

## Arbeitsblatt für das Schülerlabor

### EXPERIMENT A: NATÜRLICHE NANOMATERIALIEN

**Name der SchülerIn:**.....

**Datum:**.....

In diesem Experiment werdet Ihr die Beziehungen zwischen Nanostrukturen und den Eigenschaften von Nanomaterialien untersuchen können. In diesem Arbeitsblatt werden wir euch einige Hintergrundinformationen sowie Anleitungen zur Vorbereitung der Experimente geben.

#### **Ziele:**

- ✚ Etwas über die Existenz von natürlichen Nanomaterialien erfahren (zum Beispiel Gelatine und Milch)
- ✚ Einen indirekten Nachweis des Vorhandenseins von Nanopartikeln in natürlichen Nanomaterialien anhand der Wechselwirkung zwischen Licht und Kolloiden erbringen
- ✚ Die Verbindung zwischen nanoskaligen Strukturen und Funktionen in der beobachtbaren Welt verstehen.
- ✚ Verstehen, wie die Reorganisation von Molekülen eines Materials, wie z. B. Milch, verschiedene Produkte (Käse, Joghurt), die jeweils verschiedene makroskopische Eigenschaften aufweisen (Geschmack, Geruch, etc.) entstehen lässt.

#### **MATERIALIEN:**

- 1 Heizplatte
- 2 Messbecher 50 ml
- 1 Messbecher 200 ml
- 2 Messbecher 500 ml
- 0.5 g Gelatinepulver (Sigma-Aldrich Produktnummer G1890)
- 1 Esslöffel

NANOYOU LehrerInnen Training Kit zu Nanotechnologien- Experimentmodule (11-13 Jährige)

- 800 ml entrahmte Milch
- 4 Esslöffel weißen Essig
- Thermometer
- 1 Spachtel
- Gummihandschuhe
- Sicherheitsbrille
- ein Vergrößerungsglas

Dieses Experiment ist in zwei Teilen gegliedert:

**Teil A:** Das Testen von natürlichen Nanomaterialien, um einen indirekten Nachweis über die Beschaffenheit ihrer Nanostruktur zu erbringen;

**Teil :** Das Testen von natürlichen Nanomaterialien, um die Beziehung zwischen Nanostrukturen und makroskopischen Eigenschaften zu verdeutlichen.

**Haftungsausschluss:** Bei in diesem Training Kit beschriebenen Experimenten werden Chemikalien eingesetzt, die gemäß den Hinweisen auf den Sicherheitsdatenblättern und gemäß der jeweiligen Sicherheitsregeln der Schule benutzt werden müssen. Die Sicherheitsausrüstung muss wie angegeben genutzt werden. Wie für alle Chemikalien sind Sicherheitsmaßnahmen vorzusehen. Feststoffe sollten nicht eingearmet werden und der Kontakt mit der Haut, den Augen oder der Kleidung sollte vermieden werden. Nach Gebrauch der Chemikalien sind die Hände gründlich zu waschen. Alles ist wie angegeben zu entsorgen. Alle Experimente müssen im Beisein einer Pädagogin oder eines Pädagogen durchgeführt werden, die für den naturwissenschaftlichen Unterricht ausgebildet ist. Alle Experimente werden auf eigene Gefahr durchgeführt. Aarhus University (iNANO) und das NANOYOU Konsortium übernehmen keine Verantwortung für Schäden oder daraus entstehende Verluste, die durch die Durchführung der beschriebenen Experimente erlitten wurden.

**Bildreferenz:** Die Fotos wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt von: (A) Christoph Gösselsberger, Das Bild stammt von O. Hekele, C.G. Goesselsbergerand I.C. Gebeshuber: Nanodiagnostik von menschlichen roten Blutkörperchen anhand eines Rasterkraftmikroskops; (B): AFM-Bild von Bakterienzellen aufgenommen von iNANO, Aarhus University, Park Systems XE-Bio; (C) Nachdruck mit Erlaubnis von: Shekar et al., PNAS (May 23, 2006), vol. 103, no. 21, pp 8000-8005. Copyright 2006 National Academy of Sciences, U.S.A. (D): AKM Bild eines DNA Doppelstrang auf Glimmeroberfläche, Bildreferenz JPK Instruments AG. Die weitere Nutzung dieser Bilder ist ohne das Einverständnis der Rechteinhaber nicht erlaubt.

## Allgemeine Informationen - natürliche Nanomaterialien

Viele Materialien, die zu unserer **natürlichen Umwelt** gehören (Tiere und Mineralien) weisen Eigenschaften auf, die das Ergebnis von **inhärenten Nanostrukturen** sind.

Die Wechselwirkung zwischen Licht, Wasser und anderer Materialien mit diesen Nanostrukturen verleihen den natürlichen Materialien **außergewöhnliche Eigenschaften, die mit bloßem Auge beobachtet werden können. Wir haben täglich Hunderte von Beispielen davon vor unseren Augen:** angefangen von Geckos, die anscheinend im Widerspruch zum Gesetz der Schwerkraft kopfüber die Decke entlanglaufen, über Schmetterlingen mit irisierenden Farben bis hin zu Leuchtkäfern, die bei Nacht glühen.



**Abbildungen 1.** Beispiele natürlicher Nanomaterialien. Von oben links im Uhrzeigersinn betrachtet: ein Schmetterling, der Fuß eines Gecko, Blätter der Kapuzinerkresse, Milch. (Bildreferenzen: oben links, Wiki Commons, Creative Commons Attribute ShareAlike 3; oben rechts: A. Dhinojwala, University of Akron, NISE network, abgedruckt unter Wahrung der NISE Urheberrechtsbestimmungen; unten, links: Wiki Commons, Creative Commons Attribute ShareAlike 3).

### Teil A: Das Testen von natürlichen Nanomaterialien, zum indirekten Nachweis über die Beschaffenheit ihrer Nanostruktur

In diesem Experiment werdet Ihr eine Methode kennenlernen, die euch einen indirekten Beweis des Vorhandenseins von Partikeln liefern, die so klein sind, dass man sie nicht einmal mit einem optischen Mikroskop sehen kann.

Die natürlichen Nanomaterialien, die Ihr analysieren werdet, sind **Gelatine und Milch**.

## Gelatine

Gelatine ist eine geschmacklose und feste Substanz, die vom sich in der Haut und den Knochen von Tieren befindlichen Kollagen abgeleitet ist. Gelatine ist eine gut bekannte Substanz, die in vielen Küchen bei der Herstellung von Desserts verwendet wird. Sie wird auch als Geliermittel bei der Nahrungsmittelherstellung eingesetzt (Kuchen, etc.), bei pharmazeutischen Produkten (Gelatinekapseln) sowie in kosmetischen Produkten und bei der Fotografie.

Gelatine ist ein **Protein, das aus Kollagen** hergestellt wird, welches man in Knochen, Bindegeweben, Organen und Eingeweiden von **Säugetieren** wie zum Beispiel Schweine findet. Jedoch ist nun auch von **Fischen** stammende Gelatine eine oft genutzte Bezugsquelle geworden.

## Milch

Rindermilch enthält Mineralien und einige Moleküle, wie Lipide und Proteine, die in Wasser dispergiert sind. Wie Ihr sicherlich wisst, wird Rindermilch auf natürliche Weise in der Kuh erzeugt, doch durchläuft die Milch gewöhnlich verschiedene Prozesse wie Pasteurisierung und Homogenisierung, bevor sie unsere Esstische erreicht. Diese Prozesse wirken sich nicht auf die Nanostrukturen aus, die wir in diesem Experiment beobachten werden.

Die LehrerIn wird eine Probe von 10 mg/ml Gelatine herstellen (dabei werden jeweils 0.5 mg Gelatinepulver mit jeweils 50 ml kaltem Wasser gemischt und bis fast zum Siedepunkt erhitzt)

Ihr werdet nun folgende Materialien benötigen:

Eine abgekühlte Gelatineprobe,

Ein Messbecher voll klares Wasser

Ein Messbecher voll Milch

Ein Messbecher voll verdünnter Milch: Dazu füllt Ihr 150 ml destilliertes Wasser in einen Messbecher oder ein Glas und fügt 1 bis 2 Tropfen Milch hinein (mit einer Pipette). Mischt

NANOYOU LehrerInnen Training Kit zu Nanotechnologien- Experimentmodule (11-13 Jährige)

alles gut zusammen und lasst diese Mixtur einige Minuten ruhen (damit es keine Luftbläschen gibt). Die so gewonnene Flüssigkeit hat eine helle graue Farbe.

**F1.** Könnt Ihr kleine Partikel entdecken, wenn Ihr die verschiedenen Proben betrachtet?

\_\_\_\_\_

Könnt Ihr kleine Partikel entdecken, wenn Ihr euch die verschiedenen Proben mit einem Vergrößerungsglas anschaut?

\_\_\_\_\_

Nun leuchtet mit einem Laserstrahl durch die vier Proben und haltet dabei ein weißes Blatt Papier auf der anderen Seite der Proben.

**Achtung:** Niemals einen Laserstrahl in die Nähe der Augen kommen lassen oder direkt in einen Laserstrahl schauen!!! Ihr müsst eine **Sicherheitsbrille** tragen, wenn Ihr diesen Test durchführt.

**F2.** Schaut von oben herab und beschreibt, was Ihr sehen könnt. Notiert, wie der Laserstrahl sich verhält, wenn er durch alle Proben leuchtet.

Gelatine: \_\_\_\_\_

Wasser: \_\_\_\_\_

Milch: \_\_\_\_\_

Verdünnte Milch: \_\_\_\_\_



- F3.** Haben sich alle Proben in gleicher Weise verhalten? Könnt Ihr erraten, was den Weg des Laserstrahls unterbrochen bzw. umgelenkt hat? (Beachtet, dass, falls Ihr den Weg des Laserstrahls sehen könnt, irgendetwas diesen Weg unterbrochen bzw. umgelenkt haben muss, sonst würde das Licht nicht eure Augen erreichen).
- 
- 

- F4.** Was ist nun hier geschehen? Setzt bitte die fehlenden Wörter ein.
- Nanoskalierte Partikel sind in der Probe suspendiert und wenn das Licht des Laserstrahls diese Partikel trifft, so ändert der Laserstrahl seine Richtung. Dies wird als Lichtpfad in der Probe zu sehen, wie man das in der \_\_\_\_\_ Probe und der \_\_\_\_\_ Probe erkennen kann. Der Laser formt einen Punkt gestreuten Lichts in die Probe, falls die Dichte der Partikel so groß ist, dass das Licht nicht durch sie hindurch kann, wie man es in der \_\_\_\_\_ Probe sehen kann. In der/den \_\_\_\_\_ leuchtet das Licht durch, ohne das es auf etwas stößt, deshalb können wir das Laserlicht nicht sehen.

### Eine Mixtur, die Nanopartikel enthält

Ein **Kolloid** ist ein Typ von Mixtur, in der eine Substanz gleichmäßig in einer anderen Substanz verteilt ist, doch **die Partikel der dispergierten Substanz sind nur in der Mixtur suspendiert**, sie sind in ihr nicht vollständig aufgelöst (anders als in einer *Lösung*). Allgemein ausgedrückt besteht ein **Kolloid aus Partikeln einer Größenordnung von 5-1000 nm**. Diese Partikel können nicht mit bloßem Auge gesehen werden und die meisten von ihnen können nicht einmal mit einem optischen Mikroskop gesehen werden. Sie sind klein genug, um sich gleichmäßig zu verteilen und ein homogenes Aussehen zu behalten, doch groß genug, um **Licht zu streuen**. Die Partikel in einem Kolloid können so gut dispergiert sein, dass sie das Aussehen einer Lösung haben (z. B. durchsichtig sein). Deshalb gibt der Lasertest den indirekten Beweis über das Vorhandensein von Nanopartikeln in dem Kolloid. **Genau dies ist, was in Gelatine und Milch passiert.**

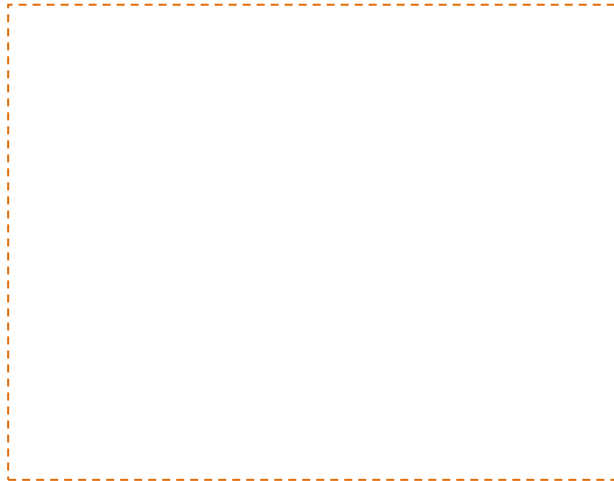
**WIE KOMMT ES, DASS GELATINE EIN KOLLOID IST?** Neuere Forschungen, die eine Art Mikroskop einsetzen, das man **Rasterkraftmikroskop (AFM)** nennt, und mit dem man nanoskalierte Strukturen aufspüren kann, haben gezeigt, dass Gelatine in der Tat durch zahlreiche gleichmäßig verteilte **Nanostrukturen** geformt wird. Zum Beispiel hat eine AFM-Analyse von aus der Haut eines Katzenfisches (*Ictalurus punctatus*) gewonnene Gelatine gezeigt, dass dort **Poren mit einem Durchmesser von 100 nm** und **sphärische Nanoaggregate** mit einem Durchmesser von 260 nm vorhanden sind. **Das Vorhandensein dieser Nanostrukturen beweist, dass Gelatine ein Kolloid ist (die suspendierten Nanopartikel sind hier sowohl die Poren, die im Prinzip Luftbläschen sind, und die Aggregate).**

**WIE KOMMT ES, DASS MILCH EIN KOLLOID IST?** Die Menge an Proteinen in Rindermilch liegt abhängig von der Rinderrasse zwischen 2,5 und 3,5 %. Von diesen Proteinen sind 80% **Kaseine** (der Rest sind Molkenproteine oder Serumproteine). Kaseine findet man in natürlicher Form in der Milch als sphärische Proteinknäuel, die eine Größe von **50-300 nm** haben und als **Kaseinmizellen**. Die Mizellen enthalten die Kaseine in Kombination mit

NANOYOU LehrerInnen Training Kit zu Nanotechnologien- Experimentmodule (11-13 Jährige)

Kalzium, Phosphat und einer geringen Menge von Citrat. An sich ist **Milch ein Kolloid, mit diesen Mizellen in der Form suspendierter Nanopartikel**. Das Vorhandensein dieser Mizellen gibt der Milch ihre weiße Farbe, da diese die Eigenschaft besitzen, das Licht zu streuen.

**F5.** Milch verdankt ihre Eigenschaften der Existenz von Kaseinmizellen, die sphärische, 50-300 nm große Nanostrukturen darstellen. Wählt eines der am Ende dieses Arbeitsblatt vorgestellten AFM-Bilder aus, von dem Ihr denkt, dass es Kaseinmizellen darstellt (**Berücksichtigt Folgendes: 1000 nm = 1 µm**). Fügt das Bild hier unten ein.



**Teil : Das Testen von natürlichen Nanomaterialien, um die Beziehung zwischen Nanostrukturen und makroskopischen Eigenschaften zu verdeutlichen**

Bei diesem Experiment werdet Ihr Milch mit Säure behandeln, um deren Nanostruktur aufzulösen und somit ein neues Produkt entstehen lassen (eine andere Struktur mit anderen Eigenschaften).

pH-Indikatoren werden benutzt, um den pH-Wert von gewöhnlichen Materialien wie Essig, Zitronensaft, Batteriesäure und sogar Hefepilzinfektionen zu ermitteln.

- Ein pH-Wert von 7 zeigt eine neutrale Lösung an



NANOYOU LehrerInnen Training Kit zu Nanotechnologien- Experimentmodule (11-13 Jährige)

- Ein pH-Wert über 7 zeigt eine alkaline Lösung an
- Ein pH-Wert unter 7 zeigt eine Säurelösung an

Ihr müsst Sicherheitsgläser und Sicherheitshandschuhe während der gesamten Dauer des Experiments tragen!

### STUFE 1

- Benutzt denselben Messbecher voll Milch, den Ihr auch beim ersten Teil des Experiments benutzt habt. Zeichnet den Säuregehalt (pH) der Magermilch, den Ihr anhand eines pH-Papiers ermitteln könnt (Trägt die Werte in die Tabelle auf der nächsten Seite ein).

### STUFE 2

- Nimmt einen sauberen Messbecher und fügt eine weitere Probe von 400 ml kalter Milch zu. Stellt den Messbecher mit der Milch auf eine Heizplatte, schaltet die Heizplatte an und erwärmt die Milch auf ungefähr 60°C. Falls eine Heizplatte nicht zur Verfügung steht, so kann die Milch erwärmt werden, indem man zunächst Wasser zum Kochen bringt und die Milch anschließend in einem Wasserbadbehälter erwärmt. Eure LehrerIn wird euch zeigen, wie man die Milch erwärmt. Wenn die Milch warm geworden ist, prüft den Säuregehalt mit einem neuen PH-Papier und trägt die Ergebnisse in die untere Tabelle ein. Beobachtet die Milch und rührt diese mit einem Löffel um. Notiert in die Tabelle auf der nächsten Seite, wie die Milch aussieht, riecht und sich anfühlt.

### STUFE 3

- Fügt der kalten Milch 2 Esslöffel weißen Essig (eine Säurelösung) zu und rührt dabei gleichzeitig die Milch gut mit dem Löffel um. Was passiert nun? (Wie sieht es aus, wie riecht es, wie fühlt es sich an?). Trägt eure Beobachtung in die dafür vorgesehene Tabelle ein. Notiert den **pH-Wert dieser Flüssigkeit** (in die Tabelle auf der nächsten Seite).

**Sicherheitshinweis:** Kostet nicht diese aggregierte säurehaltige Milch!



NANOYOU LehrerInnen Training Kit zu Nanotechnologien- Experimentmodule (11-13 Jährige)

#### STUFE 4

- Wiederholt diesen Test und fügt dieselbe Menge Essig (2 Esslöffel) zu, aber diesmal in die **warme Milch (60°C)**. Rührt die Flüssigkeit um und lasst sie dann ein bis zwei Minuten ruhen. Denkt daran, dass der Messbecher dann heiß sein wird! Was passiert nun? (Nicht vergessen: Nicht diese Milch kosten!!) Zeichnet den **pH-Wert dieser Flüssigkeit** auf. (Trägt die Werte in die folgende Tabelle ein.)

STUFE:	Probe	Temperatur	pH	Zustand der Milch (Aussehen, Farbe, Geruch, Viskosität)
TEST 1	Milch	kalt		<i>weiche, weiße Flüssigkeit mit makroskopischen Aggregaten</i>
TEST 2	Milch	60°C		
Test 3	Milch + 2 Esslöffel Essig	kalt		
Test 4	Milch + 2 Esslöffel Essig	60°C		

NANOYOU LehrerInnen Training Kit zu Nanotechnologien- Experimentmodule (11-13 Jährige)

F6. Gab es einen deutlichen Unterschied des Zustandes der Milch und des pH-Werts, **als die Milch erwärmt wurde, ohne dass Essig zugefügt wurde** (Test 1 & 2)? Falls ja, beschreibt diesen Unterschied.

---

---

F7. Gab es einen deutlichen Unterschied des Zustandes der Milch und des pH-Werts, **als der warmen oder der kalten Milch Essig zugeführt wurde** (Test 3 & 4)? Falls ja, beschreibt diesen Unterschied.

---

---

F8. Denkt Ihr. auf Grundlage der Ergebnisse dieser Tests (Hinzufügen von Essig in kalte oder warme Milch), dass die Reaktion nur auf Grund des Säuregehalts (pH) stattgefunden hat? Gibt eine Erklärung.

---

---

### **GEHT ES NUR UM DEN SÄUREGEHALT, ODER IST DA NOCH ETWAS ANDERES?**

**Zunächst versuchen wir zu verstehen, was auf molekularer Ebene mit den Kaseinmizellen passiert:**

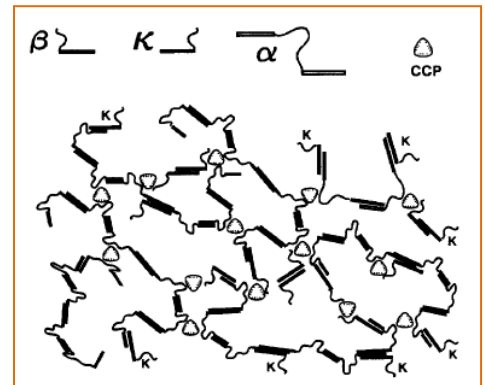
Die Mizellen bestehen aus einem Knäuel von Kaseinmolekülen; die WissenschaftlerInnen haben jedoch herausgefunden, dass es mehr als nur eine Art Kaseinmoleküle gibt (siehe Bild 2). Alle Typen von Kaseinmolekülen sind lang und dünn, und alle weisen einen hydrophoben Bereich auf (z. B. durch Wasser abgestoßen) und einen wirksamen elektrostatischen Bereich. Alle Typen von Kasein sind je nach dem Platz, den sie in diesen Bereichen einnehmen, verschieden. Als Resultat des Vorhandenseins dieser verschiedenen Bereiche besitzen alle Kaseine (außer einem Kaseintyp, den man K-Kasein nennt) die Fähigkeit, ein Kalzium-Ion  $\text{Ca}^{2+}$  zu binden.

NANOYOU LehrerInnen Training Kit zu Nanotechnologien- Experimentmodule (11-13 Jährige)

### Nun versuchen wir zu verstehen, wie sich diese Moleküle miteinander verbinden:

Es können zwei Arten von Verbindungen zwischen den Kaseinen in den Kaseinmizellen vorkommen:

- Die erste Verbindungsart ist **hydrophob**; hier bilden mindestens zwei aus verschiedenen Molekülen stammende hydrophobe Bereiche ( $\alpha$ -Kaseine und  $\beta$  Kaseine) ein Cluster (ähnlich wie Öl Tropfen im Wasser bildet). Diese werden im **Bild 2** als **rechteckiger Stab** dargestellt. Diese Verbindungen sind temperaturempfindlich.



- Die zweite Verbindungsart besteht bei **hydrophilen („wasserliebend“) geladenen**

**Bereichen**, die kleine Nanokristalle binden. Diese Nanokristalle nennt man Kalziumphosphat-Nanocluster oder kolloidale Kalziumphosphat-Nanocluster (als CCP im Bild 2 bezeichnet). Diese Verbindungsart ist säureempfindlich (pH).

**Bild 2.** „Dual bonding“ Modell in Kaseinmizellen, mit  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\kappa$ -Kaseinen, dargestellt wie beschrieben. Nachdruck von: Horne D.S., Inter. Dairy Journal (1998), 8 (3), 171-177, mit Erlaubnis von Elsevier.

### Jetzt können wir verstehen, wie die Mizellen gebildet werden:

Die  $\kappa$ -Kaseine können sich nicht mit den Kalzium-Nanoclustern verbinden; deshalb interagieren sie mit den anderen Molekülen ausschließlich mittels hydrophober Interaktionen, und aus diesem Grund können die Mizellen nicht über die  $\kappa$ -Kaseine hinaus wachsen; die  $\kappa$ -Kaseine fungieren deshalb als äußere Schicht in den Mizellen. **Die Rolle der  $\kappa$ -Kaseine besteht darin, die Kaseinmizellen zu stabilisieren**, so wird ein übermäßiges Wachstum und mizellare Aggregation (die Mizellen haften dann aneinander) vermieden; ohne diese Aggregation würden die Mizellen präzipitieren (hinuntersinken).

So können wir sehen, dass all diese Eigenschaften (abweisen, aneinander haften, binden) die Moleküle dazu bringen, in einem Selbstorganisationsprozess aneinander zu haften und Kaseinmizellen zu bilden, die anorganisches Kalziumphosphat enthalten. Dieser Prozess

NANOYOU LehrerInnen Training Kit zu Nanotechnologien- Experimentmodule (11-13 Jährige)

gewährleistet, dass das Kalzium gleichmäßig in der Milch dispergiert wird (da sich die Mizellen in der Milch verteilen). Somit wird das Kalb bei jedem Schluck Milch sowohl Proteine wie auch Minerale zugeführt bekommen.

Zusammenfassend gesagt haben wir gesehen, dass die Struktur der Milch, auf der Ebene der Mizellen, sowohl von der Temperatur wie auch vom Säuregehalt (pH) der Milch abhängt.

### **Milchverarbeitung**

Die Wahrung der Integrität der Mizellen ist ein Balanceakt und es gibt zahlreiche Methoden, um dieses Gleichgewicht zu stören. Diese Methoden sind in der Milchindustrie weit verbreitet und dienen zur Herstellung von Käse und anderer fermentierter Produkte wie Joghurt, etc. Joghurt ist ein fermentiertes Milchprodukt, das durch das kontrollierte Wachstum von spezifischen Mikroorganismen gewonnen wird, vor allem durch Bakterien, die Laktose (Milchzucker) in Milchsäure verwandeln. Durch die Verringerung des pH-Werts der Milch wird deren Konsistenz und Geschmack verändert. Bei der Herstellung von Käse werden Enzyme eingesetzt, um die Aggregation und die Ausfällung der Kaseine hervorzurufen. Bei allen Methoden der Milchverarbeitung wird die **molekulare Organisation der Kaseine verändert**; dieser Vorgang führt zur Verdickung, zur Ausfällung und anderer Wirkungen auf die Kaseine. Das Aussehen, der Geschmack und andere „Makro“-Eigenschaften der Milch sind eng von ihrer supramolekularen (Nano) Struktur abhängig.

### **Die wichtigsten Prozesse, welcher die Milch ausgesetzt ist, sind:**

- **Die Verringerung des pH-Werts auf 4,6** durch das Hinzusetzen von Säure bringt die Kaseinmizellen dazu, sich zu trennen. Der Grund dafür ist, dass Kaseinmizellen nur existieren, weil Kalziumphosphat vorhanden ist; deshalb bewirkt dessen Auflösung eine Wirkung auf die Stabilität der Mizellen. Wenn eine Säure (ein Protonenspender) der Milch zugefügt wird, so sind die geladenen Bereiche nicht länger in der Lage elektrostatisch mit den Kalziumphosphat-Nanoclustern zu interagieren, und somit werden diese von den

NANOYOU LehrerInnen Training Kit zu Nanotechnologien- Experimentmodule (11-13 Jährige)

Mizellen freigesetzt. Es ist zu bemerken, dass dies nicht zwangsläufig die Kaseine dazu bringt, sich von den Mizellen zu lösen. Bei unter 25°C liegenden Temperaturen ist eine zunehmende Dissoziierung festzustellen. Ansonsten verbleiben die Kaseine in den Mizellen. Der Grund dafür ist, dass die Stabilität von Kaseinmizellen nicht ausschließlich von der elektrostatischen Interaktion abhängig ist, sondern auch von hydrophoben Interaktionen. Letztere sind extrem temperaturabhängig: Hydrophobe Interaktionen wirken sich stärker aus, als die Wirkung höherer Temperaturen. **Deshalb bewahren hydrophobe Interaktionen die Stabilität der Mizellen in kalter Milch, selbst wenn deren pH-Wert gesenkt wurde.** Falls andererseits **Säurebildung stattfindet, nachdem Milch erwärmt wurde (auf ungefähr 60°C), so werden die Mizellen dissoziiert (Kalziumphosphat wird von den Mizellen freigesetzt) und werden auf Grund elektrostatischer Kräfte und hydrophober Interaktionen aggregieren (so wie vermischtes Öl und Wasser sich schließlich trennen).**

- **Ein Angriff von Chymosin führt zur Ausfällung der Mizellen und der Entstehung von geronnener Milch.** Dieser Prozess wird bei der **Käseherstellung** genutzt. Chymosin ist ein Enzym, welche die Wirksubstanz bei der Gewinnung von Lab ist. Lab wird aus Kälbermagen gewonnen und bei der Käseproduktion verwendet. Chymosin greift gezielt eine Einfachbindung in K-Kaseinen an. Wie bereits bemerkt, ist das Vorhandensein von K-Kaseinen von grundsätzlicher Bedeutung für die Stabilität der Kaseinmizelle; deshalb bewirkt die Störung der K-Kaseinen ein Verlust an Stabilität und Aggregierungsfähigkeit der Kaseinmizellen. Schließlich kommt es dann zur Bildung geronnener Milch.

- Der kontrollierte Zusatz von **Milchsäurebakterien** (also Bakterien, die Milchsäure produzieren; wie zum Beispiel Lactobacillus, Lactococcus und Leuconostoc) führen unter bestimmten Verarbeitungsbedingungen zu fermentierten Milchprodukten, wie zum Beispiel Joghurt. Dieser Prozess unterscheidet sich von einer einfachen Säurebildung, da die Milch wärmebehandelt wird und Molkenproteine ebenfalls hinzugefügt werden. Die Koagulation wird durch die Säurebildung hervorgerufen, doch führt sie nicht zur Bildung von geronnener Milch, sondern lässt ein Produkt entstehen, dass dickflüssiger als Vollmilch ist.

NANOYOU LehrerInnen Training Kit zu Nanotechnologien- Experimentmodule (11-13 Jährige)

**F9.** Welcher der oben erklärten Prozesse habt Ihr in diesem Experiment mit der Milch zur Anwendung gebracht?

---

**F10.** Erklärt anhand der Informationen, die Ihr eben gelesen habt, den Unterschied zwischen dem Ergebnis des Experiments mit der kalten Milch und dem mit der warmen Milch.

---

**F11.** Haben sich bei diesem Experiment die Proteinmoleküle zu neuen Molekülen gewandelt? Falls nicht, was hat sich verändert?

---

**F12.** Könnt Ihr anhand der Informationen, die Ihr eben gelesen habt, mit euren eigenen Worten beschreiben, was als Ergebnis des Prozesses, der zu Herstellung eurer Lieblingsmilchspeise führt, mit den Mizellen passiert ?

---

### **WAS KANN DIESES EXPERIMENT UNS ÜBER NANOTECHNOLOGIE BEBRINGEN?**

- **Nanostrukturen meint physikalische Eigenschaften (Farbe, Geruch, Viskosität, etc.):** Materialien in der „richtigen“ natürlichen Welt, wie z. B. Milch, erscheinen so, wie sie sind, weil sie aus feinen Nanostrukturen bestehen. Milch ist weiß, weil sie kolloidale Nanopartikel enthält (Mizellen). Wenn wir die Struktur dieser Mizellen verändern, verändern wir einige „Makro“-Strukturen der Milch, wie **Farbe, Geruch und Viskosität.**





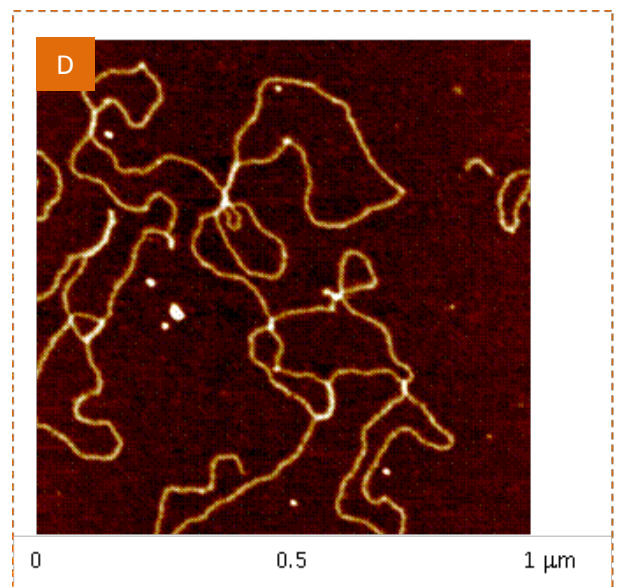
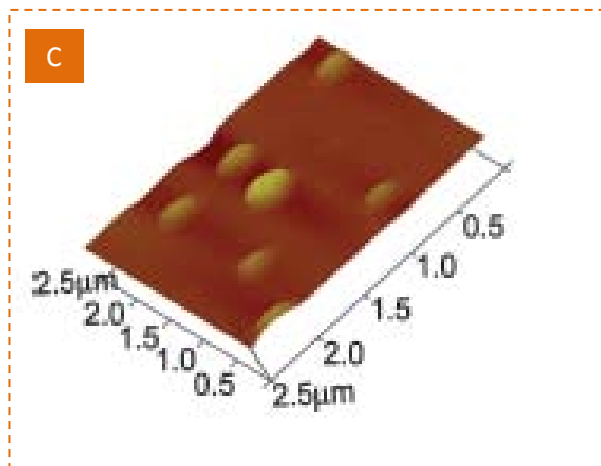
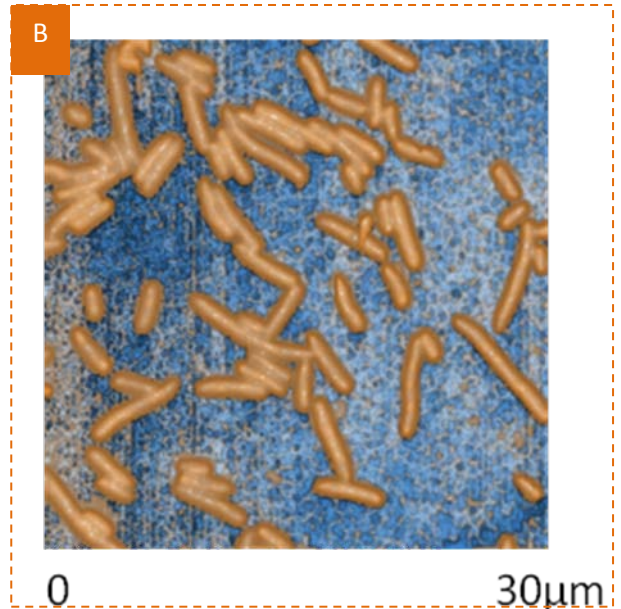
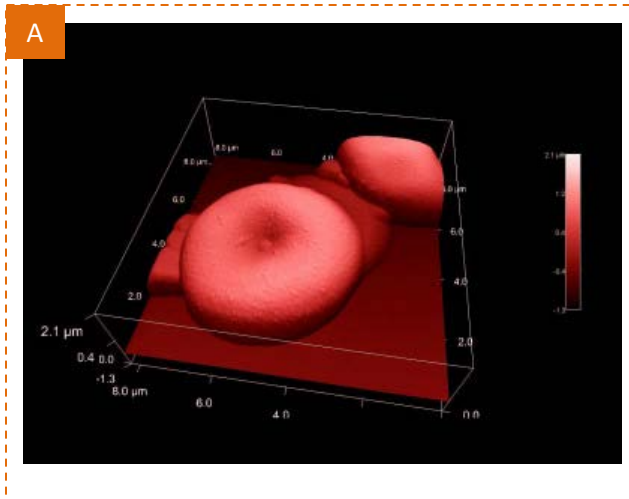
NANOYOU LehrerInnen Training Kit zu Nanotechnologien- Experimentmodule (11-13 Jährige)

- **Nanostrukturen meint Funktion:** Natürliche Materialien haben sehr spezifische Funktionen, die von der Supraorganisation ihrer Moleküle bestimmt werden. (Nanostrukturen). Wenn wir diese Strukturen verändern, können wir ein Material mit einer neuen Funktion erhalten. Das Verändern von Kaseinmizellen bei der Käseherstellung unter Anwendung bestimmter Prozesse (z. B. Behandlung mit Chymosin oder Fermentation durch Milchsäurebakterien) führt zur Entstehung verschiedener Produkte (Käse, Joghurt, etc.). **Die ist genau eines der Schlüsselkonzepte der Nanotechnologien: Neue Materialien mit neuen Funktionen zu entwerfen, durch die Manipulation ihrer molekularen Organisation.**

Beachtet, dass bei all diesen Prozessen, die wir bei diesen Experimenten genutzt haben, nicht die Moleküle verändert haben. Wir haben nur die Verbindungen zwischen den Molekülen sowie die nanoskalierte supramolekulare Struktur verändert.

NANOYOU LehrerInnen Training Kit zu Nanotechnologien- Experimentmodule (11-13 Jährige)

**Bilder zu der Frage F5:** Schneidet das Bild aus, von dem Ihr denkt, dass es das richtige ist, und fügt es in das in F5 angegebene Feld ein.



Die Bilder auf dieser Seite sind urheberrechtlich geschützt.. Siehe Seite 2 für Rechte und Nutzungsbedingungen.  
Es ist keine weitere Nutzung der Bilder ohne die schriftliche Erlaubnis der Rechteinhaber erlaubt.