

Inhalt

1.	Einführung	13
1.1	Die Situation unserer Umwelt	13
1.2	Umwelterziehung im Chemieunterricht	13
1.3	Inhalt und Aufbau des Buches	15
1.4	Zur Arbeitssicherheit und zum Umgang mit Chemikalien	15
2.	Zur Methodik des umweltbezogenen Chemieunterrichts	17
2.1	Unterricht in Umweltchemie ist überall möglich und wichtig	17
2.2	Umweltbezüge sind zu jedem Thema des Chemieunterrichts denkbar und notwendig	17
2.2.1	<i>Alternative A:</i> Traditioneller Chemieunterricht anhand von Beispielen aus der Umweltchemie	18
2.2.2	<i>Alternative B:</i> Umweltbezogener Chemieunterricht	20
2.3	Versuche spielen in der Umweltchemie eine wichtige Rolle	21
2.4	Umweltchemie in der außerschulischen Erwachsenenbildung	22
3.	Die bedrohte Umwelt – ein Überblick	25
3.1	Viele Stoffe sind umweltbelastend	25
3.2	Wie umweltschädigende Stoffe entstehen	27
3.3	Strategien zur Vermeidung von Umweltschäden	29
3.3.1	Schadstoffarme Technologien	30
3.3.2	Verzicht auf die Produktion eines Stoffes	32
3.3.3	Recycling	32
3.3.4	Entsorgung	36
3.3.5	Resümee	37
3.4	Zur Thermodynamik der Umweltprobleme	38
3.4.1	Abwärme ist unvermeidlich	38
3.4.2	Auch Stoffe besitzen eine energetische Komponente	39
3.4.3	Die Entropie beschreibt auch das Chaos eines Müllhaufens	40
3.4.4	Die Aussage des 2. Hauptsatzes läßt keinen Optimismus zu	40
3.5	Größenangaben in der Umweltchemie	41

4. Luftverschmutzung und Luftreinhaltung	43	4.8 PVC – sehr praktisch, aber folgenreich	114
4.1 Stickoxide wirken auch in kleinsten Konzentrationen	44	4.9 Dioxine und Dibenzofurane – seit Seveso zu trauriger Berühmtheit gelangt	116
4.1.1 Was ist NO _x ?	44	4.9.1 Dioxine gehören zu den stärksten Giften, die wir kennen	117
4.1.2 Nachweis von NO _x	46	4.9.2 Dioxine und Dibenzofurane bilden sich bei Verbrennungs- prozessen	117
4.1.3 NO _x bildet sich bei allen Verbrennungsvorgängen	48	4.9.3 Dioxine als Nebenprodukte chemischer Verfahren	119
4.1.4 Die chemischen Reaktionen in der Atmosphäre sind sehr komplex	50	4.9.4 Die Entsorgung von dioxinhaltigen Abfällen	120
4.1.5 Die Wirkung von NO _x	52	4.10 Die Chemie der belasteten Atmosphäre	121
4.1.6 Die NO _x -Emission läßt sich durch Entstickung verringern	53	4.10.1 Das Flußdiagramm des atmosphärischen Stoffwechsels ..	121
4.2 Schwefelwasserstoff – giftiger als Blausäure	58	4.10.2 Luftverschmutzungen führen häufig zu Saurem Regen ..	123
4.2.1 Schwefelwasserstoff entsteht durch Abbau von Schwefel- verbindungen	58	5. Schwermetalle – technisch wichtig, aber leider giftig ..	127
4.2.2 Die Emission von Schwefelwasserstoff ist besonders unan- genehm	59	5.1 Schwermetalle haben viele gemeinsame Eigenschaften ..	127
4.2.3 Schwefelwasserstoff ist eine Umweltchemikalie mit vielfäl- tigen Wirkungen	60	5.1.1 Schwermetalle werden überall verwendet	127
4.3 Wo der Teufel ist, riecht es nach Schwefel(-dioxid)	65	5.1.2 Schwermetalle reichern sich in der Umwelt immer mehr an ..	130
4.3.1 Schwefeldioxid ist chemisch sehr reaktiv und schädigt des- halb die Umwelt	65	5.1.3 Die Giftwirkung von Schwermetallen beruht auf Sulfid- und Komplexbildung	131
4.3.2 Woher das Schwefeldioxid in der Umwelt stammt	70	5.1.4 Nicht alle Schwermetalle sind giftig	134
4.3.3 Primärmaßnahmen – Verhinderung der Emission von Schwefeldioxid	72	5.1.5 Schwermetalle und Proteine reagieren nicht alle gleich ..	135
4.3.4 Sekundärmaßnahmen – Entschwefelung der Abgase	76	5.1.6 Ufersedimente sind besonders schwermetallhaltig	138
4.4 Kohlenmonoxid und Kohlendioxid	80	5.2 Blei – häufig verwandt, in seiner Wirkung verkannt	140
4.4.1 Kohlenmonoxid ist giftig und schädigt die Umwelt	80	5.2.1 Bleivergiftungen haben Tradition	140
4.4.2 Das Auto – der Hauptproduzent von Kohlenmonoxid ..	84	5.2.2 Auf verbleites Benzin kann verzichtet werden, nicht aber auf Bleiakumulatoren	140
4.4.3 Auch Kohlendioxid ist nicht umweltneutral	86	5.3 Cadmium ist sehr selten, aber dabei sehr begehrt	143
4.5 Formaldehyd – eine viel verwendete, aber auch problema- tische Chemikalie	88	5.3.1 Cadmium ist aus der Technik nicht mehr wegzudenken ..	143
4.5.1 Formaldehyd hat viele Gesichter	88	5.3.2 Cadmium und seine Verbindungen sind toxisch	143
4.5.2 Formaldehyd ist toxisch	91	5.3.3 Anwendungen von Cadmium	146
4.5.3 Formaldehyd läßt sich leicht nachweisen	95	5.3.4 Der Ni/Cd-Akkumulator	148
4.5.4 Formaldehyd ist in der Umwelt weit verbreitet	97	5.3.5 Alternativen für den Ni/Cd-Akkumulator gibt es nur begrenzt	152
4.5.5 Zum Fernhalten von Formaldehyd sind Primärmaßnahmen notwendig	102	5.3.6 Für Cadmium gibt es eine ausgefeilte Recyclingtechnik ..	154
4.6 Fluorierte Chlorkohlenwasserstoffe – FCKWs	102	5.4 Quecksilberdampf ist überall	156
4.6.1 FCKWs – Stoffe ohne besondere Eigenschaften	102	5.4.1 Vielfältige Eigenschaften machen das Metall so interessant ..	157
4.6.2 FCKWs – verantwortlich für den Ozonabbau?	105	5.4.2 Quecksilberhaltige Batterien haben ein besonders stabiles Potential	158
4.6.3 Abhilfe ist möglich	108	5.4.3 Quecksilbersulfid ist weniger stabil, als man glaubt	160
4.7 Sind aromatische Verbindungen krebserzeugend?	109	6. Schadstoffarme Technologien gibt es schon länger ...	162
4.7.1 Aromaten sind weit verbreitet	109	6.1 Die Sodafabrikation – ein klassisches Beispiel	162
4.7.2 Manche Aromaten sind gefährlich	112	6.1.1 Wozu Soda gebraucht wird	162

6.1.2	Das <i>Leblanc</i> -Verfahren – eine übelriechende Geschichte	162	7.5.2	Die Verwendung von Altpapier ist nicht unbeschränkt	231
6.1.3	Das <i>Solvay</i> -Verfahren – eine saubere Sache	164	7.6	Recycling von Bleiakкумуляtoren	233
6.2	Die Synthese von Phenol – Beispiel der Entwicklung einer schadstoffarmen Technologie	166	7.6.1	Im Akkumulator gibt es zwei Sorten Blei	233
6.2.1	Die herkömmliche Synthese	166	7.6.2	Bleiverbindungen sind zuckerlöslich	233
6.2.2	Die <i>Hocksche</i> Phenolsynthese ist umweltschonend	169	8.	Die Reinigung von Abwässern	239
6.3	Umweltschonende Aufbereitung von Kupfererzen	171	8.1	Das Wasserproblem im Überblick	239
6.3.1	Das klassische Verfahren zur Kupfergewinnung ist umweltbelastend	172	8.1.1	Der Zustand der Gewässer ist besorgniserregend	239
6.3.2	Die hydrometallurgische (naßchemische) Aufarbeitung von Kupfererzen ist umweltschonender	174	8.1.2	Wasser ist leichter verschmutzt als gereinigt	241
6.4	Ester lassen sich auch ohne Abfall herstellen	179	8.2	Abwasser aus Galvanisierbetrieben – giftig und eine lohnende Rohstoffquelle	245
6.4.1	Das klassische Verfahren der Veresterung	180	8.2.1	Für die Aufbereitung galvanischer Abwässer gibt es triftige Gründe	246
6.4.2	Saure Ionenaustauscher als Veresterungskatalysatoren	183	8.2.2	Die Verfahren zur Aufbereitung galvanischer Abwässer sind von Fall zu Fall verschieden	247
6.5	Regenerative Rohstoffe wachsen nach	185	8.2.3	Rückgewinnung von Nickel und Kupfer	249
6.5.1	Ist der Übergang von der Petrochemie zur »Pflanzenchemie« in Sicht?	185	8.2.4	Rückgewinnung von Cadmium	252
6.5.2	Cellulose ist für den Menschen unverdaulich, aber dennoch von Nutzen	186	8.2.5	Rückgewinnung von Chrom	254
6.5.3	Fette sind nicht nur zum Essen da	188	8.3	Gewinnung von Phenolen aus Kokereiabwässern	256
6.5.4	Orangenschalen – für den Müll zu schade	194	8.3.1	Durch Extraktion werden Kokereiabwässer nahezu phenolfrei	256
7.	Exemplarische Recyclingverfahren	196	8.3.2	Die restlose Entfernung von Phenolen ist erforderlich	258
7.1	Auch altes Fritierfett ist ein wertvoller Rohstoff	196	8.4	Düngemittel – Fluch oder Segen?	260
7.1.1	Fette altern rasch	196	8.4.1	Nitrate und Phosphate schaden den Gewässern	260
7.1.2	Das Recycling von Fetten lohnt sich	198	8.4.2	Nitrat im Trinkwasser hilft nur den Blumen, die man damit gießt	262
7.2	Gebrauchte Motorenöle werden zu Frischöl aufgearbeitet	201	8.4.3	Phosphat – lebensnotwendig, aber bei zu hohen Konzentrationen umweltschädigend	266
7.2.1	Auch dem Öl sieht man das Altern an	201	8.4.4	Wie kann man Wasser von Nitraten und Phosphaten befreien?	268
7.2.2	Auch Recycling ist nicht immer gänzlich umweltfreundlich	202	8.5	Waschmittel machen Wäsche sauber, aber das Wasser schmutzig	272
7.3	Aus Kunststoffabfällen entstehen neue Wertstoffe	205	8.5.1	Was in Waschmitteln enthalten ist	272
7.3.1	Thermoplastenabfälle lassen sich umschmelzen	206	8.5.2	Warum sind Waschmittel für Gewässer schädlich?	277
7.3.2	Manche Kunststoffmoleküle kann man zerlegen und wieder neu verknüpfen	208	8.6	Geklärtetes Wasser muß klar sein	280
7.3.3	Viele Polyester sind verseifbar	213	8.6.1	Von der echten Lösung zur Suspension	280
7.4	Mit Lösemitteln soll man sparsam umgehen	215	8.6.2	Durch Flockung wird trübes Wasser klar	281
7.4.1	Lösemittel auf Schritt und Tritt	215	8.7	Durch Oxidation werden die letzten Schadstoffe beseitigt	284
7.4.2	Lösemittel belasten die Umwelt	221	8.7.1	Chlor wirkt desinfizierend, aber es stinkt auch	285
7.4.3	Rückgewinnung von Lösemitteln	223	8.7.2	Wasserstoffperoxid – ein vielfältiges und umweltfreundliches Oxidationsmittel	286
7.4.4	Entfernung von Lösemitteln aus der Luft	226			
7.5	Aus Altpapier entsteht Schreibpapier	230			
7.5.1	Die Herstellung von Recycling-Papier spart Material, Wasser und Energie	230			

9. Umweltbewußtsein beginnt zu Hause und in der Schule oder: Was Hänschen nicht lernt...	291
9.1 Chemie im Haushalt	291
9.1.1 Der Haushalt – ein Lager gefährlicher Chemikalien	291
9.1.2 Chemische Zusatzstoffe in Lebensmitteln	295
9.1.3 Weichmacher in Kunststoffen – notwendig, aber umstritten	296
9.2 Umweltbewußtes Verhalten in der Schule	299
9.2.1 Das Arbeiten mit gefährlichen Stoffen läßt sich einschränken	299
9.2.2 Viele Chemieabfälle lassen sich weiterverarbeiten	303
9.2.3 Entsorgung bedeutet nicht, sich aller Sorgen zu entledigen	306
9.3 Das Auto – ein fahrender Katalog von Umweltthemen	307
Versuchsverzeichnis	310
Stichwortverzeichnis	314
Liste der verwendeten Gefahrstoffe	317

1. Einführung

1.1 Die Situation unserer Umwelt

Die Entwicklungen der letzten 200 Jahre in Forschung und Technik haben der Menschheit Fortschritte gebracht, die vorhergehende Generationen als bloße Utopie abgetan hätten. Der Blick auf die Erfolge bewirkte allerdings, daß man sich in der Vergangenheit mit negativen Auswirkungen des Fortschritts kaum befaßte. So wurden Verschmutzungen von Boden, Wasser und Luft zwar in ihrem steigenden Umfang registriert und sogar als Preis für den Fortschritt in Kauf genommen, langfristige Auswirkungen jedoch nicht bedacht. Auch wurden potentielle Gefahrenquellen überhaupt nicht als solche erkannt. So untersuchte man das äußerst cancerogene Vinylchlorid noch in den fünfziger Jahren auf seine Verwendbarkeit als Narkosemittel. Erst als Umweltschädigungen wie das Waldsterben nicht mehr zu übersehen waren, ist man sich mehr und mehr der Gefahren bewußt geworden, die von der Verschmutzung der Umwelt ausgehen. Dabei sind die auftretenden Probleme nicht mehr regional begrenzt, sie sind keine »Schönheitsfehler« einer ansonsten intakten Umwelt!

Das Erkennen von Schadstoffen und ihren Wirkungen, das Vermeiden weiterer Verschmutzungen sowie die Beseitigung von Altlasten sind damit wesentliche neue Aufgaben von Forschung und Technik geworden. Aber nicht nur Wissenschaftler und Techniker müssen sich diesen Problemen zuwenden. Betroffen ist dabei jeder Einzelne, und das sogar in zweierlei Hinsicht: Einmal muß er unter den negativen Auswirkungen von Umweltverschmutzungen leiden, zum anderen ist es auch seine Aufgabe, durch entsprechendes Verhalten weitere Schäden zu vermeiden.

Zwar registrieren die meisten Mitbürger die großen Umweltkatastrophen der letzten Zeit, zeigen aber weitgehend eine affektive Sättigung gegenüber dieser Thematik. Die Gründe könnten einmal darin liegen, daß man gerne die Augen vor diesen allgegenwärtigen Problemen verschließen möchte, um den Lebensstandard nicht reduzieren zu müssen. Andere Gründe liegen aber auch im Gefühl von Ohnmacht und Ausweglosigkeit.

1.2 Umwelterziehung im Chemieunterricht

Es ist offensichtlich, daß sich in der gegenwärtigen Situation auch die Schule der Umwelterziehung zuwenden muß. Hier bieten besonders die naturwissenschaftlichen sowie die sozialwissenschaftlichen Unterrichts-