

BASICS PAPER

# WAS IST SCHÜTTELN

Veröffentlicht am: 30.November.2024

## Research Made Easy

Bei Heidolph sind wir bestrebt, robuste und benutzerfreundliche Geräte bereitzustellen, die Qualität, Langlebigkeit und Zuverlässigkeit in den Vordergrund stellen. Unsere Produkte werden mit außergewöhnlicher Handwerkskunst und hochwertigen Materialien gefertigt, um Ihre Forschung einfacher und effizienter zu gestalten.

### Sicherheitsempfehlungen in Bezug auf die Gewichtsverteilung:

- Bitte achten Sie auf eine symetrische Beladung der Schüttlerplattform
- Vermeiden Sie, die schwereren Gefäße auf dem Rand des Schüttlers zu platzieren bzw. beim mehrstöckigen Aufbau auf der oberen Etage

## WAS IST SCHÜTTELN

Schütteln per Definition ist eine Hin-und-her-Bewegung von Objekten. Im Laborkontext wird der Begriff Schütteln vor allem im Zusammenhang mit dem Vermischen verschiedener Lösungen oder dem in Bewegung halten von Suspensionen verwendet. Der erste automatisierte Schüttler wurde in Form eines Vortexers 1959 patentiert und auf den Markt gebracht. Seitdem sind Schüttler in verschiedenen Variationen aus Laboren nicht mehr wegzudenken. Neben den traditionellen Vortexern können Labormitarbeiter mittlerweile auch von verschiedensten Plattformschüttlern profitieren. In den nächsten Abschnitten werden unterschiedliche Bewegungsformen von Plattformschüttlern vorgestellt. Dabei wird vor allem auf die Theorie der orbitalen Schüttelbewegung eingegangen, da diese wohl die häufigste eingesetzte Bewegungsform in vielen Mikrobiologie- und Zellkulturlaboren ist.



### Was ist ein Plattformschüttler?

Ein Plattformschüttler ist ein Laborgerät mit einer in zwei oder drei Richtungen oszillierender Plattform. Er dient zur Bewegung und Durchmischung des meist flüssigen Inhalts verschiedener Gefäße. Die Bewegung der Plattform eines Schüttelgeräts wird durch entsprechende Motoren und Mechanik realisiert. Dabei gibt es Geräte mit einem orbitalen (kreisförmigen), kreisförmig vibrierenden, reziproken (hin und her), taumelnden oder einem wippenden Bewegungsmuster. Auf der Plattform können meist verschiedene Aufsätze und Klemmen befestigt werden, um die Verwendung unterschiedlicher Gefäße zu ermöglichen. In den nächsten Abschnitten werden die verschiedenen Bewegungsmuster von Plattformschüttlern mit Schwerpunkt auf der orbitalen Bewegung näher beleuchtet.

## Verschiedene Bewegungsarten im Fokus



### ORBITAL

Das orbitale Schütteln ist eine grundlegende Technik in Laboratorien, die zum Mischen von Lösungen, zur Kultivierung von Zellen und zur Durchführung verschiedener Experimente verwendet wird. Das Verständnis der Theorie hinter der orbitalen Bewegung und wie Orbitalschüttler funktionieren, kann helfen, deren Nutzung für spezifische Anwendungen zu optimieren.

#### Theorie hinter der orbitalen Bewegung

Die orbitale Bewegung der Orbitalschüttler basiert grundsätzlich auf den Prinzipien der Kreisbewegung und der Zentripetalkraft, die beide zentrale Konzepte der klassischen Mechanik sind.

#### Kreisbewegung

Ein Objekt, das sich mit konstanter Geschwindigkeit auf einer Kreisbahn bewegt, erfährt eine kontinuierliche Richtungsänderung, was bedeutet, dass es ständig beschleunigt, auch wenn seine Geschwindigkeit konstant bleibt.

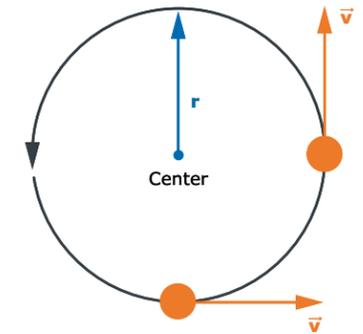


Abb. 1: Schematische Darstellung der Kreisbewegung

#### Zentripetalkraft

Gemäß dem zweiten Gesetz der Bewegung von Newton wird jede Beschleunigung durch eine Kraft verursacht. Im Fall der Kreisbewegung wird die Zentripetalbeschleunigung durch eine Zentripetalkraft verursacht. Diese Kraft wirkt zum Zentrum der Kreisbahn hin und hält das Objekt auf dieser Bahn. Mathematisch wird die Zentripetalkraft ( $F_c$ ) durch die Formel

$$F_c = \frac{mv^2}{r}$$

gegeben, wobei  $m$  die Masse des Objekts,  $v$  seine Tangentialgeschwindigkeit und  $r$  der Radius der Kreisbahn ist.

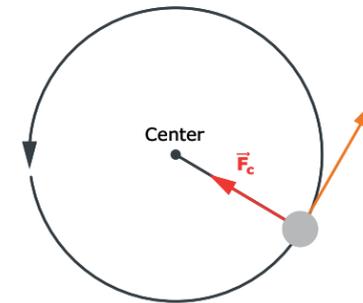


Abb. 2: Schematische Darstellung der Zentripetalkraft

Die orbitale Schüttelbewegung umfasst eine Kreisbewegung, bei der sich eine Plattform auf einer festen Kreisbahn bewegt. Diese Art von Bewegung wird durch die Montage der Plattform auf einem zentralen Drehpunkt oder einer Achse erreicht, die sich um einen festen Punkt dreht. Die wichtigsten Parameter, die diese Bewegung definieren, sind der Orbitdurchmesser (der Radius der Kreisbahn)<sup>1</sup> und die Schüttelgeschwindigkeit (Umdrehungen pro Minute oder rpm).

#### Kreisbahnradius und Umdrehungsgeschwindigkeit (rpm)

Der Radius der Kreisbahn bestimmt das Ausmaß der Mischwirkung, wobei größere Durchmesser bei gleicher Drehzahl ein kräftigeres Schütteln und gründlicheres Mischen bewirken. Die Umdrehungsgeschwindigkeit (rpm) ist die Geschwindigkeit, mit der sich die Plattform auf ihrer Kreisbahn bewegt. Höhere Geschwindigkeiten erhöhen die auf das Medium übertragbare Energie, was das Mischen verbessern kann, aber auch zu Spritzern oder Schäden an empfindlichen Proben führen kann.



## REZIPROK

Die reziproke Bewegung ist eine heftige horizontale Schüttelbewegung und eignet sich deshalb für verschiedene Extraktionsapplikationen, wie z. B. die Babcock-Analyse oder der Bestimmung von Pestizidrückständen in verschiedenen Medien. Insbesondere bei erhöhtem Probenaufkommen während einer Flüssig-Flüssig-Extraktion kann mit den passenden Halteklammern für Scheidetrichter der Arbeitsablauf erleichtert werden.



## TAUMELN UND WIPPEN

Die besonders schonende Bewegung von 2D-Wippschüttlern und 3D-Taumelschüttlern wird unter anderem für das Anfärben von Membranen nach Blottingprozessen genutzt. Zusätzlich werden beide Bewegungsformen häufig eingesetzt, um Koagulation in Blutproben zu verhindern oder wenn Zellkulturen schonend mit Medium umspült werden müssen.



## Warum ist Bewegung für das Zellwachstum entscheidend?

Die nächsten Abschnitte behandeln wichtige Parameter, die einen entscheidenden Einfluss auf das Wachstum von Zellen haben und durch den Einsatz von Plattformschüttlern positiv beeinflusst werden können.

### Verbesserte Sauerstoffversorgung

Die Bewegung von Zellsuspensionen verbessert den volumetrischen Sauerstoffübergangskoeffizienten ( $kLa$ )<sup>1</sup> sowie die Sauerstofftransportrate (OTR)<sup>2</sup>. Beide Parameter sind ein Maß für die Effizienz des Sauerstofftransfers von der Gasphase in die Flüssigphase in einem Kultursystem. Durch das Schütteln des Kulturmediums vergrößern Schüttler die der Luft ausgesetzte Kontaktfläche zum Luftsauerstoff und fördern so einen effizienten Gasaustausch. Die kontinuierliche Bewegung hilft, Sauerstoff im gesamten Medium zu verteilen und verhindert Sauerstoffgradienten, die zu lokaler Erschöpfung führen könnten. Diese konstante Mischung stellt auch sicher, dass Nährstoffe und Sauerstoff gleichmäßig verteilt sind, was optimales Zellwachstum und optimale Zellaktivität unterstützt. Darüber hinaus kann der verbesserte Sauerstofftransfer die Gesamtausbeute und Produktivität des Kulturprozesses steigern. Indem Schüttler Sedimentation verhindern und Zellen in Suspension halten, tragen sie zu einer homogenen Kulturumgebung bei. Diese mechanische Bewegung unterstützt nicht nur eine bessere Sauerstoffversorgung, sondern hilft auch dabei, einen konstanten pH-Wert und eine konstante Temperatur im gesamten Kulturgefäß aufrechtzuerhalten. Folglich ist die Verwendung von Laborschüttlern von entscheidender Bedeutung, um Kulturen mit hoher Zelldichte zu erreichen und die Effizienz biologischer Prozesse zu maximieren. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Laborschüttler die Sauerstofftransferate in Zell- und Bakterienkulturen erheblich steigern und gesündere, produktivere Kulturen fördern.

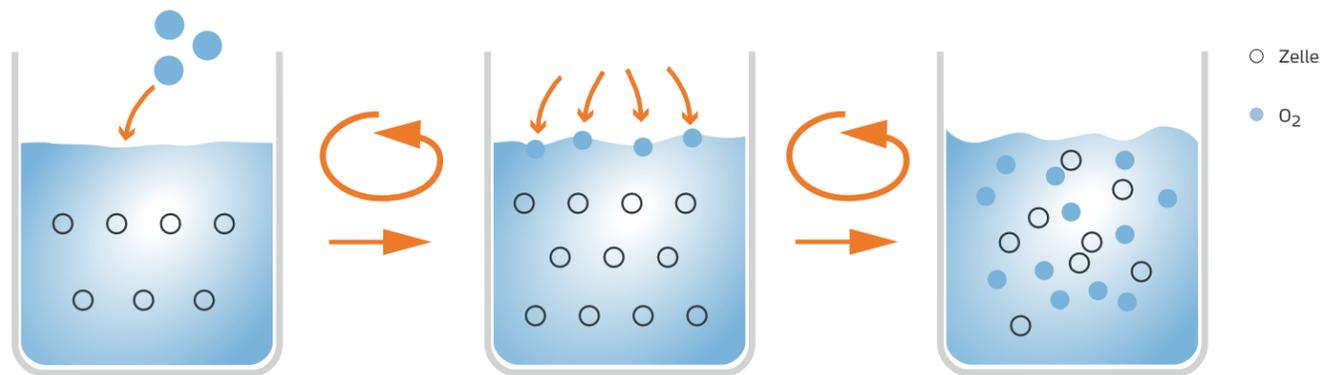


Abb. 3: Vereinfachte Darstellung der Sauerstoffverteilung in einem bewegten Gefäß

<sup>1</sup> Sauerstoffübergangskoeffizient  $kLa$  = Parameter, der die Rate an Sauerstoff oder anderer Gase in die Kultur pro Volumeneinheit pro Stunde transferiert  
<sup>2</sup> Sauerstofftransportrate OTR = Die oxygen transfer rate (Sauerstofftransportrate, OTR) ist ein Parameter, der die Geschwindigkeit beschreibt, bei welcher Rate Gase ins flüssige Medium abgegeben werden (mmol O<sub>2</sub>/(L·h))

### Gleichmäßige Nährstoffverteilung

Die orbitale Schüttelbewegung sorgt durch eine kontinuierliche Durchmischung der Lösung für eine gleichmäßige Nährstoffverteilung im Kulturmedium. Sämtliche, im Nährmedium enthaltenen Nährstoffe werden somit homogen verteilt. Pro- sowie eukaryotische Zellen haben dadurch einen verbesserten Zugang zu essentiellen Medienkomponenten, die für das Wachstum und den Stoffwechsel erforderlich sind. Einige Vorteile dieser gleichmäßigen Nährstoffverteilung sind: eine erhöhte Zellviabilität, verbesserte Wachstumsraten und homogenere Zellpopulationen. Die Zellen sind nicht von kritischen Nährstoffen ausgeschlossen oder lokalen Erschöpfungszonen ausgesetzt. Diese optimale Umgebung unterstützt robuste Zellkulturen und eine höhere Reproduzierbarkeit von Experimenten.

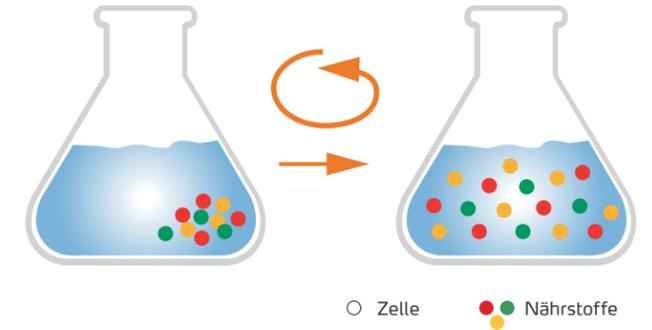


Abb. 4: Vereinfachte Darstellung der gleichmäßigen Nährstoffverteilung in einem Erlenmeyerkolben

### Reduzierte Zellklumpenbildung

Die orbitale Bewegung in Schüttlern reduziert die Zellklumpenbildung, indem das Kulturmedium ständig bewegt wird. Die Zellen werden dadurch in Suspension gehalten und gleichmäßig verteilt. Bei bakteriellen Zellen verhindert dies die Bildung von Aggregaten, die den Nährstoff- und Sauerstoffzugang behindern können, fördert gleichmäßigeres Wachstum und verringert das Risiko lokaler hypoxischer oder nährstoffarmer Zonen. In Säugetierzellkulturen sorgt die reduzierte Klumpenbildung für bessere Zell-Zell-Interaktionen und minimiert den Stress, der durch physische Kollisionen innerhalb dichter Cluster entstehen kann. Die verbesserte Verteilung fördert eine konsistentere Kulturumgebung, was zu verbesserten Wachstumsraten, Viabilität und allgemeiner Zellgesundheit führt.

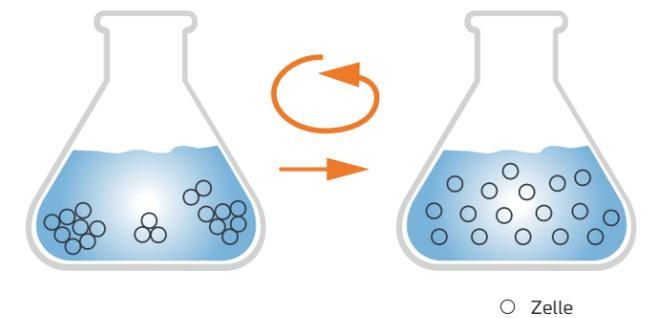


Abb. 5: Schematische Darstellung der Auflösung von Zellklumpen induziert durch Bewegung

## Zusammenfassung

Der Einsatz von Orbitalschüttlern, 2D-Wippschüttlern oder gar 3D-Taumelschüttlern ist eine entscheidende Technik in Laborumgebungen, die die Effizienz verschiedener Applikationen verbessern kann. Besonders hervorzuheben ist die kontinuierliche Kreisbewegung, die die Sauerstoffversorgung ( $kLa$  und OTR) verbessert, gleichzeitig für eine homogene Nährstoffverteilung sorgt und die Zellklumpenbildung reduziert. Das sind entscheidende Faktoren für gesundes Zellwachstum. Für bakterielle Kulturen und Säugetierzellen bedeutet dies ein besserer Sauerstofftransfer und gleichmäßiger Zugang zu Nährstoffen, verbesserte Zell-Zell-Interaktionen und minimierter Stress. Insgesamt unterstützt die optimierte Umgebung, die durch gleichmäßige Bewegung geschaffen wird, ein robustes Zellwachstum, höhere Viabilität und reproduzierbarere experimentelle Ergebnisse. Dieses umfassende Verständnis unterstreicht den Einsatz verschiedener Plattformschüttler in Laboren.

Quellen: 1) Madigan, M. T., Martinko, J. M., Stahl, D. A., Clark, D. P., Biology of Microorganisms, Brock, 2012, 13. Auflage; 2) S. Schmitz, Der Experimentator: Zellkultur, 2011, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 3. Auflage; 3) <https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2573-7>; 4) L. M./H.L./S.Gä, Lexikon der Biologie: Zellkultur, www.spektrum.de/lexikon/biologie/zellkultur/71584; 5) <https://www.leifiphysik.de/mechanik/kreisbewegung>; 6) <https://www.leifiphysik.de/mechanik/kreisbewegung/grundwissen/zentripetalkraft>

## INTERNATIONAL

Heidolph Scientific Products GmbH

Walpersdorfer Str. 12 | 91126 Schwabach, Germany  
Phone: +49 9122 9920-0 | [sales@heidolph.de](mailto:sales@heidolph.de)

## NORTH AMERICA

Heidolph North America

1235 N. Mittel Blvd, Suite B | Wood Dale, IL 60191  
Phone: (224) 264-9600 | [hello@heidolph.com](mailto:hello@heidolph.com)

## CHINA

Heidolph Instruments Shanghai Ltd.

Room 305, Building MT1 | Shanghai Wanxiang Enterprise Center  
No 229 Wen Road | Minhang District, Shanghai  
Phone: +86 21 6093 9799 | [sales@heidolph-instruments.cn](mailto:sales@heidolph-instruments.cn)

## SOUTH KOREA

Heidolph Korea Ltd.

#1507, Bldg B. 70 | Dusan-ro, Geumcheon  
Seoul, Republic of Korea  
Phone: +80 70 8064 7152 | [sales@heidolph.kr](mailto:sales@heidolph.kr)

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

