

## FACHDIDAKTISCHE ÜBERLEGUNGEN ZUM CHEMIEUNTERRICHT AN DER KOLLEGSTUFE EINES DEUTSCHEN GYMNASIUMS

Oberstudienrätin Gisela STARK(\*)

### I. ÜBERBLICK UND VERGLEICH DES TÜRKISCHEN SCHULSYSTEMS MIT DEM DEUTSCHEN

Die unterschiedliche Schullaufbahn türkischer und deutscher Schüler geht aus folgender Graphik hervor:

|         | Türkei |     | Deutschland |             |
|---------|--------|-----|-------------|-------------|
|         |        |     | 19j         |             |
|         |        |     | 17j         |             |
|         | 11     |     | 13          | Kollegstufe |
|         | 10     |     | 12          |             |
| Lise    | 9      |     | 11          | Müttelstufe |
|         | 8      |     | 10          |             |
|         | 7      | 14j | 9           |             |
|         | 6      |     | 8           |             |
| Orta    | 5      |     | 7           | Unterstufe  |
|         | 4      | 11j | 6           |             |
|         | 3      |     | 5           | Grundschule |
|         | 2      | 10j | 4           |             |
|         | 1      |     | 3           |             |
| İlkokul | 1      |     | 2           |             |
|         |        |     | 1           |             |
|         |        |     | 6j          |             |

Gymnasium

Schullaufbahn in der Türkei und in Deutschland

(\*) I K G Reutlingen

Türkische Schüler verlassen mit 17 Jahren das Gymnasium und finden durch eine zentrale Aufnahmeprüfung Eingang in die Universität. Dabei entscheidet die in dieser Prüfung erreichte Punktzahl darüber welches Studienfach und an welcher Fakultät sie studieren können.

Für deutsche Schüler beträgt die Schulzeit 13 Schuljahre (derzeit wird die Verkürzung auf 12 Jahre in Erwägung gezogen). Das bedeutet, daß deutsche Schüler bis zu ihrem 19. Lebensjahr ein allgemeinbildendes Gymnasium besuchen müssen, bevor sie sich dem Studium eines selbstgewählten Faches zuwenden können. In den 2 - 3 letzten Gymnasialjahren findet der Unterricht in der sogen. Kollegstufe statt, also nicht mehr in einem festen Klassenverband, sondern in Gruppen mit relativ geringer Schülerzahl (nicht mehr als 24).

Die Schüler haben nun Wahlmöglichkeiten. Sie können Fächer für die sich nicht interessieren "abwählen", d.h. nicht mehr weiter betreiben. Dafür wählen sie 2 LEISTUNGSKURSE mit je 5 Wochenstunden und 4 - 6 GRUNDKURSE mit je 3 Wochenstunden. Dabei muß mindestens 1 naturwissenschaftl. Fach (Physik, Chemie, Biologie) über 2 Semester gewählt werden. Den Abschluß der Kollegstufe bildet die Abiturprüfung, die gleichzeitig Aufnahmeprüfung für die Universität ist und grundsätzlich für jedes Studium berechtigt.

Die Schüler in der Kollegstufe sind in demselben Alter wie türkische Studenten im 1. und 2. Studienjahr. Dementsprechend müssen wir die Kollegstufe als eine Vorstufe zur Universität ansehen, in der Schüler allmählich zu selbständigem und kritischem Denken und Handeln gelangen sollten. Der in der Kollegstufe im Fach Chemie Unterrichtende muß unterschiedlichen Interessen gerecht werden: denen der speziell an Chemie interessierten Schüler, die später auch ein naturwissenschaftliches Studium anstreben und denen derer, die "nur" am allgemeinbildenden Wert dieses Faches interessiert sind.

## II. ZIELSETZUNGEN DER KOLLEGSTUFE

a) Die klassischen Zielsetzungen, wie sie etwa in Lehrplänen formuliert sind, können, stichwortartig zusammengefasst werden:

- 1) Vermittlung von Allgemeinbildung
- 2) Erziehung zur Studierfähigkeit
- 3) Vermittlung von Einsichten in Naturvorgänge und Gesetzmäßigkeiten der Natur.

Da in der Kollegstufe für manche Schüler Chemie das einzige naturwissenschaftl. Fach ist, fällt nun diesem auch die Aufgabe zu, exemplarisch in naturwissenschaftl. Denk- und Arbeitsweisen einzuführen. Dazu gehört auch ein

Einblick in die, heute mehr und mehr an Bedeutung gewinnenden physikal. und mathem. Methoden (z.B. elektron. Meßtechnik und Informatik) für die Planung und Auswertung chemischer Experimente.

b) Zu diesen treten heute neue Zielsetzungen, bedingt durch die rasante Entwicklung der naturwissenschaftl. Technik und Forschung: Es ist ganz unverzichtbar, junge Menschen in die Problemstellungen einzuführen, die sich aus der Beeinflussung der Natur durch Technik und Energiewirtschaft im positiven und im negativen Sinn ergeben.

Bei vielen Erwachsenen ist in unserer Zeit die Hoffnung auf den technischen Fortschritt einer Enttäuschung und Furcht insbesondere vor der chemischen und kernphysikal. Technik gewichen. Es gibt starke Emotionen, die in öffentlichen Diskussionen zutage treten, was dazu führt, daß diese häufig ziemlich unsachlich geführt werden.

Deshalb ist es notwendig jungen Menschen, insbesondere solchen, die später kein naturwissenschaftl. Studium anstreben, konkretes Wissen zu vermitteln über die Unentbehrlichkeit aber auch die Gefahren moderner Technologien.

Dabei müssen Themen wie: Schutz der Umwelt und des Lebens, Verantwortungsbewußter Umgang mit Rohstoff- und Energiequellen einen breiten Raum einnehmen, bezw. allgegenwärtig sein, z.B. bei der Tätigkeit im Labor.

Neben die Vermittlung von Faktenwissen muß heute die Erziehung treten zur Bereitschaft, sich selbständig und fortwährend mit neuen Fragestellungen auseinanderzusetzen.

### III. METHODISCHE ÜBERLEGUNGEN

a) Neben die Theoretische Behandlung verschiedener Problem - und Themenkreise und die entsprechenden Demonstrationsversuche treten immer mehr.

b) Schülerexperimente, die anfangs mit genauer Anleitung durch den Lehrer durchgeführt werden. Später sollen sie auch ohne detaillierte Arbeitsanweisungen selbständig geplant und ausgewertet werden. Dafür eignen sich auch besonders quantitative Untersuchungen.

c) Der Einsatz von Medien in Form von Unterrichtsfilmern, Dias, Foliensätzen für Tageslichtprojektor sind heute fast selbstverständlich, denn junge Menschen sind durch den täglichen Konsum des TV sehr an optische Reize gewöhnt.

d) Hinzu kommt die Anleitung zur Beschäftigung mit Fachliteratur, etwa zur Vorbereitung von Schülerreferaten

Zu solchen können auch aktuelle Presseberichte Anlaß sein.

e) Nach Möglichkeit werden Besichtigungen von Chemiewerken, Kraftwerken, Forschungsanstalten udgl. durchgeführt.

Erfahrungen, die Schüler außerhalb des Unterrichts machen, müssen herangezogen werden und die Schüler zum kritischen Umgang mit Werbeslogans und sensationell aufgemachten Berichten in den Medien erzogen werden.

Manche Themenkreise eignen sich für den sogen. THEMENORIENTIERTEN UNTERRICHT, der evtl. auch fächerübergreifend gestaltet werden kann, d.h. Kenntnisse aus mehreren Fachgebieten wie Geografie, Physik, Biologie, Ökologie vermittelt und zusammenfaßt.

#### **IV. DIE UNTERRICHTSEINHEIT ALUMINIUM**

als Beispiel für themenorientierten Unterricht

Gliederung der Unterrichtseinheit:

- a) Bedeutung des Aluminiums als Gebrauchsmetall.
- b) Theoretische Grundlagen der Al-Herstellung als Anwendungsbeispiel für die Elektrochemie.
- c) Technische Probleme bei der Schmelzelektrolyse:
- d) Möglichkeit des Recyclings.
- e) Besichtigung eines Aluminiumwerks.

##### **a) Die Bedeutung des Al als Gebrauchsmetall**

Al ist den Schülern aus ihrem täglichen Erfahrungsbereich bekannt als Leichtmetall zur Herstellung von Haushaltsgegenständen, von Verpackungsmaterial und als Bestandteil viel verwendeter Legierungen usw.

Auch sind Schüler durchaus daran gewöhnt, Al-Abfälle getrennt zu sammeln, um sie dem Recycling zuzuführen.

Diese Kenntnisse werden im Unterricht ergänzt durch konkretes Zahlenmaterial über Produktion und Produktionszunahme im Vergleich mit anderen Gebrauchsmetallen, sowie die Anwendungsgebiete von Al.

dabei wird als wichtige Tatsache herausgestellt, daß heute schon ca. 25 % des verarbeiteten Al aus recyceltem Material stammen. Im folgenden werden die besonderen Eigenschaften des Al zusammengestellt, die seine Bedeutung als Gebrauchsmaterial ausmachen: geringe Dichte, leichte Verformbarkeit, el. Leitfähigkeit, Nicht-Toxizität, sowie insbesondere die Korrosionsbeständigkeit, die im Widerspruch zu seinem unedlen Charakter steht, aber durch die Ausbildung einer Schutzschicht von Al-oxid erklärt werden kann.

## Graphik 2

### Weltverbrauch verschiedener Metalle (1988)

|           |             |
|-----------|-------------|
| Eisen     | : 490 Mio t |
| Aluminium | : 19 Mio t  |
| Kupfer    | : 9,5 Mio t |

### Eigenschaften von Al

|                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| Dichte                | = 2,7 g/cm <sup>3</sup> |
| FP                    | = 660°C                 |
| Normalpotential $E_0$ | = -1,67V                |

### im Vergleich mit Fe

|                       |
|-----------------------|
| 7,89g/cm <sup>3</sup> |
| 1538°C                |
| -0,44V                |

trotzdem korrosionsbeständig!

Daten für  $Al_2O_3$  Im

Vergleich mit  $Fe_2O_3$

Bildungsenthalpie

$\Delta H = -1671$  KJ/Mol

$\Delta H = - 822$  KJ/Mol

FP = 2045°C

FP Erniedrigung in einem Gemisch

$Al_2O_3/Na_3AlF_6$  auf 950°C

Diese Eigenschaften können zum Teil in Schülerversuchen untersucht werden. Eindrucksvoll ist auch als Demonstrationsversuch die Reaktion des sogenannten Thermitgemischs, bestehend aus Eisenoxid und Al-Pulver, bei der die extrem hohe Bildungswärme des  $Al_2O_3$  deutlich beobachtet werden kann.

## b) THEORETISCHE GRUNDLAGEN DER AL-HERSTELLUNG

Hier bietet sich für die Schüler die Gelegenheit, ihre bei dem zuvor behandelten Thema Elektrochemie erworbenen Kenntnisse über Redoxreaktionen, Potentialdifferenzen und Abscheidungspotentiale auf ein praktisches Beispiel anzuwenden.

Man geht aus von der Tatsache, daß Al in der Erdkruste mit 8 % das häufigst vorkommende Metall ist, daß es aber wegen seines unedlen Charakters ausschließlich in Form von Verbindungen bzw. als Bauxit ( $Al_2O_3$ ) vorkommt. Aus diesen muß es durch Reduktion gewonnen werden.

Anhand der elektrochemischen Spannungsreihe wird mit den Schülern das Problem diskutiert, daß die Reduktion weder durch Wasserstoff noch durch Kohlenstoff (wegen der Bildung von  $Al_4C_3$ ) möglich ist und deshalb durch Elektrolyse erfolgen muß. Weiterhin wird besprochen, warum die Elektrolyse einer wässrigen Lösung eines Al-Salzes nicht in Frage kommt (Wegen des sehr niedrigen Normalpotentials des Al würde an der Kathode Wasserstoff abgeschieden werden). Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, Al-oxid durch die sogenannte Schmelzflußelektrolyse zu zerlegen.

**Graphik 3**




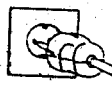


| (Auswahl)<br>Industriezweig   | Anteil am Gesamt-<br>Aluminium-<br>Verbrauch (in %) | Lebensdauer<br>(Jahre) | Anteil<br>des Recycling<br>(in %) |
|---|---|------------------------|-----------------------------------|
| <br>Verkehr          | 25 - 30   | 10                     | 50-75                             |
| <br>Bauwesen         | 18-22   | 10-30                  | 50-70                             |
| <br>Verpackung       | 10-12   | 1                      | 3-20                              |
| <br>Electrotechnik  | 8-10  | 10-30                  | 60-70                             |
| <br>Haushaltswaren | 6-9   | 4-12                   | 25-30                             |
| <br>Maschinenbau   | 6-9   | 10                     | 50-70                             |

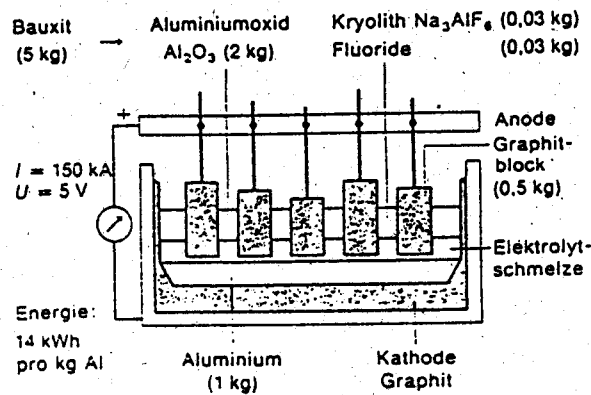
Abb. 1: Verwendung des Aluminiums in Westeuropa

### c) Technische Probleme bei der Schmelzflußelektrolyse

Betrachtet man die Daten für des Al-oxid, so zeigt sich, daß die extrem hohe Schmelztemperatur von 2045°C einen sehr hohen Energieaufwand erfordern würde.

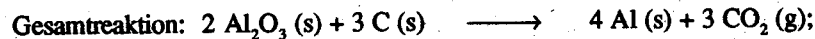
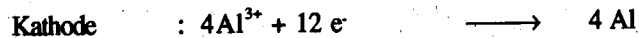
Dieses Problem läßt sich dadurch lösen, daß ein Gemisch aus Al-oxid und Kryolith  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  elektrolysiert wird, wodurch die Schmelztemperatur auf ca. 950°C erniedrigt werden kann.

Die Elektrolyse erfolgt in einer Wanne, die mit feuerfestem Material ausgekleidet ist, mit Kohle als Elektrodenmaterial bei einer Spannung von 5V. Die Stromstärke ist dabei 200 000 Amp. Dadurch entsteht eine so starke Erwärmung des Gemischs, daß keine weitere Heizung notwendig ist.



! Herstellung von Aluminium (Verbrauchswerte für 1 kg)

#### Elektrodenvorgänge:



Hierbei bietet sich wieder eine Gelegenheit, mit den Schülern das Problem zu diskutieren, auf welche Weise die Abscheidung von Na an der Kathode und F an der Anode vermieden wird.

Historisch interessant ist dabei, daß dieses Verfahren schon 1886 entdeckt wurde (Hall; Heroult) und seitdem nur wenig verändert bis heute angewandt wird.

#### d) Recycling, Warum?

Zu dieser Frage können Schüler selbst Diskussionsbeiträge liefern. Hierzu muß evtl. folgendes ergänzt werden: Zwar würden die Bauxitvorkommen nach dem

heutigen Bedarf gerechnet noch etwa 150 - 200 Jahre reichen, jedoch ist der Energie und Materialverbrauch bei der Schmelzelektrolyse enorm hoch.

Für die Herstellung von 1t Al werden gebraucht

4-5 t Bauxit bzw. 2 t Al-oxid

50 kg Kryolith

500 kg Elektrodenkohle!

Stromverbrauch 14000 kWh

das bedeutet: ein Aluminiumwerk mit einer Jahresproduktion von 85000 t hat denselben Energiebedarf wie eine mittlere Großstadt.

Beim Recycling fallen nur etwa 5 % dieser Energiekosten an.

Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt ist die Umweltbelastung; diese entsteht durch die Emission von Fluor und Fluorwasserstoff bei der Schmelzelektrolyse - hier muß darauf hingewiesen werden, daß es erst seit 1986 strenge Vorschriften zur Abgasreinigung gibt.

Außerdem fällt bei der unerläßlichen Vorreinigung des Bauxits stark eisenhaltiger Klärschlamm an, der lange Zeit auf Sondermülldeponien gelagert wurde.

Auch das Recycling-Verfahren kann in Schülerversuchen nachvollzogen werden.

d) Zum Abschluß der Unterrichtseinheit kann ein Aluminiumwerk besichtigt werden oder, falls dies nicht möglich ist, ein Unterrichtsfilm über die großtechnischen Prozesse gezeigt werden.

### Literatur

1. Vorbemerkungen zum Lehrplan an Gymnasien in Baden - Württemberg
2. Nöding - Flohr: Methodik, Didaktik und Praxis des Chemie-Unterrichts
3. Becker-Glückner u.a. Fachdidaktik Chemie
4. Flörke-Wolff Kursthemen Chemie Bd. 3
5. Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie Heft 37/1988, Heft 6/1991