MICHAEL WENTZEL & ALEXANDER ROTTHUES (Paul-Ehrlich-Schule, Frankfurt a.M.)

„Gute“ Praxis bei der Umsetzung des Lernfeldkonzeptes

Abstract

Aus unserer Unterrichtspraxis wollen wir 2 Beispiele für arbeitsorientiertes bzw. handlungsorientiertes Lernen vorstellen. Die hier besprochenen Unterrichtssequenzen wurden in verschiedenen Chemikantenklassen entwickelt. Das erste Beispiel ist eine Unterrichtssequenz zur Zerkleinerung von Stoffen (LF02), beim zweiten Beispiel handelt es sich um ein Stationenlernen zum Ansetzen einer Natronlauge (LF01 – 04). Im Folgenden wollen wir keine theoretischen Abhandlungen voranstellen (siehe einschlägige Literatur), sondern uns auf die Beschreibung der genannten Beispiele beschränken. Wichtig für uns war das Auffinden und Gestalten einer angemessenen Lernsituation, in der die Schülerinnen und Schüler mit den Aufgabenstellungen zurechtkommen und trotzdem gefordert werden.

1 Lernsituation 1

1.1 Lernvoraussetzungen zur Lernsituation 1

Die Schülerinnen und Schüler kennen die Beanspruchungsarten (Druck, Schlag, Prall, …), und wissen, wodurch ein Feingutkegel entsteht. Sie wissen, dass die Zerkleinerungsarbeit mit sinkendem Korndurchmesser und abnehmender Kerbstellendichte stark zunimmt und die Feingutanteile für die vollständige Zerkleinerung abgetrennt werden müssen. Die dazugehörigen Apparate und Trennprinzipien kennen sie allerdings noch nicht. Vor der eigentlichen Lernsituation (90 min) wurden die Bewertungskriterien für eine Gruppenarbeit mit anschließender Präsentation mit den Lernenden zusammen festgelegt.

1.2 Lernsituation 1: Zerkleinern von Stoffen am Beispiel der Titandioxidherstellung (1. Halbjahr, Grundstufe)

Durch die Art der Aufgabenstellung und die vorgefertigten Informationstexte berücksichtigt unser erstes Beispiel in besonderem Maße, dass sich die Schülerinnen und Schüler im ersten Halbjahr befinden. Einerseits müssen sie ihren Platz in der Klassengemeinschaft erst noch finden, andererseits sollen sie zu einer eigenständigen Arbeitstätigkeit kommen. Der Unterrichtseinstieg (10 min) erfolgt anhand des gewählten Anwendungsbeispiels der Titandioxidherstellung. Dazu führt die Lehrkraft mit Hilfe einer animierten Powerpointpräsentation (Auszug in Abbildung 1) in die Lernsituation ein. Die Lernenden erfahren hier nicht nur, was sie in den nächsten 90 Minuten erwartet, sondern können die Inhalte bereits in einen größeren Rahmen einordnen bzw. bekommen einen Anwendungsbezug. Gleichzeitig werden sie in den Gesamtprozess eingeführt: Erzabbau, Erzzerkleinerung mit Klassieren des Feingutes, Sortieren des Gemenges durch Magnetsortieren und Flotation, 2 schrittige Stoffumwandlung von

$FeTiO_3$ zu TiO_2 durch Aufschluss mit H_2SO_4, anschließender Hydrolyse zu $TiO(OH)_2$ und abschließender Behandlung im Drehrohrofen zu TiO_2 (Abbildung 1).

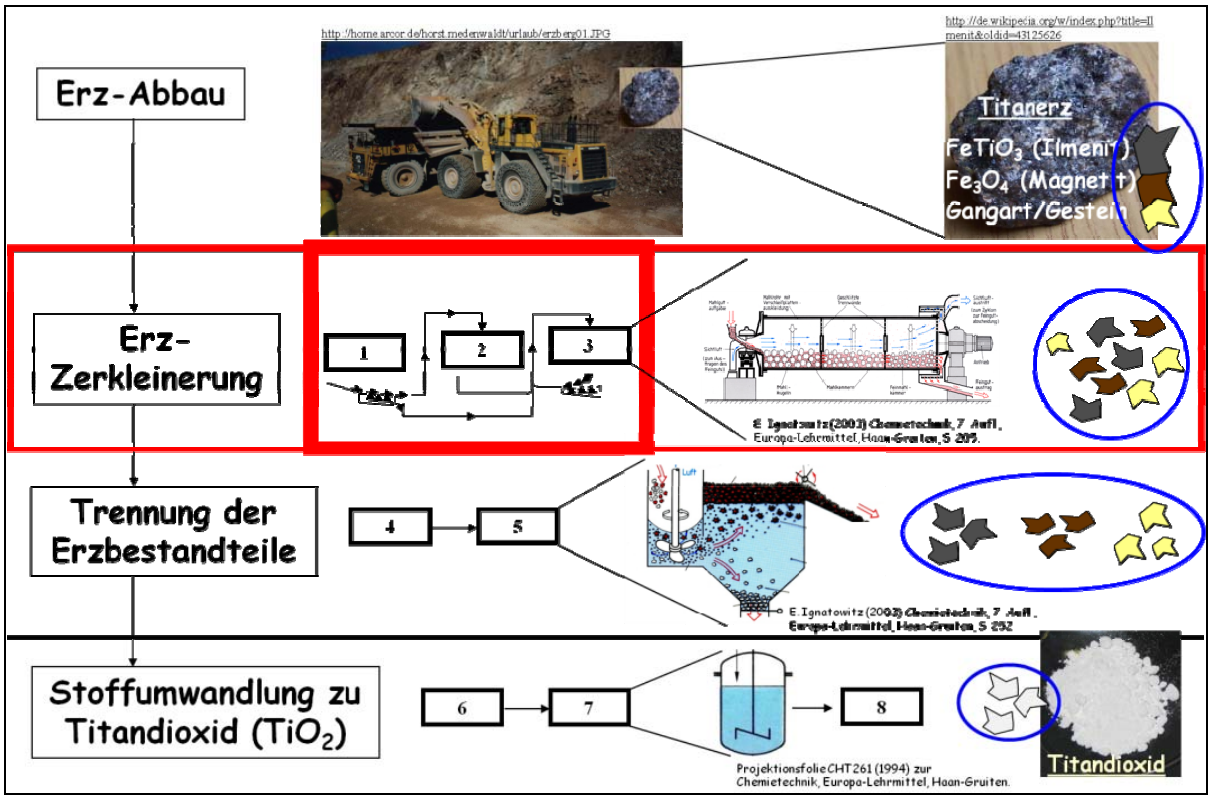

Abb. 1: Mehrschrittige Aufbereitung des Titanerzes zum Titandioxid. Heute werden nur die Zerkleinerungsmaschinen betrachtet (doppelt rot umrahmt). Die Gemische (blaue Kreise) werden auch schematisch dargestellt (Modellbildung).

Während des Vortrages erkennen die Lernenden Folgendes:

- TiO_2 ist ein ungiftiges Pigment, das in vielen auch pharmazeutischen Produkten Verwendung findet (Anknüpfen an Bekanntes, Gegenwartsbezug)
- Die TiO_2-Herstellung ist ein mehrstufiger Prozess
- Das Erz wird in mehreren Stufen zerkleinert, klassiert und sortiert
- Die bereits erlernten Begriffe zu den Stoffgemischen (festes Sol, Gemenge etc.) finden hier Anwendung (Verzahnung der Unterrichtseinheiten bzw. Wiederholung und Vernetzung der Begrifflichkeiten)
- Dieser Prozess wird auch in den Unterrichtseinheiten zum Klassieren und Sortieren auftauchen

- Wir behandeln heute ausschließlich eine Auswahl von 10 Zerkleinerungsmaschinen und schauen, welche für die betrachtete Erzzerkleinerung geeignet sind (inhaltliche Begrenzung)

Folgende Zerkleinerungsmaschinen werden von den Schülern behandelt:

Gruppe 1: Backenbrecher, Walzenbrecher

Gruppe 2: Kegelbrecher, Hammerbrecher

Gruppe 3: Schwerkraftwälzmühle, Fliehkraftwälzmühle

Gruppe 4: Federkraftwälzmühle, Federkraftkugelwälzmühle

Gruppe 5: Strahlmühle und Kugelmühle

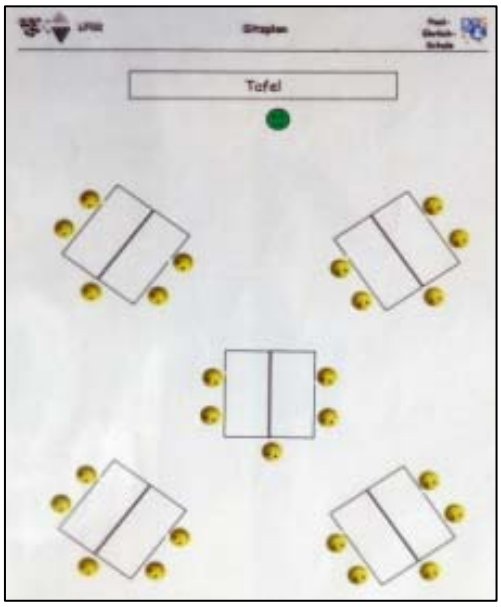

Abb. 2: Folie, zur Tischordnung während der Gruppenarbeit. Die Schüler orientieren sich an dieser Vorlage, sodass sie alle auch an die Tafel schauen können.

Nach der inhaltlichen Einführung treten die Schülerinnen und Schüler in Gruppen ($n \leq 4$) in die Informationsphase ein. In der Informationsphase (ca. 30 min) bekommt jede Schülerin und jeder Schüler die gleichen Arbeitsunterlagen, auch wenn jede Gruppe jeweils nur 2 Zerkleinerungsmaschinen bearbeiten wird. Während dieser Arbeitsphase erarbeitet die jeweilige Gruppe anhand ihrer beiden unvollständigen Zeichnungen[1] (Abbildung 3) und mit Hilfe des Informationsmaterials die Funktionsweise ihrer Maschinen. Mit Hilfe der Informationstexte (Abbildung 4) lassen sich alle Fragen zu den Zerkleinerungsmaschinen klären bzw. die Lücken in den unvollständigen Zeichnungen füllen. Ihre Erkenntnisse, also wo wird zerklei-

[1] Diese zu beschriftenden Zeichnungen wurden u.a. mit Hilfe der Abbildungen aus unserem Schulbuch Chemietechnik (E. IGNATOWITZ (2003) Chemietechnik, 7. Aufl., Europa-Lehrmittel, Haan-Gruiten.) erstellt, das alle Auszubildenden besitzen, in diesem Unterricht allerdings nicht benutzen dürfen.

nert, durch welche Beanspruchungsart wird zerkleinert, wie lässt sich der Zerkleinerungsgrad beeinflussen, welcher Verschleiß wird auftauchen und lässt sich die betrachtete Maschine für unser Anwendungsbeispiel einsetzen etc., fixieren die Lernenden auf ihren eigenen Unterlagen. Das Informationsmaterial wurde von der Lehrkraft ausgearbeitet oder zumindest entsprechend redigiert (wie hier geschehen). Solche Texte haben den Vorteil, dass sie kurz gehalten werden können, alle nötigen Informationen für alle behandelten Maschinen gleichermaßen enthalten und für Schüler verwirrende oder unvollständige bzw. umständliche Textpassagen vermeiden.

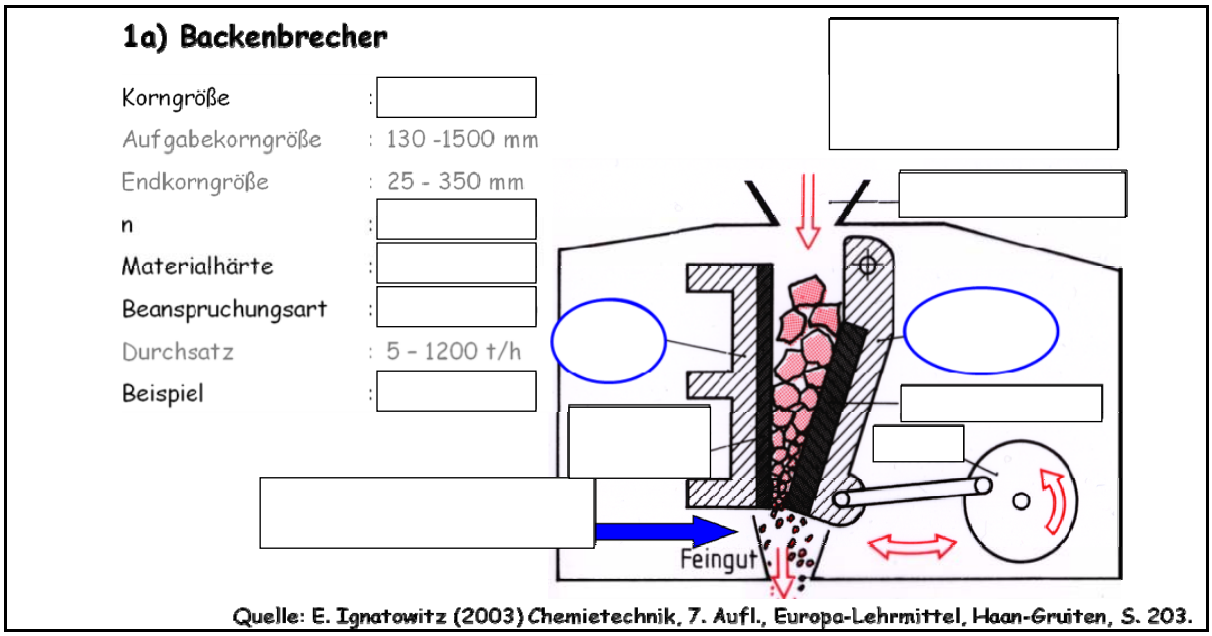

Abb. 3: Unvollständige Zeichnung eines Backenbrechers.

Backenbrecher

Der Backenbrecher besitzt eine feststehende und eine bewegliche Backe (jeweils mit Verschleißbelägen versehen), die den Spalt zwischen den Backen abwechselnd vergrößert und verkleinert. Dadurch werden die zu zerkleinernden Brocken zwischen den Backen unter Druckbelastung gesetzt und zerkleinert. Beim Zurückgehen der beweglichen Backe fällt das zerkleinerte Material unten heraus, die großen Brocken rutschen tiefer zwischen die Backen, wodurch auch eine Schlagbelastung vorliegt. Das noch nicht zerkleinerte Material wird beim nächsten Zugehen der Backe zerpresst. Von oben rutscht das Zerkleinerungsgut nach. Durch Verstellen der offenen Spaltbreite und der Backenfrequenz kann die Korngröße und die Durchsatzmenge verändert werden.

Walzenbrecher

Walzenbrecher bestehen ...

Abb. 4: Auszug aus dem Informationsmaterial zu den Zerkleinerungsmaschinen.

Zur Vorbereitung auf die Präsentationsphase übertragen die Gruppen ihre Ergebnisse auf eine entsprechende Folie. Schnelle Schülerinnen und Schüler können sich in dieser Phase über weitere Zerkleinerungsmaschinen informieren, ihren Gruppenmitgliedern helfen, die Präsentation vorbereiten oder eruieren, welche Kombination von Zerkleinerungsmaschinen für die Titanerzzerkleinerung vermutlich geeignet ist. Wichtig ist auch, den Lernenden klar zu machen, dass eine gute Präsentation von der Diskussion mit den Mitschülern lebt (Abbildung 5) und hier der Ergebnissicherung dient.

1.3 Präsentationsphase und Bewertung zur Titandioxidherstellung

In der Präsentationsphase (5-10 min pro Gruppe) erklärt die jeweilige Gruppe ihre beiden Zerkleinerungsmaschinen. Das Vortragen der Inhalte ist für die Lernenden durchaus aufregend und erfordert eine gewisse Übung und Gelassenheit. Da sie sich in dieser Situation fachlich sicher fühlen (angemessene Aufgabenstellung), können sie sich meistens von ihren Notizen lösen und frei sprechen. Die zuhörenden Gruppen diskutieren mit, auftretende Fragen werden geklärt und abschließend ergänzen alle Schülerinnen und Schüler, ihre „unvollständigen“ Unterlagen. Auf diese Weise wird eine Ergebnissicherung möglich, durch die alle Lernenden inhaltsgleiche Unterlagen, die auch im Folgeunterricht weiter verwendet werden können, erstellen. In der Präsentationsphase gibt die Lehrkraft ergänzende Impulse, z.B. bezüglich der Vor- und Nachteile einzelner Zerkleinerungsmaschinen. Auch kann sie eine ins Stocken geratene Diskussion wieder beleben und Falsches korrigieren bzw. Richtiges lobend erwähnen. Handlungsprodukt sind die erstellten Unterlagen und eine nun folgende Einschätzung der Lernenden, welche der Zerkleinerungsmaschinen wohl für die Titanerzzerkleinerung geeignet ist und in welcher Reihenfolge die Maschinen kombiniert werden müssen.

Bewertungskriterien für die Kurzpräsentationen (TiO_2)

	1	2	3	4	%
•Freier Vortrag					15
•Jeder ist informiert und beteiligt sich					20
•Gr.mitgl. unterstützen sich gegenseitig					10
•Angaben sind richtig					25
•Präsentation ist lesbar					10
•Kommunikation mit der Klasse					15
•Arbeitsunterlagen					5

Abb. 5: Bewertungskriterien und deren Gewichtung. Die leere Zeile dient für ergänzende Bemerkungen, vor allem wenn sich eine Schülerin bzw. ein Schüler besonders engagiert bzw. keine Sachkenntnisse erlangt hat.

In einem Abschlussgespräch (5 – 10 min) wird inhaltlich festgehalten, was die Klasse heute gelernt hat. In der Zusammenfassung sollten auch die Vortragsstile, die Gruppendynamik, die Richtigkeit der Angaben diskutiert und bewertet werden. Prinzipiell wird jede Gruppe als Team bewertet (Abbildung 5). Ausnahmen kann es geben, wenn sich Schülerinnen oder Schüler dem Arbeitsprozess verweigern (siehe freie Zeile für individuelle Noten). Abschließend kann man zu solchen Gesprächen sagen, dass ihre Güte sehr stark von der Kommunikationsfähigkeit (mit) der Klasse abhängt. Allerdings liegt hier auch ein sehr großes Potenzial, den Schülerinnen und Schülern die Inhalte und den Sinn des gerade geleisteten Unterrichtes noch einmal klar werden zu lassen.

2 Lernsituation 2

2.1 Lernvoraussetzungen zur Lernsituation 2

Die Schülerinnen und Schüler haben das erste Ausbildungsjahr absolviert (LF01 - LF04). Sie sollten schon einiges Fachwissen angehäuft haben und sich im Unterricht gegenseitig unterstützen können. Das Stationenlernen dient hier zur Vertiefung der bereits erarbeiteten Inhalte und dauert etwa 4 mal 90 min.

2.2 Lernsituation 1: Stationenlernen zum Ansetzen einer Natronlauge (3. Halbjahr, 1. Fachstufe)

Unser zweites Beispiel ist geeignet für Klassen, die weitestgehend die Lernfeldinhalte des ersten Ausbildungsjahres vermittelt bekommen haben. Der Unterrichtseinstieg erfolgt anhand folgender Einführung in die Lernsituation:

> Zur Reinigung des Rohbauxits wird heiße Natronlauge benötigt. Rüsten Sie vorhandene Rührkessel für die Produktion der Natronlauge aus Natriumhydroxid so um, dass alle produktionsrelevanten und sicherheitstechnischen Bedingungen erfüllt sind.

Die genaueren Anforderungen für eine Problemlösung werden in einem Brainstorming gemeinsam mit den Lernenden gefunden. Sie geben Vorschläge ab (Abbildung 6), wie die Teilanlage aufgebaut sein soll, z.B. an welcher Stelle das Natriumhydroxid gelöst und an welcher Stelle es erwärmt wird etc. Auch ergründen sie, was eventuell für die Umrüstung der Anlagenteile noch zu beachten ist: Z. B. müssen weitere Kompensatoren in die Wärmeträgerleitung eingebaut werden, muss das Heizmittel ersetzt werden oder sind neue Dichtungen etc. nötig. Die vorläufigen Ergebnisse werden an der Tafel fixiert. Es bilden sich Stationen (Lernaufgaben) heraus, die folgendermaßen aussehen können:

Station 1: Ansetzen der Natronlauge und Auswahl des Rührbehälters

> Chemische Beständigkeit des Werkstoffes, Auswahlkriterien für den Rührer, Ansatz berechnen, persönliche Schutzausrüstung

Station 2: Dimensionierung der Zuleitung zum Rührbehälter und Ausrüstung dieser Zuleitung mit einem Durchflussmessgerät

Rührbehälterrüstzeit, chemische Beständigkeit der Werkstoffe und Dichtungen beachten, Rohrdurchmesser und Durchflussmessgerät auswählen (Umgang mit Tabellenbuch!)

Station 3: Ausrüstung der Wärmeträgerleitung mit Kompensatoren

Anzahl der benötigten Kompensatoren, Abstimmungsprozess bezüglich der Bauform und der Werkstoffauswahl, Sicherheit beim Öffnen der Leitung

Station 4: Vergleichende Betrachtung der verschiedenen Kompensatorbauformen

Vor- und Nachteile (Druckbeständigkeit, Druckverlust etc.), welche Werkstoffe sind denkbar

Station 5: Erstellen eines Verfahrensfließschemas

Dokumentieren der Planung und Ausführung

Station 6: Sicherstellung der Arbeitssicherheit

Erkennen von giftigen Substanzen und Schutz der eigenen Gesundheit etc.

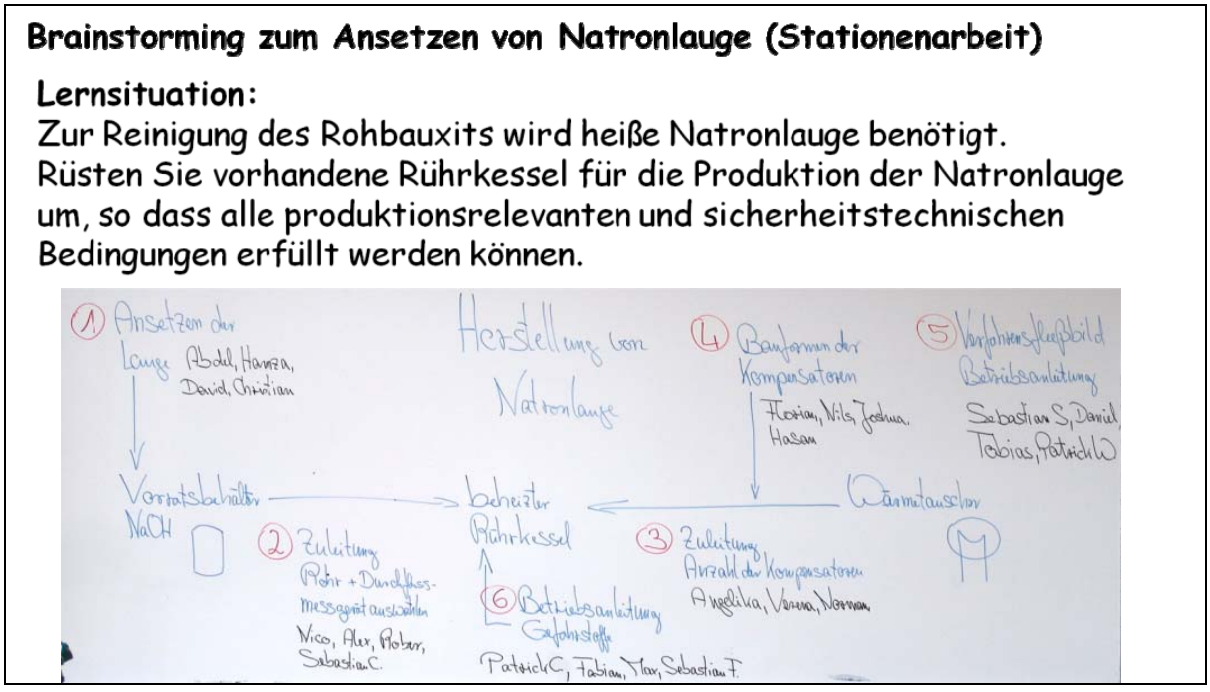

Abb. 6: Tafelbild zum Brainstorming.

Nach dem Brainstorming arbeiten die Lernenden in Gruppen ($n \leq 4$) und treten in die Phase der Informationsbeschaffung ein. Leistungsstarke Klassen können jetzt weitgehend selbsttätig arbeiten. Da die Berücksichtigung der Ausgangslage eine der wichtigsten Voraussetzungen für einen erfolgreichen Unterricht ist, entschieden wir uns allerdings – ausgehend von dem Brainstorming – Leitfragen für jede Station zu entwerfen. Art und Weise dieser Leitfragen können ebenfalls von der jeweiligen Klasse abhängig gemacht werden. Auch lassen sich durch die Leitfragen manche Gruppen stärker fordern als andere (innere Differenzierung).

Wir entschieden uns für dieses Vorgehen, da bei mangelnder Kompetenz bzw. fehlendem Engagement, den Handlungsprodukten meist der Tiefgang fehlt. Selbst Gruppen, die arbeiten wollen, kommen oft zu mangelhaften oder falschen Ergebnissen, die sehr demotivierend für die Schülerinnen und Schüler sein können. Wenn aber die Lernsituation etwas eingegrenzt wird, gibt es weniger Verständnis- und Motivationsprobleme, und die Lernenden werden durch ihre Fehlleistungen nicht so stark gebremst, dass sie nicht weiter arbeiten wollen. Außerdem kennen wir ja das Berufsbild des Chemikanten/der Chemikantin und wissen, dass die Planung einer Anlage nie von einem „Azubi-Team“ alleine ausgehen würde, sondern die Chemikanten definierte Aufgabenstellungen im Rahmen einer Anlagenauslegung bekommen. Handlungsprodukt ist in jedem Fall ein Ergebnisvortrag unterstützt durch eine selbst entworfene Powerpointpräsentation.

Gruppe 2

Dimensionierung der Zuleitung mit Ausrüstung eines Durchflussmessgerätes

Ausgangssituation:

Dimensionieren Sie die Zuleitung vom Vorratsbehälter (Gruppe 1) zum beheizbaren Rührkessel und statten Sie die Leitung mit einem geeigneten Durchflussmessgerät aus. Die Rüstzeit zum Füllen des Rührkessels beträgt t = 30 min. In dieser Zeit sollen V = 6 m³ Lauge eingefüllt werden.

Fragen, die zur Problemlösung zu klären sind:

1. Sie haben 2 beheizbare Rührkessel zur Auswahl. Die Werkstoffnummern lauten: 1.4301 und 2.4816.
   Um welche Werkstoffe handelt es sich und welchen werden Sie einsetzen?
2. Der Kessel soll innerhalb von t = 30 min befüllt werden können (V =6 m³). Welchen Innendurchmesser des Rohres wählen Sie, wenn Sie von typischen Fließgeschwindigkeiten von v = 1 – 3 m/s ausgehen.
3. Wählen Sie einen geeigneten Rohrdurchmesser aus (DIN EN ISO 6708 und DIN 2402).
4. Welchen Werkstoff wählen Sie für die Zuleitung?
5. …

Abb. 7: Exemplarische Leitfragen, hier für Gruppe 2.

In der Informationsphase erhalten die Lernenden neben den Leitfragen (Abbildung 7) Fach- und Schulbücher, eine CD-Sammlung zu verfahrenstechnischen Produkten und einen PC mit Internetzugang. Die Lernenden suchen selbsttätig alle benötigten Informationen zur Problemlösung zusammen und bereiten eine entsprechende Powerpointpräsentation vor. Als günstig hat sich erwiesen, jeder Gruppe nur einen PC bzw. Laptop zu geben, da die Lernenden auf diese Weise sehr viel weniger ihre privaten Aktivitäten im Internet verfolgen und so in angemessener Zeit ihre Aufgaben bewältigen können. Im Idealfall können sie auch auf ihre Unterlagen aus dem ersten Ausbildungsjahr zurückgreifen, da viele der geforderten Fachkompetenzen ihnen bekannt sind. Sie müssen hier in den Anwendungszusammenhang gebracht werden und außerdem müssen Entscheidungen getroffen bzw. Abstimmungsprozesse durchgeführt werden. Aufgrund der großen Schülerzahlen innerhalb einer Klasse kann es sehr hilf-

reich sein, eine zweite Lehrkraft einzusetzen, die die Arbeitsprozesse der Lernenden angemessen mit begleitet. Während der Informationsphase ist die Lehrkraft präsent, motiviert, gibt Impulse und klärt mit den Schülern ab, ob sie weitere Materialien benötigen. Nach Fertigstellung der Präsentationen ist u. U. eine gemeinsame Korrektur nötig. Diese sollte nicht zu Hause am PC erfolgen, sondern im Beisein der Lernenden auf einem Ausdruck der Präsentation, da sonst die Korrekturen unwirksam bleiben und sich die Schülerinnen und Schüler möglicherweise nicht mehr mit Ihrem Handlungsprodukt identifizieren.

2.3 Präsentationsphase

Die Präsentationen werden von der jeweiligen Gruppe den Mitschülern vorgetragen. Die Gruppe ist als Einheit für das Gelingen verantwortlich. Die zuhörenden Lernenden treten in die Diskussion ein und der Lehrer kann, falls nötig, den einen oder anderen Impuls geben. Als Ergebnissicherung werden die Powerpointfolien verteilt. Diese Art der Ergebnissicherung scheint möglich, da die grundlegenden und auch systematisierten Inhalte schon im ersten Ausbildungsjahr von den Lernenden erarbeitet wurden und dieses Stationenlernen als eine Art Wiederholung und Vertiefung angesehen werden kann.

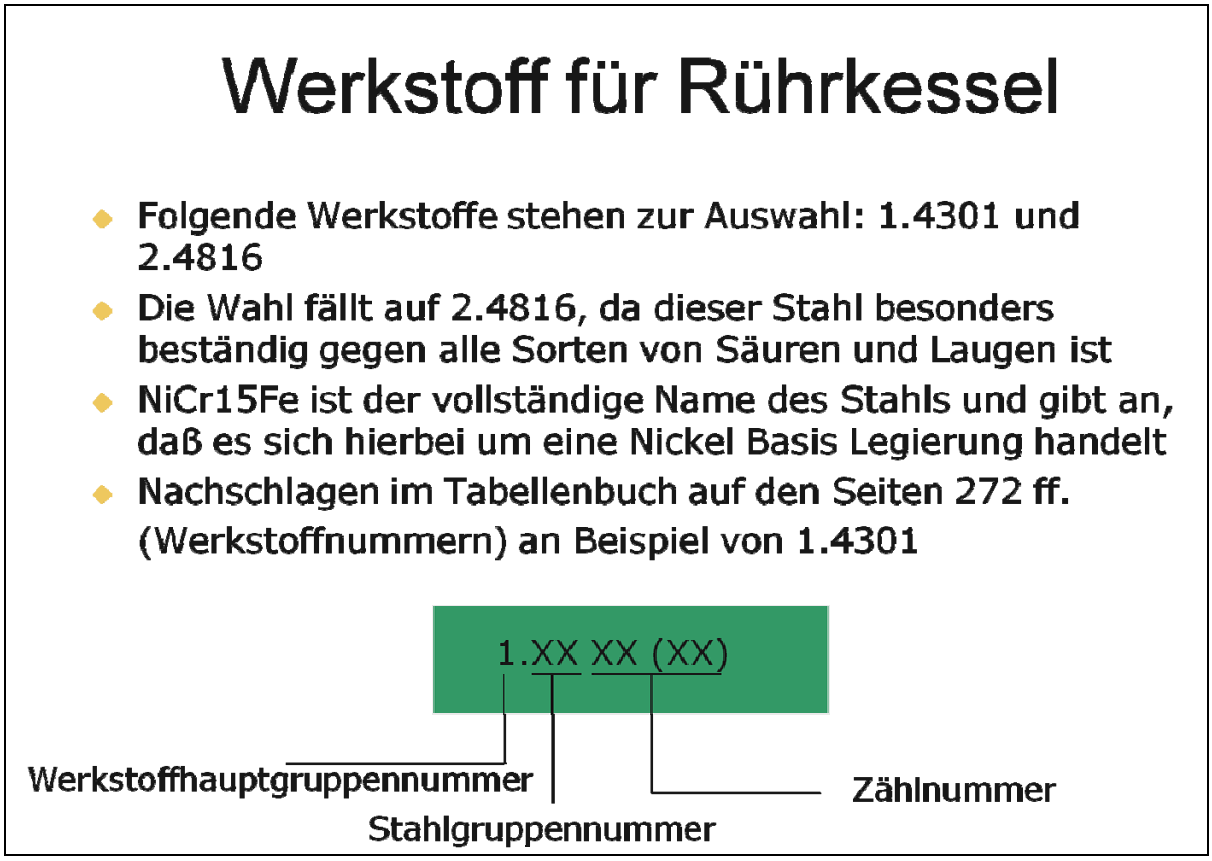

Abb. 8: Eine Folie des Handlungsproduktes der 2. Gruppe (exemplarisch).

Die Bewertung erfolgt wie oben für Lernsituation 1 beschrieben. Allerdings werden die Bewertungskriterien für das fachliche wie auch methodische Engagement der Lernenden sehr viel verbindlicher angelegt sein, wie im ersten Lehrjahr.

3 Zusammenfassung der beiden Lernsituationen

Die beiden vorgestellten Unterrichtskonzepte werden von den Schülerinnen und Schülern sehr gut angenommen. Sie sind mit den Aufgaben und mit sich zufrieden, da sie sich nicht überfordert fühlen und die Inhalte berufsrelevant sind. Für das Stationenlernen gilt das nur dann, wenn man die Ausgangslage der Lerngruppe beachtet und möglicherweise Leitfragen erstellt. Denn bei komplexeren Aufgaben sind die Schüler oft überfordert, es kommt zu vielen Fehlinterpretationen bzw. Ungenauigkeiten, die die Schülerarbeit dauerhaft blockieren. In beiden Lernsituationen beschaffen sich die Lernenden ihr Fachwissen selbsttätig, ihr Teamgeist und ihre Präsentationstechniken werden gefördert und sie haben nach Abschluss der Unterrichtseinheit Unterlagen, mit denen sie weiterhin arbeiten können. Der Schwierigkeitsgrad ist natürlich im Stationenlernen zur Natronlauge größer, besonders wenn man die Leitfragen weglassen kann. Die Ergebnisse des Stationenlernens werden von den Lernenden daher auch stolz präsentiert. Beide Lernsituationen stellen klar den Berufsbezug her und lassen den Schülern Spielraum für ihr eigenes Engagement. Absprachen mit dem Lehrerkollegium können vor allem beim vorgestellten Stationenlernen hilfreich sein. Die beiden besprochenen Lernsituationen, so unterschiedlich sie auch sein mögen, haben neben der Akkumulation von Wissen und der Erweiterung der Methodenkompetenz immer die Vernetzung von Wissen zum Ziel.