

Georg Kerschensteiner Schule  
Müllheim (Baden)

# Untersuchung von Buchenholzasche



vorgelegt von

Daniel und Florian Kromer

**schüler**



experimentieren 2003

2<sup>nd</sup> Edition 2008 by Stefan Müller and Otto Schäfer

**30 Jahre**  
**jugend**  **forscht**  
an der Georg-Kerschensteiner Schule **1978-2008**  
Technisches Gymnasium Müllheim

# Untersuchung von Buchenholzasche

|   |    |
|---|----|
| 1.) Einleitung.....   | 3  |
| 2.) Hauptteil.....  | 3  |
| I. Wieso ist die Zusammensetzung von Holzasche von Interesse ?..... | 3  |
| II. Methoden zur Trennung der Bestandteile.....                     | 4  |
| 1.) Extraktion mit Wasser.....                                      | 4  |
| 2.) Extraktion mit Säuren.....                                      | 5  |
| III. Methoden zur Identifizierung der Bestandteile.....             | 5  |
| 1.) Flammenfärbung.....   | 5  |
| 2.) Nachweisreagenzien.....   | 5  |
| 3.) pH-Messung.....   | 5  |
| 4.) Kristallformen.....   | 6  |
| 3.) Praktischer Teil.....   | 6  |
| 1.) Extraktion mit Hilfe des Soxhlet'schen Apparates.....           | 6  |
| 2.) Analyse der Stoffe.....   | 7  |
| 3.) Kristallzüchtung.....   | 8  |
| 4.) Synthese von Kaliumsulfat.....                                  | 8  |
| 5.) Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen der Kristalle.....     | 9  |
| 4.) Schlußfolgerung aus unseren Versuchen.....                      | 10 |

## 1.) Einleitung

Anfang des Schuljahres 2001/2002 sagte unsere Mutter, die Sekretärin in der Georg-Kerschensteiner-Schule ist, ob wir Lust hätten, beim Wettbewerb „Schülerexperimentieren“ mitzumachen. Da wir Lust hatten, sind wir Samstags in die Schule zu Herrn Schäfer gegangen. Wir wollten herausfinden, welche Stoffe in Buchenholzasche vorkommen.

## 2.) Hauptteil

### I. Wieso ist die Zusammensetzung von Holzasche von Interesse ?

Zur Einsparung von Heizöl und Erdgas werden heute mehr und mehr Kachelöfen in Wohnhäuser eingebaut. Diese werden vornehmlich mit luftgetrocknetem Holz betrieben. In waldreichen Gegenden – wie hier im Schwarzwald, werden auch Holzschnitzelheizwerke betrieben, die ganze Stadtteile mit Wärme versorgen.



Abb. 1 Holzchnitzelheizwerk in Müllheim

Im Gegensatz zur Öl- und Gasheizung, bei deren Betrieb nur gasförmige Stoffe entstehen, bleibt bei der Verbrennung von Holz ein lockerer, fester Rückstand übrig, der als Asche bezeichnet wird. Zwar ist der Ascheanteil nicht sehr groß, aber bei den enormen Mengen an Brennholz summieren sich auch kleine Aschemengen. In den meisten Haushalten wird diese über den Restmüll entsorgt. Die Kenntnis der Zusammensetzung der Holzasche ist aus folgenden Gründen von Interesse.

- Ist mit Problemen bei der Entsorgung in größerem Stil zu rechnen ?
- Kann man vielleicht – ohne größeren Aufwand – brauchbare Stoffe aus der Asche gewinnen ?

## II. Methoden zur Trennung der Bestandteile

### 1.) Extraktion mit Wasser

Das einfachste, billigste und ungefährlichste Mittel Substanzgemische zu trennen ist Wasser. Wir alle nutzen diese Fähigkeit jeden Tag bereits beim Frühstück. Heißes Wasser löst einen Teil aus den gerösteten und gemahlene Kaffeebohnen heraus. Nach der Filtration können wir den wässrigen Extrakt trinken. Genauso verhält es sich bei einem Teebeutel. Aus Zuckerrohr oder Zuckerrüben wird der wasserlösliche Zucker auf ähnliche Weise gewonnen. Es zeigt sich, dass diese Methode auch im Fall der Holzascheuntersuchung erfolgreich ist. Um eine erschöpfende Extraktion zu gewährleisten, bedient man sich eines Soxhlet'schen Apparats (Abb. 2)

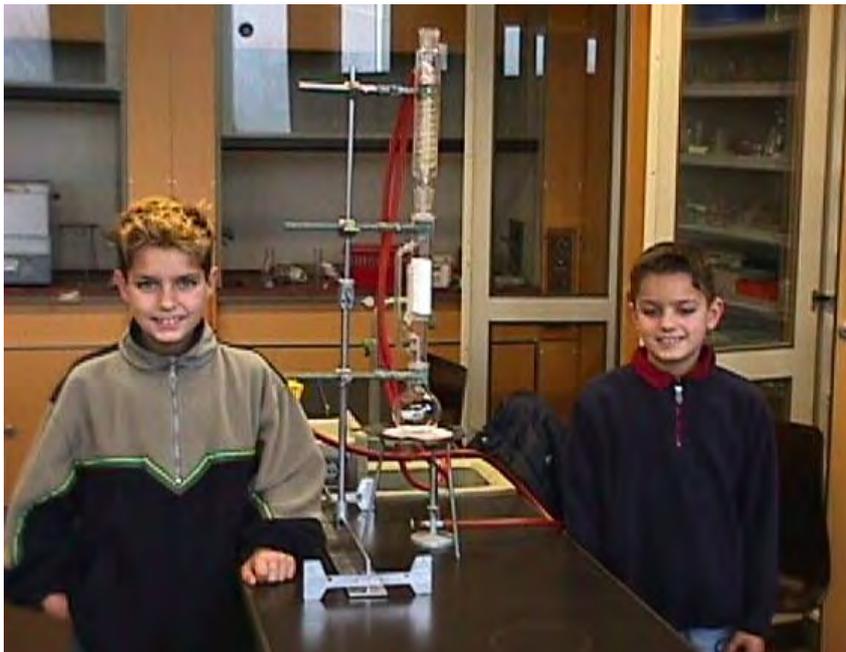


Abb. 2 Extraktion der Asche mit dem Soxhlet'schen Apparat

Wasser wird im Kolben erhitzt bis es siedet. Der Dampf strömt über ein Rohr zu einem Kühler wo er kondensiert. Das kondensierte Wasser tropft auf die Asche, die sich in einer Filterhülse befindet. Der wasserlösliche Teil löst sich heraus. Sobald der Wasserstand über den Bogen eines kleinen Röhrchens steigt, läuft der wässrige Extrakt zurück in den Kolben. Dieser Vorgang wird so oft wiederholt, bis alle wasserlöslichen Anteile aus der Asche abgetrennt sind.

## 2.) Extraktion mit Säuren

Manche Stoffe, die sich in Wasser nicht lösen, lösen sich hingegen in Säuren. Zuerst denkt man da an Salzsäure, aber auch Essigsäure oder Ameisensäure sind brauchbar. Weniger günstig sind Salpetersäure oder Schwefelsäure. Bei Salpetersäure besteht immer die Gefahr der Bildung von Nitrosen Gasen und viele Sulfate sind in Wasser schwer löslich.

Man gießt dazu die Säure auf die Substanz, deren wasserlöslicher Anteil bereits abgetrennt wurde.

Oft entstehen bei der Einwirkung der Säure Gase, die dann näher untersucht werden müssen, auch verändern sich die Stoffe in ihrer chemischen Zusammensetzung, was man natürlich in der Auswertung berücksichtigen muss.

## III. Methoden zur Identifizierung der Bestandteile

### 1.) Flammenfärbung

Bringt man Substanzen in die Flamme, so kann man alleine aus ihrem Verhalten eine ganze Menge an Aussagen über die Art des Stoffes machen. Die Substanz kann anfangen zu brennen, sie kann Rauch entwickeln, sie kann Schmelzen und sie kann die normalerweise farblose Flamme eines Bunsenbrenners färben.

Diese Flammenfärbung ist für einige Elemente gut erkennbar und damit haben wir ein einfaches Mittel in der Hand, diese Elemente nachzuweisen.

Die nachfolgende Tabelle gibt die Flammenfärbung einiger Elemente wieder.

|                      |                |                     |                  |                      |                    |
|----------------------|----------------|---------------------|------------------|----------------------|--------------------|
| <i>Lithium .....</i> | <i>rot</i>     | <i>Cäsium .....</i> | <i>blau</i>      | <i>Gallium .....</i> | <i>violett</i>     |
| <i>Natrium.....</i>  | <i>gelb</i>    | <i>Kalzium.....</i> | <i>ziegelrot</i> | <i>Indium.....</i>   | <i>violettblau</i> |
| <i>Kalium.....</i>   | <i>violett</i> | <i>Strontium..</i>  | <i>rot</i>       | <i>Thallium....</i>  | <i>grün</i>        |
| <i>Rubidium..</i>    | <i>violett</i> | <i>Barium.....</i>  | <i>grün</i>      | <i>Kupfer .....</i>  | <i>blaugrün</i>    |

### 2.) Nachweisreagenzien

Die Art eines in Wasser gelösten Stoffes kann man auch leicht mit Nachweisflüssigkeiten herausfinden. So erkennt man Chloride daran, dass sie mit Silbernitratlösung in salpetersaurer Lösung einen weißen, käsigen Niederschlag geben. Am Licht färbt sich der Niederschlag dunkel.

Sulfate ergeben in salzsaurer Lösung mit Bariumchloridlösung einen weißen Niederschlag von Bariumsulfat.

Nitrate weist man am besten mit Hilfe von Teststäbchen nach.

### 3.) pH-Messung

Aus dem pH- Wert einer wässrigen Lösung kann man auf Inhaltsstoffe schließen.

Der pH- Wert zeigt an, ob eine Lösung sauer, neutral oder alkalisch ist. Der Zahlenwert schwankt zwischen 0 und 14. Wasser hat den pH-Wert 7 und das ist neutral. Je saurer eine Lösung ist, desto kleiner ist der pH-Wert. Salzsäure hat einen pH-Wert von 0, Essigsäure etwa 3 und Kohlensäure etwa 5. Oberhalb 7 ist der

Bereich der Laugen, der bis 14 geht. Natronlauge ist eine sehr starke Lauge, sie hat den Wert 14, Seifenlösung 10 –11.

Messen lässt sich der pH-Wert mit Indikatorpapierstreifen oder mit einem elektrischen pH-Meter.

#### 4.) Kristallformen

Zur Identifizierung eines Feststoffs kann man auch auf seine Kristallform zurückgreifen. Dies sollte jedoch immer zusammen mit den oben besprochenen Methoden erfolgen, da auch unterschiedliche Substanzen gleiche Kristallform haben können. Bei gleicher Kristallform kann man aber den Kreis der in Frage kommenden Substanzen erheblich einengen.

### 3.) Praktischer Teil

#### 1.) Extraktion mit Hilfe der Soxhlet'schen Apparatur

Aus 33 kg lufttrockenem Buchenholz (3 Jahre gelagert) bei feuchtem Novemberwetter abgewogen, blieb ein Rückstand von 122 g gesiebter Asche.



Abb. 3 Sieben der Rohasche

In einer Soxhlet-Apparatur wurden 10,82g Buchenholzasche mit 300 ml demineralisiertem Wasser 3 Stunden lang extrahiert. Der unlösliche Teil wurde im Trockenschrank bei 100 Grad Celsius getrocknet. Es blieben 8,00 g zurück (Substanz A). Der wässrige Extrakt wurde mit pH-Papierchen getestet. Der pH-Wert betrug 12 d.h. die Lösung war sehr alkalisch. Der Extrakt wurde eingedampft, dabei kristallisierte zuerst 0,043 g einer Substanz „B“ .

Der restliche wässrige Extrakt wurde in einer Porzellanschale eingedampft bis zur Trockene. Diese Substanz wurde zuerst an der Luft wieder feucht (Substanz C) und einige Wochen später war sie wieder trocken, obwohl sie ihr Trockengewicht nicht wieder erlangte ( Substanz D).

## 2.) Analyse der Stoffe

Zum hygroskopischen (wasseranziehenden) Rückstand (Substanz C) wurde ein wenig Salzsäure gegeben. Eine Probe wurde auf ein Magnesiumstäbchen gegeben und in die Flamme gehalten. Die Flamme färbte sich violett, sie zeigte das Element Kalium an.



Abb. 4 Flammenfärbung

Beim Versetzen mit Salzsäure wurde ein Gas freigesetzt, welches farblos, geruchlos, nicht brennbar war. Da es sich bei dem Gas vermutlich um Kohlenstoffdioxid handelte, wurde es durch Kalkwasser geleitet. Eine Trübung zeigte an, dass es tatsächlich Kohlenstoffdioxid war. Bei Substanz „C“ handelt es sich demnach um Kaliumcarbonat  $K_2CO_3$ . Durch Wasseraufnahme geht sie in die Hydratform (Substanz D) über, deren Formel  $K_2CO_3 \cdot 1,5 H_2O$  lautet.

Der wasserunlösliche Anteil (Substanz A) wurde mit Salzsäure versetzt. Es entstand wieder ein Gas, bei dem es sich um Kohlenstoffdioxid handelt. Die Flammenfärbung war identisch mit derjenigen des Kalziums.

Das wenige Ungelöste wurde abfiltriert, es war Kohle. Der wasserunlösliche Teil ist demnach hauptsächlich Kalziumcarbonat  $\text{CaCO}_3$ .

Von Substanz „B“ wurden durch die Aufarbeitung einer größeren Aschemenge etwa 20 Gramm erhalten. Es zeigte sich, dass die Substanz in Wasser relativ schwer löslich ist. Der pH- Wert der Lösung ist neutral und mit Salzsäure versetzt entsteht kein Gas.

Eine Probe der Substanz wurde im Reagenzglas erhitzt, wobei kein Wasserdampf entwich d.h. die Kristalle enthalten kein Kristallwasser. Eine kleinere Menge wurde mit Kohlepulver und Kalk im Tiegel geglüht. Nach dem Erkalten wurde mit Salzsäure angesäuert. Ein Geruch nach faulen Eiern zeigte die Anwesenheit von Schwefel an. Durch das Glühen mit Kohle war aus Sulfat offensichtlich Sulfid entstanden. Die angesäuerte Lösung wurde auf ihre Flammenfärbung hin untersucht. Die Färbung war identisch mit der des Kaliums. Bei Substanz „B“ handelt es sich vermutlich um Kaliumsulfat  $\text{K}_2\text{SO}_4$

### **3.) Kristallzüchtung**

Zur endgültigen Klärung wurden Kristalle von dieser Substanz gezüchtet und mit ebenfalls gezüchteten Kaliumsulfatkristallen verglichen. Ihre Form war identisch. Substanz „B“ ist somit Kaliumsulfat.

Um den Unterschied in Kristallformen zu zeigen, wurden auch Alaun- und Seignettesalzkristalle gezüchtet. Praktisch geht man wie folgt vor :

Zuerst stellt man sich bei Raumtemperatur eine gesättigte wässrige Lösung des Salzes her, von dem man Kristalle züchten will. Dazu gibt man in ein 1 Liter Becherglas etwa 0,5 Liter demineralisiertes Wasser. Nachdem man einen Magnetprüher in das Glas gegeben hat, stellt man es auf einen Magnetprüher. Dann trägt man mit einem Löffel nach und nach das Salz ein. Anfangs löst es sich sehr schnell, später immer langsamer. Man gibt so lange Salz zu, bis sich der Bodensatz nicht mehr löst. Dann läßt man noch mindestens eine Stunde rühren, filtriert den Bodensatz ab, füllt die Lösung in eine Weithalsflasche und stellt diese für mehrere Tage in den Kellerraum, in dem die Züchtung erfolgen soll.

Der Raum muß so gewählt werden, dass die Temperatur möglichst konstant ist. Man gießt die Lösung vorsichtig von ausgeschiedenen Kristallen in ein 1 Liter Weithalsbecherglas ab. Danach hängt man einen Impfkristall in die Lösung, der an einer Perlonschnur (0,2 mm) befestigt wurde.

Im Verlauf von 6 –8 Wochen wachsen schöne Kristall von 1 – 2cm Kantenlänge.

### **4.) Synthese von Kaliumsulfat**

Da bei den, im Chemielabor vorhandenen Chemikalien kein Kaliumsulfat war, wurde es selber synthetisiert.

In einem 1000 ml Becherglas wurden 138 g Kaliumcarbonat  $\text{K}_2\text{CO}_3$  in 500 ml demineralisiertem Wasser gelöst. Nach Zugabe eines Magnetprührstübchens wurde die Lösung auf einen Magnetprüher gestellt und gerührt. Aus einem Tropftrichter

wurden 192 ml 40 %ige Schwefelsäure langsam zugetropft. Eine heftige Gasentwicklung setzte ein. Es handelte sich um Kohlenstoffdioxid.

Nachdem die Schwefelsäure zugegeben war und keine Gasentwicklung mehr eintrat, wurden 200 ml Brennspritus zugegeben. Das Kaliumsulfat fiel daraufhin aus. Nach einer Stunde wurde es abgesaugt und getrocknet.

Ausbeute: 137g

## 5.) Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen der Kristalle

Von Frau Raaijmakers einer Mitarbeiterin der Firma Buckbee Mears in Müllheim wurden freundlicherweise rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen aller isolierter Festsubstanzen angefertigt. Ihr Mikroskop bestimmt gleichzeitig die chemische Zusammensetzung der mikroskopierten Kristalle.

Es zeigte sich, dass die Ergebnisse dieser Untersuchung im wesentlichen mit den von uns gefundenen übereinstimmen. Allerdings fand Frau Raaijmakers noch eine ganze Reihe von Stoffen, die wir mit unseren einfachen Methoden nicht nachweisen konnten. In kleinen Mengen neben den von uns als Hauptbestandteil gefundenen Elementen Kalzium, Kalium, Kohlenstoff, Sauerstoff, Schwefel .. kommen Magnesium, Silizium, Phosphor, Mangan, Chlor hinzu.

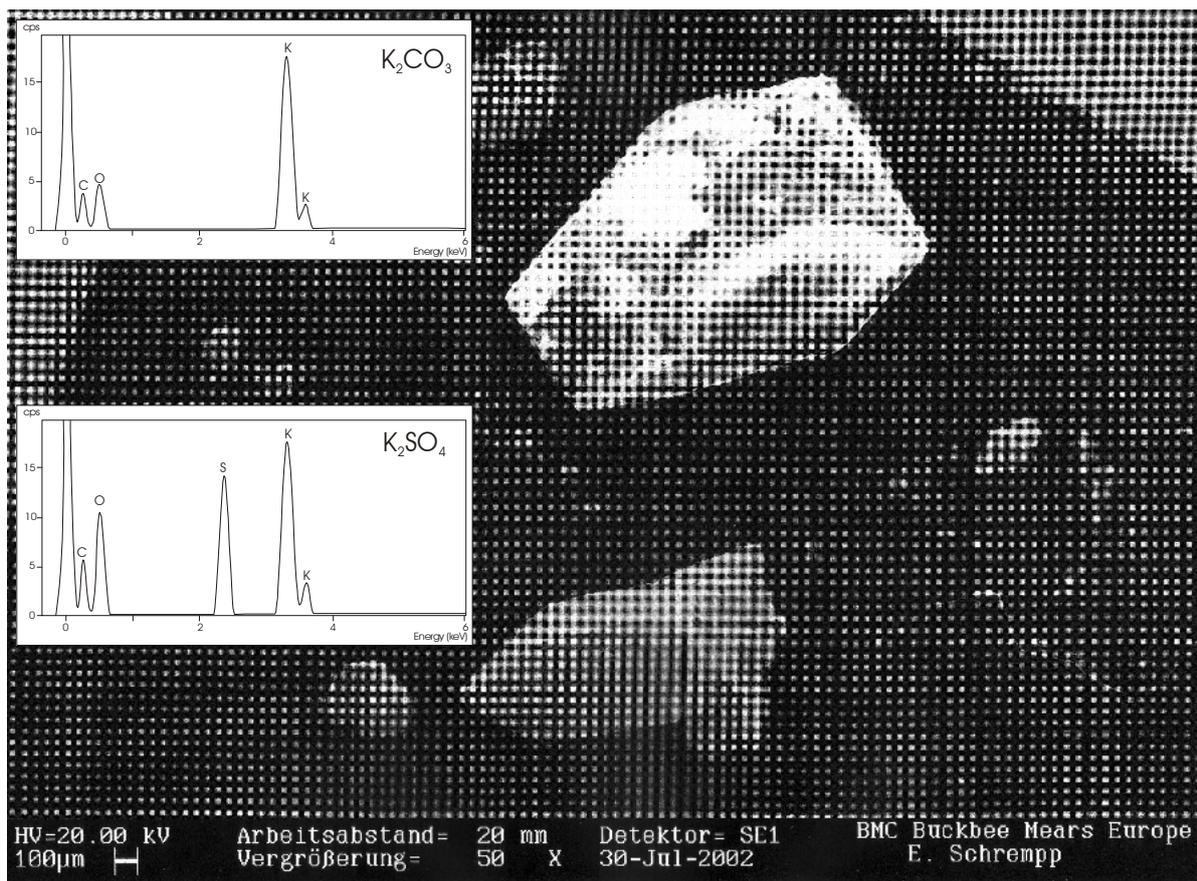


Abb. 5 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von Kristallen aus einem eingedunsteten wässrigen Ascheextrakt

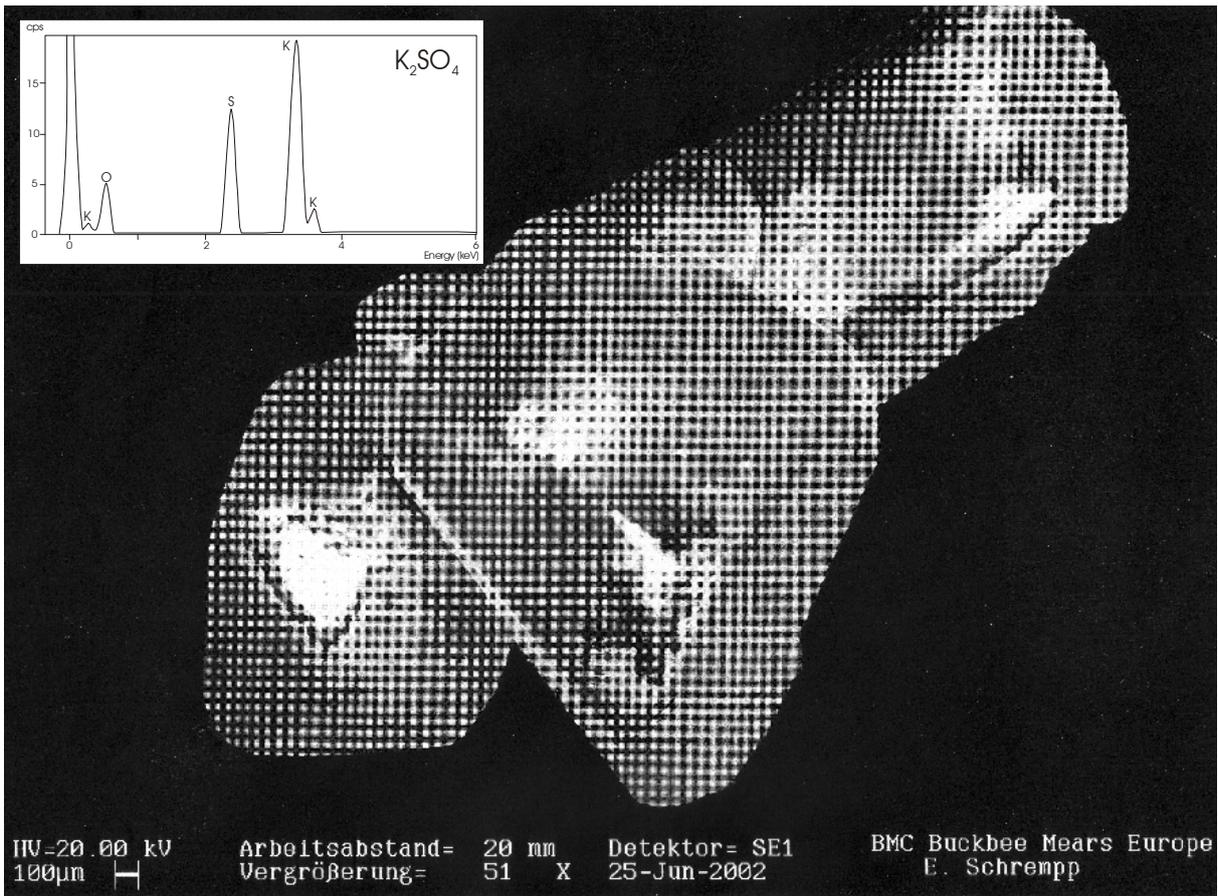


Abb. 6 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen schwer löslicher Kristalle des wässrigen Extrakts (Substanz B)

#### 4.) Schlußfolgerung aus unseren Versuchen

Wir können unsere eingangs gestellten Fragen beantworten:

Aufgrund der Zusammensetzung der Holzasche ist sie für die Entsorgung im Müll viel zu schade man sollte sie entweder ähnlich der Gülle im Herbst auf die Felder verteilen oder zu einer Kompostierungsanlage bringen z. B. auf die kreiseigene Kompostierungsanlage Müllheim.

In jedem Fall spart man dadurch Kalidünger und die alkalisch wirkende Asche wirkt auch der Übersäuerung des Bodens durch den sauren Regen entgegen.