



## Unterrichtshilfe 19.99

### „Sand- eine globale endliche Ressource“

Herausgeber: Landeshauptstadt Hannover

Fachbereich Bibliothek und Schule

Schulbiologiezentrum

Vinnhorster Weg 2

30419 Hannover

Tel: 0511/ 168- 47665

Fax: 0511/ 168- 47352

E-Mail: [schulbiologiezentrum@hannover-stadt.de](mailto:schulbiologiezentrum@hannover-stadt.de)

Internet: [www.schulbiologiezentrum.info](http://www.schulbiologiezentrum.info)

Internet: [www.foerderverein-schulbiologiezentrum.de](http://www.foerderverein-schulbiologiezentrum.de)

Verfasser: Almuth Kläß, Ingo Mennerich, Stand Jan. 2019

Foto dieser Seite: [https://de.wikipedia.org/wiki/Sand#/media/File:Morocco\\_Africa\\_Flickr\\_Rosino\\_December\\_2005\\_84527213.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Sand#/media/File:Morocco_Africa_Flickr_Rosino_December_2005_84527213.jpg)

## Inhaltsverzeichnis

### 1. Einleitung

### 2. Sachanalyse

#### 2.1. Was ist Sand? Definitionen

#### 2.2. Entstehung von Sand

#### 2.3. Verwendung von Sand in der Industrie

#### 2.4. Natürliche Küstenveränderung im Vergleich zu Erosion durch Sandabbau

#### 2.5. Was tun?

### 3. Didaktische Legitimation und curriculare Anbindungen

### 4. Globales Lernen am Thema „Sand“

### 5. Lernen an Stationen

### 6. Oberstufenmaterial

### 7. Materialien zum Ausleihen

### 8. Literatur

## 1. Einleitung

„Sand“ erscheint gemeinhin als Inbegriff einer unerschöpflichen Ressource mit entsprechend geringem Wert. Das beruht auf einer Fehleinschätzung: Sand, zumindest der nutzbare Teil, ist wie Öl und Gas ein fossiler und damit durchaus endlicher Rohstoff. Sand ist das Ergebnis langer und nicht überall stattfindender geologischer Prozesse. Das heißt, verbrauchter Sand regeneriert sich nur sehr langsam. Teile der Sandentstehung lassen sich – ganz praktisch - im Zeitraffer nachvollziehen.

Mineralische Rohstoffe sind seit 2002 Teilthema des „GeoGartens“ im Schulbiologiezentrum Hannover.

Industriell geprägte Kulturen sind auf verwickelte Weise auf Sand gebaut. Das gilt für Bauwerke, die digitale Welt, Glas und viele andere Alltags- und Hilfsprodukte, in denen der Sand eher verborgen auftritt. Wir sollten uns bewusst werden, welchen Anteil „Sand“ in unserem Leben hat. Die Höhe des gegenwärtigen globalen Sandverbrauchs lässt vermuten, dass die Ressource „Sand“ irgendwann einmal zu Ende gehen wird. Wie viel Sand bleibt uns noch, und für wie lange?

Das Angebot richtet sich an Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I (und nach Absprache auch an die Sek. II) in den Fächern Naturwissenschaft, Erdkunde, Gesellschaftslehre und Politik. Wir möchten damit Schülerinnen und Schüler für die Verknüpfungen zwischen unserem Lebensstandard und der kaum geschätzten Ressource „Sand“ sensibilisieren.

## 2. Sachanalyse

### 2.1. Was ist Sand? Definitionen

Der größte Anteil an Sandpartikeln besteht aus Quarzsand. Dennoch geht es bei der Bezeichnung *Sand* nicht um die chemischen Eigenschaften und Zusammensetzung, sondern allein um die Korngröße.<sup>1</sup>



Die Partikelgröße bestimmt man am besten mit Sieben. Sie können im Schulbiologiezentrum Bodensiebe ausleihen, die eine Maschenweite von 0,063 bis 6,3 mm haben (Katalog-Nr. 1.6.10).

Grobes Sediment von 2 bis 63mm nennt man Kies.

Sand hat eine Korngröße zwischen 2mm (grober Sand) und 0,063mm (sehr feiner Sand).

Feineres Sediment nennt man Schluff, noch feineres Ton.

Kies → Sand → Schluff → Ton

Je nach Größe ist das Verhalten der Sandkörner sehr unterschiedlich, was sich auf die Dünenbildung, das Fließverhalten von Flüssen, seine Filtereigenschaften und seine Verwendbarkeit als Baustoff auswirkt. So wird für Filteranlagen sehr reiner Quarzsand verwendet.

---

<sup>1</sup> Welland, S. 6-9, vergleiche auch Wikipedia <https://de.wikipedia.org/wiki/Sand>  
Am Assal-See in Djibouti besteht der Sand aus Salzkristallen, weil durch die hohe Verdunstung der Salzgehalt im Wasser auf über 35 % steigt.

## 2.2. Entstehung von Sand

Sand kann auf verschiedenen Wegen entstehen und aus verschiedenen Stoffen (vgl: was ist Sand?) bestehen.

1. Gesteine werden unter Gletschern zermahlen, bis sie die Korngröße von Sand erreichen.
2. Muscheln oder Korallen können zerkleinert den Sand ganzer Strände bilden.
3. (warmes) Meerwasser kann aufgelöste Mineralien ablagern, die kleine Partikel wie Kalk im Wasserkocher bilden.
4. Bei Vulkanausbrüchen wird Lava verteilt, deren Partikel man zwischen anderen Sandkörnern nachweisen kann.
5. Verwitterung: **Der größte Anteil aller Sandkörner (ca. 70%)** wird aber durch das Wetter geformt und besteht aus **mineralischem Quarz**.

**Quarz** ist sehr häufig in der Erdkruste. Er kommt in verschiedenen **Gesteinen** vor:

- Magmatische Gesteine (entstehen bei magmatischen Prozessen, also durch die Abkühlung von Gesteinsschmelzen (Markl, S. 4)
- Metamorphe Gesteine (Gesteine werden von Sedimenten in größere Tiefen versenkt. Durch erhöhten Druck und Temperatur sowie tektonische Prozesse kommt es zur „Umwandlung“ - Metamorphose - und Aufschmelzung von Gesteinen bei Temperaturen von 200 bis max. 1050C°, vgl. Markl, S. 15)
- Sedimentgesteine (entstehen durch die Verfestigung von Sedimenten biologischen, chemischen oder mineralischen Ursprungs, Markl, S. 4). Diesen Prozess können die Schüler an Station 5 nachvollziehen.

---

5

Durch Verwitterung, Ablagerung, Versenkungen, Metamorphosen und Hebungen bzw. magmatische Prozesse entsteht ein *Gesteinskreislauf*, den jedes Quarzkorn durchläuft (vgl. Markl, S. 14).

### **Folgende Faktoren tragen zur Verwitterung von Steinen bei:**

- Temperaturschwankungen, die zu Spannungen im Gestein führen.
- Auftauen und Frostsprengungen
- Wind
- Chemischer Einfluss durch Wasser, sauren Regen, aber auch unterhalb der Erdoberfläche
- Pflanzen, weil sie in den Ritzen wachsen und den Stein sprengen.
- Pflanzen, weil sie H<sup>+</sup>-Ionen an den Wurzeln abgeben und so den pH-Wert verändern.



Verwitterung der Steine der „großen Kaskade“ in den Herrenhäuser Gärten von Hannover, Aufnahme Kläß

Diesen Prozess der Verwitterung kann man auch bei anderen Steinen beobachten, wenn zum Beispiel Grabsteine oder alte Hausfassaden verwittern.



Selbst Granit ist nicht ewig haltbar. Bei Granit verwittern zuerst der Glimmer und dann die Feldspat-Kristalle<sup>2</sup>. Die Quarz-Teilchen sind stabiler, was an ihrer chemischen Struktur liegt<sup>3</sup>. Umgeben ist jeder Quarz-Kristall von Mineralen, die schneller verwittern, weshalb bei diesem Prozess letztlich die Quarz-Körnchen als Sandkörner freigesetzt werden.

Aufnahme links: Granit-Stein (Aufnahme Kläß)

Michael Welland<sup>4</sup> schätzt, dass pro Sekunde eine Milliarde Sandkörner auf diese Weise entstehen.



Abb. Links: Teufelsmauer bei Weddersleben, Sachsen-Anhalt: Kreidezeitliche Sandsteine verwittern zu einem hellen, sandigen Boden, der in der Umgebung der Klippen gut erkennbar ist.

Quelle: [https://de.wikipedia.org/wiki/Sand#/media/File:Teufelsmauer\\_11.JPG](https://de.wikipedia.org/wiki/Sand#/media/File:Teufelsmauer_11.JPG), abgerufen am 09.01.2016

<sup>2</sup> und bilden Tonteilchen. Ton besteht aus feinkörnigen Mineralen von weniger als 2 Mikrometer Größe

<sup>3</sup> Quarz ist ein Mineral, das aus Silizium und Sauerstoff besteht. Die Si-O-Bindungen haben einen großen kovalenten Anteil, was die Ursache für die hohe Härte von Quarz ist.

<sup>4</sup> Michael Welland: Sand. Oxford University Press, 2009, S. 5

Unterrichtshilfe 19.99 „Sand- eine globale endliche Ressource“, © Schulbiologiezentrum der Landeshauptstadt Hannover, Verfasser Almuth Kläß und Ingo Mennerich

## Aus Sand kann aber auch wieder Stein werden.

Durch die Verkittung von lockerem Sand und anderen mineralischen Partikeln kann Sandstein entstehen. Der Sand lagert sich im Meer ab (Sediment) und verfestigt sich. Man spricht deshalb von einem Sedimentgestein. Bei dem abgebildeten Sandstein (rechts) kann man die Sedimentschichten gut erkennen.



Die wichtigsten Entstehungsräume für Sandsteine sind die küstennahen Flachmeere, die Schelfe. Der Sand dafür stammt meist vom Festland und wird durch Flüsse und Meeresströmungen an seinen endgültigen Ablagerungsort transportiert.

Wenn diese Sandsteine verwittern, werden die Quarzkörnchen wieder frei und ein neuer Zyklus beginnt<sup>5</sup>.

Da Quarz relativ resistent gegen chemische Verwitterung ist, können sich sandkorn-große Quarzpartikel im Gesteinskreislauf stark anreichern, während andere potenziell sandkornbildende Minerale relativ schnell chemisch zerfallen (z. Bsp. Feldspat). Deshalb bestehen die meisten Sandsteine überwiegend aus Quarz.

(alle Bilder KläB)



---

<sup>5</sup> Vgl. Kreislauf der Gesteine (Nr. 8.10.8. aus dem Ausleihkatalog)

## 2.3. Verwendung von Sand in der Industrie

Weltweit werden jährlich zwischen 15 und 40 Milliarden Tonnen Sand verbraucht. In der Industrie ist Quarz eines der wichtigsten Minerale und hat gleichermaßen als Baustoff wie als Rohstoff für die Keramik-, Glas- und Zementindustrie weltweite Bedeutung. Quarzkies und gebrochener Quarz sind Rohstoffe zur Gewinnung von Silicium.

Quarzsand und Quarzkies sind chemisch betrachtet "Siliciumdioxid ( $\text{SiO}_2$ )"; sie enthalten - sofern sie in hochreiner Qualität vorliegen - 46 % Silicium (chemisches Zeichen: Si) und 53 % Sauerstoff (chemisches Zeichen:  $\text{O}_2$ ). Der Rest sind Verunreinigungen. Damit daraus fast reines Silicium, z.B. für die Halbleitertechnologie wird, wandelt man mit einem energie-intensiven Prozess den Quarzkies mit Hilfe von Kohlenstoff um. Alle Produkte, die Glas, Silicium oder Beton enthalten, sind somit auf Quarzkies angewiesen.

Besonders in der Baubranche wird sehr viel Sand benötigt.

Wenn man maximal 40 Milliarden Tonnen Sand pro Jahr braucht, warum ihn nicht daher nehmen, wo es ihn wie „Sand am Meer“ gibt? Warum nicht einfach die Sahara verkaufen?

Das schlagkräftigste Argument sind sicher die hohen Transportkosten. Der Sand wird deshalb möglichst nah am Verbrauchsort abgebaut. Erst, wenn diese Gebiete erschöpft sind oder die Qualität nicht ausreicht, wird der Sand weiter transportiert.

Für hohe Gebäude ist die Qualität und Zertifizierung von Bausand besonders wichtig. Deshalb importiert Dubai so viel Bau-Sand aus Australien. Dieser ist von besonderer Qualität und weist die Eigenschaften auf, die für Stahlbeton im Hochhausbau notwendig ist. Eine Tonne Sand kostet ca. 13 Euro, mit Transport vermutlich 20 Euro. Diese Kosten sind so gering, dass Dubai importiert und nicht seine Dünen abbaut. Man liest immer wieder, dass Wüstensand für die Herstellung von Beton nicht oder nur teilweise geeignet sei.

Sand, der viel bewegt wird, rundet sich ab. Die Kanten werden durch ständige Kollisionen mit anderen Sandkörnern abgeschlagen, was die Sandkörner fein, rund und glatt macht. Beim Aushärten von Beton müssen sich Wasserstoffbrückenbindungen bilden. Die Zementanteile werden zuerst hydratisiert und so durch Wasserstoffbrücken verbunden. Anschließend wird auch der Zuschlagstoff Sand eingebunden. Die Wasserstoffbrücken entstehen dabei hauptsächlich an den Kanten der Sandkörner. Deshalb kann abgerundeter Wüstensand nicht genug stabile Bindungen aufbauen. Allerdings gibt es Versuche in der Baustoffforschung, das zu ändern! (siehe Station 6)

Stabiler Beton benötigt zudem abgestufte, unterschiedliche Korngrößen bis hin zu 32mm. Wüstensand ist dafür einfach zu fein.

Der Prozess der Aushärtung ist chemisch sehr komplex und interessant für die Chemie-Kollegen oder einen fächerübergreifenden Unterricht. Eine gute Übersicht gibt Peter Bützer<sup>6</sup>.

Diese Begründung wird von Harald Elsner bestritten. Vielmehr seien die hohen Transportkosten aus abgelegenen Gebieten und die fehlende Zertifizierung die Gründe für Bausand-Importe aus Australien.<sup>7</sup>

Es gibt aber durchaus Länder, in denen Bausand knapp ist.

<sup>6</sup> <http://www.buetzer.info/fileadmin/pb/pdf-Dateien/Zementhaertung.pdf>, abgerufen am 03.02.2016

<sup>7</sup> Elsner, Harald, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover Unterrichtshilfe 19.99 „Sand- eine globale endliche Ressource“, © Schulbiologiezentrum der Landeshauptstadt Hannover, Verfasser Almuth Kläß und Ingo Mennerich



Nur wenige Schüler haben schon eigenhändig Beton gemischt. Standardmäßig mischt man 1 Teil Zement, 6 Teile Sand (!) und 1 Teil Wasser. In unseren „Sand“-Kursen haben die Schüler großen Spaß daran, erhalten einen kleinen Briefbeschwerer als Erinnerung und erleben „live“, wie viel Sand man für eine kleine Menge Beton benötigt.

## 2.4. Natürliche Küstenveränderung im Vergleich zu Erosion durch Sandabbau

### Natürliche Veränderung am Beispiel der deutschen Küste

Die Veränderung an der deutschen Nordseeküste wird bereits von Heinrich Schütte 1939 in seinem Buch „Sinkendes Land an der Nordsee?“ behandelt. Er nennt als Beispiel die Insel Arngast, die sich im Jadebusen befand.

Innerhalb von 350 Jahren wurde Arngast vom Festland getrennt und schließlich wurde sogar die gesamte Insel durch die Kräfte von Wind und Wasser abgetragen, obwohl sie nicht einmal der offenen See ausgesetzt war. Zwanzig Jahre lang hat Schütte die Veränderung an der Insel beobachtet, bis diese verschwunden war. (Schütte, S. 38-41).

Schon vor einhundert Jahren haben Wissenschaftler also die Veränderung der Küsten beobachtet<sup>8</sup>.

Die Küstensäume werden durch Gezeiten, Stürme und ständige Wellen verändert, denn jede anlaufende Welle verlagert Sand. Das kann – bei direkt auftreffenden Wellen – ein Auf- und Abspülen des Sandes sein. Die meisten Wellen treffen aber nicht senkrecht auf die Küste, sondern in einem gewissen Winkel. Dadurch wird der Sand verlagert und wandert entlang der Küste (vergleiche Welland S. 111-112). Die beiden langen Nehrungshaken der Insel Sylt sind ein gutes Beispiel für diese Abtragungs- und Verlagerungsprozesse.

So haben die Nordseeinseln und die deutsche Küste sich schon immer verändert, auch ohne Sturmfluten. Bei Stürmen kommt allerdings hinzu, dass eine erhebliche Sandmenge landeinwärts gespült oder durch den Wind transportiert werden kann.

Durch Ebbe und Flut verändern sich die Küsten fortlaufend – in Zeitlupe:

Bei Flut gibt es einen kurzen Moment der Ruhe, der aber genügt, die feinsten Sedimente zu Boden sinken zu lassen. Bei Ebbe werden dann nicht alle diese Sedimente wieder ins Meer gespült.

Kurz nach Hochwasser hat das abfließende Wasser noch nicht die Fließgeschwindigkeit, um frisch abgesetzten Sand wieder fortzuspülen. Je weiter sich der Wasserstand Richtung Niedrigwasser bewegt, desto größer die Fließgeschwindigkeit und Kraft des Wassers. Deswegen befinden sich die Schlickbänke (besonders geringe Korngröße, geringer als Sand), in die man mit den Füßen einsinkt, weiter zum Land-

---

<sup>8</sup> Seine Theorien zur Küstensenkung an der Nordsee sind laut Wikipedia heute allerdings überholt. [https://de.wikipedia.org/wiki/Heinrich\\_Sch%C3%BCtte](https://de.wikipedia.org/wiki/Heinrich_Sch%C3%BCtte), vom 12.02.2016  
Unterrichtshilfe 19.99 „Sand- eine globale endliche Ressource“, © Schulbiologiezentrum der Landeshauptstadt Hannover, Verfasser Almuth Kläß und Ingo Mennerich

inneren hin und die festen Sandbereiche mit harten Rippen näher der Wasserkante bei Niedrigwasser. Je schneller das Wasser fließt und je mehr Kraft es hat, desto mehr geringe Korngrößen werden mitgetragen und können sich nicht mehr ablagern (vgl. Schütte S. 15-19).

So kommt es auf natürliche Weise zu Veränderungen an allen Küsten der Erde.

Diese Erfahrung machen auch die Schüler an der Station 7, wenn es darum geht, auf welche Weise sich der Sand und noch kleinere Korngrößen im Unterlauf nahe der Flussmündung ablagern. Im Unterlauf eines Flusses wird die Fließgeschwindigkeit und damit die Transportkraft immer geringer, und Sandkörner oder noch kleinere Korngrößen können sich nun absetzen. Im Mittellauf und besonders im Oberlauf ist die Fließgeschwindigkeit dafür zu hoch.

Sand wird leichter durch Wasser bewegt als größere Partikel, was uns spontan logisch erscheint, weil größere Teilchen auch schwerer sind und mehr Widerstand bieten. Allerdings werden auch kleinere Teilchen im Schlamm am Grund von Flüssen weniger leicht bewegt als Sand, weil sie besser zusammenhaften.



Linkes Bild: In unseren Kursen zur Fließgewässerökologie bauen die Schüler im Modell ein Fließgewässer nach, an dem sich das Abtragen von Sand bei hoher Fließgeschwindigkeit im Oberlauf und die Sandablagerung bei geringer Fließgeschwindigkeit beobachten lässt.

(Foto: Schulbiologiezentrum Hannover)

Natürlich können auch Felsen an der Küste abbrechen und kleinere Gesteine am Strand verwittern. Dies geschieht zum Beispiel in unregelmäßigen Abständen an den Kreidefelsen auf Rügen. Auch in diesem Fall verändert sich der Verlauf der Küste, ohne dass der Mensch dort eingegriffen hat.

### **Erosion durch Sandabbau**

In Niedersachsen wird viel Sand abgebaut und die Landschaft durch diesen Eingriff verändert (z. Bsp. in Honerdingen/Walsrode). Mancherorts entstehen Baggerseen, die von der Bevölkerung als Freizeitmöglichkeit geschätzt werden und die sogar neue Biotope bilden.

Um den großen Bedarf an Sand in der Welt zu decken, reichen die geeigneten Sandvorkommen an Land nicht aus. Große Saugbagger fördern den Sand vom Meeresboden.

Wenn allerdings an der Küste oder am Boden des Schelfmeeres Sand mit Saugbaggern.<sup>9</sup> (siehe Illustration unten) abgebaut wird, hat dies weitreichende Folgen für den Küstenschutz. Es kann zur Erosion kommen. Unter Erosion versteht man die *lineare* Abtragung durch Gewässer<sup>10</sup>.

Wenn an der Küste der Sand abgebaut wird, entsteht ein Sanddefizit. Durch die Wellen wird der verbleibende Küstensand bewegt und sackt in Richtung Wasser ab. Die meisten Küsten werden durch Sanddünen begrenzt, die der Wind aufgebaut hat. Wenn nun an der Küste ein Sanddefizit entsteht, verändert sich der Strand insofern, als dass das Gelände zu den Dünen hin steiler ansteigt. Das führt wiederum dazu, dass die Wellen nicht so sanft auslaufen und die Dünen eher zerstört werden. An der amerikanischen Küsten kann man vielerorts bereits messen, dass der Strand „kürzer“ ist und beobachten, dass Häuser, die vor ein paar Jahren noch eine beneidenswerte Lage am Strand hatten, nun durch die auftreffenden Wellen beschädigt werden.

An verschiedenen Küsten versuchen die Gemeinden, Sand vom Boden des Schelfmeeres zu saugen und damit die Strände aufzufüllen. Der Sand verbleibt dort höchstens einige Jahre, dann ist er wieder fortgespült. Der vom Strand abgespülte Sand bildet ein System paralleler Strandwälle vor der Strandkante, diese verflachen den Raum davor und tragen zu einer Verminderung der Erosionskraft bei.

Neben der Gefahr der Erosion bedeutet das Abtragen von Sand am Schelfmeeresboden einen Eingriff in ein Ökosystem, bei dem die Nahrungsgrundlage vieler Tiere beeinträchtigt wird.

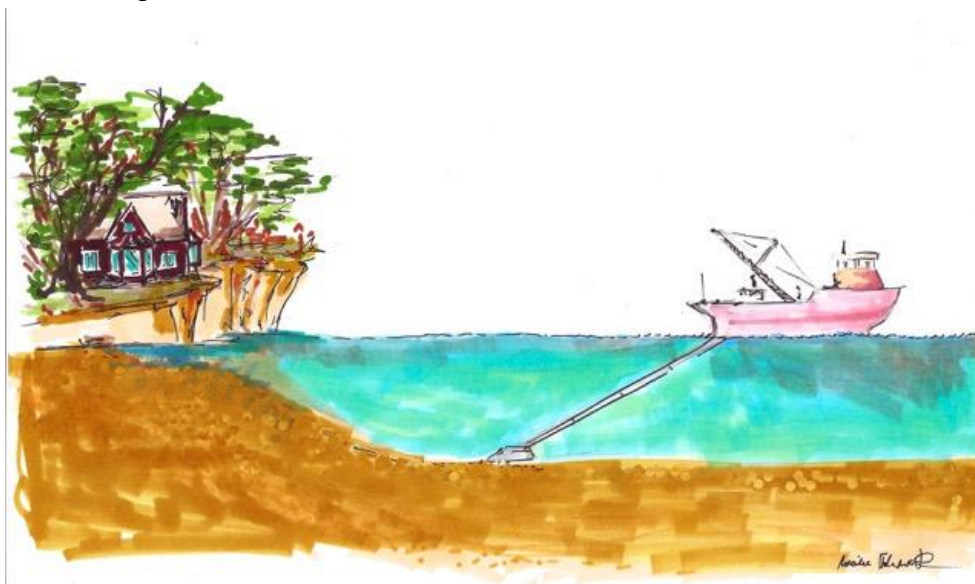


Illustration:  
Ulrike Höllwarth,  
Hannover

<sup>9</sup> <http://www.patent-de.com/20060713/DE60114172T2.html>

<http://www.google.com/patents/DE60114172T2?cl=de>

<sup>10</sup> Gebhardt, S. 395

Der Sand aus dem Meer und von den Stränden kann nur für Aufschüttungen (Singapur) verwendet werden, weil er salzig ist und dann andere chemische Eigenschaften hat. Das Entsalzen (spülen mit Süßwasser) ist normalerweise zu teuer. Für Beton muss man Sand an Land abbauen oder aus Flüssen/Seen (Süßwasser) fördern.

## 2.5. Was tun?

Die Lernstation 6 „Infostand“ weist die Schüler auf den globalen Sandverbrauch und die ökologischen Folgen hin. Leicht kann dabei ein Gefühl der Besorgnis oder sogar Frustration entstehen, wenn man die Schüler ohne Handlungsalternative nach Hause gehen lässt.

Bisher ist es nicht gelungen, den immensen Verbrauch an Stahlbeton (und Sand) zu verringern, aber man sollte die Schüler auf die Forschung aufmerksam machen. Zum Beispiel wird an der RWTH Aachen an alternativen Betonprodukten geforscht und die thüringer Firma PolyCare© hat einen Polymerbeton entwickelt. Prof. Dirk Hebel forscht am KIT in Karlsruhe an alternativen Baustoffen.

Diese Produkte haben noch viele Nachteile, sie zeigen aber, dass die Forschung im Baustoffbereich wichtige Impulse für das Ressourcenmanagement leisten kann. Deshalb liegen als Beispiele einige Musterstücke aus, die allerdings nicht alle für den Hochbau geeignet sind.

An dieser Stelle sollte man die Schüler auf die Berufsfelder aufmerksam machen, die dazu einen wichtigen Beitrag leisten: Ingenieurwissenschaften, physikalische Chemie, Statik, Geologie, etc.

12

## Zunehmend wird Holz wieder für den Hochbau verwendet

An zahlreichen Hochschulen werden Diplom- und Vertiefungsstudiengänge zum Holzbau oder zur Holztechnik im Bereich des Bauingenieurwesens angeboten. Man kann Holz so aufbereiten, dass es schlechter brennt als Stahl oder Beton und somit genauso gut vor Feuer schützen.

Um Holz konkurrenzfähig zu machen, muss aber auch der Hochhausbau möglich sein. Der japanische Architekt Shigeru Ban hat bereits einige Hochhäuser mit großem Holzanteil verwirklicht.



Das Gebäude des *Tagesanzeiger*-Verlags Tamedia in Zürich vom japanischen Architekten Shigeru Ban wurde aus Fichtenholz gebaut. Hier arbeiten 480 Menschen.  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?search=Tamedia+Z%C3%BCrich&title=Special%3ASearch&go=Go#/media/File:Tamedia-Verlagshaus.jpg>, abgerufen am 30.10.18



Abbildung oben: Centre Pompidou in Metz/Frankreich. Die Dachkonstruktion besteht aus beschichteter Fichte. Architekt: Shigeru Ban

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8793427>.abgerufen am 30.10.18

In Wien wird das „HoHo“, das Holzhochhaus geplant, das bis 2019 auf 24 Stockwerke ausgebaut werden soll. Dabei wird der Hauskern weiterhin aus Stahlbeton gebaut, der Holzanteil beträgt aber immerhin 75%! Die Baukosten sollen dabei um ca. 10% höher sein, was durch eine deutlich verringerte Bauzeit mit Fertigteilen wieder ausgeglichen wird.

[www.hoho-wien.at](http://www.hoho-wien.at)

<https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/architektur/das-weltgroesste-hochhaus-aus-holz-ist-halb-fertig/>

## Baustoffe in der Region Hannover

Es ist kaum vorstellbar, dass weltweit jährlich mindestens 15 Milliarden Tonnen Sand verbraucht werden.

In Deutschland ist aber ausreichend Quarzsand und Bausand vorhanden! In Deutschland werden jährlich 250 Mill. Tonnen Sand abgebaut.

Allerdings wird teilweise auf Recycling „gebaut“: Die Stadt Hannover setzt teilweise zerkleinerten „Betonschrott“, als Ersatz für Schotter bei Geh- und Radwegen ein.

Auf größeren Baustellen werden Betonteile direkt nach dem Abriss zerkleinert (mit Dieselmotoren), und der Bauschutt wird entweder entsorgt oder zur Unterfütterung von Wegen verwendet.

Unterrichtshilfe 19.99 „Sand- eine globale endliche Ressource“, © Schulbiologiezentrum der Landeshauptstadt Hannover, Verfasser Almuth Kläß und Ingo Mennerich

Bausand wird im Gegensatz zum teureren Quarzsand praktisch nicht recycelt. Das liegt am hohen technischen Aufwand, der großen Verfügbarkeit in Deutschland und dem bisher geringen Preis.

Allerdings könnte es aus folgenden Gründen zu einer Verknappung kommen:

- Ein Großteil der Sandvorkommen ist nicht nutzbar. In Baden-Württemberg sind zum Beispiel 85% der Landesfläche bereits anders verplant (Straßen, Eisenbahnlinien, Gewerbegebiete, Wasserschutzgebiete, Naturschutzgebiete, etc.)
- Viele Gemeinden bzw. die Anwohner akzeptieren nicht mehr den Abbau von Rohstoffen in ihrer Nähe, um die Versorgung der Region zu gewährleisten. Sie wehren sich gegen eine Veränderung der Landschaft und den Lastwagenverkehr.
- Aufgrund der langwierigen Genehmigungsverfahren haben diverse Unternehmen keine Anträge auf Verlängerung oder Erweiterung des Sandabbaus gestellt.
- In Deutschland wird schon jetzt viel gebaut, im Straßenbau und bei der Bahn gibt es einen Sanierungsstau, sodass ein höherer Sandbedarf zu erwarten ist.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Elsner, Harald, S. 7

Unterrichtshilfe 19.99 „Sand- eine globale endliche Ressource“, © Schulbiologiezentrum der Landeshauptstadt Hannover, Verfasser Almuth Kläß und Ingo Mennerich

### 3. Didaktische Legitimation und

#### Curriculare Anbindungen an das Fach Erdkunde

#### „Sand: eine globale, schwindende Ressource?“

Schülerin am 05.02.16 „Ich dachte vorher gar nicht, dass Sand so interessant sein kann.“

##### 3.1. Didaktische Legitimation (angelehnt an Klaffki)

Exemplarische Bedeutung: Sand als Beispiel für einen begrenzt verfügbaren Rohstoff

Gegenwartsbedeutung: Schon heute spielt das Thema wirtschaftlich durch den Sandhandel und ökologisch durch die Erosion eine zunehmend große Rolle.

Zukunftsbedeutung: Die Verknappung von Rohstoffen steht eine Herausforderung für die Gestaltung der Zukunft dar.

Zugänglichkeit: durch die praktische Arbeit an den Stationen und den Informationsstand erlernen die Schüler durch eigenhändiges Tun die vielfältigen Grundlagen des Themas „Sand“.

---

 15

##### 3.2. Curriculare Anbindungen an das Fach Erdkunde (Niedersachsen)

###### 1. Kerncurriculum für das Gymnasium Schuljahrgänge 5 – 10

**Erdkunde(2008)** [http://db2.nibis.de/1db/cuvo/datei/kc\\_gym\\_erdk\\_08\\_nib2.pdf](http://db2.nibis.de/1db/cuvo/datei/kc_gym_erdk_08_nib2.pdf)

Bedingt durch seine Inhalte und Funktionen ist das Unterrichtsfach Erdkunde der Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (vgl. UN Dekade 2005–2014) sowie dem globalen Lernen besonders verpflichtet.

###### Kompetenzbereich „Fachwissen“

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern Anforderungen an nachhaltige Raumnutzungen im lokalen und globalen Kontext (z. Bsp. Übernutzung).
- beschreiben Nutzungsmöglichkeiten natürlicher Ressourcen.

###### Kompetenzbereich „Beurteilung und Bewertung“

Die Schülerinnen und Schüler

- bewerten die Tragweite menschlicher Eingriffe in natürliche Systeme.
- beurteilen Tragfähigkeitspotenziale in verschiedenen Räumen.

## 2. Kerncurriculum für das Gymnasium – gymnasiale Oberstufe, die Gesamtschule – gymnasiale Oberstufe, das Abendgymnasium- das Kolleg (2017)

Einführungsphase: Kernthema 10: Nachhaltige Raumnutzung

Qualifikationsphase. Fachmodul3: Ressourcennutzung

### Fachmodul 3: Ressourcen und nachhaltige Entwicklung

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Pflanzliche, mineralische und energetische Rohstoffe

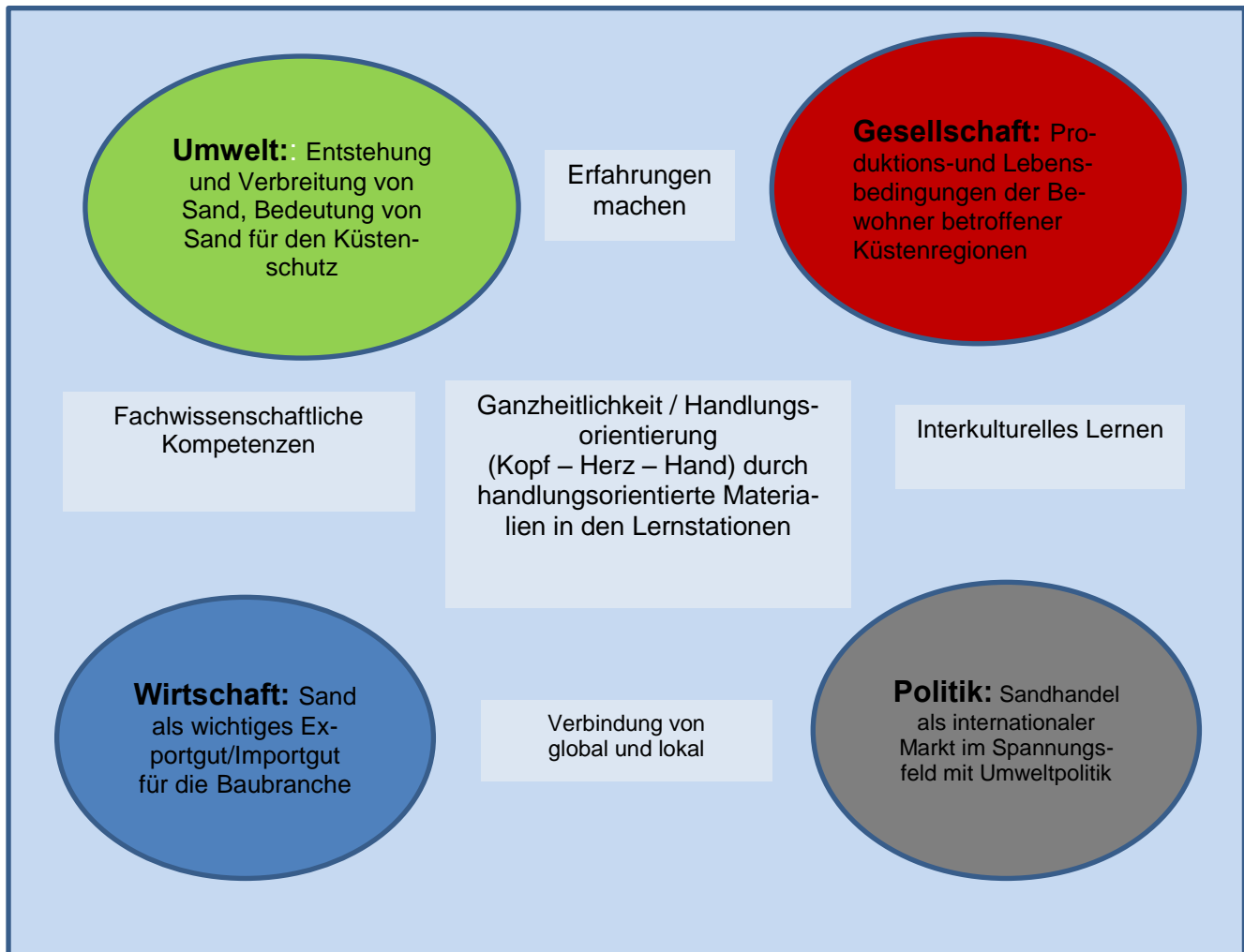
Entwicklungspotenziale und Perspektiven

- Nachhaltige Raumnutzung - Anforderungen und Maßnahmen (z. B. Ökobilanzen, ökologischer Fußabdruck, ....)



#### 4. Inwiefern findet hier „globales Lernen“ statt?

Das Thema „Sand“ berührt die Dimensionen Umwelt, Gesellschaft, Wirtschaft und Politik.



17

Der **Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung** schlägt Themen vor, die besonders für das Erreichen einer nachhaltigen Entwicklung geeignet sind. Folgende Themen lassen sich mit „Sand“ gut bearbeiten:

- Waren aus aller Welt: Produktion, Handel und Konsum
- Schutz und Nutzung natürlicher Ressourcen
- Globale Umweltveränderungen

## Kompetenzen aus dem „Orientierungsrahmen Globale Entwicklung“ (2016, S. 228f)

Die Schülerinnen und Schüler können...

- 2.3 ... unterschiedliche Gefährdungsrisiken durch Naturkatastrophen und wirtschaftliche Nutzung erfassen (vulnerability).
- 3.1 ... das Leitbild der Nachhaltigkeit auf Prozesse der Raumentwicklung anwenden.
- 8.3 ... den eigenen Lebensstil unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit hinterfragen.
- 9.1.... raumwirksame Interessenkonflikte analysieren und Ideen zur Konfliktlösung entwickeln.
- 11.1 ... ein individuelles Leitbild der Nachhaltigkeit entwickeln und das eigene Handeln daran orientieren.

### BNE-Kompetenzen:

1. Empathie für andere zeigen können (Taucher verdienen mit Sandabbau ihren Lebensunterhalt)
2. Gemeinsam mit anderen planen und handeln können (seine Kenntnisse anderen erzählen?)
3. Interdisziplinär Erkenntnisse gewinnen und handeln (hier Geographie und Politik)
4. Die eigenen Leitbilder und die anderer reflektieren können (können wir auf Kosten anderer Länder weiterhin so bauen?)
5. Sich und andere motivieren können, aktiv zu werden (haben wir Ideen, was wir machen können?)
6. Risiken, Gefahren und Unsicherheiten erkennen und abwägen können (Welche Nachteile haben die neuen Baustoffe?)
7. Vorausschauend Entwicklungen analysieren und beurteilen können (Welche Folgen hat der unveränderte Sandabbau?)
8. Vorstellungen von Gerechtigkeit als Entscheidungs- und Handlungsgrundlage nutzen können (Welche Häuser will ich als Architekt oder Bauherrin bauen?)
9. Weltoffen und neue Perspektiven integrierend Wissen aufbauen (Welche Meinung dazu haben andere Menschen? Bauingenieure, Kunden von Architekten, Städtebauer, Inselbewohner, etc.)
10. Zielkonflikte bei der Reflexion über Handlungsstrategien berücksichtigen können. (Könnte jemand anderes zu einer ganz anderen Haltung kommen?)

## 5. Lernen an Stationen

Station 1: Welche Produkte verbrauchen Sand?

Station 2: Was ist Sand?

Station 3: Wie viel Sand wird auf der Erde verbraucht?

Station 4a: Wie entsteht Sand?

Station 4b: Welcher Stein kann zu Sand werden?

Station 5: Aus Sand kann wieder Stein werden.

Station 6: Infostation: Verschiedene Materialien

Station 7: Warum lagert sich Sand im Unterlauf eines Flusses ab?

Station 8a: Wir stellen Zement her.

Station 8b: Betonbruch kann Sand oder Kies ersetzen.

## Station 1: Welche Produkte verbrauchen Sand?

### Material: Kiste mit verschiedenen Produkten

Betrachte die Produkte, die in der Kiste sind.

Für die Produktion **welcher** Produkte wird Sand benötigt?

Die Lösung findest du auf der Rückseite.



	Aus/mit Sand gemacht?	Nicht mit Sand gemacht?
Beton		
Brille		
Handy		
Zement		
Glühlampe		
Taschenrechner		
Flasche		
Marmeladenglas		
Auto		
Haus		
Ziegelsteine		
Toaster		
Schleifpapier		
Zahnpasta		
Sandstein		
Solarzellen		
Kreditkarte		
Lebensmittel		
Sonnenmilch		
Handscheuerpasten		

## Lösung Station 1: Welche Produkte verbrauchen Sand?

Aus Sand gemacht....	Nicht aus Sand gemacht...
Beton (besteht zu ca. 4/5 aus Sand)	
Brille (Glas)	Brille (Plastik)
Handy (Chips)	
Zement (Zuschlag zum Kalk)	
Glühlampe (Glas)	
Taschenrechner (Chips)	
Lupe (Glas)	
Flasche (Glas)	
Marmeladenglas (Glas)	
Ziegelsteine (Sand als Zuschlag zum Ton)	
Schleifpapier	
Zahnpasta	
Sandstein	
Solarzellen	
Kreditkarte (Chip)	
Lebensmittel (Zusatz E 551, Siliciumdioxid/"Kieselsäure" als Nano-Partikel, z.B. in Gemüsebrühe, Tütensuppen oder als Rieselhilfe im Salz), <b>Calcium-, Magnesium-, Natriumaluminium- und Calciumaluminiumsilicat E 552-E556</b> )	
Sonnenmilch (Siliciumdioxid zum "Entschärfen" von Zinkoxid)	
Handscheuerpasten: enthalten Sand	

Hat etwas mit Sand zu tun....	Hat nichts mit Sand zu tun...
Auto (Straßen, Zement)	
Haus (Beton, Zement)	
Sandstrahlgebläse	

## Station 2: Was ist Sand?

**Material:** Bodensiebe, Materialgemisch, tiefe Teller, Schraubgläser mit versch. Sandbeispielen, Binokulare, Petrischalen, Backblech



**1. Durchführung:** Siebe das Material durch die verschiedenen Bodensiebe und teile es auf die verschiedenen Teller sortiert nach Korngrößen auf. Was ist Sand?

**Kies:** 2mm bis 63 mm

**Sand:** 0,063 bis 2mm

(dabei unterscheidet man zwischen Grob-, Mittel- und Feinsand)

Grobsand: 0,63 bis 2mm

Mittelsand: 0,2 bis 0,63mm

Feinsand: 0,063 bis 0,2mm

**Schluff:** 0,002 bis 0,063mm

**Ton:** kleiner 0,002mm

**3. Nicht alles ist Sand und Sande können sehr unterschiedlich aussehen.**

**Durchführung:** Betrachte unter dem Binokular die Materialproben: Was ist Sand?

Welche Materialien kannst du genauer beschreiben?



## Informationen zu Station 2:

**Sand** ist ein natürlich vorkommendes, unverfestigtes Sediment, das sich überwiegend aus Mineralkörnern mit einer Korngröße von 0,063 bis 2mm zusammensetzt.

Die Bezeichnung „Sand“ ist *nicht* abhängig von der mineralischen Zusammensetzung. Der weitaus überwiegende Teil aller Sande besteht jedoch mehrheitlich aus Quarzkörnern.

**Sandstein** ist ein Sedimentgestein (diese entstehen durch Ablagerungen) aus miteinander verkitteten Sandkörnern, die vorwiegend aus Quarz bestehen.

Kalksandstein kommt als Naturstein in Deutschland selten vor.

Natürlicher **Kalksandstein** ist ein Sandstein, bei dem das Bindemittel Calciumcarbonat ist. **Calciumcarbonat** - oder veraltet **kohlensaurer Kalk** - ist eine chemische Verbindung mit der chemischen Formel  $\text{CaCO}_3$ .

Wenn Salzsäure mit Calciumcarbonat reagiert, entsteht Kohlenstoffdioxid. Das Gas kann man indirekt an der Bläschenbildung erkennen.

## Station 3: Wie viel Sand (ver)braucht die Erde pro Jahr?

(Klasse 4-6)

Schätzungen liegen zwischen 15 und 40 Milliarden Tonnen pro Jahr

**Material:** Messbecher, laminiertes Plan, Sand, Handfeger

**1. Gib eine Schätzung ab:** Wie viel Fläche von Hannover wird von Sand bedeckt, wenn man den jährlichen Weltverbrauch an Sand auf der Stadt ausschütten würde?

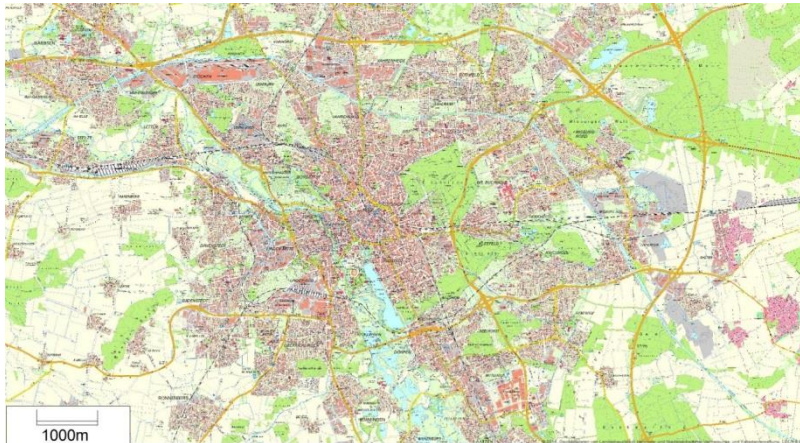
Sieger ist, wer dem Ergebnis am nächsten kommt.

2. Schütte auf die Hannover-Karte einen Sandberg, der umgerechnet der Menge an weltweit verbrauchtem Sand pro Jahr entspricht.

Kleinster anzunehmender Jahresverbrauch: Ca. 15 Milliarden Tonnen, das entspricht **1,3 l** Sand in unserem Modell

Größter anzunehmender Jahresverbrauch: ca. 40 Milliarden Tonnen, das entspricht **3,4 l** Sand in unserem Modell

Schütte erst 1,3 l und dann 3,4 l Sand auf den Stadtplan. Welche Stadtteile von Hannover werden nun verdeckt?



**3. Schütte anschließend den Sand wieder in den Eimer und fege verschütteten Sand auf!**



## Station 3: Wie viel Sand (ver)braucht die Erde pro Jahr?

(Ab Klasse 7)

Schätzungen liegen zwischen 15 und 40 Milliarden Tonnen pro Jahr

**Material:** Messbecher, Zollstock/Lineal, laminiertes Plan, Sand, Winkelmesser, Handfeger

**1. Gib eine Schätzung ab:** Wie breit und wie hoch ist ein Sandberg mit 40 Milliarden Tonnen? Notiere deine Schätzung.

Sieger ist, wer dem Ergebnis durch am nächsten kommt.

2. Die dafür notwendige Rechnung befindet sich hinter dieser Seite. Lies' sie dir durch.

4. Schütte auf die Hannover-Karte einen Sandberg, der im Maßstab der Menge an verbrauchtem Sand entspricht. Wie geht man vor?

Kartenmaßstab 1:20000, d.h. 1 cm auf der Karte entspricht 20000 cm (= 200 m) in der Natur.

1 Kilometer hat auf der Karte die Länge von 5 cm.

- Sand auf die (laminierte) Hannover-Karte schütten, bis die Grundfläche und die Höhe des Sandberges erreicht sind.



**Schütte anschließend den Sand wieder in den Eimer und fege verschütteten Sand auf!**

## Lösungen Station 3:

### Nr. 1/2: Wie viel Sand (ver)braucht die Erde pro Jahr?

Schätzungen liegen zwischen 15 und 40 Milliarden Tonnen pro Jahr

Das Schüttgewicht von (trockenem) Sand liegt zwischen 1,4 und 1,6 Tonnen pro Kubikmeter, grob gemittelt bei 1,5

1 Tonne Sand entspricht damit  $1/1,5 = 0,667 \text{ m}^3$

15 Milliarden Tonnen Sand (Jahresverbrauch?)

$$15 \cdot 10^9 \times 0,667 = 10 \cdot 10^9 \text{ m}^3$$

Das ist ein Würfel mit der Seitenlänge 2154,4 m

40 Milliarden Tonnen Sand (Jahresverbrauch?)

$$40 \cdot 10^9 \times 0,667 = 26,7 \cdot 10^9 \text{ m}^3$$

Das ist ein Würfel mit der Seitenlänge 2987,6 m

Wie hoch und wie breit wäre ein entsprechender Sandkegel (bei einem Schüttwinkel von  $32^\circ$ )?

Formel KEGELVOLUMEN, Schüttwinkel  $32^\circ$

$$V = \frac{1}{3} \pi r^2 h = \frac{1}{3} G h$$

Formel umstellen und anpassen:

Schüttwinkel  $32^\circ \rightarrow$  Verhältnis Gegenkathete (Höhe) zu Ankathete =  $\tan 32^\circ = 0,625$

h ist bei einem Schüttwinkel von  $32^\circ$  daher gleich  $r \cdot 0,625$

Daraus folgt:

$$V = \frac{1}{3} \pi r^2 \cdot r \cdot 0,625 = \frac{1}{3} \pi \cdot 0,625 r^3$$

Nach r umgestellt:

$$r^3 = \frac{3V}{0,625\pi}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{3V}{0,625\pi}}$$

**Das ergibt bei 15 Mrd. Tonnen Sand einen Kegel von rund 2,4 km Grundradius und fast 1,6 km Höhe!**

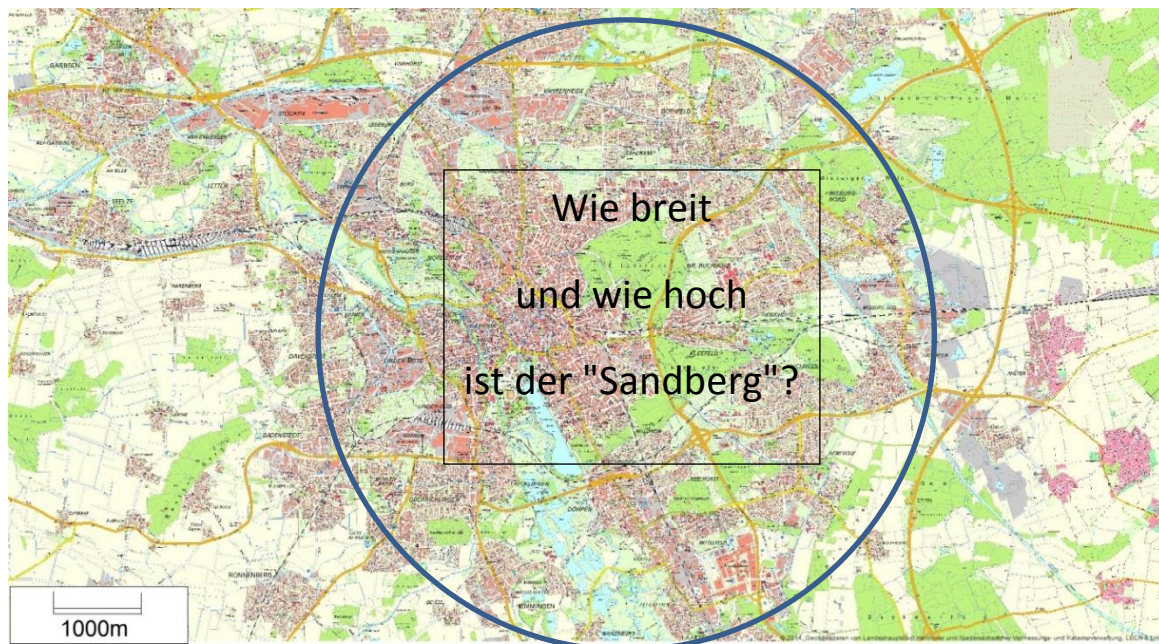
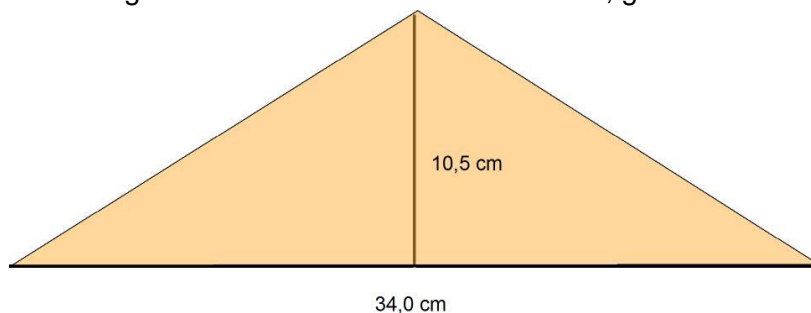
**Das ergibt bei 40 Mrd. Tonnen Sand einen Kegel von rund 3,4 km Grundradius und fast 2,2 km Höhe!**

### Nr. 3: Schütte auf die Hannover-Karte einen Sandberg, der im Maßstab der Menge an verbrauchtem Sand entspricht. Wie geht man vor?

- 1) Kleinster anzunehmender Jahresverbrauch: Ca. 1,3 l Sand
- 2) Größter anzunehmender Jahresverbrauch: ca. 3,4l Sand

### Experimentelles Ergebnis:

Schüttkegel Jahresverbrauch 40 Mrd. Tonnen, gemessener Schüttwinkel 30°



Grafiken von Ingo Mennerich

3375 cm<sup>2</sup> trockener Sand vom Hörnummer Strand ergibt einen Haufen von 34 cm Durchmesser und 10,5 cm Höhe. Der gemessene Schüttwinkel beträgt 30°.

Der Berg wäre also  $34 \times 0,2 = 6,8$  km breit und  $10,5 \times 0,2 = 2,1$  km hoch.

## Station 4a: Wie entsteht Sand?

**Material:** Schraubglas mit Granitbruch, Binokular, Löffel, Pinzette, Präpariernadel, Petrischale, Flaschen mit Gletscherwasser aus den Hohen Tauern

### Aufgaben:

1. Nimm das Glas mit Granitbruch und schüttele es **vorsichtig!** Entnimm dem Glas einige kleine Brocken und zerkleinere diese mit den Präpariernadeln. Betrachte die Bruchstücke unter dem Binokular. Notiere deine Beobachtung.



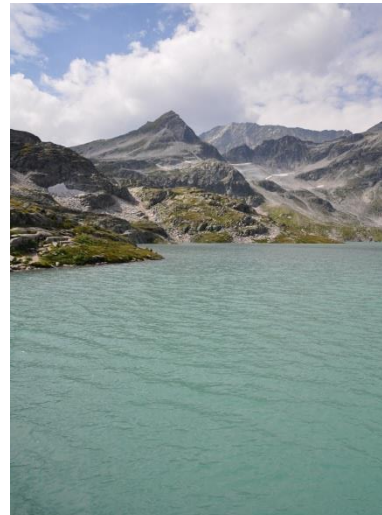
2. Schüttele die Flasche mit dem Gletscherwasser vom Weißsee im Nationalpark Hohe Tauern in Österreich. Was fällt dir auf? Der See, der ca. 200m tiefer liegt, ist übrigens nicht so hell, sondern grün.

28



Wasser aus dem Weißsee

Alle Aufnahmen von Almuth Kläß



Der Weißsee auf 2300m über n.N. im Nationalpark Hohe Tauern, Österreich

## Station 4: **Wie gelangt der Sand ins Meer?**

Sand wird von Bodenoberflächen fortgespült (Regen) oder aus Gesteinen ausgewaschen. Er wird mit dem Wasser des Flusses Richtung Meer gespült.



Bildquelle: <http://www.google.de/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.alpenfreaks.be>

29

Das Bild oben zeigt den Weißsee im Nationalpark Hohe Tauern/Österreich. Im Hintergrund sieht man die Staumauer, die der Stromherstellung dient.

Am Weißsee kann man exemplarisch sehen, wie Partikel im Wasser schwimmen, die aus dem Gestein ausgewaschen werden. Daher hat das Wasser seine helle Farbe.

## Station 4b: Welcher Stein kann zu Quarz-Sand werden?

**Material:** verschiedene Steine, Nägel oder Präpariernadeln, Binokulare, kleine Teller oder Untertassen, Quarzsand zum Vergleich

1. Betrachte den Quarzsand (auch unter dem Binokular).
2. Betrachte die ausgelegten Steine. Aus welchem Stein könnte Quarzsand entstehen?
3. Nimm einen Sandstein oder Granit und betrachte ihn unter dem Binokular. Lege den Stein auf einen kleinen Teller und kratze mit einem Nagel und Präpariernadeln Quarzkörnchen heraus.



Foto von  
Ingo Mennerich

## Station 5: Aus Sand kann wieder Stein werden

**Material:** Flasche mit Wasser-Sediment-Gemisch, Sandstein

**Durchführung:** Schüttle die Flasche gut durch und stelle sie dann ab.

Beobachte einige Minuten lang.

Vergleiche mit dem Sandstein.



Sandstein ist ein Sedimentgestein aus miteinander verkitteten Sandkörnern, die vorwiegend aus Quarz bestehen.

## Station 6: Sandabbau – was ist das Problem?

Quelle: „Auf Sand gebaut: Alternativen für eine endliche Ressource“

ein Feature on Dagmar Röhrlich

Deutschlandfunk 2016, gesendet 20.11.2016

Redaktion: Christiane Knoll

Keine andere Ressource wird so sehr unterschätzt wie der Sand. Er steckt in allem, von der Zahnpasta bis zum Beton. Zwar entsteht er durch Verwitterung ständig neu, doch längst nicht schnell genug: Derzeit verbraucht die Menschheit doppelt so viel Sand, wie alle Flüsse dieser Erde an Nachschub liefern. Schon heute sind in einigen Regionen die Reserven aufgebraucht.

Der Persische Golf glitzert in der Sonne, eine Dau - ihre großen Segel gesetzt - ist auf dem Weg zum alten Hafen. Es ist eine Aussicht, die es aus diesem Hotelzimmer schon bald nicht mehr geben wird. Denn direkt vor den Fenstern tanzen die Kräne. Arbeiter ziehen einen neuen Wolkenkratzer hoch, daneben werden Pfähle für das Fundament eines weiteren in den Korallenschutt gebohrt. Hier drinnen wirkt das alles wie ein lautloses Ballett.

Doch draußen spielen die Zementmischer, Pressluftschlämmer und Rammen ihre ganz eigene Melodie. Rund um die Uhr wird gearbeitet, sieben Tage pro Woche, während im neuen Hafen der Sand entladen wird, der die Großstadt wachsen lässt. Sand ist das Treibmittel der Modernität, Beton der Stoff, aus dem die Fortschrittsträume sind.

7.5 Trillionen Sandkörner sollen an den Stränden dieser Welt liegen. Eine sehr grobe Schätzung. Dazu die Sandkörner am Meeresboden, in den Flüssen und Seen. Zahlenmäßig haben die Sterne im Weltall gegen die Sandkörner überhaupt keine Chance.

Sand - das ist vor allem Quarz, eines der häufigsten Minerale in der Erdkruste, eines, das härter ist als Stahl und vielseitig einsetzbar. Das macht ihn zum Motor des Industriezeitalters: Ohne die unscheinbaren Körner gäbe es weder Computerchips noch Solaranlagen.

Mit dem Jahresverbrauch des Bausektors allein ließe sich rund um den Äquator eine 27 Meter hohe und 27 Meter breite Mauer aufschütten. Die Golf-Scheichtümer gieren nach Sand, ebenso die Länder Asiens - allen voran China. Die Dimensionen des Baubooms dort sind unvorstellbar:



China braucht rund 60 Prozent der weltweit geförderten Sande und Kiese. Wegen der rasanten Entwicklung hat das Land in den letzten vier Jahren mehr Sand gebraucht als die USA im letzten Jahrhundert.

Was im Lauf von Jahrmillionen durch Verwitterung und Sedimentation entstanden ist, baut die Menschheit ab, als gäbe es kein Morgen: entlang von Flussläufen, Stränden und aus den Meeren.

Bis vor kurzem wurde Sand vor allem in Sandgruben und aus Flussbetten gefördert. Aber diese Ressourcen werden knapp, und damit hat sich die Gewinnung ins Meer und an die Küsten verlagert.

Keine Kraft auf der Erde bewegt mehr Wassersand als die Menschheit. Konservativen Schätzungen zufolge baut sie jährlich doppelt so viel ab, wie alle Flüsse der Welt nachliefern.

Solche riesigen Mengen an Material bewegt man nicht ohne Folgen. Ausschlaggebend ist, wo abgebaut wird und wie. Sand- und Kiesgruben an Land, an Flüssen oder Seen können den Grundwasserspiegel absenken, Strömungen verändern. Der Abbau kann die Erosion antreiben und das Wasser trüben.

Strömungen kann der Sandabbau auch an den Küsten verändern, die Erosion antreiben, Ökosysteme zerstören.

Kleinen Inseln wie den Malediven ist bereits der Sand ausgegangen. Ein Strand verschwindet in wenigen Monaten. Ist er fort, schadet das nicht nur dem Tourismus, sondern auch der Sicherheit. Ein Strand puffert viel Wellenenergie ab. Ohne ihn trifft die zerstörerische Energie der Stürme direkt auf die Küste.

Trotz aller Folgen ist Sandabbau längst nicht in allen Ländern reglementiert - und wird noch seltener effizient überwacht. Oft werden Flüsse unkontrolliert ausgebagert, Meeresboden einfach abgesaugt. Der illegale Abbau ist ein Multimilliarden-Geschäft mit mafiösen Strukturen. In Marokko ist bereits die Hälfte der Strände widerrechtlich abgetragen worden. Auf Jamaica stahlen Sanddiebe für den Bau einer künstlichen Bucht in einem neuen Luxus-Resort den Strand eines Fischerdorfs. Sie kamen nachts mit schwerem Gerät - und Gewehren.

Dass Wüstensand eine unerschöpfliche Alternative zur Schonung der Wassersande ist, daran zweifeln andere Forscher. Denn auch Wüsten sind Ökosysteme, nicht weniger als Flüsse, Seen, Küsten oder der Meeresboden.

Nicht Öl, sondern Sand ist nach Wasser die am zweithäufigsten verbrauchte Ressource der Erde. Zwar verschlingt der Bausektor mit Abstand das meiste. Doch auch die Landgewinnung schlägt zu Buche. Weltweite Statistiken gibt es nicht, aber angesichts der 385 Millionen Tonnen, die Dubai allein für den Bau der künstlichen Inseln Unterrichtshilfe 19.99 „Sand- eine globale endliche Ressource“, © Schulbiologiezentrum der Landeshauptstadt Hannover, Verfasser Almuth Kläß und Ingo Mennerich

von Palm Jumeirah an Wassersand importiert hat, dürfte dieser Faktor erheblich sein. Auch der Küstenschutz fällt ins Gewicht. Unter anderem als Folge von Flussbegradigungen und Dammbau hängen immer mehr Strände am Tropf künstlicher Maßnahmen. Aufspülungen sind teuer - und der Sand dafür wird vom Meeresboden abgesaugt mit oft gravierenden Umweltfolgen. Deshalb entwickeln Forscher alternative Verfahren, bei denen die "Staubsaugerschiffe" gezielt Areale unberührt lassen. Eine andere Strategie: kalkabscheidende Bakterien sollen Strände und Dünen erosionsfester machen. Wie auch im Bausektor geht es darum, den Sandeinsatz zu minimieren.

Dabei ist Recyclingbeton für die Erstellung einfacher Bauwerke genauso geeignet wie herkömmlicher. Durch die Diskussion um nachhaltiges Bauen sinkt zumindest in den Industrienationen die Scheu der Bauherren vor "gebrauchten" Baumaterialien.

Und die Zeit wird knapp: Schon heute bietet Sand Stoff für internationale Konflikte. China spült riesige Sandmassen auf Riffe vor seiner Küste - um neue Inseln zu schaffen und politisch brisante Gebietsansprüche im Südchinesischen Meer durchzusetzen. Weiter im Süden wächst Singapur:

Singapur ist zwar nur ein kleiner Staat, aber er hat den höchsten Pro-Kopf-Verbrauch an Sand, weil man sich dazu entschlossen hat, das Territorium zu erweitern. Seit 1973 ist die Fläche von Singapur um 20 Prozent gewachsen - und zwar, indem Sand von den benachbarten Ländern importiert worden ist, aus Indonesien, Malaysia, Thailand und inzwischen sogar aus Kambodscha.

In den Nachbarländern verschwanden ganze Buchten. Schlimmer noch: Weil Saugschiffe kleinen Inseln zu nahe kamen, gingen fast zwei Dutzend im Meer unter. Verliert eine Nation Land, ändert das die Wirtschaftszone, die sie für sich beanspruchen kann - und damit die Grenze. Eine schwere diplomatische Krise war die Folge und Exportverbote. Geändert hat sich dadurch nichts, denn nun läuft der illegale Export auf Hochtouren.

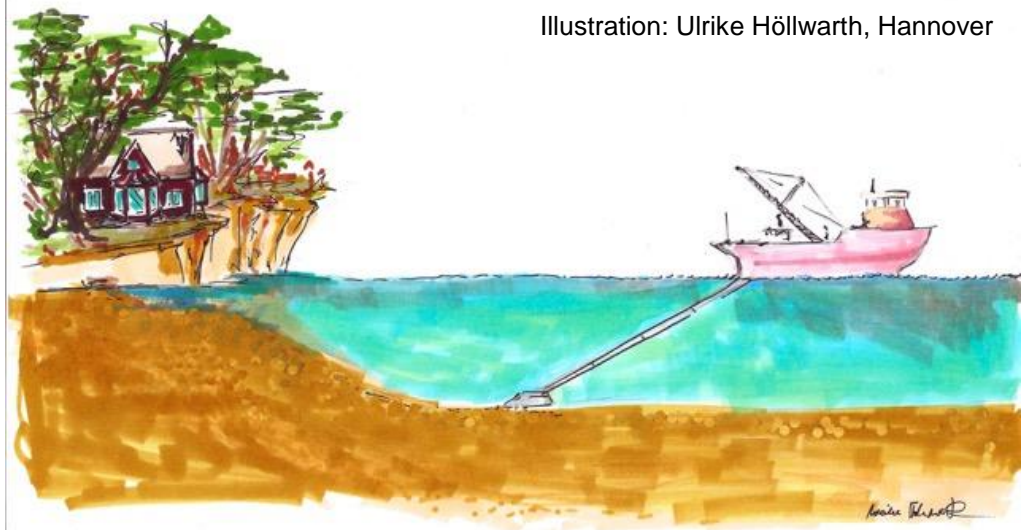


Illustration: Ulrike Höllwarth, Hannover

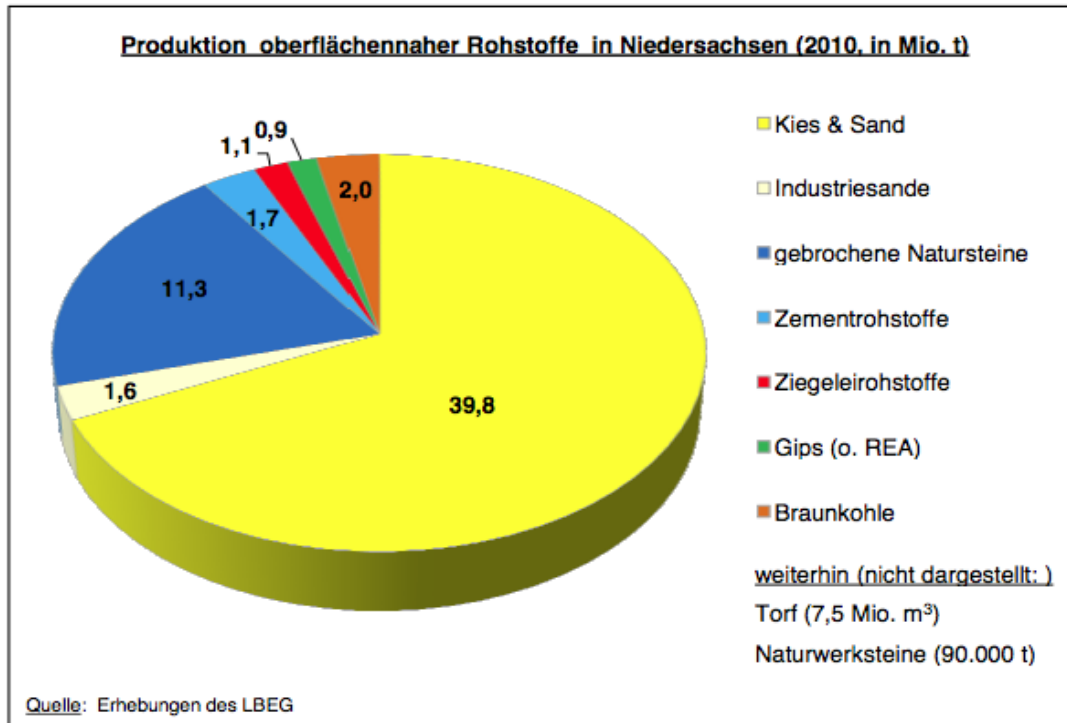
Wird an den Küsten der Sand abgebaut, entsteht ein Sanddefizit. Der verbliebene Sand rutscht von der Küste weiter ab ins Meer. Dadurch wird die Küste instabil, bzw. wird der Strand immer schmaler.

Wird der Sand vom Boden der Schelfmeere oder von Meeresdünen geholt, zerstört man den Lebensraum vieler Tiere und greift in die marine Nahrungskette ein.

Zusätzlich rutscht der küstennahe Sand weiter ab, und die Erosion an der Küste setzt sich zeitverzögert fort.

## Station 6: Woher stammt der Sand?

### Auch in Niedersachsen wird Sand abgebaut.



Quelle: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie: Firmenverzeichnis Steine, Erden & Industriemineralien für Niedersachsen 2013

## Kies und Sand

Kies und Sand sind wertvolle Rohstoffe für viele Industriezweige. Vor allem die Bauindustrie ist auf eine ausreichende Versorgung mit diesen Rohstoffen angewiesen.

Kies und Sand gehören mengenmäßig zu den wichtigsten Rohstoffen des Landes Niedersachsen. Rund 40 Millionen Tonnen pro Jahr werden davon allein in Niedersachsen und Bremen benötigt. Hauptverbraucher ist dabei die Bauindustrie. Aber auch andere Industriezweige, wie zum Beispiel die Eisen- und Stahlindustrie, die Glas- und Keramikindustrie und die chemische Industrie brauchen Kiese und Sande - zwar in geringeren Mengen aber dafür in sehr hoher Qualität.

Kies und Sand sind Korngrößenbezeichnungen (2-63 mm und 0,06-2 mm) für nicht verfestigte Sedimente. Die einzelnen Komponenten sind Mineral- oder Gesteinsbruchstücke, die bei der physikalischen und chemischen Verwitterung von Festgesteinen entstanden sind. Vor allem durch die Transportkraft von Wasser haben sich besonders in jüngerer geologischer Vergangenheit (Pleistozän) Anreicherungen von Kies und Sand gebildet, die als wertvolle Lagerstätten nutzbar sind.

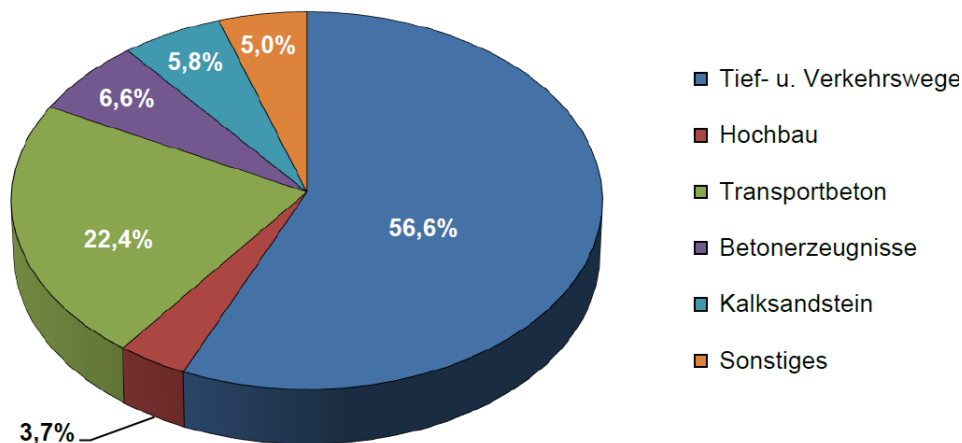
## Vorkommen

Aufgrund geologischer Gegebenheiten sind Kies und Sand in Niedersachsen ungleichmäßig verteilt. Kieslagerstätten finden sich bevorzugt an den Flussläufen von Weser, Leine, Oker, Oder, Sieber und Rhume. Schwach kieshaltige Sande sind besonders im Norddeutschen Tiefland verbreitet, allerdings sind die Qualitäten regional sehr unterschiedlich. Kiese aus den nordöstlichen Teilen des Landes haben teilweise Anteile an alkalireaktiven Bestandteilen, die ihre Verwendbarkeit bei der Betonherstellung einschränken.



Kiesabbau Brelingen/Region Hannover

## Verwendung von Sand und Kies in Niedersachsen (2016)



Quelle: LBEG, Rohstoffsicherungsbericht 2018 , S. 35

## Versorgungslage

Die Bauindustrie ist wesentlich von der Verfügbarkeit von Sand und Kies aus verbrauchernahen Lagerstätten abhängig, denn die Transportkosten dieser Massenrohstoffe übersteigen die Kosten für Gewinnung und Aufbereitung bei größeren Entfernungen häufig um ein Mehrfaches. Darüber hinaus führen Schwerlasttransporte über lange Strecken zu einer erheblichen Belastung der Umwelt und der Verkehrswege. Besonders problematisch ist, dass die vorhandenen Lagerstättenflächen aufgrund von anderen Nutzungsansprüchen, wie zum Beispiel der Grundwassergewinnung, dem Naturschutz oder der Bauleitplanung, nur zu etwa einem Drittel für die Rohstoffgewinnung genutzt werden können. In einigen Regionen muss der Kiesverbrauch schon durch Zulieferungen aus anderen Bundesländern und dem Ausland gedeckt werden.

## Station 6: Wer verdient Geld mit dem Sand? wichtigste Produzenten von Sand und Kies 2010

Land	Produktion in 1000 Tonnen
USA	26500
Italien	14000
Deutschland	6500
Vereinigtes Königreich	5600
Australien	5200
Frankreich	5000
Spanien	5000
Polen	4350
Japan	3500
Mexico	2800
Südafrika	2300
Finnland	2240
Belgien	1800
Ägypten	1750
Indien	1700
Iran	1500
Norwegen	1500
Österreich	1500
Chile	1400
Tschechische Republik	1370
Türkei	1300
Canada	1300
Gambia	1100
Bulgarien	650
Slowakei	620
Süd Korea	450
Ungarn	290
andere	6600

38



<https://www.mapsofworld.com/minerals/world-sand-and-gravel-producers.html>

Unterrichtshilfe 19.99 „Sand- eine globale endliche Ressource“, © Schulbiologiezentrum der Landeshauptstadt Hannover, Verfasser Almuth Kläß und Ingo Mennerich

## Station 6: Materialforschung aktuell

Zunehmend wird Holz wieder für den Hochbau verwendet

An zahlreichen Hochschulen werden Diplom- und Vertiefungsstudiengänge zum Holzbau oder zur Holztechnik im Bereich des Bauingenieurwesens angeboten.

Man kann Holz so aufbereiten, dass es schlechter brennt als Stahl oder Beton und somit genauso gut vor Feuer schützen.

Um Holz konkurrenzfähig zu machen, muss aber auch der Hochhausbau möglich sein. Der japanische Architekt Shigeru Ban hat bereits einige Hochhäuser mit großem Holzanteil verwirklicht.



Das Gebäude des *Tagesanzeiger*-Verlags Tamedia in Zürich vom japanischen Architekten Shigeru Ban wurde aus Fichtenholz gebaut. Hier arbeiten 480 Menschen.

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?search=Tamedia+Z%C3%BCrich&title=Special%3ASearch&go=Go#/media/File:Tamedia-Verlagshaus.jpg>, abgerufen am 30.10.18

39



Abbildungen oben: Centre Pompidou in Metz/Frankreich. Die Dachkonstruktion besteht aus beschichteter Fichte. Architekt: Shigeru Ban

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8793427>. abgerufen am 30.10.18

In Wien wird das „HoHo“, das Holzhochhaus geplant, das bis 2018 auf 24 Stockwerke ausgebaut werden soll. Dabei wird der Hauskern weiterhin aus Stahlbeton gebaut, der Holzanteil beträgt aber immerhin 75%! Die Baukosten sollen dabei um ca. 10% höher sein, was durch eine deutlich verringerte Bauzeit mit Fertigteilen wieder ausgeglichen wird.

[www.hoho-wien.at](http://www.hoho-wien.at)

<https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/architektur/das-weltgroesste-hochhaus-aus-holz-ist-halb-fertig/>

## Station 6: Materialforschung aktuell

### Aktuelle Forschung: **Polymer“beton“**

Schon vor 20 Jahren wurde ein Patent für ein Verfahren erteilt, das mit Hilfe von Kunstharz aus Wüstensand Bausteine macht. Dabei blieb es dann, bis die Thüringer Firma PolyCare Research Technology die Idee aufgriff und zusammen mit der Bauhaus-Universität Weimar ein neues Konzept entwickelte: Häuser aus Polymerbeton-Bausteinen, die nach dem Legoprinzip zusammengesteckt werden.

Prototypen stehen in Thüringen ebenso wie in Indien. Eine Produktionsanlage wurde inzwischen auch nach Libyen verkauft. Nur sind bislang mit ihr noch nicht großtechnisch Polymerbetonsteine produziert worden.

In den Testläufen an der Uni Weimar hat sich die Beständigkeit des Materials erwiesen: Es gibt keine Risse, über die Feuchtigkeit eindringen kann. Dort, wo Wüstensand im Überfluss vorhanden ist, ist sie wirtschaftlich.

Polymerbeton ist allerdings auf Erdölbasis hergestellt und nicht als Ersatz für Stahlbeton geeignet. Es ist nicht alkalisch und kann somit nicht mit Stahl bewehrt werden.

### Aufgabe:

---

40

Fassen Sie die Probestücke an: Fühlen Sie die Oberfläche, schätzen Sie das Gewicht ein. Die Stücke wurden uns freundlicherweise von der Firma PolyCare zur Verfügung gestellt.



## Station 6: **Forschung aktuell:**

### **Dirk Hebel (Zürich) entwickelt einen alternativen Baustoff aus Pilzen**

Quelle: „Auf Sand gebaut: Alternativen für eine endliche Ressource“  
ein Feature on Dagmar Röhrlich  
Deutschlandfunk 2016, gesendet 20.11.2016  
Redaktion: Christiane Knoll

Ein modern-minimalistisches Gebäude beherbergt auf dem Höggerberg-Campus der ETH Zürich die Architekten. Klare Linien, mit Travertin verkleideter Beton und viel Glas. In diesem High-Tech-Gebäude arbeitet eine Forschergruppe von Dirk Hebel an Alternativen zum Sand in der Bauwirtschaft.

"Warum wir Architekten und Ingenieure daran interessiert sind, ist, dass weit über 90% dieser Ressourcen für Bauaktivitäten verbraucht werden."

"Das hat damit zu tun, dass Sand ein ganz, ganz wichtiger Zuschlagstoff in der Betonindustrie darstellt. In allen Putzen steckt normalerweise Sand, wenn sie auf mineralischer Basis sind, in sämtlichen Estrichböden, über die Sie laufen jeden Tag, ist Sand, in allen Fensterscheiben. Es ist im Endeffekt diese mineralische Komponente in ihrem Haus, die ohne den Sand eigentlich heute nicht auskommt."

---

41

Die Frage ist, ob das so sein muss. Seit seiner Zeit an der Universität von Addis Abeba favorisiert Dirk Hebel nachwachsende Baustoffe. Der Grund: Er sah sich mit einem für arme Länder typischen Problem konfrontiert - dem Mangel an Baumaterial:

"Also wir hatten Zeiten, in denen wir über mehrere Monate hinweg keinen Zement im Land hatten, wir hatten Zeiten, in denen wir keinen Stahl im Land hatten. Und ich habe damals angefangen zu überlegen, wie kann man aus dieser Misere herauskommen, dass man als Architekt in der Vorstellung des Bauens so limitiert ist, dass wir nur eine ganz, ganz enge Palette von Baumaterialien einsetzen - und auf der anderen Seite ein ganzes Land am Tropf hängt einer Industrie, die von wenigen Ländern dominiert wird."

Nachwachsende Baustoffe - für ein Haus der Zukunft, damit die knappe Ressource Sand nicht ausgebeutet wird.

"Meine Vision wäre eigentlich, dass wir in Zukunft Häuser bauen könnten, die wir nach dem Gebrauch nicht wegwerfen, sondern die wir auf den Kompost legen und durch eine Kompostierung im Endeffekt Nährstoffe entstehen und diese Nährstoffe wieder verwendet werden können, um neue regenerative Baumaterialien zu kreieren oder zu züchten."

Unterrichtshilfe 19.99 „Sand- eine globale endliche Ressource“, © Schulbiologiezentrum der Landeshauptstadt Hannover, Verfasser Almuth Kläß und Ingo Mennerich

Hebel gehört zu den Forschern, die dafür auf Mycelium setzen, auf das Wurzelwerk von Pilzen. Mit seiner Hilfe sollen Bausteine oder ganze Bauelemente wachsen: leichte Materialien, die gut isolieren.

"Wir sind jetzt hier im Labor und man sieht hier, dass wir verschiedene Materialien testen."

In dem fensterlosen Raum riecht es angenehm - nach Waldboden und Holz.

"Das sind unsere Mischschalen, in denen wir das Mycelium mischen. Wir erforschen gerade die Idee, wie wir dieses Pilzmycelium am besten wachsen lassen können und dann die Optimierung hin zu einem Baumaterial. Wieviel Feuchtigkeit, wieviel Wärme, an welchem Zeitpunkt, wie lange dauert das Wachstum."

Und so stehen in den Regalen hier Dutzende kleiner Gewächshäuser, alle ordentlich beschriftet mit den Namen der Pilze, die das Substrat durchwurzeln.

"Man sieht hinten eine ganze Batterie von Substraten, die wir mit unserem Mycelium verbinden lassen. Wir haben hier von Holzspänen, von organischen Materialien bis hin zu Katzenstreu das ist im Endeffekt alles, was in irgendeiner Weise die Nährstoffe für das Myzelium liefern kann."

---

42

Das Rezept klingt jedenfalls einfach: Man mische Pilzsporen - beispielsweise vom Baumpilz - mit Wasser und einem organischen Substrat, das die Nährstoffe liefert, und warte:

"Der Pilz fängt dann an, mit seinen Hyphen - das sind kleine Ärmchen - diese Nährstoffe aus dem Holz heraus zu spalten. Diese Hyphen halten sich ganz, ganz fest an diesem Holz, und je mehr von diesen Hyphen Sie wachsen lassen, umso fester wird dieses Konglomerat zwischen Holzspänen und Pilzmycelium."

Nach ein paar Tagen, wenn das Baumaterial fertig ist, wird das Ganze kurz auf 60 bis 80 Grad erhitzt. Der Pilz stirbt ab, aber das Material behält seine Festigkeit.

"Sie könnten eine ganze Wand wachsen lassen aus diesem Material. Doch testen wir natürlich gerade kleinmaßstäblich, weil wir erst einmal verstehen wollen, was passiert, was am besten funktioniert, welche Technologien wir entwickeln müssen dafür. Aber der Imagination sind keine Grenzen gesetzt. Man kann auch ein ganzes Haus wachsen lassen - als Bild. Das wird natürlich nicht so aussehen wie ein Pfifferling oder ein Steinpilz, aber die Struktur, das kleinste Teil, das darin enthalten ist, ist auf einer biologischen Basis gezüchtet worden."

Bis dahin ist es ein weiter Weg, denn noch laufen die Laborversuche. Von Kameras beobachtet stecken die hellbraunen Pilzsteine in verschiedensten Apparaturen, werden zusammengepresst oder verbogen.

"Zur Zeit ist das anwendbar für nichttragende Wände. Wir forschen hier gerade an unserem Lehrstuhl, das hinzubekommen, das auch für tragende Wände zu konstruieren."

Die Steine wiegen kaum mehr als Styropor und fühlen sich eher an wie raue Spanplatten. Kaum vorstellbar, dass sich daraus Hochhäuser bauen lassen. Doch darum geht es Dirk Hebel auch gar nicht.

"Wenn wir unsere heutige Situation anschauen, leben 80 % der Weltbevölkerung in Strukturen, die nicht höher als zwei Geschosse sind. d.h. wenn wir wirklich an einem großen Rad drehen wollen, müssten wir eigentlich auf diese Dinge hinarbeiten, dass wir alternative Materialien entwickeln."

Vor Dirk Hebels Büro auf dem Hönningerberg-Campus steht ein großer Vitrinentisch. Unter Glas: filigrane Holzmodelle, die etwas von einem Steckbaukasten haben.

"Das ist jetzt die Arbeit eines Semesters von Studierenden, die sich mit dieser Thematik - wir nennen das auf Englisch Building for disassembly - beschäftigt haben."

43

Gebäude sollen so entworfen werden, dass man sie nach Gebrauch auseinandernehmen kann wie die Spielsteinbauten aus Kindertagen: Was einmal verbaut war, soll ein zweites Leben in einem anderen Haus erhalten. Ein Semester lang dachten Studenten über moderne Versionen uralter Verbindungssysteme nach - im Auftrag einer Züricher Wohnungsbaugenossenschaft:

"Die haben ein Grundstück hier mitten in Zürich, wo sie 142 Wohnungen bauen möchten in den nächsten zehn Jahren. Und wir haben gemeinsam mit dieser Gesellschaft das einmal durchgespielt, was würde es denn heißen, wir bauen diese Häuser, und in 50, 60 Jahren können wir mit dem gleichen Material noch einmal andere Bauwerke realisieren, ohne dass es für uns eine Abschreibung wird im Sinne des Materials wegzuwerfen."

Die Studenten haben für ihre Modelle nichts verklebt oder vergossen. Bei einem Exponat verklemmen sie Hölzer so ineinander, dass sie aussehen wie Gitterwürfel. In dieses Gitter sollen - ganz nach Bedarf - Wände eingehängt werden. Es wäre ein Bauen ohne Stahl, das an die Technik der Fachwerkbauten erinnert.

"Die alten Prinzipien, die aber genauso noch heute funktionieren, sogar mit neuen Technologien besser funktionieren, und dadurch wieder aktiviert werden können."

Unterrichtshilfe 19.99 „Sand- eine globale endliche Ressource“, © Schulbiologiezentrum der Landeshauptstadt Hannover, Verfasser Almuth Kläß und Ingo Mennerich

Im Hinausgehen erzählt Dirk Hebel noch, dass bald an der eidgenössischen Materialprüfungsanstalt in Dübendorf ein Gebäude errichtet wird, um diese und ähnliche Ideen zu erproben. Es geht darum, bei Materialien und Verbindungstechniken die Spreu vom Weizen zu trennen. Es ist ein gemeinsames Projekt mit der Universität Stuttgart. Der Name: urban mining. Die Stadt als Resource für nachhaltiges Bauen in der Stadt.

Bemerkung:

Prof. Dirk Hebel arbeitet nun in Karlsruhe am KIT, Fachgebiet nachhaltiges Bauen.

<https://nb.ieb.kit.edu/?p=3728>

## Station 6: **Forschung aktuell:**

### **Ginger Krieg Dosier lässt Bakterien für sich arbeiten und Ziegel fertigen**

Quelle: „Auf Sand gebaut: Alternativen für eine endliche Ressource“  
ein Feature von Dagmar Röhrlich  
Deutschlandfunk 2016, gesendet 20.11.2016

Sand ist der Stoff, der Beton tragfähig macht. Doch die Körner müssen kantig sein, um wirklich gut zusammenzuhalten. Diese Eigenschaft haben die Wassersande aus Seen, Flüssen und dem Meer. Nicht jedoch die Sande aus der Wüste. Die sind fein, vom Wind rund und glatt geschliffen. Sie taugen nicht für die klassische Betonproduktion. Bislang jedenfalls, denn mehrere Forscher wollen Wüstensand für die Bauindustrie nutzbar machen.

80 Prozent aller Häuser weltweit werden aus Ziegelsteinen gebaut - mit Milliarden und Aber-Milliarden an Ziegeln, erklärt Ginger Krieg bei einem Vortrag in Abu Dhabi.

"Als ich hörte, dass Mikroorganismen wie Bakterien manche Sandsteine regelrecht zusammenkleben, weil sie Sandkörner zementieren, wollte ich meine eigenen Bakterien kultivieren und meine eigenen Steine wachsen lassen."

---

45

Ihre Idee von den wachsenden Steinen hat die amerikanische Architektin zur Erfinderin und Gründerin gemacht: ihre Firma - bioMASON.

"This is my brick. It is different than an ordinary brick. My brick was grown with the help of trillions of tiny workers bacteria with unique ability to grow cement."

Der Ziegel, den sie ihrem Publikum zeigt, ist ein ganz besonderer: einer, der nicht aus Lehm gebrannt worden ist, er ist vielmehr mit Bakterienhilfe gewachsen. Ginger Krieg hat das Verfahren selbst entwickelt.

"Anfangs habe ich mein Gästezimmer in ein Labor verwandelt. Es hat Jahre gedauert, und es ist viel schief gegangen. Manche meiner Ziegel lösten sich im Wasser auf, was bei Regen gar nicht gut ist. Andere sind auch nach Jahren immer noch nicht getrocknet. Doch ich lernte aus jedem Fehler, und schließlich hielt ich meinen ersten Baby-Ziegel in den Händen."

Wenn man ihr zuhört, klingt alles einfach: Kalkabscheidende Bakterien werden in einer Nährflüssigkeit angezüchtet, Calcium- und Stickstoffquellen hinzugefügt. Dann wird die Lösung über Sand gegossen, der in einer beliebigen Form steckt.

Nach fünf Tagen haben die Bakterien so viel Kalk abgeschieden, dass die Körnchen miteinander zu einem festen Stein verklebt sind. Der trocknet dann, die Bakterien sterben ab. Ein klimaschonender Prozess, bei dem noch nicht einmal Abfallstoffe entstünden, wirbt die amerikanische Architektin. Und der nicht nur mit Wüstensand funktioniert, sondern auch mit dem Abfallprodukt Steinbruchstaub. Im kommenden Jahr möchte bioMASON mit dem Produkt am Markt sein. Derzeit jedenfalls wachsen pro Woche etliche tausend Steine in Pilotanlagen von Partnerfirmen heran.

"Sand especially from this Arabian desert is ideal for the brick growing process."



Ein Ziegel von Bakterien erbaut (Ginger Krieg)

46

Auch wenn man in dem klimatisierten Hotel nichts davon spürt: Abu Dhabi ist eine Wüstenstadt. Die Sanddünen, die Ginger Krieg in ihrem TED-Vortrag gezeigt hat, sind nur wenige Kilometer entfernt. Jeder kurze Ausflug in die Umgebung führt in ein Meer aus Sand, das sich als Ressource erschließen ließe. Auch andere spielen mit diesem Gedanken.

Nutzen Sie Ihr Smartphone:

[www.Biomason.com](http://www.Biomason.com)

Finden Sie heraus, was aus der Firma geworden ist. Welche Jobs vergibt die Firma zur Zeit?

Sehen Sie sich bei youtube ein Video an, in dem Ginger Krieg ihre „bricks“ vorstellt.

## Station 7: Warum lagert sich Sand am Unterlauf eines Flusses ab?



Man unterteilt einen Fluss im Längsprofil in Oberlauf, Mittel- und Unterlauf. Als *Unterlauf* bezeichnet man den Abschnitt eines Flusses oder Baches in der Nähe der Mündung, oft durch vergleichsweise ebenes Gelände führend. Bei schwacher Fließgeschwindigkeit findet eine Ansammlung des transportierten Sandes statt.

Unterlauf des Mats bei Milot (Albanien) Quelle: Wikipedia, abgerufen am 13.01.16

**Material:** Schraubgläser mit feinem Kies, Löss, Quarzsand, Bausand, Erlenmeyerkolben, Standzylinder, Löffel

**Durchführung:**



Fülle aus jedem Schraubglas ca.  $\frac{1}{2}$  Löffel Sand in den Erlenmeyerkolben. Der Erlenmeyerkolben wird dann so geschwenkt, dass sich alle Materialien gut mischen. Fülle den Standzylinder mit Wasser. Gieße den Inhalt des Erlenmeyerkolbens mit einem Mal in das Wasser. Beobachte mehrere Minuten und notiere das Ergebnis.

**Warum sammelt sich unter natürlichen Bedingungen der Sand im Unterlauf?**

## Station 8a: Wir stellen Beton her – wir benötigen Sand, Sand, Sand, Sand, Sand und...

**Material:** Mess-Löffel, kleiner durchsichtiger Kunststoffbecher, Joghurtbecher zum Rühren, Portlandzement, Sand und Wasser, Handschuhe, Schutzbrille, Mundschutz

### **Durchführung:**

Da der Zement stark alkalisch ist, sind Schutzmaßnahmen notwendig!

Also: Handschuhe, Schutzbrille und Mundschutz verwenden, Staub vermeiden und diesen niemals einatmen!

Wir benutzen die Becher zum Anrühren mehrmals!

In den schmutzigen Joghurtbecher einfüllen: ca. 6 Mess-Löffel Sand, dann 1 Löffel Zement, 1-2 Löffel Wasser

Dann alles mit dem Löffel sehr gut durchrühren. Dann in den kleinen, sauberen, durchsichtigen Plastikbecher ohne Luftblasen einfüllen. Das gelingt am besten, wenn man nach jedem Löffel den Becher auf den Tisch „klopft“; dann wird der Beton gestaucht und Luft kann entweichen.

Anschließend mehrere Tage trocknen lassen, dann wie ein Pudding stürzen. Die Unterseite noch aushärten lassen.



In diesen Becher sollt ihr den fertig angerührten Zement einfüllen.



# Gefährdungsbeurteilung

Versuchsbezeichnung: Mischen von Beton

Jahrgangsstufe: 8-13

Schülerexperiment  X

Lehrerexperiment  □

1. Versuchsbeschreibung bzw. Versuchsdurchführung:

Schüler stellen aus Sand (6 Teile) und Zement (1 Teil) Beton her.

2. Tätigkeit mit Gefahrstoffen/Biostoffen

(Gefahrstoffverord-

nung/Gefahrstoffverzeichnis/Biostoffverordnung/RiSU: Risikogruppe 1/Schutzstufe 1)

X Gefahrstoffe/

Biostoffe werden eingesetzt

kein Einsatz von

Gefahrstoffen/Biostoffen

3. Einordnung der verwendeten Stoffe (Edukte und Produkte/Biostoffe)

Gefahrstoff/ Biostoff	Gefahrensymbole Kennbuchstaben	H- Sätze	P-Sätze	Risiko- gruppe	Schutzstufe
Portlandzement	Stark alkalisch! 	315, 318, 335	102, 261, 271,, 280, 302, 352, 304, 340, 305, 351, 338, 332, 313, 362		

49

	Wirkungsbeispiele	Sicherheitsmaßnahmen
	Zerstören Metalle und verätzen Körpergewebe; schwere Augenschäden sind möglich.	Kontakt vermeiden; Schutzbrille und Handschuhe tragen. Bei Kontakt Augen und Haut mit Wasser spülen.
	Führen zu gesundheitlichen Schäden, reizen Augen, Haut oder Atemwegsorgane. Führen in größeren Mengen zum Tode.	bei Hautreizungen oder Augenkontakt mit Wasser oder geeignetem Mittel spülen.

#### 4. Substitution (Ersatz von Gefahrstoffen)

X durchgeführt

 nicht erforderlich

##### Begründung:

Bei der Versuchsplanung wurde eine Substitutionsprüfung durchgeführt, so dass, bezogen auf Versuchsthema und Unterrichtsziel, jeweils Stoffe mit einem möglichst geringen Gefährdungspotenzial gewählt und eingesetzt wurden.

##### Oder

X Eine Substitution ist nicht weiter möglich, da es sich hier um einen Standardversuch handelt, der mit erlaubten Chemikalien aus der neuesten D-GISS-Liste durchgeführt wird.

##### Oder

Aufgrund der Konzentration der verwendeten Stoffe und der Durchführung als Lehrerversuch ist eine Substitution nicht erforderlich.

#### 5. Gefahrenabschätzung (Gefahren für Mensch und Umwelt)

Mögliche Gefahren sind geprüft	...keine offensichtliche Gefährdung <input type="checkbox"/>		
Wirkungen	ja	nein	Maßnahmen/Hinweise Punkt 6.
- Infektiöse Wirkungen (GUV-SR 2006,S. 10)		X	Siehe Maßnahmen/Hinweise
- Toxische Wirkungen (GUV-SR 2006,S. 10)		X	Siehe Maßnahmen/Hinweise
- sensibilisierende Wirkungen (GUV-SR 2006,S. 10)	X		Siehe Maßnahmen/Hinweise
- Einatmen (GUV-SR, S. 104-105)	X		Siehe Maßnahmen/Hinweise
- Hautkontakt (GUV-SR, S. 104-105)	X		Siehe Maßnahmen/Hinweise
- Brand-/Explosionsgefahr (GUV-SR, S. 106-107)		X	Siehe Maßnahmen/Hinweise
- elektrische Gefahren (GUV-SR 2006,S. 10)		X	Siehe Maßnahmen/Hinweise
- mechanische Gefahren (GUV-SR 2006,S. 10)		X	Siehe Maßnahmen/Hinweise
- sonstige weitere Gefahren (GUV-SR 2006,S. 107)	X		Siehe Maßnahmen/Hinweise

50

#### 6. Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung (Schutzmaßnahmen)

Schutzstufe I (GUV-SR 2006/08)	Nicht erforderlich X	Ja <input type="checkbox"/>
Schutzstufe II (GUV-SR 2006/08)	Nicht erforderlich X	Ja <input type="checkbox"/>

#### Bitte ankreuzen:

						Weitere Maßnahmen: Mundschutz
Handschuhe	Schutzbrille	Brandschutz	Hände waschen	z.B. DC-Kammer	lüften	
ja	ja		ja		ja	

## 7. Anmerkungen zur sachgerechten Entsorgung:

Immer in der Originaltüte trocken lagern, Restmengen aushärten lassen und bei AHA oder anderem kommunalen Unternehmen persönlich abgeben beim „Problemüll“

Datum:

Unterschrift \_\_\_\_\_

## Station 8b: Wie kann man Beton recyceln und damit neuen Beton herstellen?

Es gibt Firmen, die Baustellen mit Rohstoffen (Sand, Kies) versorgen und auf dem Rückweg Bauschutt und Betonteile abtransportieren. Diese werden in Brechanlagen so zerkleinert, dass sie im Straßenbau verwendet werden können (so in Hannover). In Regionen mit Kiesmangel (Brandenburg), werden sogar Körnungen bis 2-8mm hergestellt, die wieder als Zuschlag für neuen Beton dienen.

Material: Löffel, kleiner durchsichtiger Kunststoffbecher, Joghurtbecher zum Rühren, Portlandzement, Betonbruch, Handtuch, Schutzbrille, Blech, Durchschlag/Sieb, Hammer und Wasser

### Durchführung:

Das Handtuch auf das Blech legen und eine Seite mit Betonbruch belegen.

Dann das Handtuch über das Glas klappen. Schutzbrille aufsetzen!

Mit dem Hammer den Betonbruch sehr lange klein schlagen.

Den zerkleinerten Bruch anschließend durch den Durchschlag sieben und die kleinen Teile sammeln.

Die großen Betonteile weiter zerkleinern, bis genug Beton kleingeschlagen ist.

In den Joghurtbecher einfüllen: ca. 6 Löffel zerkleinerten Beton, dann 1 Löffel Zement, 2 Löffel (?) Wasser oder weniger Wasser.

Dann wie bei normalem Beton:

Dann alles mit dem Löffel sehr gut durchrühren. In den kleinen Plastikbecher ohne Luftblasen einfüllen und mehrere Tage trocknen lassen, dann wie ein Pudding stürzen. Die Unterseite noch aushärten lassen.

Schutzbrille aufsetzen!



## 6. Oberstufenmaterial

### „Wir bauen ein Recyclinghaus“ – Leuchtturmprojekt Recyclinghaus am Kronsberg in Hannover



Foto: Cityförster – architecture + urbanism PartGmbH

1. Sehen Sie sich den Film an (5Min40Sek.) [https://youtu.be/f6-XW\\_duPG8](https://youtu.be/f6-XW_duPG8)
2. Lesen Sie das Interview mit dem Architekten Nils Nolting von Cityförster. Das Interview wurde im Januar 2019 geführt.
3. Stellen Sie die Vorteile und Nachteile dieser Recycling-Bauweise in einer Tabelle dar.
4. Ordnen Sie diese Vor- und Nachteile den Dimensionen Ökonomie, Ökologie, Soziales und Politik zu.
5. Begründen Sie zusammenhängend, ob das Projekt als Modell für weitere Bauunternehmen oder Privatleute dienen wird.

**Frage: Welche Motivation hatten Sie als Architekt, sich bei dem Projekt „Recyclinghaus am Kronsberg in Hannover“ so stark zu engagieren?**

**Nils Nolting:** Die Bauindustrie ist einer der größten Abfallproduzenten und Verbraucher von Ressourcen. Bei der Planung von Gebäuden wird heute hauptsächlich der Energieverbrauch im Betrieb eines Gebäudes betrachtet. Das ist die aktuelle Gesetzeslage.

Weitgehend unberücksichtigt bleibt nach wie vor die graue Energie, die für die Herstellung von Bauprodukten erforderlich ist, sowie der erhebliche Bedarf an natürlichen Ressourcen. Neben dem heute bereits möglichen Einsatz von Recyclingbaustoffen wird die Rückbaubarkeit „Design for Disassembly“ der Gebäude eine wichtige Rolle für zukünftige Konstruktionen spielen. Entwürfe und Planungen müssen den gesamten Gebäudelebenszyklus berücksichtigen, das Recycling aller verwendeten Baumaterialien nach der Nutzungsphase muss mitgedacht werden. Alle eingesetzten Bauprodukte müssen ökologisch unbedenklich, sortenrein trennbar und kreislauffähig sein.

Gleichzeitig kann der vorhandene Gebäudebestand auch als riesiges Rohstofflager begriffen werden. Dem Recycling von Baustoffen und Materialien sowie recyclinggerechten Bauweisen wird in Zukunft eine immer wichtigere Rolle zukommen.

**Frage: Was halten Sie von dem Begriff „Leuchtturmprojekt“ im Zusammenhang mit dem Recyclinghaus am Kronsberg?**

**Nils Nolting:** Das Recyclinghaus zeigt anhand vielfältiger Praxisbeispiele auf, wie der Umgang mit Rohstoffen im Baugewerbe optimiert werden kann und wie Stoffkreisläufe künftig geschlossen werden könnten. Hierbei kamen sowohl frei auf dem Markt verfügbare Recyclingbaustoffe als auch eigens für das Bauvorhaben hergestellte und beschaffte Materialien zum Einsatz (Bauteilernte).

Auch wenn es sich um ein experimentelles Bauvorhaben handelt, sind einige der zahlreichen im Haus angewandten Varianten von Recycling auch auf „konventionelle“ Bauvorhaben einfach übertragbar.

Ausgehend von der Fragestellung „Wieviel Recycling ist möglich?“ liefert das Bauvorhaben Recyclinghaus als angewandtes Forschungsprojekt einen Beitrag zum Nachhaltigkeitsdiskurs und zur Debatte über eine Ressourcenwende. Von daher finden wir den Begriff passend.

**Frage: Ist das Haus bereits verkauft?**

**Nils Nolting:** Das Haus bleibt im Bestand der Firma Gundlach und soll vermietet werden. Gesucht wird eine WG oder eine große Familie.

**Frage: Gibt es Folgeprojekte?**

**Nils Nolting:** In der Form wird das Projekt sicher erst einmal einmalig bleiben. Wir versuchen bei all unseren Projekten Teilideen, die im Recyclinghaus erprobt wurden, einfließen zu lassen. Derzeit planen wir bspw. einen mehrgeschossigen Holzbau in Hannover oder bauen ein historisches Holztor bei der Planung eines Privathauses ein.

**Frage: Welche Baustoffe sind aus ökologischer Sicht besonders bedenklich?**

**Nils Nolting:** Das lässt sich so einfach nicht beantworten, denn es kommt immer auf den Verwendungszweck des jeweiligen Baustoffes und die Anforderungen an den Baustoff, wie bspw. Tragfähigkeit, Brandschutz etc. an.

Grundsätzlich sollte recyclinggerecht gebaut werden (also wieder demontierbar in einstoffliche Baustoffe). Grundsätzlich sind Verbundbaustoffe bedenklich, die sich beim Abbau nicht mehr trennen lassen oder auch mit Schadstoffen belastete Baustoffe (Asbest, Flammenschutzmittel bei Wärmedämmverbundsystemen etc.).

Es sollte darauf geachtet werden, dass ein Gebäude nicht nur im Betrieb wenig Energie verbraucht, sondern auch die verwendeten Baustoffe bei Ihrer Herstellung einen geringen Energieaufwand hatten.

#### **Frage: Was kostet ein Quadratmeter im Vergleich zu konventionellem Hausbau?**

**Nils Nolting:** Die Kostenfeststellung ist noch nicht erfolgt. Das Recyclinghaus ist ein experimentelles Gebäude, bei dem viel ausprobiert wurde. Kostenvergleiche zum konventionellen Hausbau sind schwierig, da es sich um ein besonderes Haus handelt.

Beispielsweise werden im konventionellen Hausbau Details in der Form auch nicht ausgeführt. (Beispiel: Umbau von historischer Bauernhaustür zur WC-Tür.) Das lässt sich preislich und qualitativ nicht mit einer Standardtür aus dem Baumarkt vergleichen.

Mehrkosten entstehen u.a. bei der Planung, bei der „Ernte“ und Überarbeitung von gebrauchten Materialien, beim Einsatz von bisher selten verwendeten Systemen (Massivholzbau, Recyclingbeton) und bei der Umsetzung von besonderen Details.

Allerdings waren experimentelle Prototypen auch noch nie billig.

#### **Frage: Für welche Bauherren kommt diese Bauweise in Frage?**

**Nils Nolting:** Der Einsatz von zugelassenen Industrierecyclingprodukten wie bspw. Recyclingbeton, Jutedämmung oder auch Holzbauweise kommt für viele Bauvorhaben in Frage. Hierbei muss die Bauherrenschaft ein Bewusstsein mitbringen, denn oft ist ökologisches Bauen heute noch teurer als konventionelles Bauen.

Der Bau mit tatsächlich gebrauchten Bauteilen ist aufgrund der Unwirtschaftlichkeit (hohe Lohnkosten im Vergleich zu niedrigen Materialkosten) sicherlich noch nicht im gewerblichen Bausektor übertragbar. Für Selbstbauer, bspw. Handwerker, die ihr eigenes Haus bauen wäre diese Art zu bauen sicher denkbar.

#### **Frage: Wie könnte man dennoch Beton einsparen, wenn man kein komplettes Recyclinghaus bauen möchte?**

**Nils Nolting:** Durch Bauarten ohne oder mit nur wenig Betoneinsatz, wie bspw. Holzbau, Lehm- oder Strohbau, Mauerwerksbau etc.. Für manche Teile eines Gebäudes ist Beton heute allerdings oftmals noch relativ alternativlos (Fundamente, Keller). Hier könnte dann Recyclingbeton zum Einsatz kommen.

#### **Frage: Ist die Wärmedämmung schlechter, besser oder nur anders als bei konventionell gebauten Häusern?**

**Nils Nolting:** Das Gebäude verfügt über einen hohen energetischen Standard. Der Wandaufbau besteht aus einer 21,5cm starken, komplett leimfreien Massivholzwand. Die Dämmung besteht aus recycelten Kakaobohnensäcken aus Jute (Thermo Natur)

Da die Dämmung aus recycelten und nachwachsenden Rohstoffen besteht, ist sie in der Ökobilanz besser als beispielsweise die Polystyrolämmung eines Wärmedämmverbundsystems. Wir erreichen eine KfW 55 Standard.

# Ausreichend Sand in Niedersachsen - oder doch bald knapp?

## 1. Abbaumengen

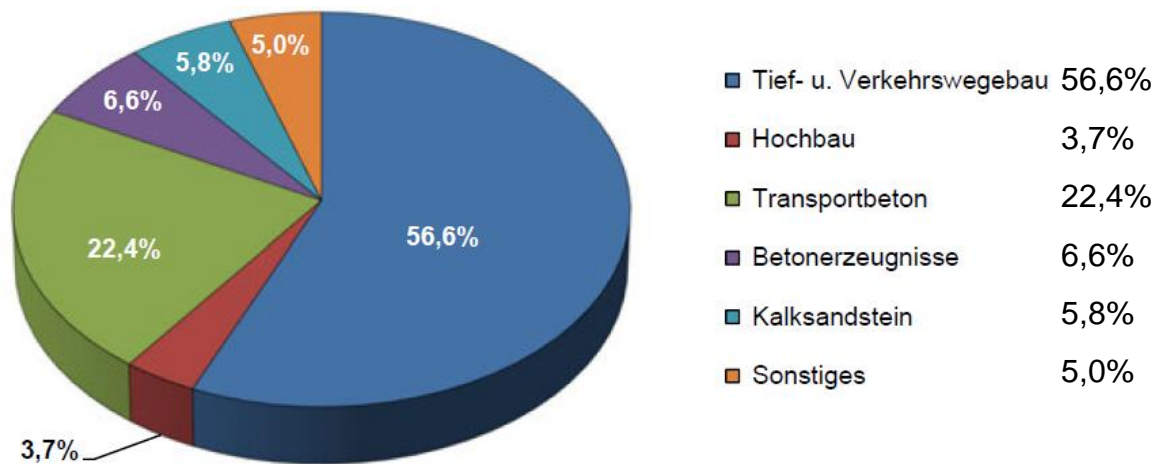
Die niedersächsischen Betriebe produzierten von 2005 bis 2016 jährlich etwa 40 Mio. Tonnen Kies und Sand. Die Schwankung der Fördermenge folgte zeitversetzt dem Verlauf der Baukonjunktur.

2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
42,9	37,2	38,1	41,7	42,1	39,8	44,3	43,3	41,9	44,4	41,4	43,0

Abb. 1: Produktion von Kies und Sand in Niedersachsen in den Jahren 2005 bis 2016 (Angaben in Mill. Tonnen), Rohstoffsicherungsbericht, S. 32

## 2. Verwendung

Die Hälfte der erzeugten Kiese und Sande werden im Tiefbau als Füllmaterial und im Verkehrswegebau, insbesondere für Frostschutz- und Tragschichten verwendet. Fast ein Drittel der Gesamtproduktion geht in die Betonherstellung (Transportbeton oder Betonzeugnisse). Der Sandbedarf der niedersächsischen Bau- und Baustoffindustrie kann bisher aus einheimischer Produktion gedeckt werden.



56

Abb. 2: Verwendung der aus Kies und Sand hergestellten Produkte nach Angaben der niedersächsischen Betriebe 2016, Rohstoffsicherungsbericht, S. 35

## 3. Lieferbeziehungen

Der überwiegende Teil der Kies- und Sandproduktion wird lokal abgesetzt. So werden im Umkreis von 30 km fast zwei Drittel der Produktion verbraucht. Dies gilt insbesondere für Produkte aus dem unteren Preissegment, wie etwa Füllsande oder Kies-Sand-Gemische, deren niedriger Tonnenpreis einen weiteren Transport unrentabel macht. Lediglich aus den Rohstoffen hergestellte Baustoffe, wie etwa Kalksandsteine, werden auch weiter transportiert. Der Transport erfolgt fast ausschließlich mittels LKW, nur einige Betriebe entlang der Weser haben auch eine Schiffsverladung. Der Transport auf der Schiene ist zu vernachlässigen.



#### 4. Genehmigung von Abbau

Die Genehmigungsverfahren dauern mehrere Jahre und müssen darstellen, auf welche Weise für den Eingriff in die Natur ein Ausgleich geschaffen wird. Zusätzliche Flächen für den Sandabbau sind zunehmend schwer zu finden, da in Niedersachsen viele Agrarflächen dem Anbau von Mais und Raps dienen. Außerdem gibt es strenge Auflagen in der Nähe von Wasserschutzgebieten und Naturschutzgebieten. Flächen, die als Landschaftsschutzgebiete ausgewiesen sind (Brelinger Berg), kommen ebenfalls nicht in Frage.

Es ist generell zu beobachten, dass die Akzeptanz der Bevölkerung und Politik gegenüber einer Abbaustelle in der näheren Umgebung deutlich abgenommen hat. Widersprüche von Anliegern oder anderweitig Betroffenen sind heute bei fast jedem Abbauantrag an der Tagesordnung. Bemerkenswert ist dabei besonders die abnehmende Bereitschaft, in rohstoffreichen Regionen eine überregionale Versorgungsfunktion für andere Gebiete zu akzeptieren, die sich aufgrund fehlender Lagerstätten nicht selbst versorgen können (vg. Lieferbeziehungen).

#### 5. Bedarf

Grundsätzlich ist ausreichend Sand in Niedersachsen vorhanden. Da aber viele Unternehmen (noch) keine Anträge gestellt haben, ist davon auszugehen, dass einige von ihnen in den nächsten 10 Jahren keinen Sand mehr liefern können. Hinzu kommt, dass insbesondere lokal agierende Rohstoff- und Baufirmen mit nur einer Abbaustelle und jährlichen Fördermengen von nur wenigen Tausend Tonnen auf mittlere Sicht nicht konkurrenzfähig sind.

57

Der Bundesverkehrswegeplan 2030 weist für Niedersachsen im Bereich „Vorhaben des dringlichen Bedarfs“ und „vordringliche Bedarfsengpassbeseitigung“ Projekte mit einem Gesamtvolumen von knapp 9,4 Mrd. Euro aus. Darin enthaltene Neubauprojekte wie die A39 zwischen Wolfsburg und Lüneburg oder der Weiterbau der A20 zwischen Lübeck und Westerstede befinden sich derzeit in der Planung oder im Planfeststellungsverfahren. Daher muss es Aufgabe der Rohstoffsicherung in Niedersachsen sein und bleiben, wertvolle Rohstoffvorkommen unabhängig von kurzfristigen wirtschaftlichen Schwankungen dauerhaft zu sichern. Nur so kann eine dezentrale, ökologisch und ökonomisch sinnvolle Versorgung mit Steinen und Erden in einem Flächenland wie Niedersachsen auch zukünftig aufrechterhalten werden. (S. 27)

Quelle: Rohstoffsicherungsbericht von 2018 des niedersächsischen Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie in Hannover

[http://www.lbeg.niedersachsen.de/energie\\_rohstoffe/rohstoffe/rohstoffsicherungsbericht/rohstoffsicherungsbericht-570.htm](http://www.lbeg.niedersachsen.de/energie_rohstoffe/rohstoffe/rohstoffsicherungsbericht/rohstoffsicherungsbericht-570.htm)

## Aufgaben:

Die Gemeinde Musterhausen in der Wedemark besitzt eine Sandgrube, die sie an das Bauunternehmen Baufix verpachtet. Baufix hat einen Genehmigungsantrag gestellt, um die Abbaufäche zu vergrößern.

1. Lesen Sie das Informationsmaterial, das fast ausschließlich aus dem Rohstoffsicherungsbericht von 2018 des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie stammt.
2. Sammeln Sie Argumente, die für oder gegen die Genehmigung des Antrags sprechen. Versetzen Sie sich in die Lage von (es wird gelost, abgezählt):

A: Vertreter\*In der Anwohner\*Innen:

oder B: Bauunternehmer\*In

oder C: Landwirt\*In

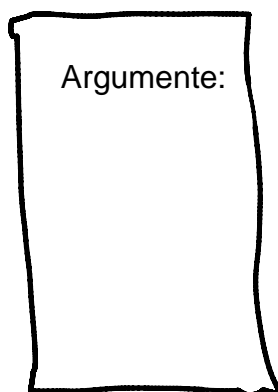
oder D: Abgesandte von BUND (Bund für Umwelt und Naturschutz) D fehlt unten in der Skizze

oder E eine weitere Person? Fehlt eine Person?

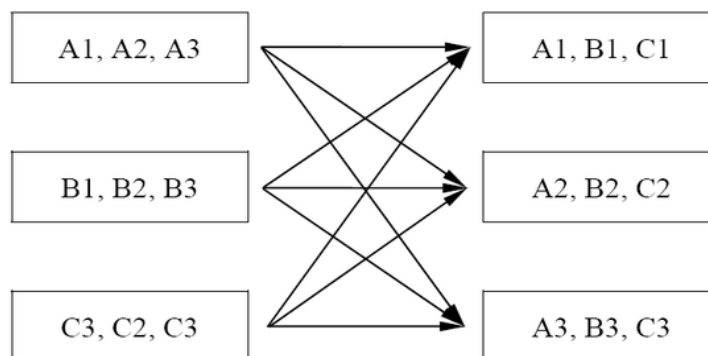
3. Begeben Sie sich in die Expertengruppe: Vergleichen Sie die Argumente mit Kursteilnehmern, die DIESELBE Person vertreten wie Sie und versuchen Sie dann noch weitere Argumente zu finden.

4. Stellen Sie sich vor, in der Gemeinde tagt der Wirtschaftsausschuss des Gemeinderates. Es wird der Antrag der Fa. Baufix diskutiert. Sie sind als „kundige Bürger“ in den Ausschuss geladen und dürfen Ihre Meinung vertreten.

Sie bilden nun Gruppen mit mind. 5 Personen. Eine Person leitet die Diskussion, jede Rolle ist mind. einmal vertreten.



Aufg.1 und 2



Aufg. 3:  
Expertengruppe

Aufg. 4  
Gemeinderat

## 7. Ausleihbares Material:

### 8.5.48 „Sand“-Kiste (Sand, eine globale, endliche Ressource?)

Bitte zusätzlich ausleihen: Bodensiebe (1.6.10), Binokular, Schutzbrillen)

**Bitte vorher bereitstellen: siehe beiliegende Liste!**

**Außerdem ausleihbar:**

**Sand ist fast überall drin** (Station 1)

- Die interaktive "Sand-Kiste" zum Sortieren:  
Welche Alltagsprodukte enthalten Sand, welche nicht?

**„Grober Sand / feiner Sand “**

Brechsand, Strandsand, Wüstensand

**Farbiger Sand:**

- Roter, gelber und brauner Sand (Limonitsandstein, Morsum/Sylt)
- Schwarzer Sand (Lava, Lanzarote)
- Weißer Sand

59

**Wie viel Sand steckt in welchem Stein?**

Extrahieren von Quarz unter der Lupe oder dem Binokular (Station 4b)

Gesteine die, bzw. die nicht zu Sand verwittern

Tiefen- und Ergussgesteine

- Granit, Diorit, Gabbro (Tiefengesteine mit abnehmendem Gehalt an Quarz und zunehmenden Anteilen farbiger und dunkler Mineralien)
- Gneis
- Porphy

Sedimentgesteine:

Sandsteine:

- Sichtbar vorwiegend aus hellen Quarkörnern zusammengesetzte Sedimentgesteine (Obernkirchener Sandstein, Velpker Sandstein)
- Farbige Sandsteine, z.B. Buntsandstein
- Aus feinem Schluff zusammengesetzte Sedimentgesteine, z.B. Grauwacke

#### Kalksteine:

- Aus organischem Kalk (z.B. Muschelschalen) entstandenes Sedimentgestein Kalkmergel (Kronsberg), Jurakalke (Deister)

#### Feuerstein

- Aus Silikat-haltigen Ausgangsgesteinen oder z.B. aus Kieselschwämmen entstandenes quarzreiches Gestein

Siehe auch Granit, Gneis, Porphy, Sandstein, Kalkstein, Feuerstein, Strandsteine mit tabellarischer bzw. dichotomer Bestimmungshilfe

#### **Sedimentation** (Station 5):

Sandsteine, Flasche mit Sedimenten in „Sandkiste“ 8.5.48 aus der Leihstelle

Verwitterung: Kreislauf der Gesteine (Nr. 8.10.8. aus dem Ausleihkatalog)

## 8. Literatur, Filme und andere Quellen

Ahnert, Frank: Einführung in die Geomorphologie

Gebhardt, Glaser, Radtke, Reuber (Hrsg.): Geographie. Spektrum Akademischer Verlag, 2011

Markl, Georg: Minerale und Gesteine. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 2008<sup>2</sup>

Schütte, Heinrich: Sinkendes Land an der Nordsee? Öhringen, Verlag Hohenlohe-sche Buchhandlung, Ferd. Rau, 1939

Welland, Michael: Sand. Oxford, University Press, 2009.

Themenheft „Sand und Kies“, Praxis Geographie, 6/2016, Westermann Verlag

### Internetquellen:

Rohstoffsicherungsbericht von 2018 des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie

[http://www.lbeg.niedersachsen.de/energie\\_rohstoffe/rohstoffe/rohstoffsicherungsbericht/rohstoffsicherungsbericht-570.htm](http://www.lbeg.niedersachsen.de/energie_rohstoffe/rohstoffe/rohstoffsicherungsbericht/rohstoffsicherungsbericht-570.htm)

<http://www.buetzer.info/fileadmin/pb/pdf-Dateien/Zementhaertung.pdf>

[http://www.globaleslernen.de/sites/default/files/files/link-ements/orientierungsrahmen\\_fuer\\_den\\_lernbereich\\_globale\\_entwicklung\\_barrierefrei.pdf](http://www.globaleslernen.de/sites/default/files/files/link-ements/orientierungsrahmen_fuer_den_lernbereich_globale_entwicklung_barrierefrei.pdf)

Elsner, Harald: Sand – auch in Deutschland bald knapp?

[https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Commodity\\_Top\\_News/Rohstoffwirtschaft/56\\_sand.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Commodity_Top_News/Rohstoffwirtschaft/56_sand.pdf?__blob=publicationFile&v=5)

Schreiber, Jörg-Robert und Siege, Hannes: Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung, Cornelsen, 2. aktualisierte und erweiterte Auflage, 2016

<https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/architektur/das-weltgroesste-hochhaus-aus-holz-ist-halb-fertig/>

### Filme:

Sehr gut für die Mittelstufe: <https://www.youtube.com/watch?v=HMf3XBUr5mY>

Weitere Filme:

Denis Delestrac: Sand – die neue Umweltzeitbombe (leider etwas sehr emotional)  
Herausgeber: Landeshauptstadt Hannover, Fachbereich Schule, Schulbiologiezentrum Hannover, Vinnhorster Weg 2, 30419 Hannover, [www.schulbiologiezentrum.info](http://www.schulbiologiezentrum.info), Verfasser: Kläß/Mennerich, Januar 2016, aktualisiert Januar 2019

Kampf um Sand – der neue Goldrausch (Leschs Kosmos)

Arte: mit offenen Karten – der Sand wird knapp (auf Youtube)

<https://www.tagesschau.de/ausland/rohstoff-sand-senegal-101.html>