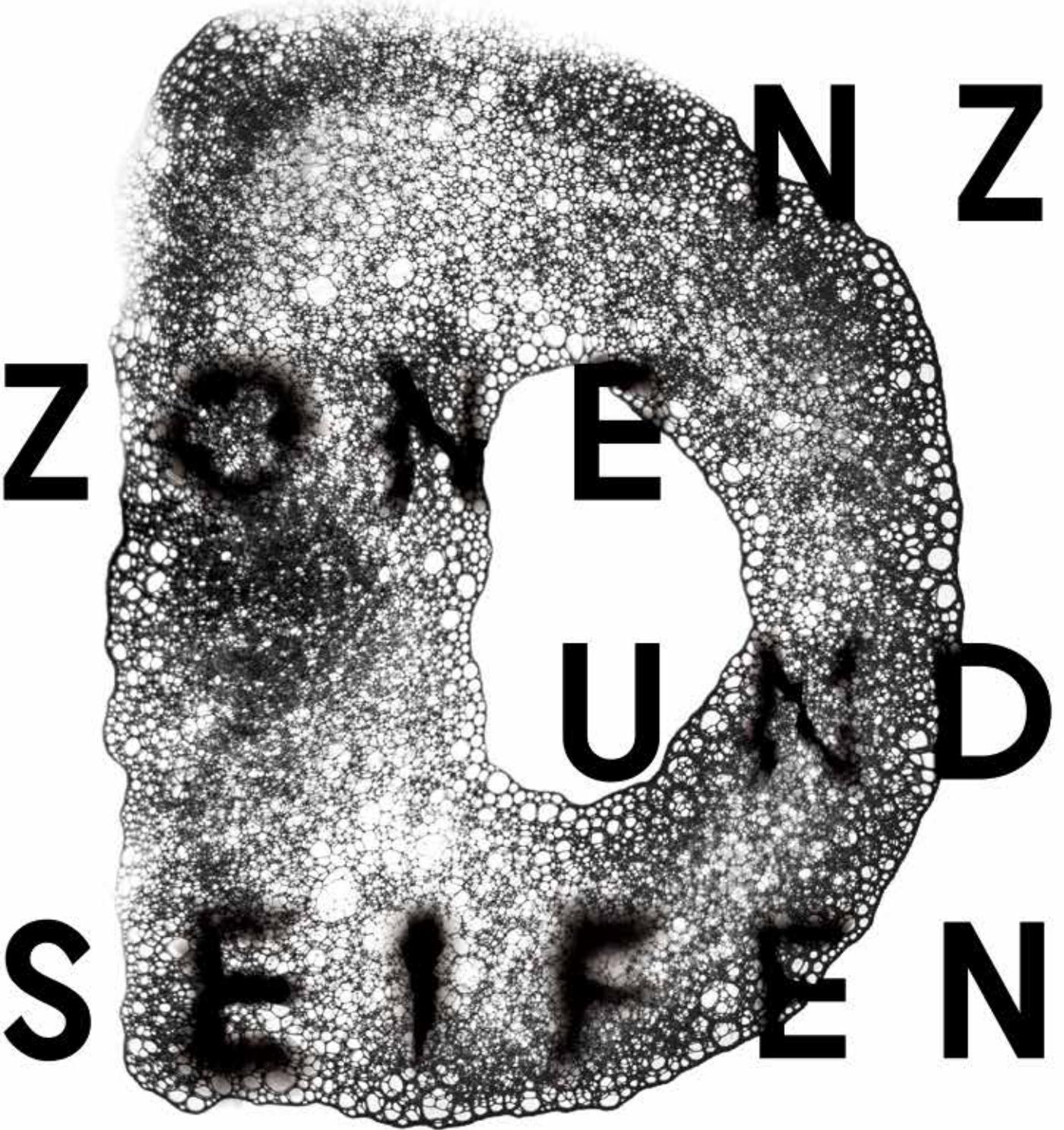
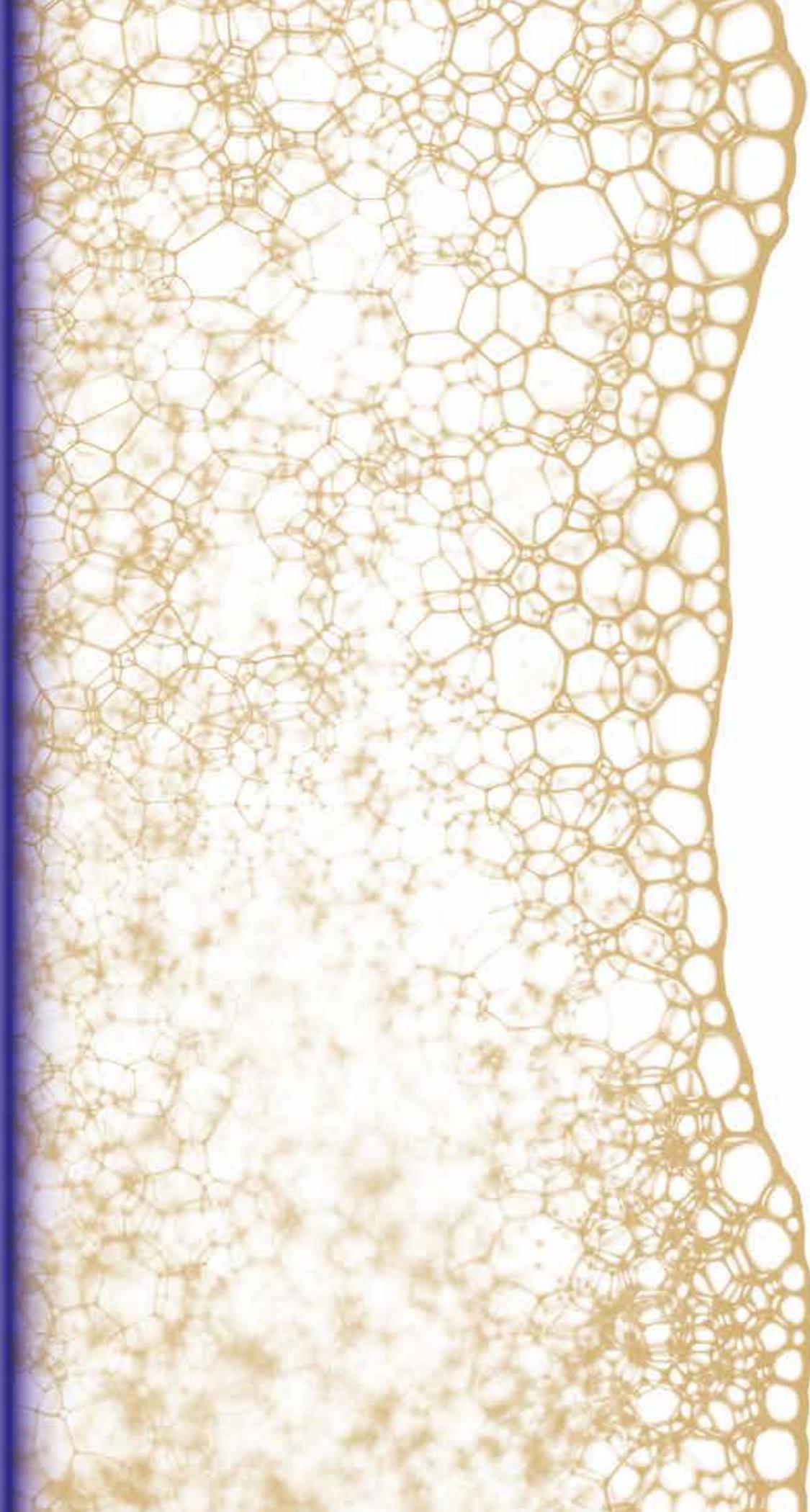


D I S T A



B L A S E

Projekt:
Distanzzone
Kexin Jiang

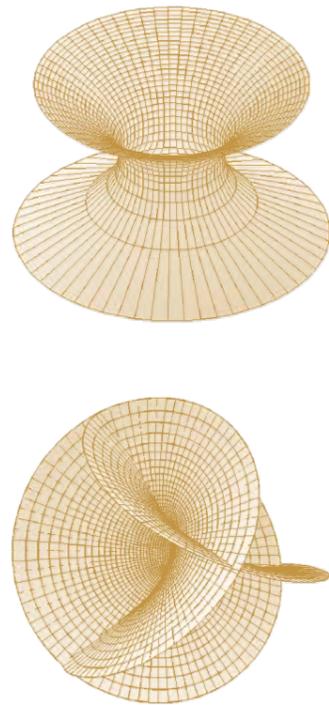


Seifenblasen faszinieren nicht nur Kinder, sondern auch Künstler, die Wissenschaftler und Personen aus anderen Fachbereichen. Aus der Beobachtung und den Forschungen der Seifenblase haben sie verschiedene Schlussfolgerungen gezogen. Wegen der leichten Vergänglichkeit wurden „Seifenblasen“ zu einer Metapher für etwas anziehendes aber flüchtiges. Zum Beispiel in der Kunst, spätestens wird seit dem Barock die Seifenblase durchgängig ikonographisch als ein Vanitassymbol benutzt und spiegelt sowohl die Schönheit als auch die Flüchtigkeit des menschlichen Lebens wieder. Ein Seifenfilm formt eine natürliche Minimalfläche, welches ein komplexes räumliches Problem in der Mathematik ist. In der Architektur waren Seifenblasen lange Zeit das einzige Mittel zur zuverlässigen Bestimmung der optimalen Neigung von nicht-trivialen Dachkonstruktionen.

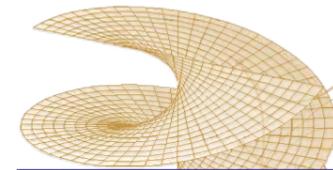
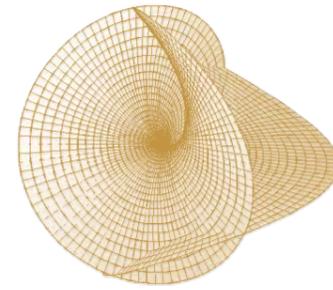
In der Psychologie beschreibt man die Distanzzone als unsichtbare Blase, die uns einhüllt und schützt. „Distanzzone“ auf Chinesisch ist „人际气泡“, „人际“ erläutert „zwischenmenschlich“, „气泡“ bedeutet „Blase“. Aus dieser Wort-Kombination habe ich die Idee bekommen, dass man vielleicht die Distanzzone im Vergleich zur Blase bzw. Seifenblase besser kennen lernen kann.



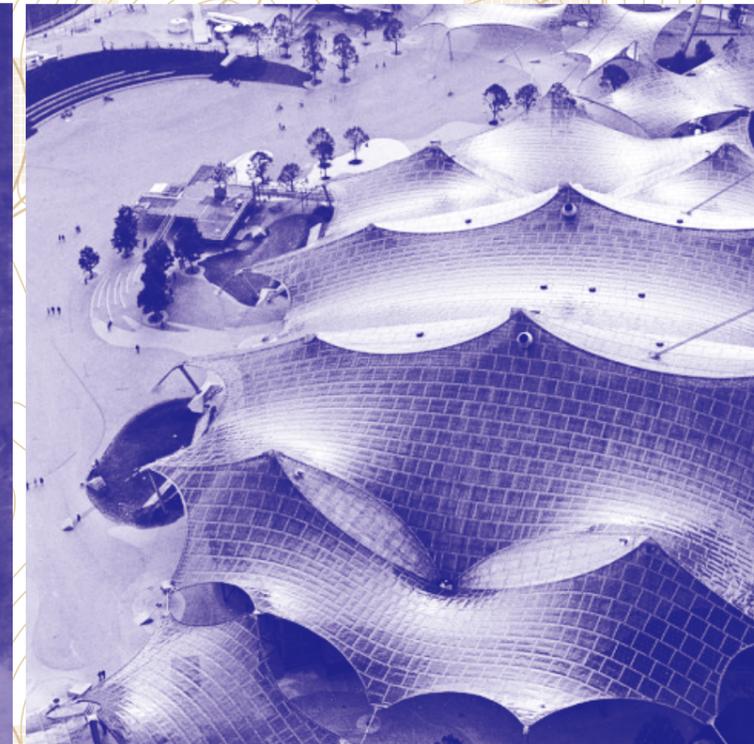
Seifenbläser
Jean-Baptiste Siméon Chardin



Minimalfläche



Bubbles
John Everett Millais



Olympiastadion München

01–02

Vorwort

06–08

Allgemeine Hinweise

09

Die Ursache der Entstehung

10–27

Charakter

10–16

Die Form

17–21

Die Farbe

22–27

Die Verschmelzung, die Aufspaltung und
das Platzen

28

Zusammenfassung

29–39

Anhang

40

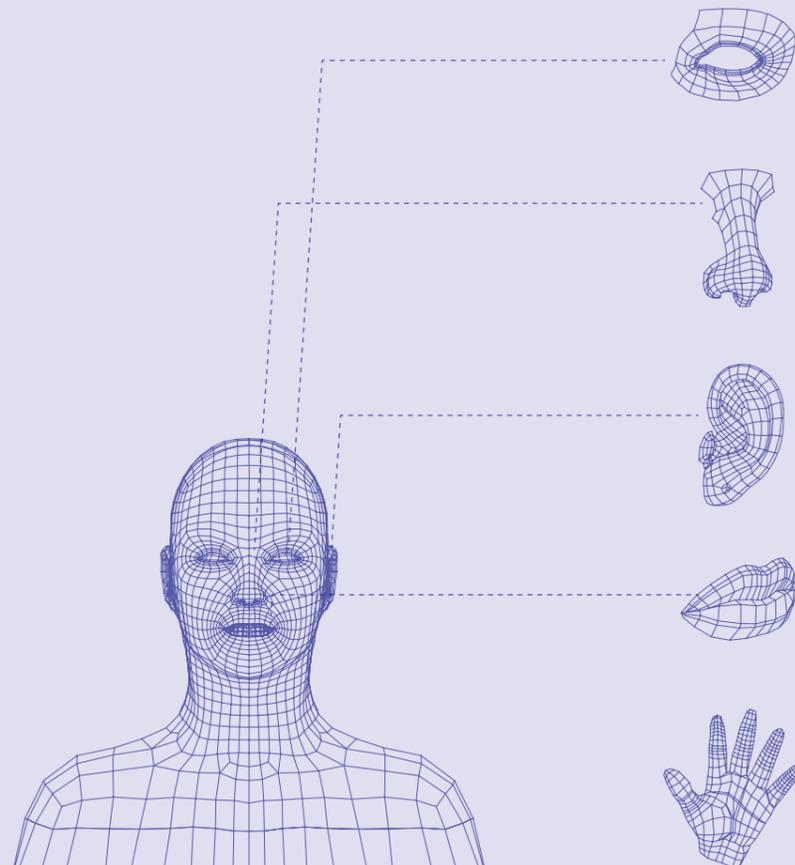
Quelle

41

Bildquelle

INHALTS- VERZEICHNIS

	Seifenblase	Distanzzone
Beschaffenheit	konkret	abstrakt
Definition	ein dünner Film (Gas-Flüssigkeit System)	Zwischenmenschlicher Abstand, wie eine unsichtbare Blase
Menge	Einzahl oder Mehrzahl	mindestens zu zweit
Charaktere ihres Zustandes	instabil, relativ, zeitweilig	in einem Kreislauf
Auflösungseffekt	die Reduzierung der Energie im Oberfläche-System	die Reduzierung des Beklemmungsgefühls
Faktoren der Stabilität	die Verdampfung (Temperatur), das gravitationsbedingte Auslaufen (Drainage), die Tenside	eigener Faktor, gegenseitiger Faktor, außenstehender Faktor



ALLGEMEINE HINWEISE

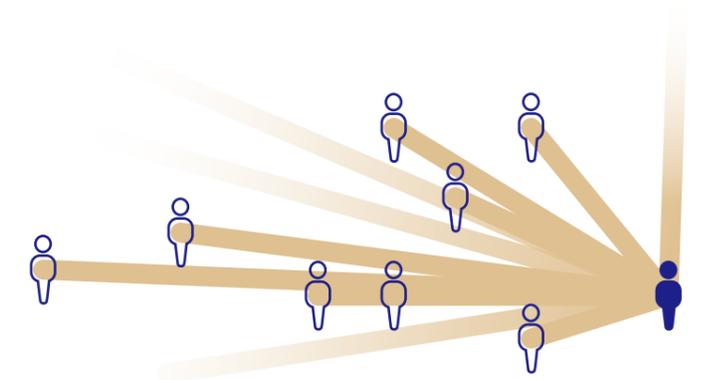
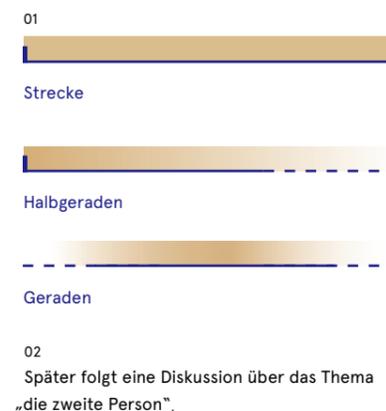
Seifenblase:

■ Eine Seifenblase ist ein dünner konkreter Film (Gas-Flüssigkeit System). Diese kann alleine existieren in der Form einer Kugel, aber auch an anderen Seifenblasen andocken und eine Symbiose bilden die am Ende sogar Schaum ergeben könnte. In der Thermodynamik ist sie instabil, deshalb ist ihr Existieren relativ, zeitweilig und sie verschwindet definitiv. Infolge der Reduzierung der Energie im Oberfläche-System verliert sich die Seifenblase spontan. Die Verdampfung (Temperatur), das gravitationsbedingte Auslaufen (Drainage) und die Tenside (z.B. Seife) sind die Hauptfaktoren, die die Stabilität der Seifenblase beeinflussen.

Distanzzone:

■ Wir halten unterschiedlichen Abstand zueinander, um uns ein sichereres (angenehmeres) Gefühl zu geben. In der Psychologie nennt man das „Distanzzone“ (Zwischenmenschlicher Abstand). Man kann die abstrakte Distanzzone als eine Art unsichtbare Blase sehen, welche uns „schützen“ soll. Durch die fünf Sinne (sehen, hören, riechen, schmecken und tasten) kann die Distanzzone gefühlt oder erkannt werden.

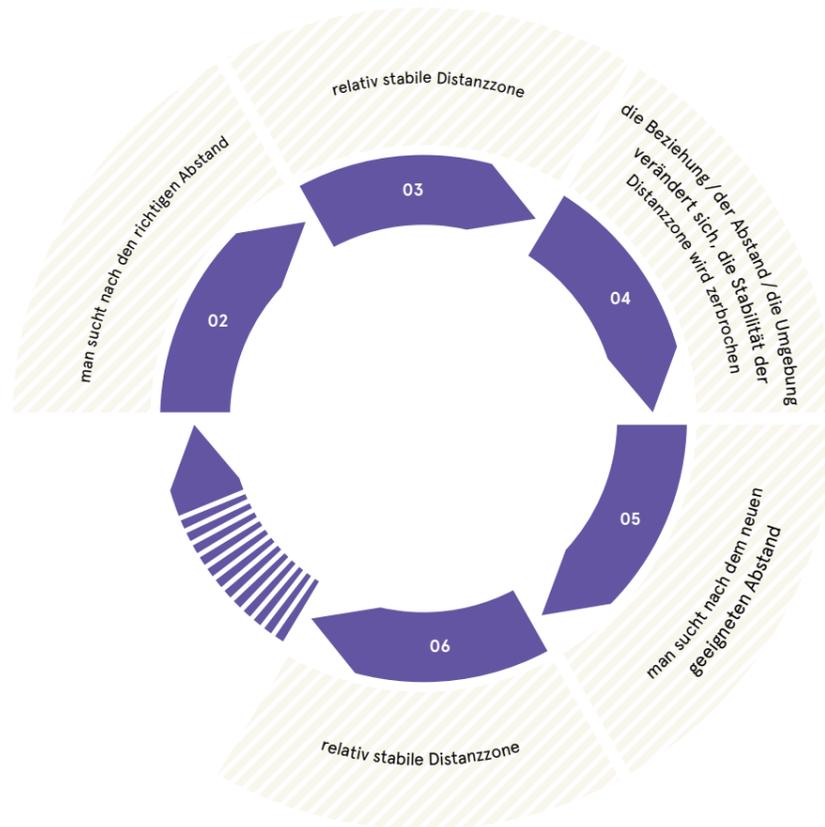
■ Nur zwischen zwei, oder mehreren Personen kann man die Distanzzone erkennen. Aus geometrischer Perspektive kann man das gut erklären: Eine Strecke kann man messen, weil sie zwei Endpunkte hat. Mit nur einem Endpunkt oder ohne Endpunkt, bzw. einer Geraden oder einer Halbgeraden, kann man die Länge nicht messen, weil beide sich verlängern können. Die Distanzzone ist ein Abstand zwischen zwei Personen, welche man als eine Strecke erachten kann, die zwei Personen sind Startpunkt und Endpunkt. Wenn man allein ist, fehlt ein „Start-“ bzw. „Endpunkt“, deshalb kann man in dieser Situation die Distanzzone nicht erkennen, wie eine Halbgerade, die hat eine unbestimmte Länge. In dieser „Halbgeraden-Situation“, oder Singledasein und einem wachen Zustand, in dem auch durch die fünf Sinne keine andere Menschen und Dinge gemerkt oder bemerkt werden, fühlen sich die Meisten nervös und könnten sogar verrückt werden. Orfield Laboratories in Minnesota hat viele Experimente in seinem „ruhigsten Raum der Welt“ gemacht und hat das oben erwähnte zur Schlussfolgerung gehabt (in dem Anhang 1).



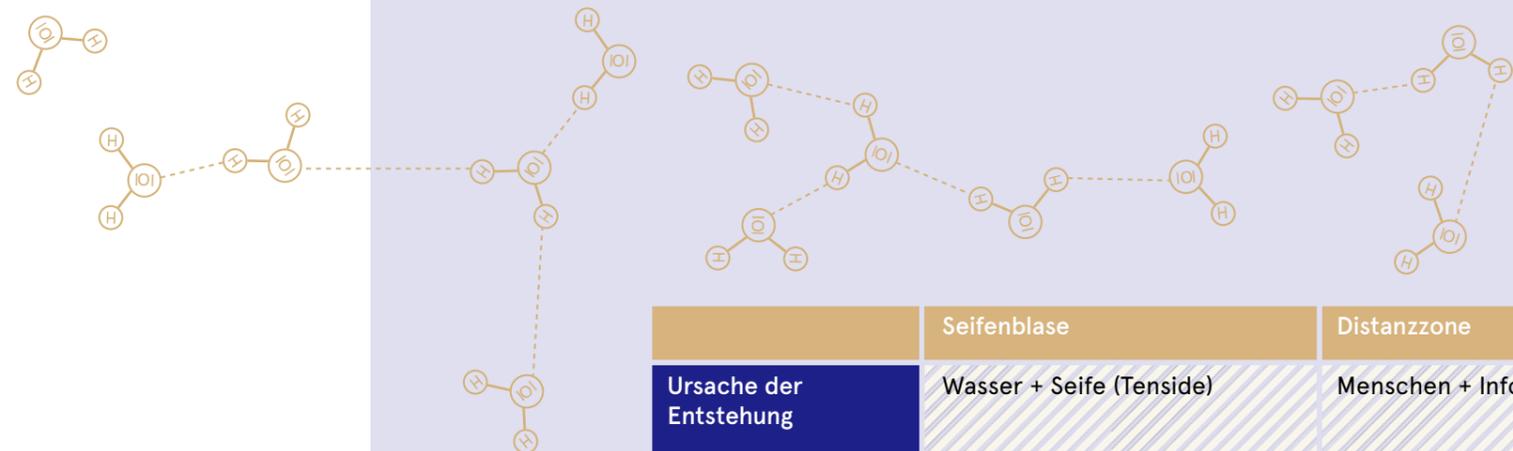
In einem Zeitraum hat die Distanzzone nur die relative Stabilität, weil sie immer in einem Kreislauf bleibt: man sucht nach den richtigen Abstand – relativ stabile Distanzzone – die Beziehung / der Abstand / die Umgebung verändert sich, die Stabilität der Distanzzone wird zerbrochen – man sucht nach dem neuen geeigneten Abstand – relativ stabile Distanzzone ... Wenn die Distanzzone komprimiert oder gestreckt wird, verändert man die eigene Distanzzone, um das Beklemmungsgefühl zu reduzieren.

03

Es gibt drei Faktoren der Stabilität der Distanzzone: eigener Faktor (z.B. der kulturelle Hintergrund, die Persönlichkeit), gegenseitiger Faktor (z.B. die Beziehung, die Anzahl) und außenstehender Faktor (z.B. die Umgebung, die Situation, die Zeit).



03
Kreislauf der Distanzzone



Seifenblase:

Es ist allgemein bekannt, dass man mit reinem Wasser keine „Seifenblasen“ machen kann, aber nachdem man Seife in Wasser gelöst hat, können sich Seifenblasen bilden. Zu diesem Phänomen ist die Oberflächenspannung maßgebend. Wasser besteht aus Molekülen, gebildet aus je zwei Wasserstoffatomen und einem Sauerstoffatom. Das Wassermolekül weist dadurch ausgeprägte Partialladungen auf, mit einer negativen Polarität auf der Seite des Sauerstoffs und einer positiven auf der Seite der beiden Wasserstoffatome. Wegen der zwei Polaritäten gibt es zwischenmolekulare Kräfte, welche auch zur Oberflächenspannung führen. Die zwischenmolekularen Kräfte der Wassermoleküle sind so hoch, dass die Blase sofort zerplatzt. In dem Seifenwasser sind die Wassermoleküle wegen den Seifenmolekülen dekonzentriert und die zwischenmolekularen Kräfte werden verkleinert, wodurch die Oberflächenspannung nur etwa ein Drittel so groß ist, wie die des Wassers. Deshalb kann die Seifenblase sich herausbilden. Zusätzlich verlangsamt die Seife die Verdunstung, so dass die Blase länger bestehen bleibt.

Außer Seife gibt es noch andere Tenside, z.B. Spülmittel, Shampoo usw.. Die Dichte der Seifenwasser und die Kombination der Tenside ermöglichen erst, ob man eine Seifenblase aufblasen kann und wie die Qualität der Seifenblase ist (Experimente in Anhang 2).

Distanzzone:

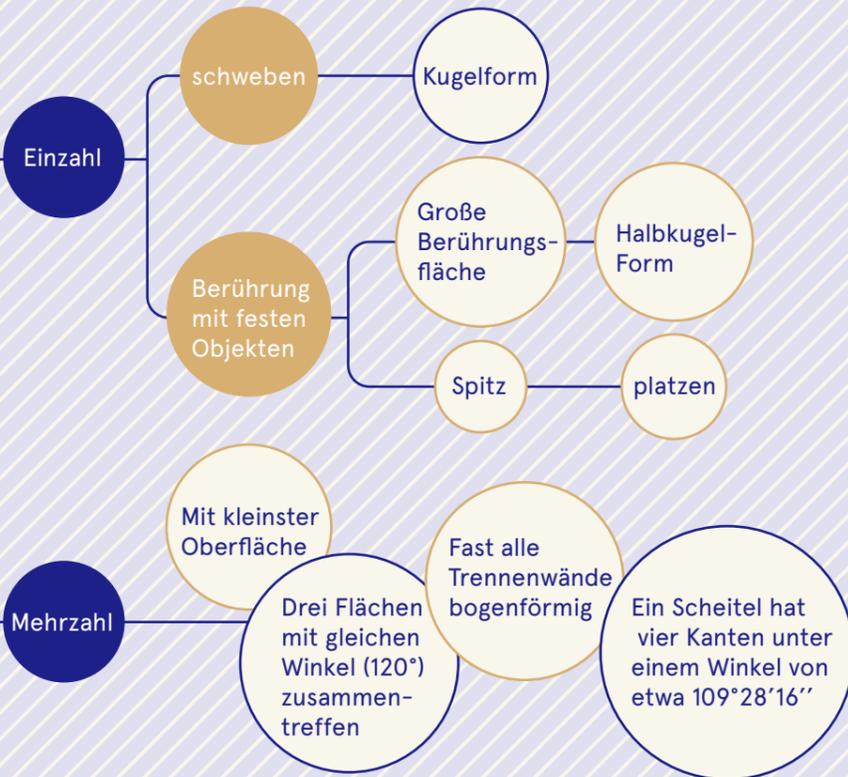
Wie vorher beschrieben, Distanzzone kann man nur zwischen mindestens zwei Personen erkennen. Diese „zweite Person“ muss nicht zwingend ein realer Mensch sein, es kann auch ein Geruch, ein Geräusch, ein Bild sein, bzw. die Information des Anderen, die wir durch die fünf Sinne (sehen, hören, riechen, schmecken und tasten) bekommen haben. Durch die fünf Sinne kann die Distanzzone komprimiert oder gestreckt werden, infolgedessen ist die Distanzzone erkannt. Mit anderen Worten spielen die Informationen die Rolle der Tenside.

Der Inhalt, das Ausmaß / die Intensität und die Kombination der Informationen wirken auf die Größe der Distanzzone ein. Die angenehme oder gefällige Information verkleinert den Abstand und gegensätzlich vergrößert die unangenehme Information den Abstand.

	Seifenblase	Distanzzone
Ursache der Entstehung	Wasser + Seife (Tenside)	Menschen + Info durch 5 Sinne

DIE URSACHE DER ENTSTEHUNG

Normale Form



Meistens maximal nur Halbkugel-Form und nur auf einer Fläche

Ein Scheitel hat mehrere „Kanten“ oder „Trennwände“ mit verschiedenen Winkeln.

In Momenten kann die „Trennwand“ eben sein, nicht konstant.

Grund



Der Radius bei Lebewesen und der dadurch entstehende Kreis bzw. die Kugelform entsteht durch die Reichweite der längsten Extremität.

Das Ausmaß der psychologischen Übernahme

Sicheres Gefühl mit stabiler Umgebung

Distanzzone bleibt immer in einem Kreislauf (Grund für die Form der Trennwand).

Gleichung



+ Äußere Kraft



In einem geschlossenen Raum



In manchen Situationen kann die Distanzzone extra komprimiert werden. In diesem Augenblick leitet man seine Aufmerksamkeit automatisch um, um die Kompression der Distanzzone herunterzuspielen.

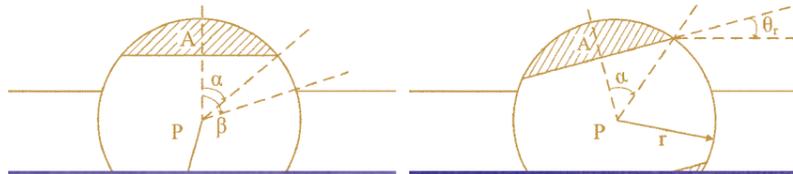
Seifenblase:

In normaler Umgebung und im schwebenden Zustand ist die Optik der Seifenblase hohl und durchsichtig in Kugelform mit schillernder Oberfläche. Die Erzeugung von Seifenblasen ist möglich, weil die Oberfläche eine Flüssigkeit ist und eine Oberflächenspannung besitzt. Die kugelförmige Gestalt einer Seifenblase wird ebenfalls von der Oberflächenspannung beeinflusst. Häufig wird angenommen, dass die Kugel von allen möglichen Formen zu einem gegebenen Volumen die kleinste Oberfläche aufweist. Deshalb zwingt die Oberflächenspannung durch Minimierung der Oberfläche die Blase in diese Form, bis das Gas in der Seifenblase nicht mehr zusammengedrückt werden kann. Aufgrund des geringen Eigengewichts besitzen alle Blasen fast eine ideale Kugelform. Durch die Young-Laplace-Gleichung kann man errechnen, wie in einer kugelförmigen Seifenblase des Radius r ist (Radius ganz gleich, deshalb $r_1=r_2=r$), herrscht aufgrund der Oberflächenspannung δ an der Grenzfläche Flüssigkeit / Gas ein um ΔP erhöhter Druck:

$$\Delta P = \delta \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) = \frac{2\delta}{r}$$

Für den Druck im Inneren einer Seifenblase ist die Druckdifferenz jeweils doppelt so groß, weil die Seifenhaut zwei Oberflächen Gasphase/Flüssigkeit hat.

$$\Delta P = \frac{4\delta}{r}$$



Thomas Young (28.03.1749 – 05.03.1827)



Pierre-Simon Laplace (28.03.1749 – 05.03.1827)

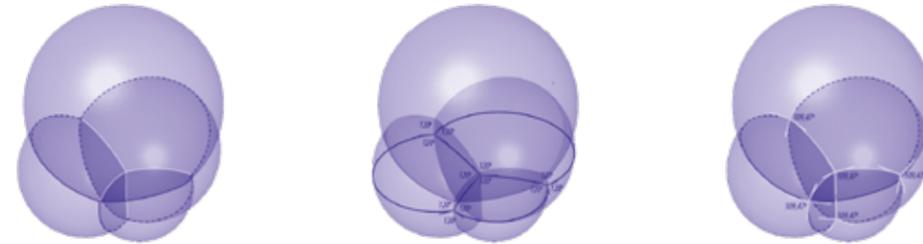
Die Young-Laplace-Gleichung (nach Thomas Young und Pierre-Simon Laplace, die sie unabhängig voneinander 1805 herleiteten) beschreibt den Zusammenhang zwischen der Oberflächenspannung, dem Druck und der Oberflächenkrümmung einer Flüssigkeit. In der Physiologie ist sie als Laplace-Gesetz bekannt und wird dort allgemeiner zur Beschreibung von Drücken in Hohlorganen verwendet, unabhängig davon, ob die Kraft an der Grenzfläche von einer Oberflächenspannung herrührt.

δ : Oberflächenspannung;
 ΔP : Druck;
 r_1 : der größte Radius der Seifenblase;
 r_2 : der kleinste Radius der Seifenblase;
 r : Radius der Seifenblase

Wenn auf die Seifenblase eine äußere Kraft einwirkt, kann ihre Form sich verändern. Wegen des Drucks auf die Außenwand der Seifenblase wird die Form konkav sein, man kann die Seifenblase auch nach außen ziehen. Wenn die Kraft zu groß ist, kann die Seifenblase platzen.

Wenn zwei oder mehrere Seifenblasen aufeinander treffen, nehmen die Blasen die Form mit der kleinsten Oberfläche an. Plateaus Regeln besagen, dass immer drei Flächen jeweils im Schaum zusammentreffen und alle Winkel gleich groß sind, bzw. 120 Grad zueinander haben, damit die Oberfläche gleichfalls minimal ist. In jedem Scheitel treffen sich jeweils vier Kanten unter einem Winkel von etwa $109^\circ 28' 16''$, weil die Oberflächenspannung gleichgewichtet ist. Wegen des höheren Innendrucks der kleineren Seifenblase, wölbt sich ihre gemeinsame Wand in die größere Blase hinein (Durch die Young-Laplace-Gleichung kann man die Folgerung nachprüfen). Die Trennwand ist ideal flach, wenn beide Seifenblasen gleich groß sind, bzw. wenn beide den gleichen Innendruck haben. Aber in dieser Gegebenheit treffen sich diese Umstände sehr selten, deshalb kann man sagen, dass fast alle Trennwände zwischen Seifenblasen bogenförmig sind.

Die Seifenblase reagiert empfindlich auf die Berührung mit festen Objekten. Wenn sie auf Wasser oder einen Festkörper mit großer Berührungsfläche trifft, wirken dieselben Prinzipien weiterhin. Die Blase hat eine Halbkugel-Form und „klebt“ darauf. Wenn die Blase auf etwas Spitzes trifft, platzt sie sofort.



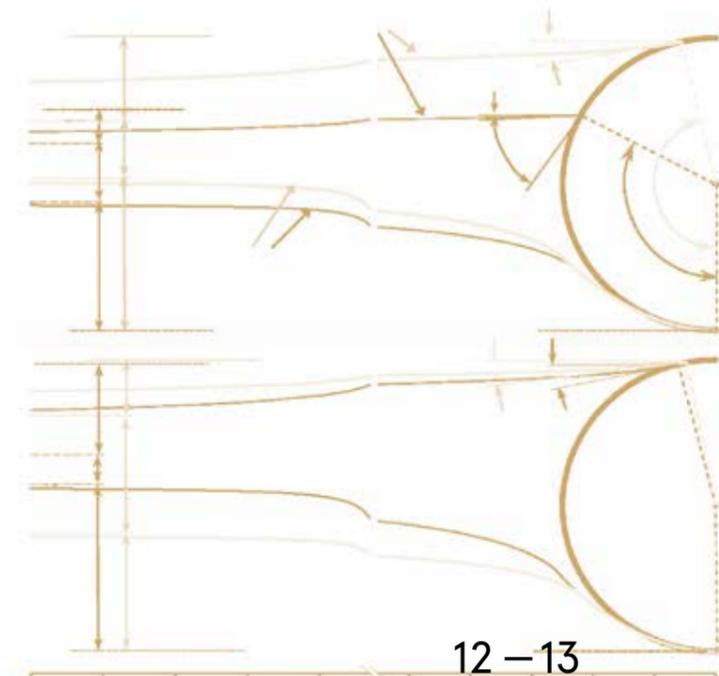
Plateaus Regeln beschreiben die Struktur von Seifenblasen in Schaum und wurden im 19. Jahrhundert vom belgischen Physiker Joseph Plateau (1801-1883) aufgrund seiner experimentellen Beobachtungen (Experimental and Theoretical Statistics of Liquids subject to Molecular Forces only, publizierte im Jahr 1873) aufgestellt. Plateaus Regeln besagen:

- Soap films always meet in threes and at an angle of 120° .
- The three films form a curved triangle edge, (called a Plateau border).
- Four Plateau borders meet at angles of $109^\circ 28' 16''$ and always in fours, (to form a vertex).

In relation to the general appearance:

- The surfaces of soap films are entirely

smooth.
 • The average curvature is always constant for part of the bubble as it is for the whole.



Distanzzone:

Die Distanzzone, welche man als eine unsichtbare Blase begreift, ist eine Art Abwehrmechanismus und bringt uns Geborgenheit. Der Distanzonenbereich ergibt sich aus dem Radius der längsten Extremitäten von Lebewesen und dem dadurch entstehenden Kreis bzw. der Kugelform. Die Länge der Extremitäten, wird auch als Reichweite bezeichnet. Die Oberflächenspannung zwingt durch Minimierung der Oberfläche die Blase in die Kugelform, bis das Gas in der Seifenblase nicht mehr zusammengedrückt werden kann. Im Vergleich zur Seifenblase hat jeder Mensch eigene Grenzen, bzw. das Ausmaß der psychologischen Übernahme, welche die Rolle als Oberflächenspannung der Seifenblase spielt. Wenn man die Information der „zweit Person“ bekommt, kann die Distanzzone komprimiert werden oder sich ausdehnen. Wenn der Druck zu viel wird, als das was man ertragen kann, platzt die Distanzzone wie eine Seifenblase. 07

Wie bei der Berührung einer Seifenblase mit festen Objekten, nimmt die Distanzzone auch die Form mit der kleinsten Oberfläche an, wenn man nicht schwebt, weil man normalerweise ein sicheres Gefühl mit einer stabilen Umgebung hat, z.B. der Boden, die Wand usw... Je kleiner die „Oberfläche“ der Distanzzone ist, desto mehr Geborgenheit hat man. Deshalb ist die Distanzzone meistens in unserem Alltag maximal halbkugelförmig. 08

Distanzzone ist ein Maßstab. Jeder hat einen eigenen Standard und unterschiedliche Maßstäbe zu verschiedenen Leuten. Nach den vier Distanzbereichen, die der amerikanische Anthropologe Edward Twitchell Hall bereits Mitte der 1960er Jahre ermittelte, können die meisten Menschen ihr soziales Verhalten ausrichten. Aber wie kann man den Zahlenwert (den Radius) seiner richtigen Distanzzone errechnen? Man kann die Young-Laplace-Gleichung umformulieren:

$$r = \frac{2\delta}{\Delta P} = r_1$$

Wir setzen die Gleichung als bekannt voraus, durch die man die Größe der Distanzzone errechnen könnte. Man könnte sich vorstellen: r wäre der Zahlenwert der Distanzzone, auch der größte Radius (r_1) eines Distanzbereichs; ΔP bedeutete den psychologischen Druck; δ wäre das Ausmaß der psychologischen Übernahme.

Wie bereits erwähnt, die Distanzzone ist mindestens zwischen zwei Personen erkennbar. In der Tat können sich die Distanzonen berühren und die Formen sehen auch aus, wie die der berührenden Seifenblasen (Bild a). Das Andere bei Seifenblasen ist, dass die angrenzenden Distanzonen, normalerweise auf einer Fläche bleiben, weil die Menschen mit ihrer Interaktion meistens auf einer gleichen Ebene existieren. In einem Moment ist der Abstand zwischen zwei Personen nicht immer genau die Addition der Radien beider Distanzonen. Er kann größer sein und auch kleiner. Wenn die Distanzonen komprimiert werden (Bild b), ist der Abstand kleiner als die Addition der Radien beider Distanzonen (Bild c). Das beschränkt sich auf die angrenzenden Distanzonen. Wenn es zwischen den beiden Distanzonen noch andere Distanzonen gibt, dann braucht man Trigonometrische Funktion, um den Abstand zu errechnen (Bild d). Wir nähern uns anderen, wenn die Distanz zu gross ist. In dieser Situation ist der Abstand größer als die Addition der Radien beider Distanzonen (Bild e).

07

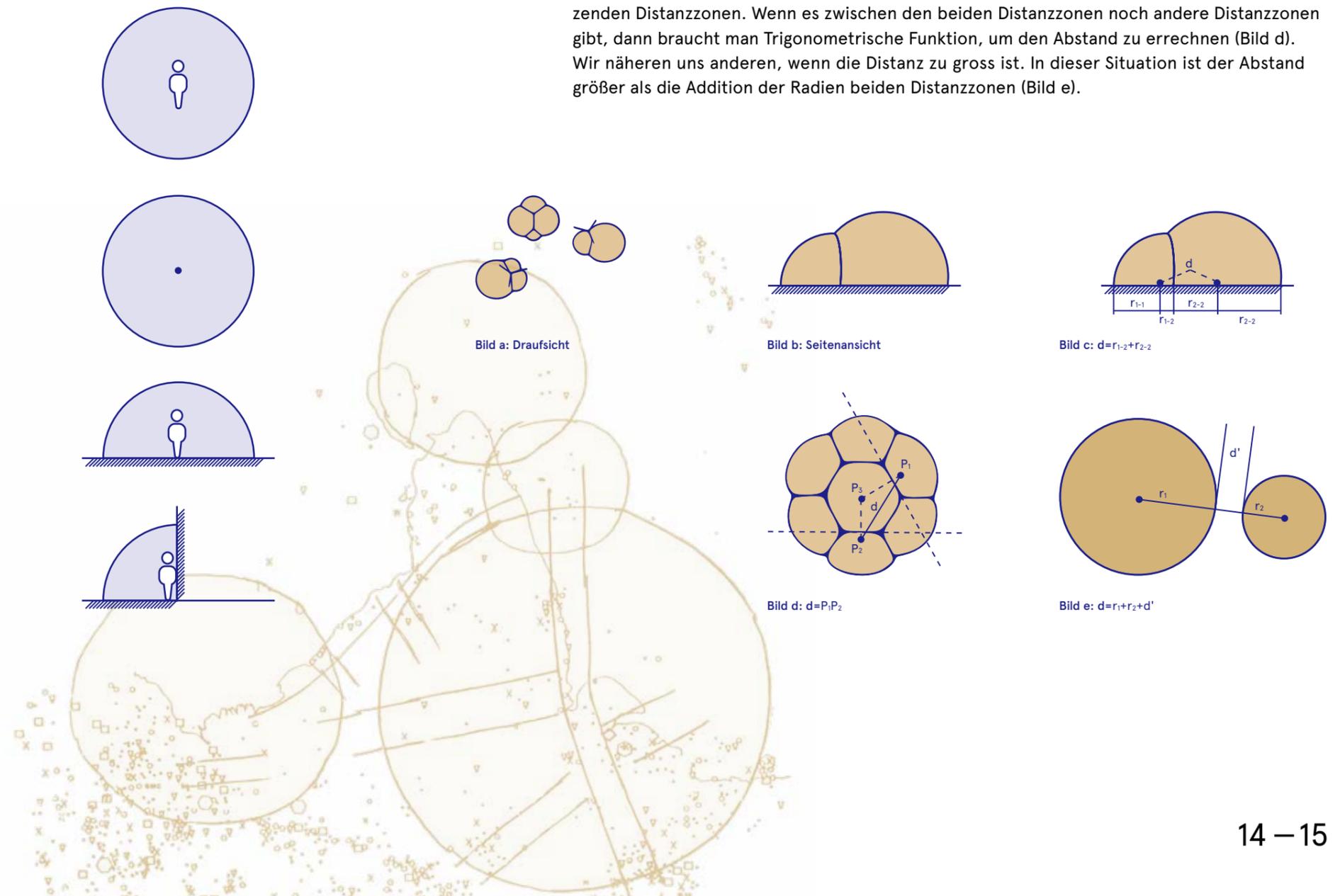
Abwehrmechanismus ist ein Begriff aus der Psychoanalyse. Mit ihm werden psychische Vorgänge bezeichnet, die den Zweck haben, miteinander in Konflikt stehende psychische Tendenzen (Triebe, Wünsche, Motive, Werte) mental so zu bewältigen bzw. zu kompensieren, dass die resultierende seelische Verfassung konfliktfreier ist. Dies erfolgt meist unbewusst.

09

Z.B. im Aufzug bleiben die Fremde normalerweise immer auf verschiedene Seiten und versuchen zu halten, so großer Abstand als es kann.

08

Nächster Artikel behandelt mehr zu diesem Thema.
Grafiken-Hinweis: der Mensch wird in Grafiken als Punkt dargestellt.



Die „Trennwand“ zwischen zwei Distanzzonen kann in einem Moment flach sein, aber nicht immer, weil die Distanzzone immer in einem Kreislauf bleibt. Die Menschen beeinflussen sich gegenseitig, aber der Gleichgewichtspunkt steht nicht immer genau inmitten zwischen zwei Distanzzonen, denn zur gleichen Information hat jeder Mensch andere Reaktionen. Die Plateaus Regeln lassen sich auf die Seifenblasen anwenden, aber beschränken sich nicht auf die Distanzzonen. Man kann sich zu zweit treffen und mehrere Leute können auch im Kreis stehen, in dieser Situation gibt es mehrere „Trennwände“ der Distanzzonen. Der Winkel ist auch nicht stabil: Die Informationen der Anderen beeinflussen die Größe der Distanzzone, und die Veränderung der Winkel kommen danach.

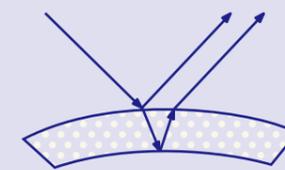
In einem geschlossenen Raum platzen meistens die zu erst entstandenden Seifenblasen, wenn immer mehr Seifenblasen produziert werden. Diese können sich nicht immer komprimieren und lange Zeit stabil bleiben. Wir haben die Erfahrung: Am morgen jedes Arbeitstages versuchen die Leute in die U-Bahn einzusteigen, obwohl diese überfüllt ist; Auch bei einem Indoor-Festival, bei dem das Genießen der Aufführung und der Atmosphäre im Vordergrund stehen, wird der Andrang ignoriert. Deshalb kann man in manchen Situationen seine Distanzzone extra komprimieren. In diesem Augenblick leitet man seine Aufmerksamkeit automatisch um, um die Kompression der Distanzzone herunterzuspielen.



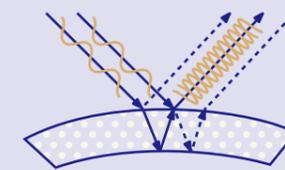
Seifenblase:

Die Seifenblase hat keine Farbe und ist durchsichtig an sich. Normalerweise erscheint sie in der Sonne bunt, aber nach einer kurzen Weile verliert sie Farbe und verdunkelt sich zum Schluss. Das entsteht durch den Aufbau der Seifenblase und das Licht. Seifenblasen bestehen aus einem dünnen Wasserfilm, deren Schichtdicke eine Rolle in Reflexion und Interferenz des Lichtes spielt. Das Sonnenlicht ist eine sichtbare elektromagnetische Strahlung und für das menschliche Auge besteht es aus sieben verschiedenen Farben: rot, orange, gelb, grün, blaugrün, blau und violett. Jedes farbige Licht hat eine eigene Wellenlänge, welche mit der Schichtdicke der Seifenblase vergleichbar ist.

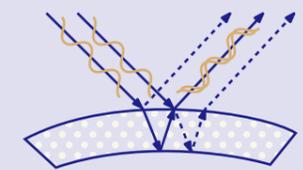
Die Wand einer Seifenblase hat eine gewisse Dicke, deshalb wird einfallendes Licht zweimal reflektiert – somit an jeder Seite der Wand einmal. Die leicht unterschiedlichen Weglängen der beiden Lichtstrahlen (besondere Effekte an der äußeren Wand, s. u.) führen zu einem Gangunterschied zwischen ihnen. Wenn der Gangunterschied genau die Hälfte einer Wellenlänge beträgt, fallen die Wellentäler des einen Strahls mit den Wellenbergen des anderen zusammen. In der Summe ergibt sich Null, also eine Auslöschung der entsprechenden Farbe. Dies nennt man destruktive Interferenz, im Gegensatz zur konstruktiven Interferenz, bei der sich die beiden Strahlen durch einen anderen Gangunterschied positiv überlagern. Bei abnehmender Schichtdicke wird die Seifenhaut zunächst farblos und schließlich dunkel.



Reflexion

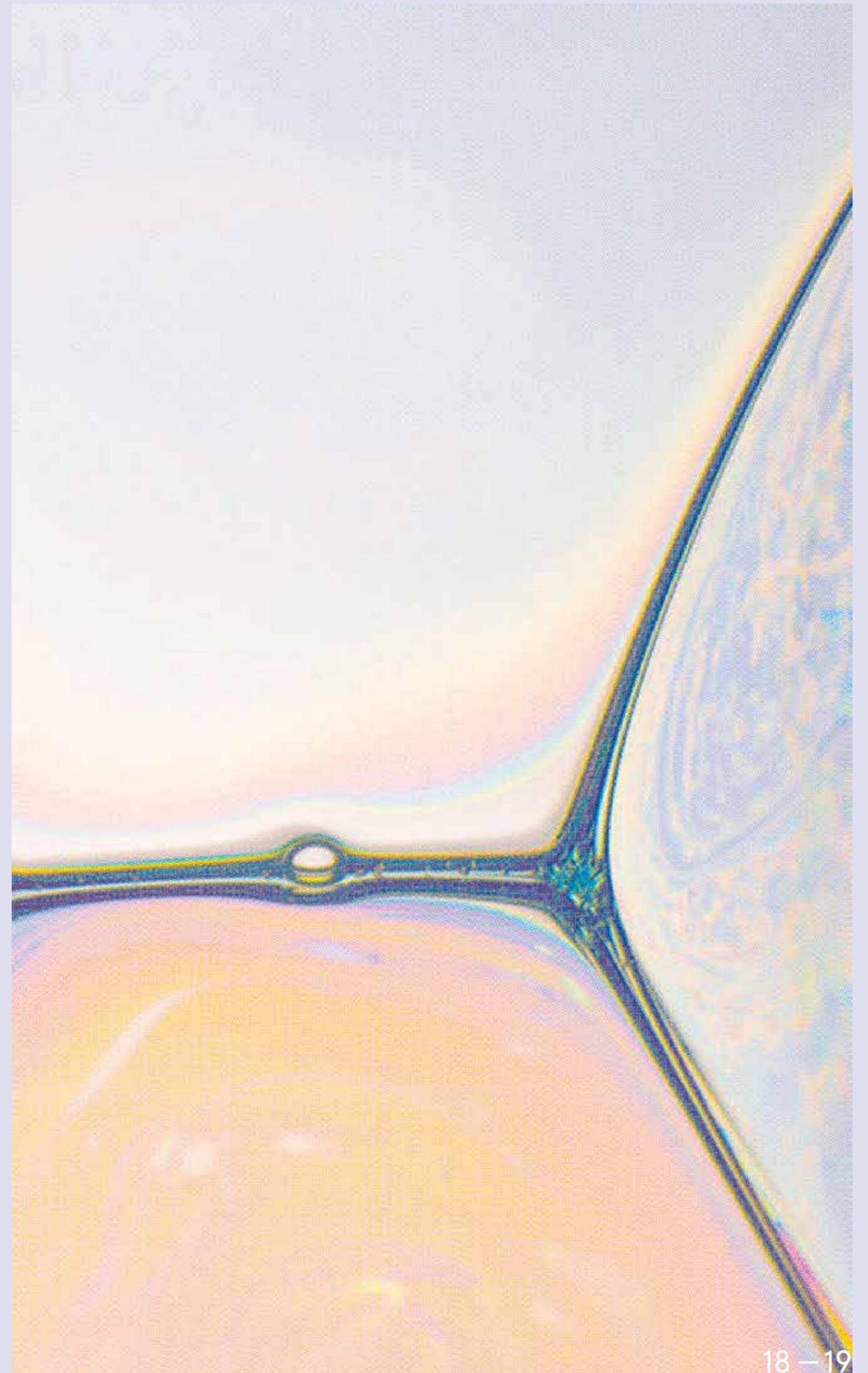
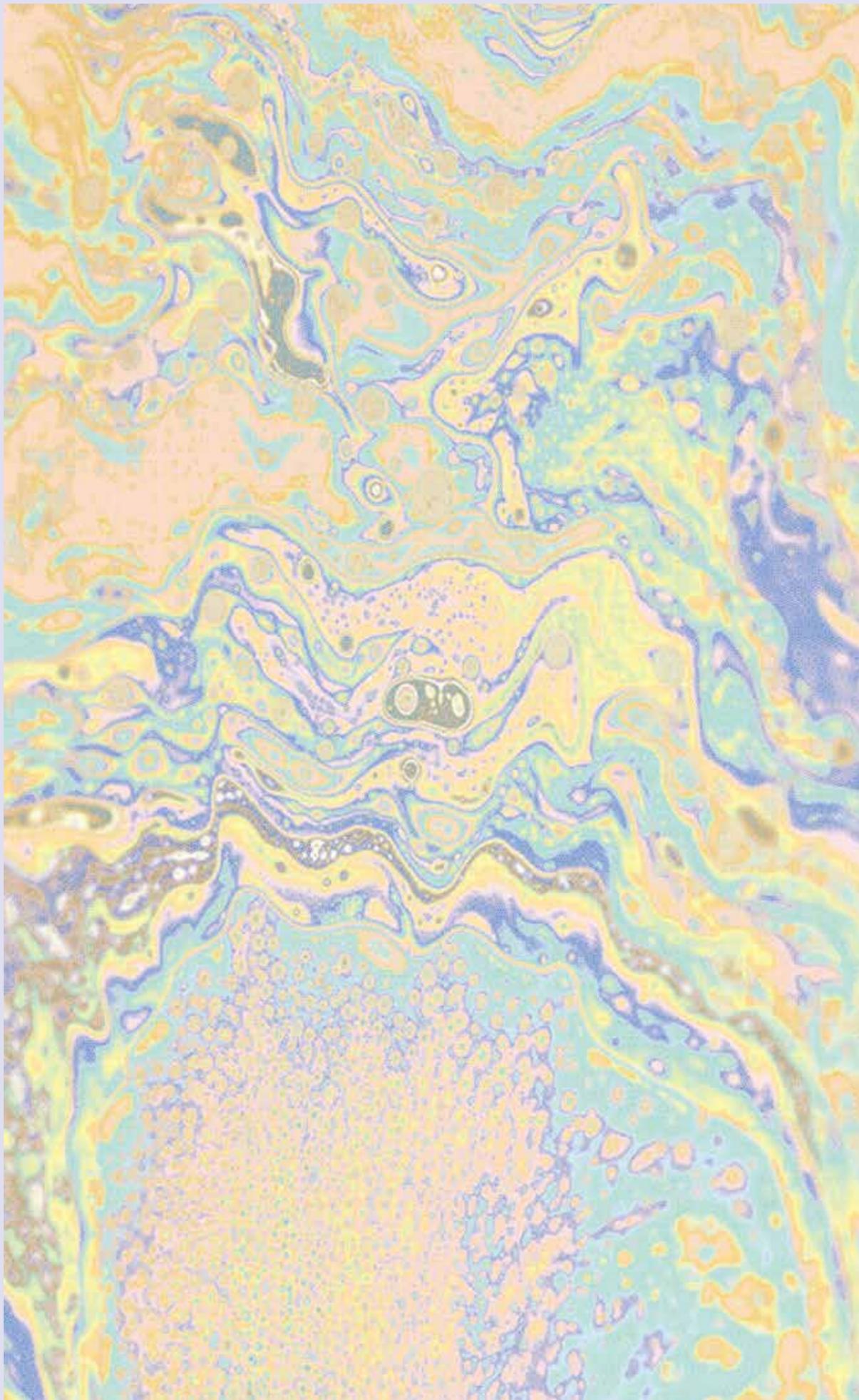


Destruktive



Konstruktive

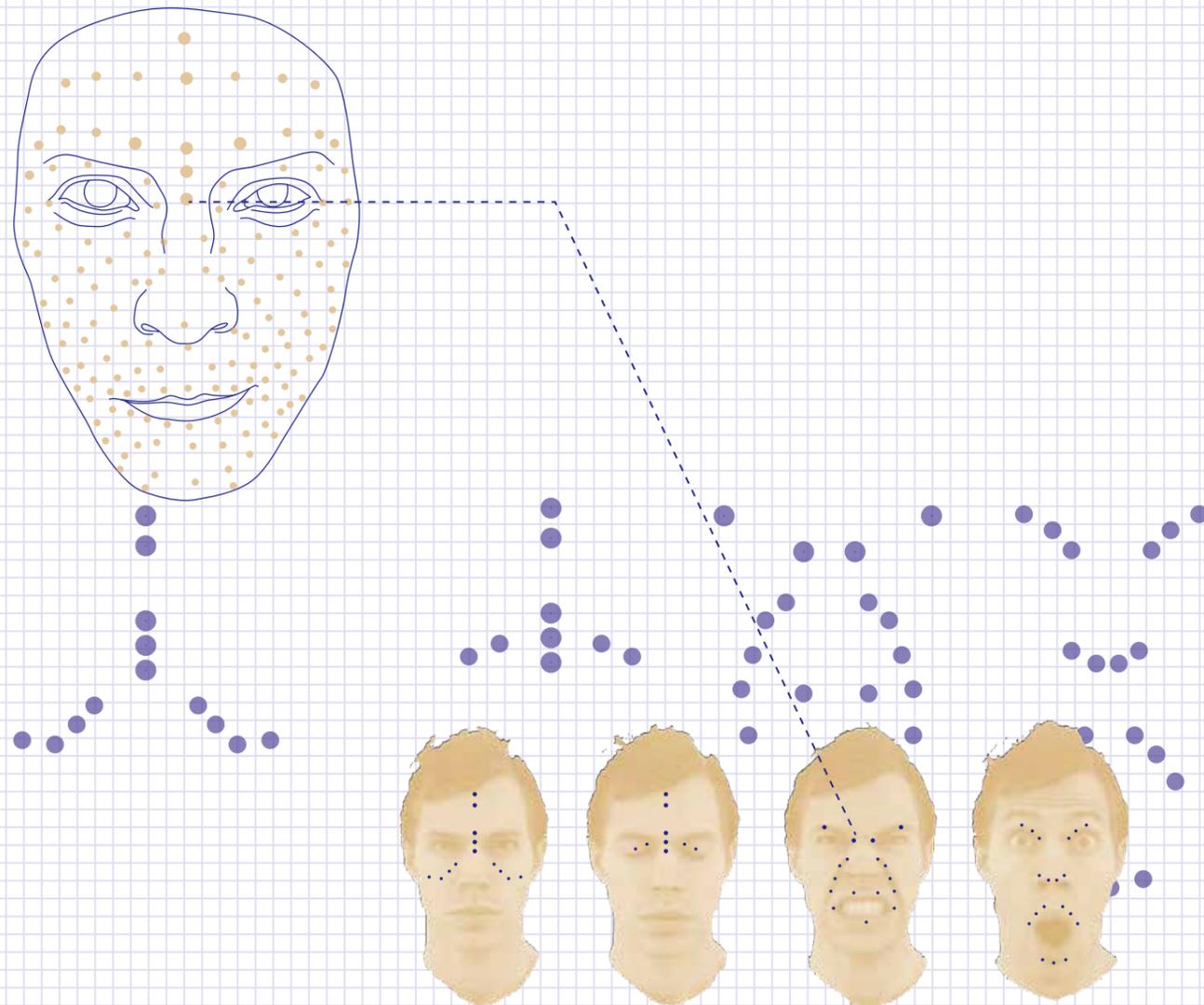
	Seifenblase	Distanzzone
Testprodukt	durchsichtig	unsichtbar
Bedingung	in der Sonne	Information von Anderen
Erscheinung	schillernden Farben	Distanzzone fühlbar machen
Grund	Aufbau der Seifenblase das Licht Reflexion & Interferenz	Kompression und Ausweitung der Distanzzone Eigenschaft & Hintergrund



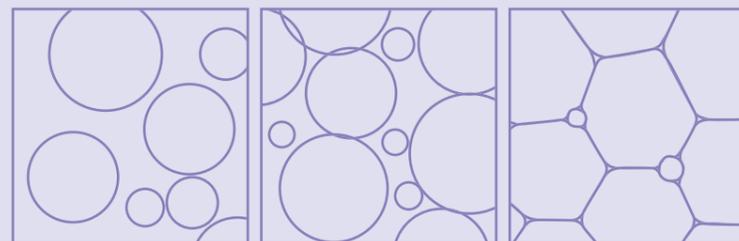
Distanzzone:

Wegen der Eignung des Abstandes, bzw. der Kompression und der Ausweitung der Distanzzone, haben wir verschiedenen Reaktionen, z.B. Annäherung, Entfernung, unterschiedliche Mimik, verschiedene Stimmungen usw. Diese sind die „Farben“ der Distanzonen und machen die Distanzzone fühlbar.

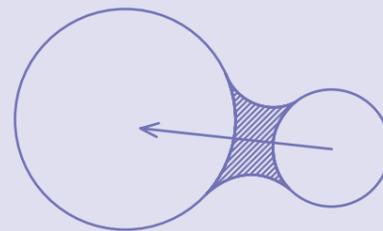
Jeder hat eigene Eigenschaften und verschiedene Hintergründe, das führt dazu, dass jeder unterschiedliche „Schichtdicken“ und Stabilitäten seiner Distanzzone hat. Deshalb hat der gleiche „Druck“ verschiedene Einflüsse auf unterschiedliche Menschen. Das ist vergleichbar damit, dass im gleichen Licht, dickerer Film der Seifenblase, die Farbe schillernder erscheint.



	Seifenblase	Distanzzone
Verschmelzung	Ostwald-Reifung, kleine Blase geht in die große Blase über	große Distanzzone geht in die kleine Distanzzone über, Beziehung-Annäherung
Aufspaltung	Ein große Blase – mehrere kleine Blasen – bis zum Verschwinden	längere Beziehung kleine „Blasen“ = Differenzen
Platzen	Plateau border Flüssigkeit Gibbs angle Tropfen Meistens platzen im Oberen Teil.	Plateau border = Kommunikationsweg Flüssigkeit = gegenseitige Kommunikation Gibbs angle = der Punkt der Kommunikation Tropfen = Atmosphäre Ohne Distanzzone macht die Atmosphäre keinen Sinn; Die Atmosphäre verdickt die „Schicht“.
	Marangoni Effekt	sich bewahren, renovieren
andere Faktoren	die Gravitation die Verdampfung die Oberflächenspannung	Umgebung Die Persönlichkeit Die Kultur



Der Prozess der Seifenblasen-Schicht



Der Treff von zwei Seifenblasen

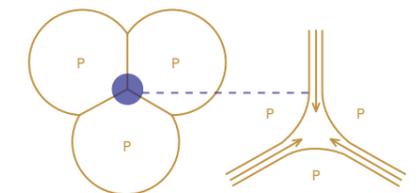
3. DIE VERSCHMELZUNG, DIE AUFSPALTUNG UND DAS PLATZEN

Seifenblase:

Wenn man in das Seifenwasser durch einen Strohhalm bläst und dadurch Seifenblasen erzeugt, dann steigen Seifenblasen auf und treiben an der Wasseroberfläche, dadurch wird eine Seifenblasen-Schicht aufgebaut. Nachdem die Seifenblasen-Schicht sich verdickt hat, fangen die Seifenblasen an sich zu reduzieren. Einige sind geplatzt, manche spalten sich in kleinere Blasen auf und einige verschmelzen zu einer großen Blase.

Im Beispiel von zwei Seifenblasen, eine groß, eine klein, die sich nebeneinander befinden. In diesem Fall kann man durch die Young-Laplace-Gleichung errechnen, dass die kleinere Seifenblase den höheren Innendruck hat. Deshalb verkleinert sich die kleinere Seifenblase und gegenteilig vergrößert sich die größere Seifenblase, bzw. das Gas in der kleineren Blase geht durch die Trennwand in die größere Blase über. Diese Erscheinung heißt Ostwald-Reifung, welche die Reduzierung der Seifenblasen bewirkt.

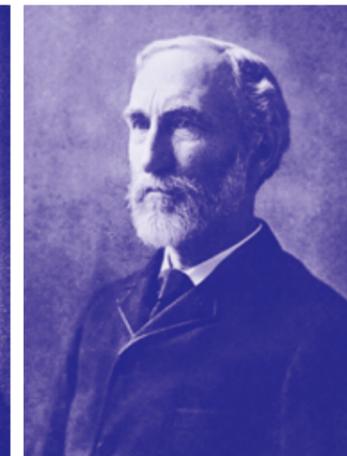
Wenn die aneinander grenzenden Seifenblasen gleich groß sind, bzw. der Innerdruck (P) gleich ist, sind die Trennwände ideal flach, deshalb gibt es in den Trennwänden den gleichen Innerdruck (P). Nach der Vergrößerung erscheinen die Grenzflächen des Scheitels konkav, deshalb ist sein Innerdruck kleiner als P. Wegen des Druckunterschiedes fließt die Flüssigkeit in den Trennwänden zu dem Scheitel, sodass auch der Film der Seifenblasen ausdünt. Die Entwässerung führt dazu, dass die Seifenblasen platzen. Die Trennwand spielt die Rolle als Wasserkanal und heißt Plateau border, der Scheitel heißt Gibbs angle.



Die Ostwald-Reifung ist ein von selbst ablaufender kolloidchemischer Reifeprozess disperser Materie, der um 1900 vom Universalgelehrten und späteren Nobelpreisträger für Chemie, Wilhelm Ostwald, entdeckt und nach ihm benannt wurde. Friedrich Wilhelm war ein deutsch-baltischer Chemiker und Philosoph. Er gilt als einer der Begründer der Physikalischen Chemie.

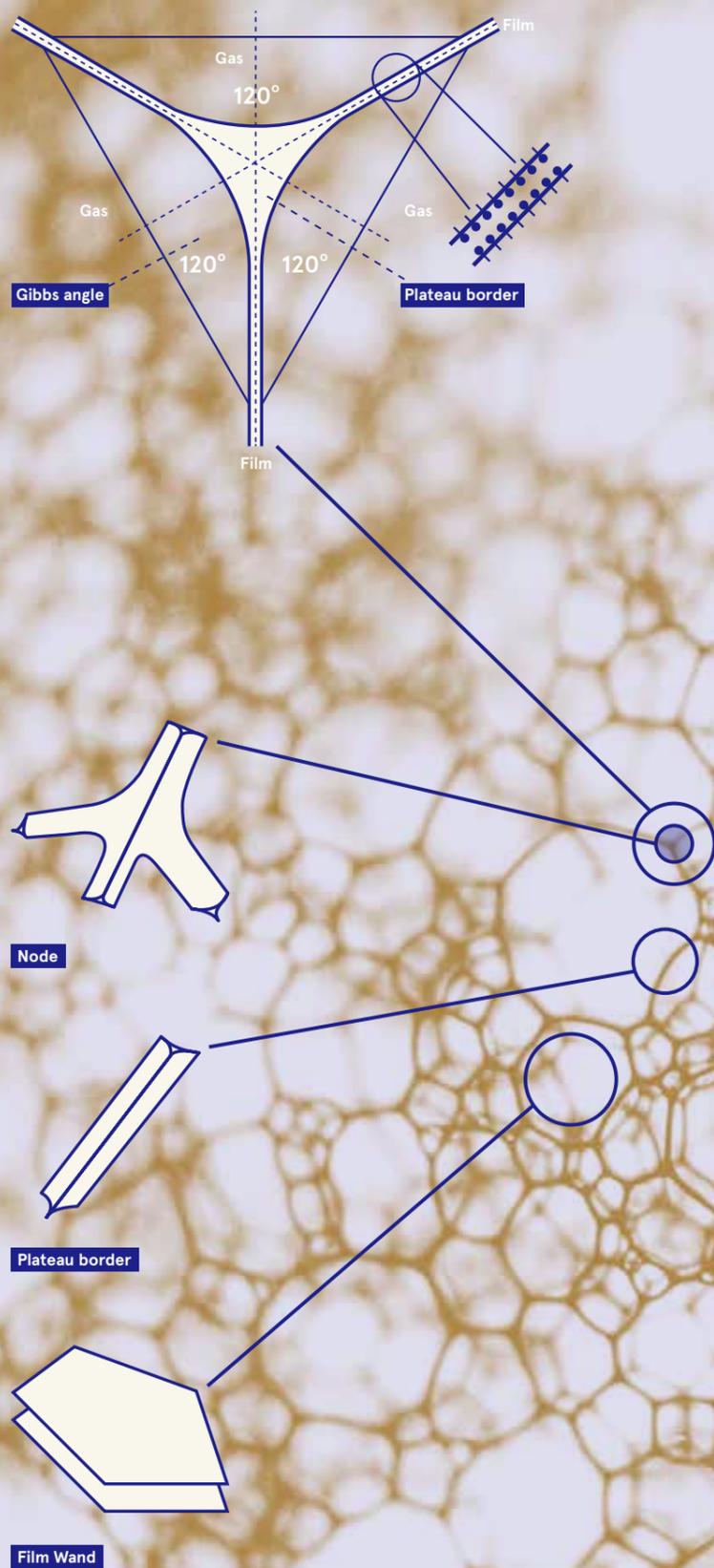


Friedrich Wilhelm Ostwald
(02.09.1853 – 04.04.1932)



Josiah Willard Gibbs
(11.02.1839 – 28.04.1903)

Josiah Willard Gibbs war ein US-amerikanischer Physiker. Zwischen 1876 und 1878 schrieb er eine Artikelserie mit dem Gesamttitel On the Equilibrium of Heterogeneous Substances, die als eine der größten Errungenschaften in der Physik des 19. Jahrhunderts angesehen wird und als Grundlage der physikalischen Chemie gilt.



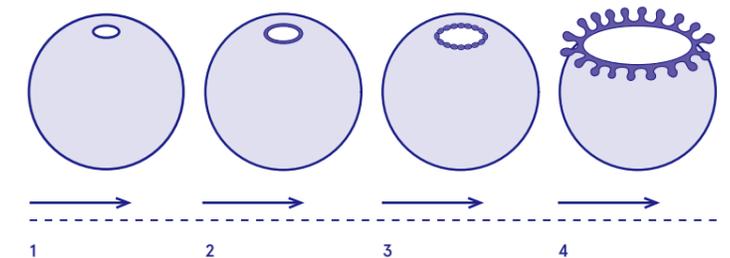
Sowohl die Verschmelzung als auch die Entwässerung werden von der Oberflächenspannung bedingt. Darüber hinaus beeinflusst die Gravitation die Reduzierung der Seifenblasen auch. Wegen der Gravitation fließt das Seifenwasser im Film der Seifenblase nach unten, sodass die obere Region der Seifenblase infolge des relativen Mangels, von der an der Oberfläche adsorbierten Tensidmolekülen, zusätzlich destabilisiert wird und die Seifenblase in ihrem oberen Teil zunehmend ausdünt. Deshalb platzen die meisten Seifenblasen im oberen Teil. Wenn die Seifenblase ein Loch im oberen Teil bekommt, entsteht ein Seifenwasser-Ring, der Grund dafür ist die Oberflächenspannung am Rand des Loches. Danach verdickt sich der Ring und dehnt sich nach unten aus, sodass der Ring-Wasserfilm die Seifenblase einhüllt. Gleichzeitig fliegen ein paar Tropfen entlang der Tangente-Richtung. Im Schaum mit vielen Seifenblasen bewirkt die Schwerkraft, dass die Flüssigkeit durch die Plateau borders heruntergezogen wird. Deshalb platzen die oberen Seifenblasen zuerst. Wissenschaftler haben Experimente gemacht, in denen Seifenblasen in der Schwerelosigkeit mit etwa einer Minute, doppelt so lange, wie auf der Erde, überlebten. Diese Blasenwand ist dicker und gleichmäßiger und übersteht auch einen Nadelstich.

Nach dem Platzen, der Verschmelzung oder der Aufspaltung bekommen die neuen Seifenblasen infolge des Marangoni Effektes neue Stabilisierung. Seifenblasen bestehen aus einem dünnen (dipolaren) Wasserfilm, an dem sich innen und außen Seifenmoleküle anlagern, mit einer dem Wasser zugewandten polaren, hydrophilen Carboxylat-Gruppe und einem dem Wasser abgewandten unpolaren, hydrophoben Alkylrest. Nach der Störung, durchbrechen die Wassermoleküle in dem Seifenblasen-Film den Seifenmoleküle-Film und die Konzentration plus die Oberflächenspannung werden verändert. Wegen des Konzentrations- und Oberflächenspannungs-Gefälles wird die Flüssigkeit angetrieben: Die Flüssigkeit mit der größeren Oberflächenspannung zieht die andere Flüssigkeit, die dichtere Flüssigkeit an, sie fließt zu den anderen Teil. Schließlich bringt es eine neue Balance hervor und die Seifenblasen bekommen neue Stabilität.

12

12

This phenomenon was first identified in the so-called "tears of wine" by physicist James Thomson (Lord Kelvin's brother) in 1855. The general effect is named after Italian physicist Carlo Marangoni, who studied it for his doctoral dissertation at the University of Pavia and published his results in 1865. A complete theoretical treatment of the subject was given by J. Willard Gibbs in his work *On the Equilibrium of Heterogeneous Substances* (1875-8).



Ablauf des Platzens

Distanzzone:

In Vergleich zur Seifenblase hat die Distanzzone auch Verschmelzung, Aufspaltung und ein Platzen.

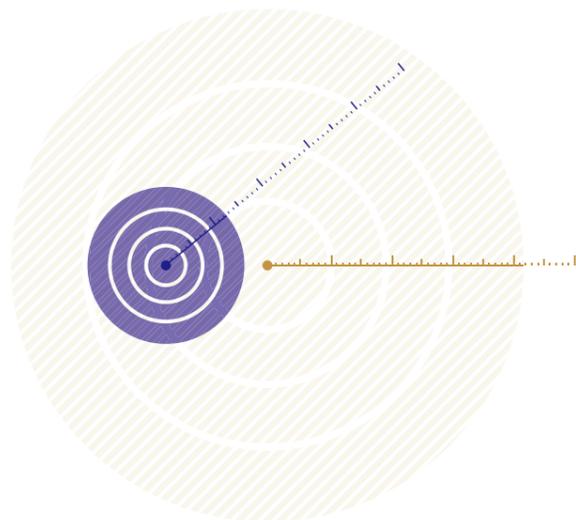
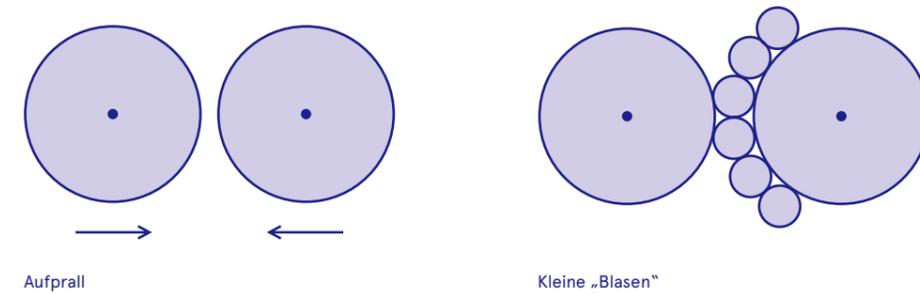
Jeder trägt vier unsichtbare Distanzonen-Schichten bei sich. Von außen nach innen sind: Öffentliche Distanz, Soziale Distanz, Gesprächsdistanz und Intimdistanz. Wenn Menschen zusammen sind, wird die Distanzzone gegenseitig beeinflusst, dies ist abhängig davon, in welcher Distanzonen-Schicht sich der jeweils Andere befindet. Bei jedem Mensch sind die Schichtendicken anders, deshalb sind die Menschen normalerweise in verschiedenen Schichten beieinander. Was anders bei den Blasen ist, ist das sich die Person mit der größeren Distanzzone immer der Person mit der kleineren Distanzzone annähert. „Das Plateau boder“ ist der Kommunikationsweg, „die Flüssigkeit“ darin ist die gegenseitige Kommunikation und „das Gibbs angle“ ist der Punkt der Kommunikation.

Nach der Kommunikation kommen verschiedene Möglichkeiten: Falls die Beziehung sich annähert, können sich die Distanzonen verschmelzen, z.B. Liebesbeziehung, Familie. Ebenso möglich, könnte die Liebesbeziehung beendet werden, deshalb kann sich die Distanzzone aufspalten. Im Extrem verkehrt sich alles in sein Gegenteil. Wenn die Person mit kleiner Distanzzone die Anderen nicht akzeptiert, reagiert sie dagegen, z.B. zieht sie sich zurück. Die Vergrößerung der Distanz erfolgt darauf. Manchmal platzt sogar auch die Distanzzone. Ebenso wie das Platzen der Seifenblase, entstehen ein paar „Tropfen“ nach dem Platzen. Diese schweben in der Luft, welche wir als Atmosphäre bezeichnen. Wenn es nach dem Platzen keine Distanzzone mehr gibt, macht die Atmosphäre keinen Sinn, gerade wie bei Seifenblasen, die als Tropfen in der Luft keine Blasen automatisch aufbauen können. Sofern „Tropfen“ auf der Distanzzone gerinnen, bzw. die Verdickung der Schicht, ist die Beziehung fester.

Nach dem Aufprall können viele kleine „Blasen“ entstehen. Diese stehen zwischen den Distanzonen und bedeuten die Differenz. Bei Einverleibung oder Platzen, wird der Abstand verkleinert und die Annäherung der Beziehung entsteht.

Wegen der Interaktion werden sich alle schützen, die Distanzzone hat die Fähigkeit, sich zu bewahren und zu renovieren, genau wie der Marangoni Effekt der Seifenblase.

Die Interaktion der Distanzonen wird von der Situation und der Umgebung beeinflusst, beispielsweise verkleinert sich die Distanzzone in einer Notsituation, weil man auf Hilfe von außen angewiesen ist. Das Gegenteil ist auch möglich, da sich die Distanzzone auch in einer Notsituation vergrößern kann. Z.B.: Eine Person in einer Beziehung überlässt den Anderen sich selbst, um sich zu schützen, dies setzt einen Egoismus voraus.

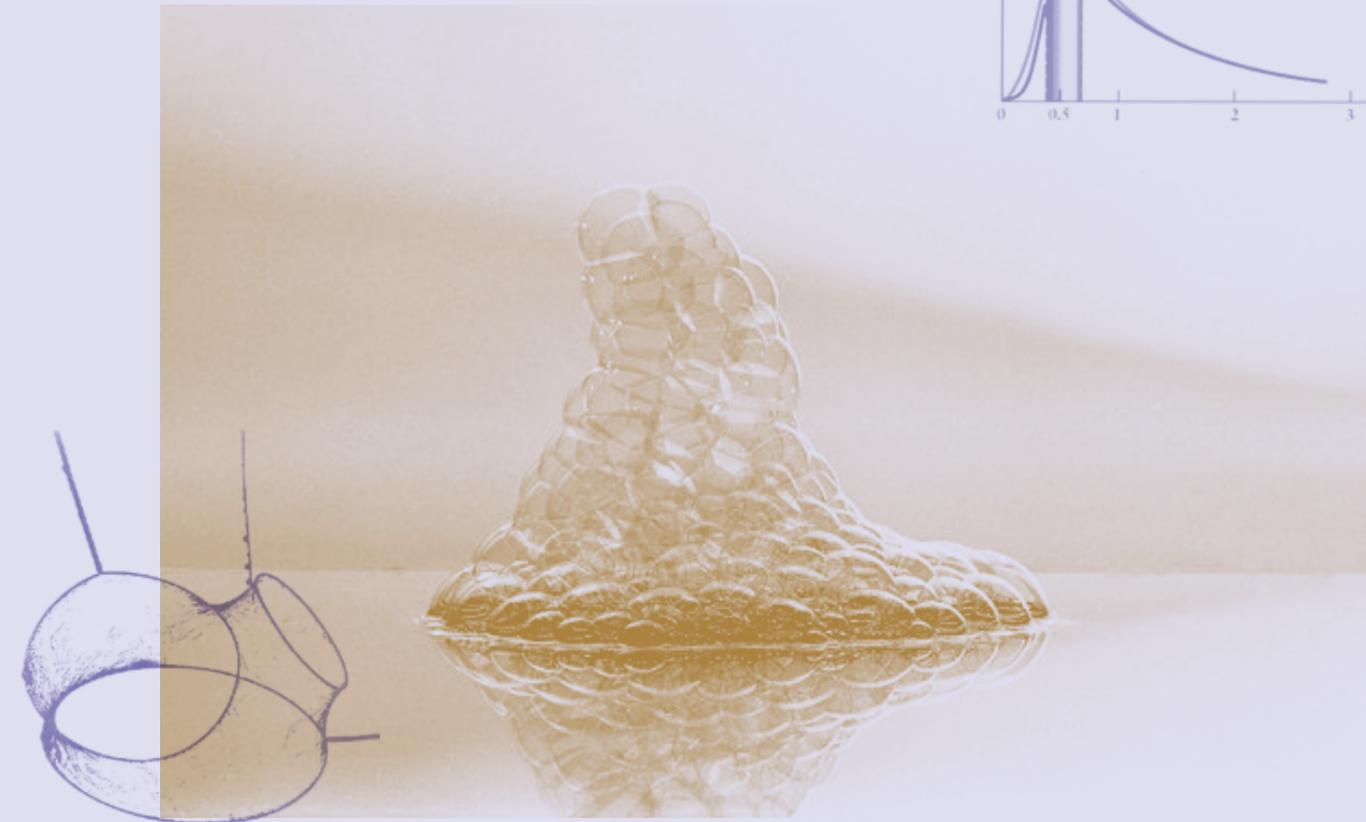
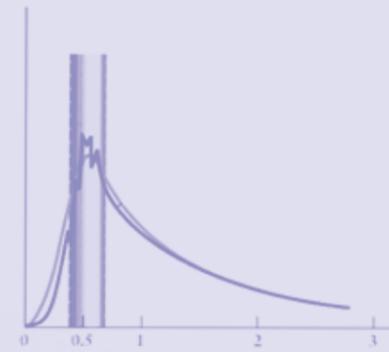
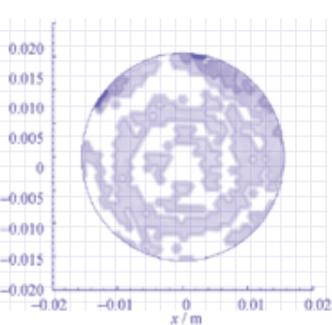
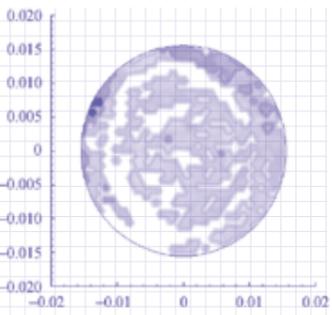
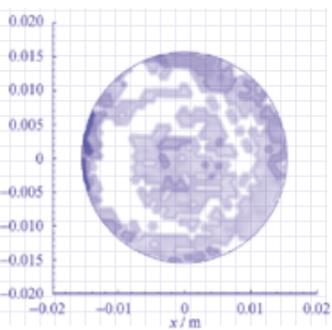


13
Vier Distanzonen-Schichten



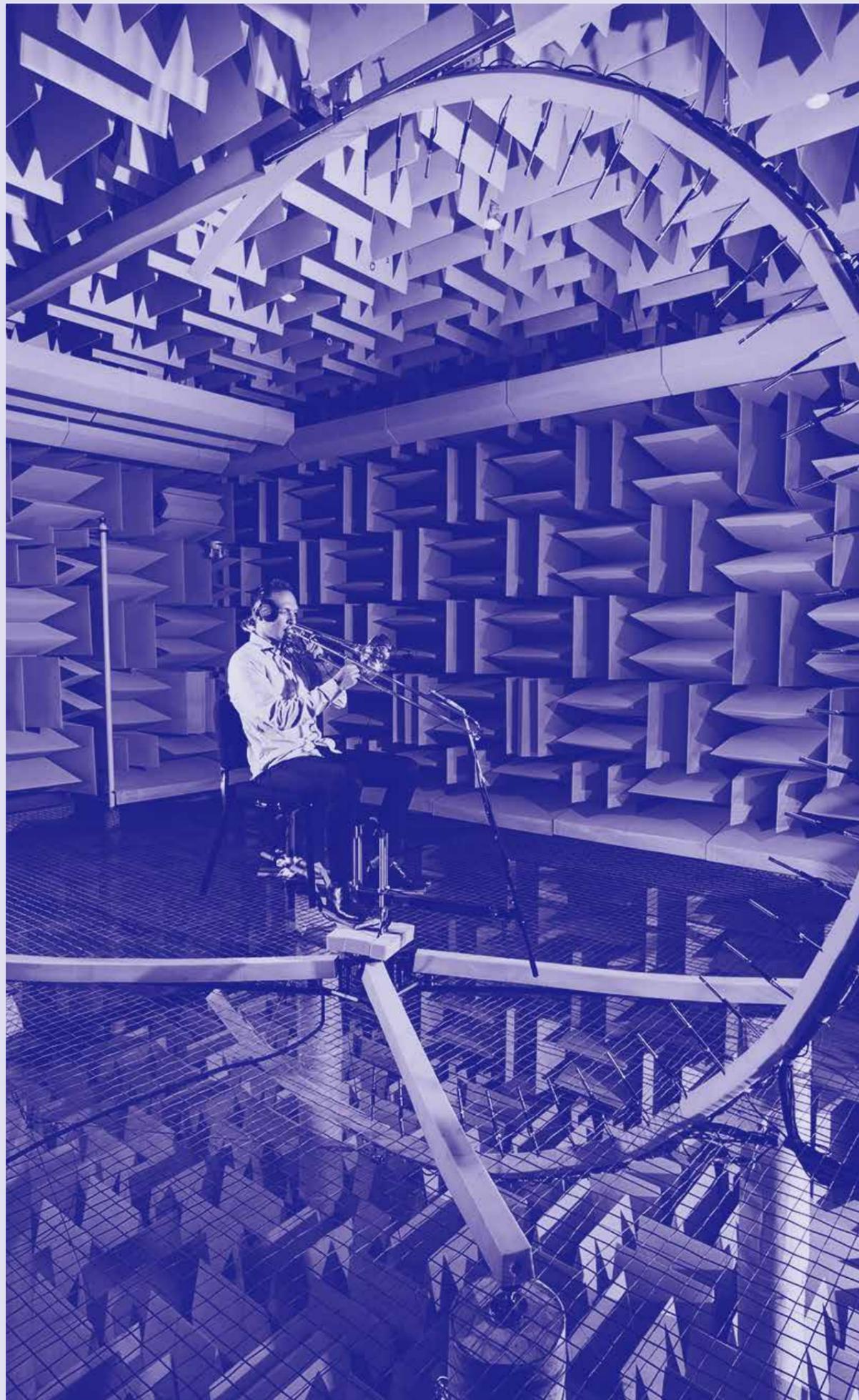
■ Nach den Experimenten und den Beobachtungen ergibt sich die folgende Folgerung für mich daraus, dass Distanzzonen und Seifenblasen viele Gemeinsamkeiten miteinander haben, aber auch diverse Differenzen.

■ Vordergrundig steht für mich die Form. Sowohl die Seifenblase, wie auch die Form der Distanzzone ergibt eine Kugel und kann somit als Gleichung aufgestellt werden. Auch im Verhalten der Beiden können parallelen festgestellt werden. Formen und Verhalten tauchen beiderseitig und in den jeweiligen Universen auf. Die Gemeinsamkeiten sind überraschend ähnlich und erleichtern somit eine Gleichnung miteinander. Die Diffenrenzen erscheinen gegenüber den Gemeinsamkeiten eher maginal.



ZUSAMMEN-
FASSUNG

AHANG



Stille Räume verursachen für gewöhnlich Beschaulichkeit, aber der ruhigste Ort der Welt tendiert dazu, die Menschen nervös, aufgeregt und verwirrt zu machen.

Orfield Laboratories, eine Akustik- und Architekturtestanlage in Minneapolis- Minnesota, beherbergt einen schallschluckenden Raum, der mit 3-Fuß-dicken Fiberglas-Keilen und isolierten Wänden ausgestattet ist, welcher 99,99% aller Klänge absorbieren kann. Aus diesem Grund wird der Raum offiziell vom Guinness-Buch als „der ruhigste Ort der Welt“ zertifiziert.

Wenn man sich alleine darin aufhält, wird man desorientiert und könnte sogar Halluzination bekommen. Die längste Zeit, die jemals gemessen wurde, die ein Mensch in diesem dunklen Raum gewesen ist, beträgt 45 Minuten. Der Gründer Steven Orfield sagte:

After a few minutes your body begins to adapt to the soundlessness, picking up smaller and smaller sounds. You'll hear your heart beating, sometimes you can hear your lungs, hear your stomach gurgling loudly. In the anechoic chamber, you become the sound. Because there are no external sounds, it's difficult to move around. If you're in there for half an hour, you have to be in a chair.

Orfield sagt, die größte Ablenkung bei allen ist nicht der Lärm, sondern die Stille. Über „der ruhigste Ort der Welt“ haben viele Menschen online diskutiert und eigene Ideen dazu eingebracht.

Es stellt sich die Frage: Kann man dort höchstens 45 Minuten verweilen? Ein Mitarbeiter bei Veritasium, ein Wissenschaft- und Technik-Kanal, bei dem man Videos über Experimente, Expertenansichten, moderne Demos und wissenschaftliche Diskussionen mit Publikum gucken kann, hat ein Experiment in dem besagten Raum gemacht, um nachzuprüfen, ob man in diesem Raum länger bleiben könnte. Der folgende Text ist die Aufzeichnung des Experimentes.



Cameron Vongsawad (BYU Acoustics):

Low frequency sound will come in and, by the shape of it, bounce and just keep bouncing pretty much forever until it just gets lost in the wall. And then high frequencies are more so going to get absorbed into the foam itself. You can hear how the room deadens echoes by clapping constantly while closing the doors. It totally changes the quality of the sound.



Veritasium:

There are reports that it is impossible to stay in one of these rooms and remain sane for a significant period of time. The record is apparently 45 minutes.



Robert Willes (Cellist):

I felt a little claustrophobic. And yet, it felt like there is a lot of pressure on my head.



Veritasium:

But why would that be? I mean, the air is no different in here.



Robert:

What I figured is just because when you listen in a normal room there is a lot of reverb. To your ear that means there is a lot of space, but there is none of that in here, so it feels claustrophobic.



Veritasium:

It feels like you are in a tiny room, like you could be in a coffin.



Robert:

Yeah, maybe, yeah.



Ann Clawson (Psychology Grad Student):

I think it is really an anxiety response. So you are used to having these sounds around you and then you don't anymore and so you start to panic, because you don't have something you are used to, and I think that anxiety can increase, cause some stress, and maybe that's why people go crazy or hallucinate with sound. It is just because they are trying to make up for what they are used to that isn't there.



Cameron:

When I bring people in I warm them: Hey, if you get a little dizzy, please let me know, so I can get you out of the room before you make a mess in our expensive facilities.



Jazz Myers (BYU Acoustics):

First you will hear any rustle of your clothing. So you move an inch and you will hear it. Then you will hear any fluids that are in your mouth or your throat. You'll hear them all moving around every time you move your mouth. And the longer you stay there the more you will hear. So you will start to hear the blood flow through your brain. It sounds kind of like a ringing or a pulsing, like, shh, shh, shh. Some people say they can hear their heart beat coming from their chest as well.



Veritasium:

A violinist placed in one of these rooms was apparently banging on the door within a matter of seconds trying to get out. Now that people say it's impossible to stand up because you become so disoriented, dizzy, nauseous. And some people even hear oral hallucinations. But to me it doesn't sound right. You know, I believe that I should be able to sit in a room with no sound with the lights off for as long as I like. And so I am going to put myself to the test by staying in this room for as long as I can.

Test:

Now it is just me in the anechoic chamber. And this is probably the quietest place I have ever been. And in a second I will tell the guys, shut the lights off.

And the lights are off. I'm going to turn off the camera so I don't have this light and then there is only the audio recorder that I will keep with me. (I have boosted the audio levels to help you hear soft sounds.)

00:09:23:07

I'm not sure how long I have been in here, but I still feel quite comfortable. It's nice and quiet. I mean, that is an understatement. But it's relaxing. If I hear anything, I feel like I hear a low pitched hum. (You can hear my heartbeat. I wasn't aware of it at the time, but the mic picked it up: lub, dub...)

00:15:25:19

If I have to guess as to how long I have been in here I would say about eight minutes. I feel like I am more aware of my heart. I can feel each pulse, and I can almost feel it radiating up my chest towards my head, like a wave. And in my ears there's a hiss. I think that is just from hearing loss. This just reminds me of that Mission Impossible movie where Tom Cruise sneaks into that building and he has to keep his decibel level low.

00:43:38:04

(Quiet burp)

That was a burp. I don't know if you could hear that. I can say the really small sounds seem amplified. It is like your brain has recalibrated, so the quiet things seem much louder.

00:47:20:15

I feel like... like... like I can feel more things like...with every beat of my heart it feels like... my body shakes a little bit... like a device that has a little motor inside of it. How it gets shook around like a thumb.

00:49:24:14

Ok, Cameron, looks to me like we are good for time. If it looks the same to you like we are around 46 minutes or over, I am happy to hop out. So, yeah, when you are ready you could flip the lights back on if you like. Are you there?

00:57:50:06

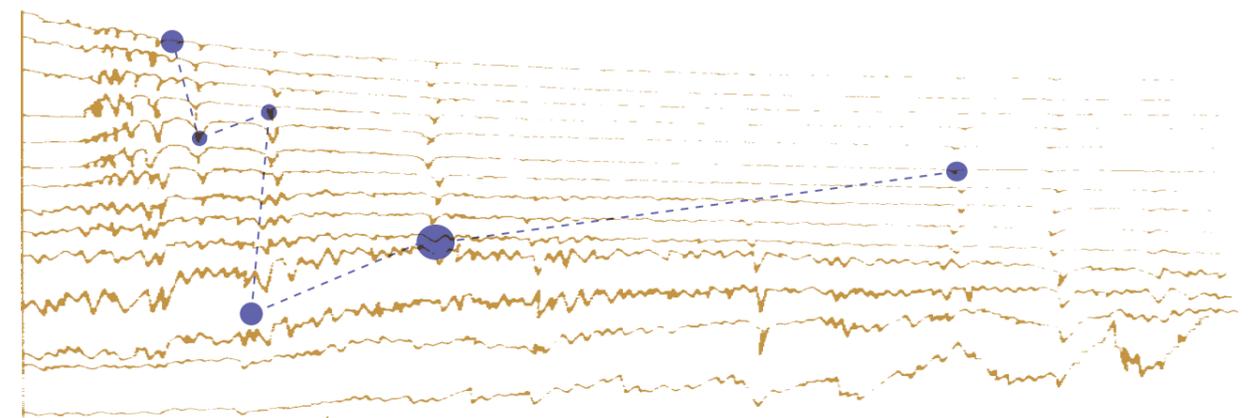
I think I have been in here for nearly an hour according to my time checks. And I didn't fall asleep, I just, you know, I have had a good time. It is a nice quiet space. I kind of feel like this would be a good material to pad your bedroom in. Not a problem. Anechoic chamber, 45 minutes, an hour. Easy. I could stay in here for five hours. I think I could get a lot of work done in here. So now I just have to get out. And I am going to see if I can exit this room without them turning the lights on.

01:00:50:15

Even the doors are nice and quiet. There we are. Back to the outside world.

01:01:01:13

(Get out of the room)

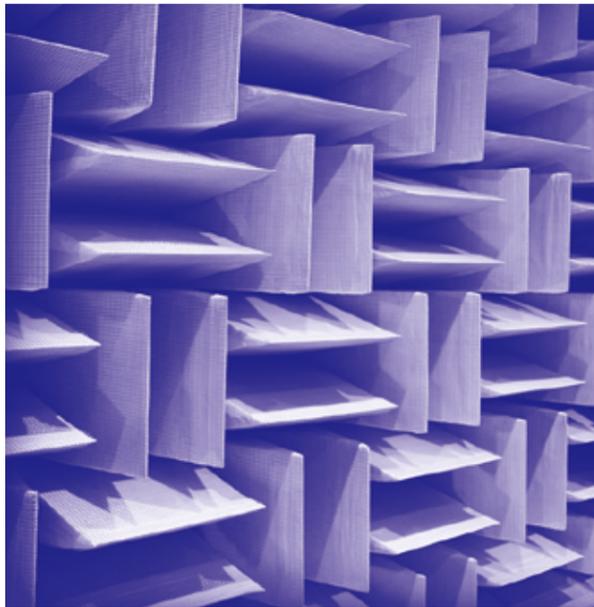




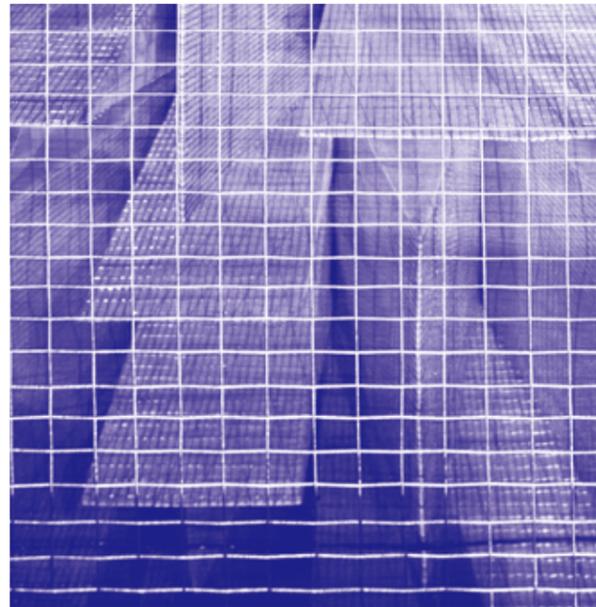
Veritasium:

I don't really understand how anyone could go crazy in there. I mean, quiet is kind of nice. But then again there are people who find all sorts of situations really uncomfortable like just being in pitch black room or being in a small confined space. So maybe those types of people would find this kind of unnerving.

I definitely noticed that there were a lot of noises. Like it wasn't just pure silence. Like I actually have to work hard to make things feel silent. Otherwise, you know, there was the sound of like me just rubbing my beard or just like the rustle of your clothes or every time you swallow or you breathe. Perhaps the weirdest thing I noticed was like my sense of my heart. I just felt like it was pumping really hard, and I could feel almost like the blood pushing up through me. It wasn't like I was hearing it. It was just like I was feeling it. And I was feeling it as though, in a way, my heart was shaking my body. That was something weird. But besides that, nothing crazy, no weird hallucinations or anything like that. So I think the myth that you can't stay in here for longer than 45 minutes is busted, even though this is not Myth Busters. I still think it is not true.



Wand



Boden

Experiment 1: Die Konzentration der Tenside

Datum:

25.02.2017

Umgebung:

Innenraum, windstill, künstliches Licht

Temperatur:

ca. 28 °c

Equipment:

Strohalm, Einwegspritze, Messbecher, Schüssel (Füllhöhe: 1000ml + 3cm Oberflächenabstand zum Rand), Zeitmesser

Reagenzien:

0.5L Wasser, Pril Spülmittel als Tensid

Versuchsaufbau:

befüllung der Schüssel mit 500ml Wasser und diverse Mengen Pril (die Tensid) und vermengen.

Versuchsablauf:

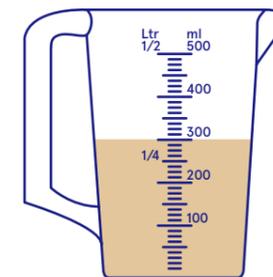
Der Laborant bläst mit einem Strohhalm.

Schritt 1: Der Laborant bläst 10sec. ins Wasser und beobachtet gleichzeitig, ob sich Seifenblasen an der Wasseroberfläche bilden.

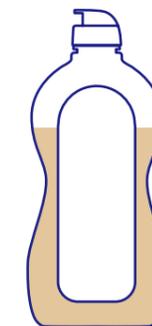
Schritt 2: Der Laborant stoppt die Zeit, wie lange die Seifenblasen erhalten bleiben (Zeitmessung bis zum Platzen der ersten Seifenblase).

Schritt 3: Der Laborant taucht den Strohhalm kurz in die Lauge, zieht ihn wieder heraus und versucht eine Seifenblase in der Luft bis zu einem Maximum-Durchmesser aufzublasen. Dies wird 4-5 mal wiederholt um die Maximumgröße zu bestimmen (Augenmaß).

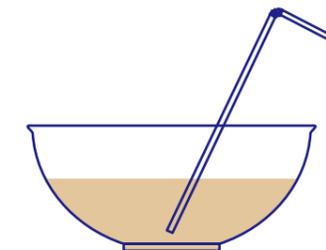
Schritt 4: Der Laborant misst die Zeit, wie lange die Seifenblase erhalten bleibt, ohne zu platzen.



Messbecher



Pril Spülmittel



Strohalm + Schüssel

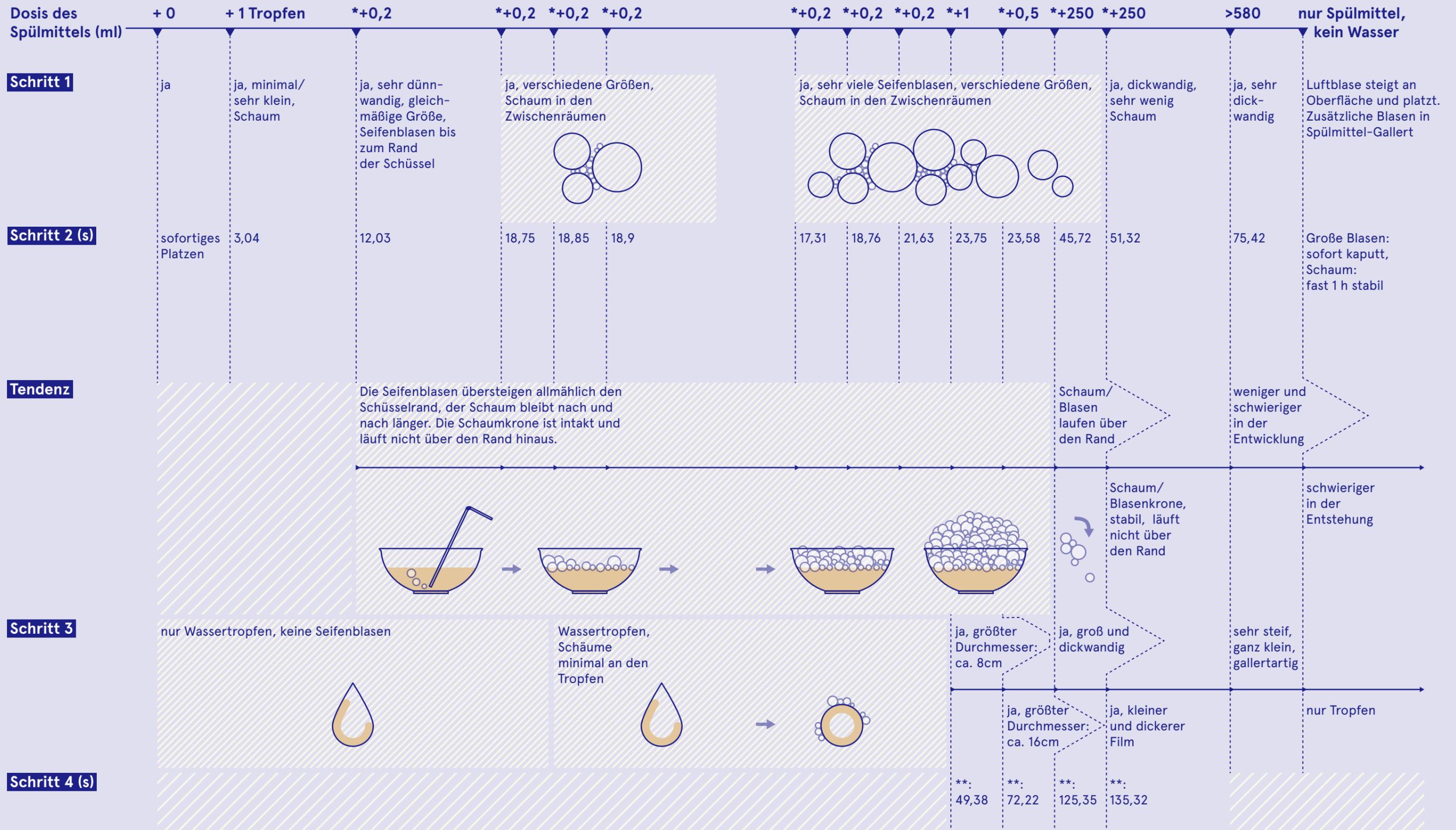


Einwegspritze



Zeitmesser

**ANHANG 2
DAS EXPERIMENT:
ENTSTEHUNG
DER SEIFENBLASEN**



*=Tensid Erhöhung; **= Durchschnittszeit

Experiment 2: Die Kombinationen der Tenside

Datum:

25.02.2017

Umgebung:

Innenraum, windstill, künstliches Licht

Temperatur:

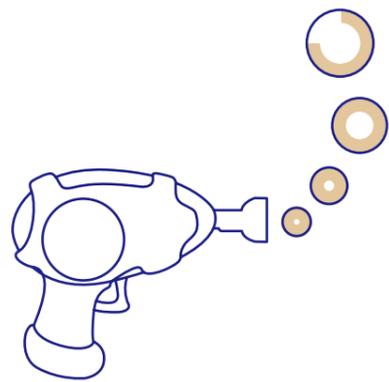
ca. 28 °C

Equipment:

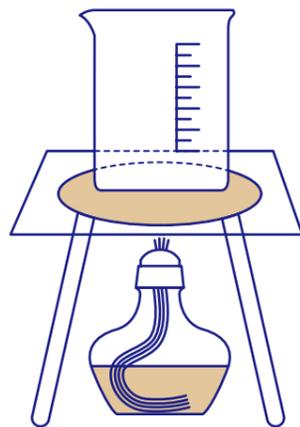
Seifenblasen-Spielzeug, Einwegspritze, Messbecher, Schüssel, Zeitmesser, Becherglas, Spiritusbrenner

Versuchsablauf:

Mischung von unterschiedlichen Reagenzien, abfüllen der gemischten Flüssigkeiten in ein „Seifenblasen-Spielzeug“ und durch die Betätigung des Spielzeuges die entstehende Blasenbildung beobachten.



Seifenblasen-Spielzeug



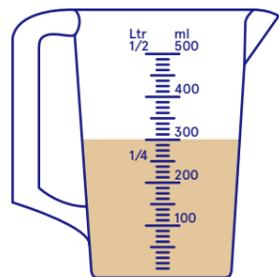
Becherglas + Spiritusbrenner



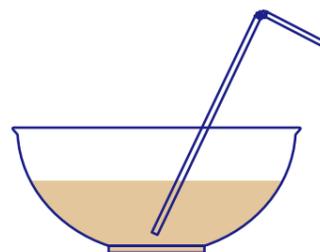
Einwegspritze



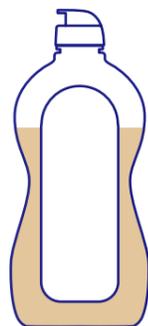
Zeitmesser



Messbecher



Strohalm + Schüssel



Pril Spülmittel

Glyzerin:Wasser:Spülmittel
= 1:4:4
viele, groß,
leichter Farbeffekt

Glyzerin:Leim:Wasser:Spülmittel
= 1:1:4:4
viele, groß, dickerer
Film, leichter Farbeffekt

Leim:Wasser:Spülmittel:
flüssig Waschmittel
= 1:4:2:2
/
Leim (100ml)+Wasser (400ml)+
Spülmittel (200ml)+
Waschpulver (ca.20g)
sehr wenig (beide Produkte
wurden mit anti Seifenblasen-
Effekt hergestellt)

Glyzerin:Leim:Wasser:
Spülmittel:Handseife (flüssig)
= 1:1:4:2:2
/
Leim:Wasser:Spülmittel:
Handseife (flüssig) oder Shampoo
= 1:4:2:2
viele, groß, dicker Film,
starker Farbeffekt, fast gleich

Wasser (300ml)+Spülmittel (100ml)+
Zucker (ca.10g)+bunte Tinte (5 Tropfen)
viele, groß, starker Farbeffekt

Wasser (300ml)+Spülmittel (100ml)+
Zucker(ca.10g)
viele, groß, leichter Farbeffekt

Kokosöl (120ml)+Ätznatron (90ml)+
Polyvinylalkohol (10g)+
Glyzerin (10ml)+Wasser (770ml)
(über Feuer erhitzen)
viele, groß, starker Farbeffekt

Wasser (200ml)+Kernseife (30g)+
Teebeutel (1 Stücke)
(über Nacht einwirken lassen)
viele, groß, starker Farbeffekt

- 《从吹肥皂泡说起 A talk from soap bubble》，武际可，北京大学力学与工程科学系，100871
- 《无处不在的物理》，赵萍主编，青苹果数据中心出品
- 《肥皂泡的形成、稳定行及结冰过程研究》，王瑞星，2011 级化学基地班，201100110163
- 《科学家揭示气泡破灭的物理学过程：精美而复杂》，冯卫东，<http://scitech.people.com.cn/GB/11892091.html>
- 《物理化学》（下册），朱文涛编著，清华大学出版社
- 《物理的智慧》，赵玉君著，四川数字出版传媒有限公司
- 《食品物理化学》，张佳程、师进生主编，中国轻工业出版社
- <http://tieba.baidu.com/p/103003143>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Seifenblase>
- www.baidu.com
- http://mbfinalmajorproject.blogspot.de/2012_11_01_archive.html
- <https://graphene.limited/deep-dive-into-technology/full-container-inspection/fill-level-inspection/high-frequency/high-frequency-for-foaming.html>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Young-Laplace-Gleichung>
- <http://www.kymcox.com/plateau/>
- https://www.researchgate.net/figure/268986601_fig1_Fig-1-Plateau-border-Lemlich-1972
- <http://soft-matter.seas.harvard.edu/index.php/Foams>
- *Adi Robertson*, In the world's quietest place, 'you become the sound'
<http://www.theverge.com/2012/4/5/2927823/orfield-laboratories-worlds-quietest-place>
- *Ella Morton*, How Long Could You Endure the World's Quietest Place?
http://www.slate.com/blogs/atlas_obscura/2014/05/05/orfield_laboratories_in_minneapolis_is_the_world_s_quietest_place.html
- World's Quietest Place
<http://www.atlasobscura.com/places/worlds-quietest-place>
- Can silence actually drive you crazy?
<https://www.youtube.com/watch?v=mXVG1b3bzHI>

Alle Bilder sind von mir außer:

- Bild „Seifenbläser“ von *Jean-Baptiste Simeon Chardin* auf der Seite 02, Quelle:
<http://www.malerei-meisterwerke.de/>
- Bild „Bubbles“ von *John Everett Millais* auf der Seite 03, Quelle:
<http://www.the-athenaeum.org/art/full.php?ID=59529>
- Bilder „Minimalfläche“ auf der Seite 02 und 03, Quelle:
<https://de.wikipedia.org/wiki/Minimalfl%C3%A4che>
- Bild „Olympiastadion München“ auf der Seite 03, Quelle:
<https://de.pinterest.com/pin/47991552252443986/>
- Bild „Thomas Young“ auf der Seite 12, Quelle:
<http://www.optics4kids.org/home/content/celebs/optics-icons/thomas-young/>
- Bild „Pierre-Simon Laplace“ auf der Seite 12, Quelle:
<http://www.gettyimages.de/detail/news-photo/engraved-portrait-of-french-scientist-and-mathematician-news-photo/174404962#engraved-portrait-of-french-scientist-and-mathematician-pierresimon-picture-id174404962>
- Bild „Menschen in der U-Bahn“ auf der Seite 16, Quelle:
<http://pic.10jqka.com.cn/20130107/c532094443.shtml>
- Bild „Seifenblase“ auf der Seite 18, Quelle:
https://creators.vice.com/es_mx/article/sumergete-en-la-psicodelia-natural-con-este-video-de-fluidos-tecnicolor
- Bild „Seifenblase“ auf der Seite 19, Quelle:
<http://www.kymcox.com/plateau/>
- Bild „Mimik“ auf der Seite 21, Quelle:
<http://www.i-programmer.info/news/144-graphics-and-games/2868-new-face-animation-algorithms.html>
- Bild „Friedrich Wilhelm Ostwald“ auf der Seite 23, Quelle:
<http://eugenicsarchive.ca/discover/media>
- Bild „Josiah Willard Gibbs“ auf der Seite 23, Quelle:
<http://ubuntukultur.com/>
- Bild „Leonardo Aa Vinci Anatomy“ auf der Seite 28, Quelle:
<http://m.v4.cc/News-3900983.html>
- Bilder „The Quietest Room“ auf der Seite 30 und 34, Quelle:
<https://magazine.byu.edu/article/the-quietest-place-to-study/>

