

► **Feinstaub**

**Was ist Feinstaub überhaupt? Woher kommt er?  
Warum ist er gefährlich?**

*Das Thema Feinstaub geistert seit Jahren immer wieder durch die Medienlandschaft - Grund genug einen Blick darauf zu werfen.*

Luft und Luftschadstoffe sind schulisch schwer zu vermittelnde Themen, denn sie sind unsichtbar, nicht angreifbar und kaum erlebbar - oder etwa doch? Gemeinsam wird dieser Luftschadstoff unter die Lupe genommen, ein spannendes Experiment inbegriffen!



**Ort**

Klassenraum, Schulhof

**Schulstufe**

5. bis 8. Schulstufe

**Gruppengröße**

Klassengröße

**Zeitdauer**

3 Schulstunden

**Lernziele**

- Erfassen der Umweltprobleme von Ballungsräumen und wachsenden Verkehrsströmen
- Erkennen des Zusammenhangs zwischen Gesundheit und Umweltbedingungen
- Bereitschaft entwickeln für einen sorgsamen Umgang mit der knappen Ressource Luft
- Selber Experimente vorbereiten, durchführen und dokumentieren

## Sachinformation

### Was ist Feinstaub?

Unter Staub versteht man alle schwebenden Feststoffe, die sich in der Luft verteilt befinden. Diese Schwebstoffe können aus unterschiedlichen chemischen Substanzen zusammengesetzt sein. Als natürliche Emissionen gelten z.B. windverfrachteter Gesteinsstaub oder Blütenpollen. Vom Menschen produzierte Stäube entstehen durch Verbrennungsprozesse, mechanische Prozesse oder durch Aufwirbelung.

Die Korngröße - also der Durchmesser - der einzelnen Staubpartikel liegt zwischen 200 µm (Mikrometer) und 0,01 µm. Sind die Partikel kleiner als 30 µm, spricht man von Schwebstaub, sind sie kleiner als 10 µm, hat man es mit Feinstaub zu tun. Feinstaub sind also Teilchen, die kleiner als ein hundertstel Millimeter sind. Da die international verwendete Bezeichnung für Feinstaub „particulate matter“ lautet, kürzt man diesen Luftschadstoff dann mit PM10 ab.

Da die Feinstaubteilchen mit freiem Auge nicht sichtbar sind, werden sie oft auch zu wenig ernst genommen. Ein Blick durch das Rasterelektronenmikroskop (Abb.1) zeigt deshalb vier Beispiele für diesen Luftschadstoff.

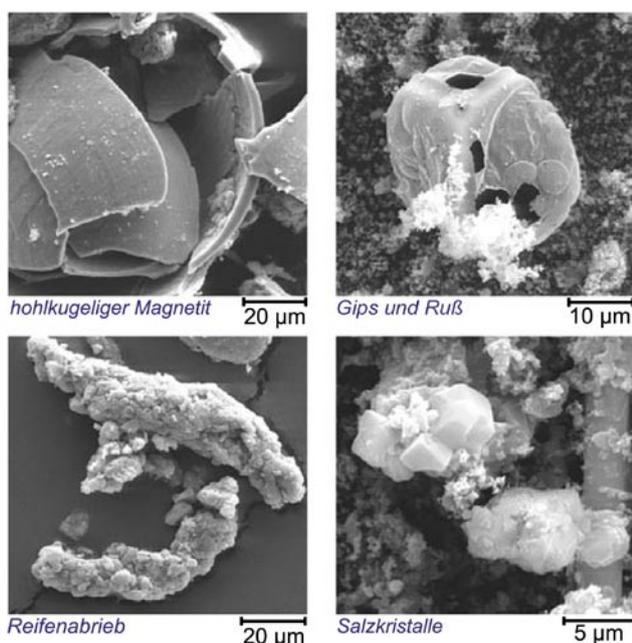


Abb. 1: Verschiedene Staub-Komponenten unter dem Rasterelektronen-Mikroskop, jeweils mit eigenem Linearmaßstab (Quelle: Amt der Steiermärkischen Landesregierung)

### Woher kommt Feinstaub?

PM10 ist kein einzelner Schadstoff, sondern eine Summe verschiedener Teilchen, also ein komplexes physikalisch-chemisches Gemisch aus festen und flüssigen Partikeln, das direkt bei Verbrennungs- oder mechanischen Prozessen entsteht oder aus Luftschadstoffen in einem chemischen Prozess indirekt gebildet wird. Zwar gibt es auch hier eine natürliche Grundbelastung, wie z.B. Salzkristalle aus Meeresgicht oder Partikel aus Vulkanausbrüchen, diese sind bei uns aber zu vernachlässigen. Bekannter sind Teilchen aus Winderosion, z.B. aus der Sahara, die bei bestimmten Verhältnissen bis nach Mitteleuropa transportiert werden können. Auch Pollenfragmente und Sporen können kleiner als 10 µm sein und tragen dann zur natürlichen PM10-Belastung bei. Im Allgemeinen kann man aber diese natürlichen Quellen bei der Feinstaub-Problematik außer Acht lassen, da sie im Vergleich zu den künstlichen Quellen in keinem Verhältnis stehen.

Diese künstlichen Quellen sind v.a.:

- Straßenverkehr: Auspuffemissionen und Abrieb (Bremsen, Reifen, Kupplung, Straße)
- Aufgewirbelter Straßenstaub, Winterstreuung (Splitt und Salz)
- Verbrennung (Hausbrand, industrielle Feuerungen)
- Industrielle Produktion
- Schottergewinnung, Steinbrüche
- Landwirtschaft (Bodenbearbeitung, Düngung, Schweine- und Geflügelzucht)

### Warum ist Feinstaub gefährlich?

Aufgrund der geringen Größe könnte man meinen, dass Feinstaub nichts ausmachen kann, doch das Gegenteil ist der Fall:

Mit jedem Atemzug gelangen Tausende von Teilchen in unsere Lunge, wo sie je nach Größe in den Atemwegen abgelagert werden. Abb. 2 zeigt eine schematische Darstellung der Atemwege (Nase, Rachen, Luftröhre, Bronchien, Bronchiolen, Alveolen) und die Eindringtiefen bzw. Lungengängigkeit der Partikel unterschiedlicher Größe.

Teilchen über ca. 10 µm werden nicht eingeatmet bzw. vorwiegend in der Nase zurückgehalten. Je kleiner die Partikel sind, desto tiefer dringen sie

in die Lunge ein und werden im Rachen, der Luftröhre und in den Bronchien oder in den Bronchiolen und Lungenbläschen (Alveolen) abgeschieden. Die Luftröhre, die Bronchien und Bronchiolen sind mit Flimmerhaaren ausgekleidet. Die Spitzen der Flimmerhaare ragen in den darüberliegenden Schleimteppich, der in der Luftröhre 8-12 µm, in den Bronchiolen nur noch 0,1 µm dick ist. Dieses System ermöglicht die Entfernung eingedrungener Partikel. Die feinen Härchen transportieren den Flüssigkeitsfilm samt den darin haftenden Partikeln durch Wellenbewegungen in Richtung Rachen, wo er laufend verschluckt oder ausgehustet wird.

In den Alveolen gibt es keine Flimmerhaare und keinen Schleim mehr. Die Partikel, die bis in die Lungenbläschen gelangt sind, werden durch Fresszellen entfernt. Wenn diese unverdauliches Material aufgenommen haben, wandern sie über die zuleitenden Atemwege in Richtung Rachen und werden ausgeschieden.

Je nach Eindringtiefe und Partikelgröße dauert der Abtransport der Partikel unterschiedlich lang. Während innerhalb von 24 Stunden über 90 % der Partikel über 6 µm Durchmesser ausgeschieden werden, sind es bei den Partikeln unter 1 µm im selben Zeitraum weniger als 30 %. Bei entzündlichen Prozessen in der Lunge und bei obstruktiven Atemwegserkrankungen (Asthma, Bronchitis) kann der Abtransport der Partikel stark verzögert werden.

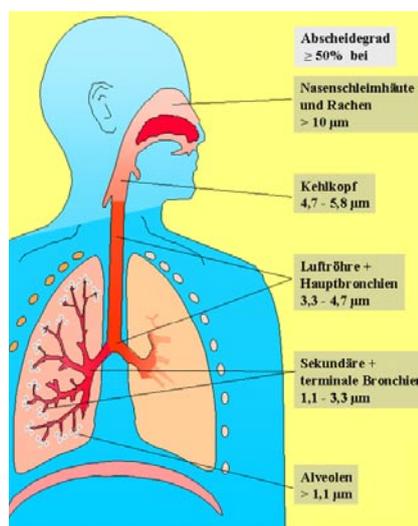


Abb. 2: Lungengängigkeit von Partikeln (nach DIN ISO 7708, VDI 2463 Bl. 1)

Die Ausscheidungszeit beträgt dann Monate bis Jahre. Deswegen besteht bei wiederholter und chronischer Belastung mit feinen Partikeln die Gefahr einer Anreicherung dieser Partikel in der Lunge.

Die weiteren Wirkungsme-

chanismen der Partikel sind mannigfaltig, sodass folgende Auswirkungen - je nach Dauer der Belastung - zu erwarten sind:

- erhöhte Anfälligkeit für Infektionen wegen geschwächter Immunabwehr
- Atemwegssymptome (Husten, Auswurf, Atemnot)
- Schübe von Bronchitis, Asthma, Herz-Arrhythmien
- Lungenentzündungen, Asthmaanfälle und andere Atemwegs- und Herz-Kreislaufkrankungen
- Entzündungen der Atemwege, welche zu einem verminderten Gasaustausch und zur Hypoxie (weniger Sauerstoff in bestimmten Körperregionen) führen
- Entzündungen der Alveolen, hervorgerufen durch ultrafeine Partikel, welche zur Ausschüttung von Botenstoffen und als Folge zu einer erhöhten Blutgerinnung und damit zu einem erhöhten Risiko für einen Herzinfarkt führen
- allgemeine Verschlechterung der Lungenfunktion
- erhöhte Durchlässigkeit der Lunge, welche zum Lungenödem führt
- Lungenkrebs
- vorzeitiges Herzversagen bei Personen mit chronischen Herzkrankheiten durch akute Bronchiolitis oder Pneumonie, hervorgerufen durch die Partikel

### Maßnahmen gegen Feinstaub

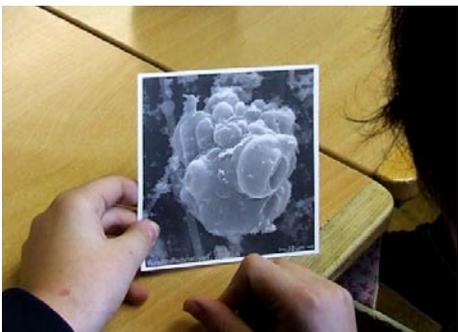
Da Feinstaubquellen in vielen Bereichen zu finden sind, sind auch Maßnahmen nur an vielen Fronten sinnvoll. Dazu zählen **Maßnahmen beim Verkehr** wie die Förderung des umweltfreundlichen Verkehrs durch Schaffung attraktiver Angebote und Bewusstseinsbildung für ein verkehrsmittelübergreifendes und umweltfreundliches Mobilitätsverhalten, **Maßnahmen für Industrie und Gewerbe** wie Emissionsreduktionen bei Motoren von Baumaschinen oder emissionsmindernde Maßnahmen auf Baustellen, **Maßnahmen für Hausbrand und Feuerungsanlagen** wie der Ersatz alter Festbrennstoffkessel und **Maßnahmen in der Landwirtschaft** wie Abgasnormen für landwirtschaftliche Maschinen oder Staubvermeidung bei der Intensiv-Tierhaltung.

## Didaktische Umsetzung

In einem ersten Schritt wird das Thema Luftverschmutzung allgemein besprochen, danach der Begriff „Feinstaub“ geklärt. Dessen Größendimensionen werden mit Bildkarten deutlich gemacht. Die Gefahren des Feinstaubes werden ebenso dargestellt wie der Staub- bzw. Rußausstoß eines PKWs´.

Inhalte	Methoden
Verschmutzte Luft (Hinführung zum Thema im Sitzkreis)	20 Minuten
<p><i>Es wird verdeutlicht, dass offenbar saubere Luft nicht unbedingt sauber sein muss.</i></p>	<p><u>Material</u> zwei verschließbare Gläser, Strohhalm, Tuch/Teppich, Spritze, sauberes Wasser, verschmutztes Wasser</p> <p>In einem Sesselkreis wird ein Tuch/Teppich aufgelegt. In der Mitte stehen zwei Gläser, ein vorerst leeres und ein zweites mit verschmutztem Wasser.</p> <p>Im Idealfall schüttet man zwei Wochen zuvor schon Erde oder etwas Biomüll in das Wasser und verschließt das Glas, sodass eine stinkende Kloake darin entsteht. Das zweite Glas wird vor den Augen der SchülerInnen mit frischem Leitungswasser gefüllt.</p> <p>Um die Gläser liegt ein Strohhalm pro SchülerIn. Nun wird den SchülerInnen angeboten, mit Strohhalm aus dem Glas mit sauberem Wasser zu trinken. Die meisten kommen dem nach.</p> <p>Danach wird angeboten, aus dem schmutzigen Glas zu trinken oder daran zu riechen. Die meisten lehnen ab. Jenen „DraufgängerInnen“, die es trotzdem wollen, muss mit Hinweis auf Gesundheitsgefährdung davon abgeraten werden.</p> <p>Nun wird mit der Spritze etwas schmutziges Wasser ins saubere gespritzt. Das Wasser bleibt dabei für das Auge sauber, trotzdem will es niemand kosten.</p> <p>Sinn der Übung: Es wird gezeigt, dass man bei Wasserverschmutzung selbst entscheiden kann, ob man das Wasser trinkt oder nicht. Bei Luftverschmutzung wird uns diese Entscheidungsfreiheit genommen, wir müssen die Luft einatmen, ob wir wollen oder nicht. Deshalb sollte sie so sauber wie möglich sein.</p>



<b>Was ist Feinstaub?</b>		<b>15 Minuten</b>
<p><i>Größendimension erkennen (Einzelarbeit im Sitzkreis)</i></p> 	<p><u>Material</u> harter, spitzer Bleistift, Geodreieck, Papier</p> <p>Feinstaub sind Teilchen mit einem Durchmesser unter <math>\frac{1}{100}</math> Millimeter. Diese Größe wird vorerst nicht verraten.</p> <p>Jede/r SchülerIn nimmt Papier, Geodreieck und einen möglichst harten, spitzen Bleistift.</p> <p>Jede/r muss auf das Papier einen Strich zeichnen, im Abstand von einem Millimeter wird ein zweiter parallel dazu gezeichnet. Nun müssen alle zwischen diese beiden Striche noch einen parallelen „hineinquetschen“, also den Millimeter einmal teilen. Das funktioniert mit einem spitzen Bleistift noch. Nun müssen alle zwischen dem ersten und mittleren und dem mittleren und zweiten Strich noch jeweils einen Strich unterbringen, also den Millimeter dreimal teilen. Das funktioniert praktisch bei niemandem mehr.</p> <p>Nun wird die Frage gestellt „Was glaubt ihr, wie oft müsste man den Millimeter teilen, um Feinstaubgröße zu erhalten?“</p> <p>Schätzungen werden entgegengenommen und die Auflösung mitgeteilt.</p>	
<b>Wie sieht Feinstaub aus?</b>		<b>15 Minuten</b>
<p><i>Gruppenarbeit mit der ganzen Klasse</i></p> 	<p><u>Material</u> Beilage „Feinstaubteilchen unterm Rasterelektronenmikroskop“</p> <p>Da Feinstaub nicht sichtbar ist, ist er auch schwer fassbar.</p> <p>Die 8 Bildbeispiele der Beilage können herumgereicht oder doppelt ausgedruckt als Memory in der Kleingruppe gespielt werden. Die Bilder sollen des Gefährdungspotential durch diese Teilchen optisch verdeutlichen.</p> <p>Dieser Schritt sollte mit dem nächsten kombiniert werden, da hier kleinere Gruppen von Vorteil sind. Während eine Gruppe in der Mitte des Sitzkreises das Memory spielt, macht die nächste den Schritt „Warum ist Feinstaub gefährlich?“.</p> <p>Dann wird gewechselt.</p>	
<b>Warum ist Feinstaub gefährlich?</b>		<b>20 Minuten</b>
<p><i>Gruppenarbeit mit der ganzen Klasse</i></p> 	<p><u>Material</u> Plakat der Atemwege, Beilage „Lunge.pdf“, schwarz eingefärbte Styroporpartikel unterschiedlicher Größe</p> <p>Um das gesundheitliche Risiko des Feinstaubes (Lungengängigkeit) zu verdeutlichen, wird eine Plakat der Atemwege erstellt/ gezeichnet oder die Beilage groß ausgedruckt.</p> <p>Die Begriffe, die die Atemwege bezeichnen, können als Kärtchen ausgeschnitten werden. Die SchülerInnen müssen dann die Begriffe den Strichen richtig zuordnen.</p>	



Für eine plastische Veranschaulichung der Problematik werden Styroporpartikel unterschiedlicher Größe zerbröselnd und schwarz gefärbt (Sprühfarbe oder Wasserfarbe).

Die SchülerInnen erhalten die Aufgabe, diese symbolischen (Fein)staubteilchen den Atemwegen zuzuordnen. Die großen Teile bleiben folglich schon in der Nase hängen und werden ausgeniest. Kleinere dringen bis in die Lunge ein, können aber wieder ausgehustet werden. Die ganz kleinen repräsentieren die Feinstaubteilchen, die bis in die Lungenbläschen (Alveolen) gelangen und von dort in die Blutbahn geraten können.

Dieses Beispiel soll verdeutlichen, dass nicht die großen „sichtbaren“ Teilchen problematisch sind, sondern die kleinen lungengängigen Teilchen.

### Woher kommt der Feinstaub?

40 Minuten

#### Staubsauger-Experiment im Freien



#### Material

PKW (im Idealfall Diesel), alter ausgeschiedener Staubsauger, Verlängerungskabel, Mulltupfer, Gummihandschuhe, Tixo, Papier auf Clipboard, Stift

Ein großer Teil des Feinstaubs stammt aus dem Verkehr. Um zu zeigen, welche Staubmengen aus einem PKW-Auspuff kommen - v.a. bei Dieselmotoren - wird der Staubsaugerversuch durchgeführt.

Im Schulhof/vor der Schule wird ein PKW auf Staubausstoß hin getestet. Dazu wird ein alter Staubsauger, der im Haushalt nicht mehr verwendet wird, benötigt.

Gummihandschuhe anziehen. Zwischen Staubsauger-Schlauchaufsatz und Schlauch wird ein Mulltupfer eingeklemmt. Der Staubsauger wird in den Auspuff des PKWs gesteckt und eingeschaltet. Der PKW wird gestartet (Gang raus!) und der Motor 10 Sekunden laufen gelassen. Danach wird der Mulltupfer herausgeholt und betrachtet. Der verschmutzte Mulltupfer wird auf das Papier geklebt und daneben wird „Motor 10 Sekunden laufen lassen“ geschrieben.

Der Versuch wird mit mehreren Variationen wiederholt, z.B. 5-mal Vollgas, 10 Sekunden durchgehend Gas geben usw. Die Ergebnisse werden verglichen. Entscheidend ist jedoch immer, dass schon nach wenigen Sekunden der Mulltupfer praktisch schwarz (= Dieselruß) ist.

Es können auch mehrere PKWs verglichen werden: alt - neu, Diesel - Benzin, viel PS - wenig PS usw.

## Beilagen

- ▶ Feinstaubteilchen unter dem Rasterelektronenmikroskop
- ▶ Lungengängigkeit von Partikeln

## Weiterführende Themen

- ▶ Atmen und Luft
- ▶ Bau eines einfachen Atemluftmessgerätes
- ▶ eigene Staubmessung in der Gemeinde
- ▶ Bioindikatoren für Luftschadstoffe
- ▶ Innenraumluft in Klassen
- ▶ Mobilität allgemein
- ▶ andere Luftschadstoffe
- ▶ Schulweg- und Schulumfeldanalyse
- ▶ Verkehrszählung vor der Schule

## Weiterführende Informationen

- Unterrichtsmaterialien zum Thema: [www.ubz-stmk.at/luftmaterialien](http://www.ubz-stmk.at/luftmaterialien)
- Aktuelle Luftgüte (Online-Daten) und Luftgütearchiv des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung: [www.ubz-stmk.at/luft-onlinedaten](http://www.ubz-stmk.at/luft-onlinedaten)
- Unterrichtsmappe „Unser Lebensmittel Luft“  
Das Thema Luft und Luftgüte in der Steiermark. Gegliedert in einen Informations- und einen unterrichtspraktischen Teil. Die Mappe ist inkl. CD-Rom und Versandkosten um EUR 13,- erhältlich, sie steht aber auch kostenlos als Download zur Verfügung.
- Projektideenmappe „PM10-Bonusschule Steiermark“  
Die Projektideenmappe bietet zahlreiche Vorschläge und Projektideen für alle Schulstufen, wie man das Thema Feinstaub (PM10) erfahrbar machen und das eigene Feinstaub-Einsparungspotential (als Schule oder Einzelperson) nutzen kann.  
Die Mappe steht als Download zur Verfügung.  
[www.ubz-stmk.at/angebote](http://www.ubz-stmk.at/angebote) ▶ Materialienservice ▶ Unterrichtsmaterialien



### Noch Fragen zum Thema?

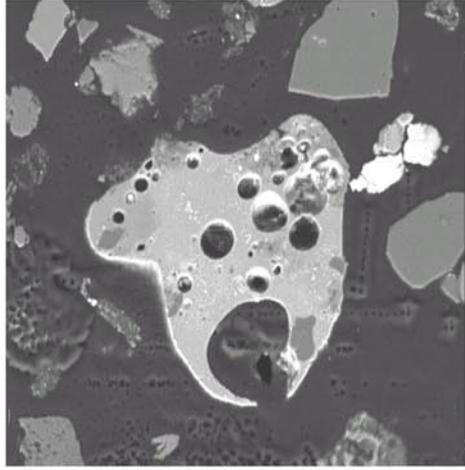
Mag. Michael Krobath  
Projekt „Unser Lebensmittel Luft“, Geograf  
Telefon: 0043-(0)316-835404-2  
E-Mail: [michael.krobath@ubz-stmk.at](mailto:michael.krobath@ubz-stmk.at)



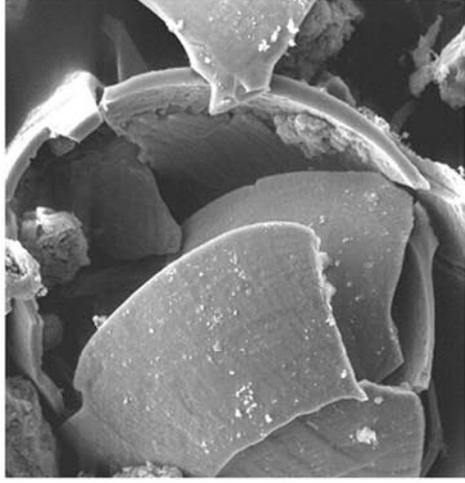
[www.ubz-stmk.at](http://www.ubz-stmk.at)

# Feinstaubteilchen unter dem Rasterelektronenmikroskop

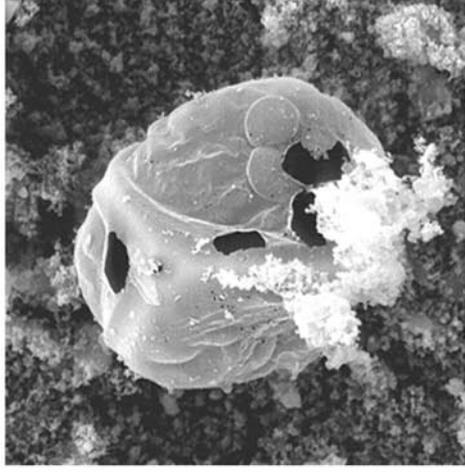
Zinnhaltige Schlacke (Industrie)



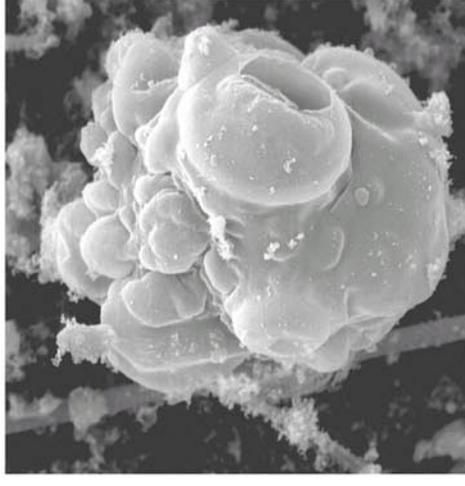
Magnetit (Industrie)



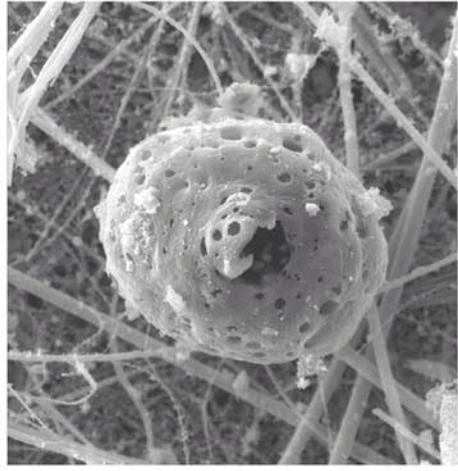
Gipsteilchen (Bergbau)



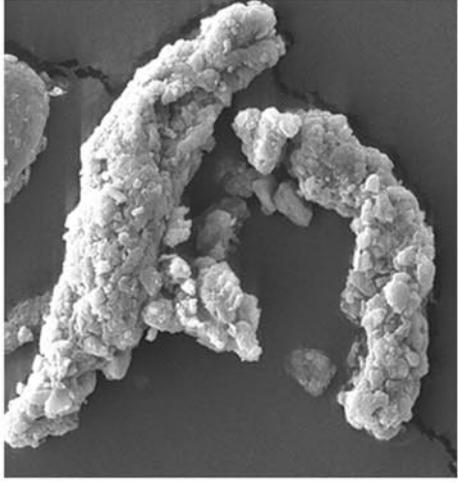
Kunststoffschmelze (Verbrennung)



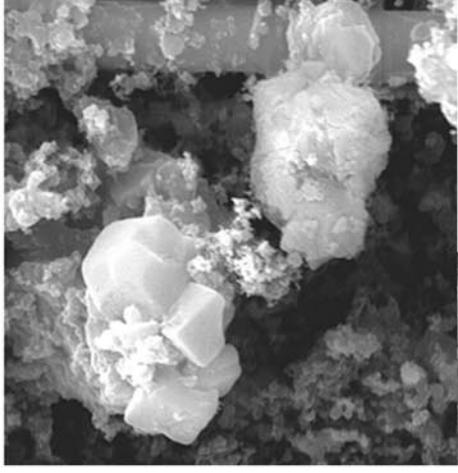
Rußteilchen (Autos)



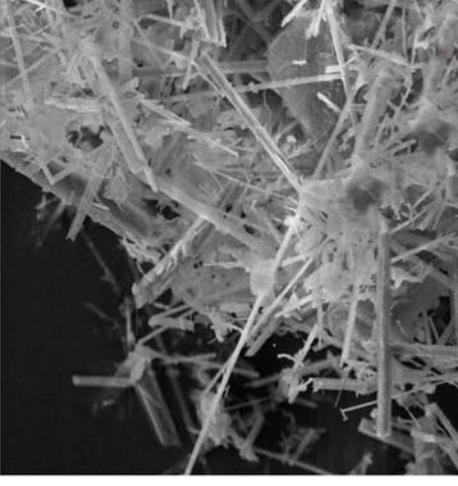
Reifenabrieb (Autos)



Salzkristalle (Salzstreuung)



Asbest (Bergbau)



# Lungengängigkeit von Partikeln

