schema einer Elektrolysezelle (Bitterfeld)
a Anode, b Kathode, c Gummiauskleidung,
d Rührer, e Abflußventil, f Rührerschaft,
g Spiralrührer

Das Elektrolyseprodukt wird im Absorber mit CO_2 behandelt und anschließend einer Kühlungskristallisation unterzogen. Das rohe Kaliumpermanganat wird abfiltriert und durch Umkristallisation auf einen Reinheitsgrad von 99.5-99.9% gebracht. Dieses Verfahren ist mit einem Zwangsanfall von etwa 1100 t Kaliumcarbonat (Pottasche) bezogen auf 1000 t Kaliumpermanganat verbunden. Ist dieser Zwangsanfall nicht erwünscht, muß auf die Carbonisierung verzichtet werden.

Die Zoucheng No.1 Chemical Factory ist durch zwei Produktlinien charakterisiert

- Herstellung von Kaliumhydroxid aus importiertem Kaliumchlorid nach dem Diaphragma-Verfahren sowie als Koppelprodukt Chlorwassetstoff, der zu Salzsäure bzw. Chlorkalk weiter verarbeitet wird.
- Herstellung von Kaliumpermanganat aus chinesischen Pyrolusiterzen mit zweistufiger Luftoxidation und anschließender elektrochemischer Oxidation zum Permanganat.

Die Fabrik hatte etwa 650 Beschäftigte, davon etwa 35 mit einer mittleren oder höheren Berufsausbildung.

Der Aufbau der Produktionslinien erfolgte Ende der 80iger Jahre unter Nutzung einer wenig modernen Technologie und apparativen Ausstattung. Die vor Ort qualifizierte Aufgabenstellung ließ sich in drei Punkten zusammenfassen

- Verbesserung der Kaliumpermanganat-Herstellung bei Steigerung des Nutzungsgrades des eingesetzten Erzes und des Kaliumhydroxids
- Aufzeigen von Möglichkeiten zur Produktion von weiteren Manganverbindungen aus dem Manganschlamm
- Vermittlung des internationalen Kenntnisstandes über die Kaliumhydroxid-Gewinnung nach dem Membranverfahren.

Die vorgesehenen Zielstellungen wie z.B. Erhöhung des Nutzungsgrades für Kaliumhydroxid von 80 auf 95% oder die Senkung des Mangandioxidgehaltes von 25 auf 5% waren schon vom theoretischen Ansatz her falsch und daher mit der vorhandenen Technologie nicht zu realisieren. Vor ausgewählten Ingenieuren und Chemikern wurde der heutige Weltstand der Produktlinien in etwa 30 Stunden detailliert dargelegt und mit den im Betrieb vorhandenen Gegebenheiten verglichen.

Die beiden modernsten Herstellungsverfahren für Kaliumpermanganat (USA, Deutschland) wurden ausführlich an mehreren Tagen beraten und konkrete Schlußfolgerungen für die eigene Produktion abgeleitet.

Der neuste Stand der Chlor-Alkali-Elektrolyse wurde am Beispiel der Diaphragma- und Membranverfahren einschließlich technisch-technologischer und ökonomischer Vergleiche dieser Verfahren an zwei weiteren Tagen diskutiert.

Zu diesen Aktivitäten wurden etwa 250 Seiten vorher vorbereitete Kopien der jüngsten Publikationen zu beiden Komplexen sowie über 100 technologische Schemata, Apparateskizzen usw., die in Form von Overhead-Folien als Demonstrationsmaterialien dienten, übergeben. Von diesen Dingen war relativ wenig bekannt. Gleichzeitig erhielt der Betrieb von mir die heute international gültigen Qualitätsstandards einschließlich der dazu notwendigen Untersuchungsmethoden. Hieraus ergaben sich gesonderte Beratungen über Qualitätsanforderungen sowie Hinweise bis zur Verpackung. Da der Betrieb damals den Einkauf der Rohstoffe wie den Verkauf der Endprodukte nur bedingt beeinflussen konnte, waren die Gespräche u.a. mit dem kaufmännischen Leiter weniger ersprießlich. So entsprach das für die Chlor-Alkali-Elektrolyse eingesetzte Import-Kaliumchlorid in keiner Weise einem Elektrolysesalz, so daß durch die geringeren K_2O -Gehalte und die Verunreinigungen (Tone) die Stoff- und Stromausbeuten von

vornherein nicht den Standards entsprechen konnten. Außerdem wurden die Diaphragmen zu schnell zugesetzt, was gleichfalls die Stromausbeute – neben dem öfteren Wechsel – negativ beeinflusste. Dies waren Aspekte, die die zentralen Handelsorgane beim Import nicht berücksichtigt hatten. Auch war es z.B. für die chinesische Seite unbegreiflich, daß die Produktionskapazitäten für Kaliumpermanganat und Kalilauge in der Welt um etwa 30% höher waren als die tatsächliche Produktion und daß dies durch den Bedarf auf dem Markt bestimmt wird. Hier gab es mit Sicherheit andere Vorstellungen seitens der chinesischen Kollegen über die Möglichkeiten des Experten. Er konnte der Fabrik nicht den Weltmarkt erschließen. Er konnte ihnen sagen, wie weltmarktfähige Produkte aussehen und wie man sie herstellt.

In einem weiteren Komplex erfolgte die Vorstellung möglicher Verfahren zur Erweiterung der Produktpalette, auch unter dem Gesichtspunkt der effektiveren Nutzung der eingesetzten Rohstoffe.



Bild 32: Luftoxidation der Manganerze



Bild 33: Chlorverbrennungsanlage

Dazu gehörten Chemismen und Technologien für die Herstellung weiterer Mangansalze z.B. aus dem anfallenden Schlamm, wie auch die Herstellung von Kaliumcarbonat (Pottasche) und Kaliumhydrogen-carbonat aus Kalilauge.

Abschließend wurden Vorschläge unter folgenden drei Aspekten sowohl der Betriebsleitung als auch dem Vorsitzenden des territorialen Wirtschaftsrates unterbreitet

- Maßnahmen zur Verbesserung der derzeitigen Technologien durch effektiveren Stoff-, Energie- und Apparateinsatz
- Verbesserung der physikalischen und chemischen Meß- und Kontrollmethoden, Erhöhung der technologischen Disziplin
- Schrittweise Auswechslung von Apparaturen der entscheidenden Produktionsstufen
- Langfristige Durchsetzung neuer Technologien, die dem Weltstand entsprechen.

Trotz einer 7 Tage-Woche gab es Stunden für einen punktuellen Einblick in die so geschichts- und kultureiche Landschaft um Zoucheng. So sei auch dieser Abschnitt mit einem Bild aus dem Konfuzius-Wald in Chufu abgeschlossen.



Bild 34: „Dienstfahrzeuge“ für den Ortsverkehr



Bild 35: Die Grabstelle von Konfuzius – Chufu

5. Ausblick

Die Volksrepublik China beeindruckt seit Jahren durch ein stabiles Wirtschaftswachstum. Die Wirtschaftsleistung ist gemessen am Bruttoinlandsprodukt in den letzten 25 Jahren auf das 8.5fache angewachsen, das entspricht einer durchschnittlichen Wachstumsrate von etwa 10%. Dabei hat sich die Struktur deutlich geändert. Der Anteil der Landwirtschaft sank auf ~15%, die Dienstleistungen blieben bei ~ 35% in etwa konstant und die Industrie erreichte ~ 50% am Bruttoinlandsprodukt. Diese Entwicklung gilt auch für die chemische Industrie, die sich heute als ein Hauptpfeiler der chinesischen Industrie darstellt.

Die Entwicklung der einzelnen Sparten zeigt uns der linke Teil des Bildes 36 (nächste Seite) mit der für industrialisierte Länder typischen Segmentierung: Rückgang der Basischemie – Anwachsen der hochveredelten Finalprodukte, hier deutlich gemacht an Pharmaka und Agrochemikalien.

Der starke Bedarf an Chemieprodukten hat in China in den letzten Jahren umfangreiche Auslandsinvestitionen eingeleitet, wie die vielfältigen Publikationen und Nachrichten in unseren Medien unter dem Aspekt des deutschen Engagements belegen, wobei der Erfolg von Geschäften sehr vom "gwon-shee" – dem Aufbau und der Pflege von Beziehungen – abhängt.

BASF, Degussa, Wacker, Lenzin und Akzo Nobel belegen u. a. mit ihren Aktivitäten das Gesagte. Eines der größten Petrochemie-Werke weltweit mit eigenem 180-Megawatt-Kraftwerk und Hafen am Jangtse nimmt zur Zeit in Nanjing – ~ 350 km nordwestlich von Shanghai – den Betrieb auf, 1560 Mitarbeiter stellen in 10 Anlagen 1.7 Mio t Produkte pro Jahr her. Die BASF hat bei diesem 50:50 Joint Venture 1.5 Mrd Dollar investiert. Dies ist das größte deutsch-chinesische Gemeinschaftsunternehmen in der Chemie.

Doch auch in Lehre und Forschung schreitet die Kooperation weiter voran, wie u.a. die Ausführungen des Präsidenten der Max-Planck-Gesellschaft Prof. Dr. GRUSS und des ehem. Vorsitzenden der DECHEMA Prof. Dr. FELCHT zeigen – siehe auch Bild 37.



Bild 37: Aussagen zu Forschung und Lehre

So begann die MPG schon 1974 die Zusammenarbeit mit der Chinesischen Akademie der Wissenschaften. Heute sind 10% der ausländischen Nachwuchswissenschaftler an Max-Planck-Instituten aus China. Ein Drittel aller Leitungsfunktionen an der chinesischen AdW sind mit Wissenschaftlern besetzt, die in Deutschland ausgebildet wurden. In Shanghai wird ein

Partnerinstitut mit gemeinsamer wissenschaftlicher Verantwortung aufgebaut (Schwerpunkt Biowissenschaften), um nur wenige Aspekte zu nennen.

Die 1979 begonnene Zusammenarbeit der DECHEMA mit chinesischen Einrichtungen war geprägt durch Weiterbildungskurse, Projekte und Wissenschaftlertausch. Sicher darf die ACHEMASIA, die 1989 erstmals in Beijing als Leitveranstaltung für die chemischen Prozeßindustrien, für Anlagenbauer und Technologielieferanten im asiatischen Raum – übrigens 2004 zum 6. Mal – gemeinsam veranstaltet wurde, als Höhepunkt der Kooperation angesehen werden.

Senior Expert Service führte von 1983 bis 2004 14006 ehrenamtliche Einsätze in 151 Ländern der Erde durch, davon 3389 in China und hier 794 in Shandong und 76 in Xingjiang.

Mit Sicherheit werden auch zukünftig China und zunehmend weitere Staaten in Ost- und Südostasien einen bedeutenden Platz bei den Einsatzorten deutscher Experten des SES einnehmen. Meine besten Wünsche begleiten diese in vieler Hinsicht so wirkungsvollen Aktivitäten.

Projekte in China im Auftrag des Senior Expert Service

1. Xinjiang Lithium Salts Factory, Urumqi-Xinjiang, Herstellung von LiCO_3 , LiOH , $\text{Li}(\text{met.})$ aus Spodumenkonzentraten.
1995 nicht durchgeführt
- 2.+3. Zoucheng Nr.1 Chemical Factory, Zoucheng-Shandong, Herstellung von KOH aus importierten Kaliumchlorid Herstellung von KMnO_4 aus heimischen Pyrolusiterzen
1995
4. Turpan Chemical Plant, Shanshan Railway Station - Xinjiang,
Herstellung von Kalium- und Natriumnitrat aus einheimischen Salzlagerstätten
1998
5. Chemical Plant, Laiyang-Shandong,
Herstellung von reinen Lithiumsalzen bes. Bromiden
1998 nicht durchgeführt
6. Chemical Plant Suizhou-Hubei,
Herstellung von Kaliumsulfat aus heimischen Orthoklasen ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$)
1999 nicht durchgeführt
- 7.+8. FAO of Xinjiang D'Long Co.Ltd., Urumqi-Xinjiang, Aufarbeitung natürlicher Salzlaugen
Herstellung von K_2SO_4 , KNO_3 , NaCl
2000
- 9.-11. Fujuan Chemical Company, Liaocheng-Shandong, Herstellung von Kaliumsulfat aus KCl (Import) und H_2SO_4 , (China) und Salzsäure
2000
12. Weifang Haiiao Chemical Industry Co.Ltd. Weifang-Shandong,
Herstellung von Calciumchloriden (Dihydrat, wasserfrei)
2001 nicht durchgeführt
13. Xiang-heng Salt Mine, Hengyang-Hunan,
Herstellung von $\text{Mg}(\text{OH})_2$, CaCl_2 , CaSO_4 – Whisker und Gips
2002 nicht durchgeführt

Andere Länder

Kolumbien und Honduras – Aufarbeitung natürlicher NaCl-Vorkommen (Raffination, Dotierung) –
verliefen sich im "Salze".

Abijata Soda Ash Share Company, Ziwai-Äthiopien, Produktion von Soda, Ausgangsstoff
"Salzsee" 2003

Caustic Soda Share Company, Ziwai-Äthiopien, Produktion von NaOH, elektrolytisch und
durch doppelte Umsetzung. Ausgangsstoff "Salzsee"
2003

EMISAL, Shakshuk-Fayoun, Ägypten
Produktion von NaCl, Na₂SO₄, MgSO₄ und weiteren
Verbindungen, Ausgangsstoff aus dem Lake Garun
2003/04

Diese Projekte konnten trotz abgeschlossener Vorbereitung von mir nicht mehr realisiert werden.