



## Schulbiologiezentrum Hannover

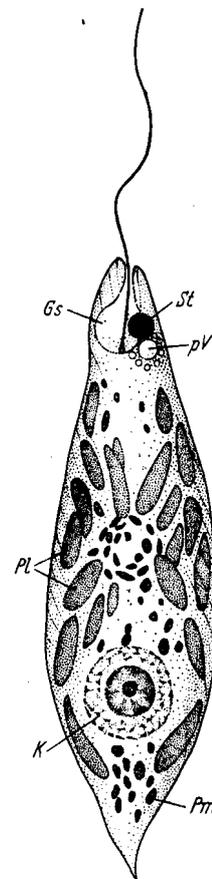
Vinnhorster Weg 2, 30419 Hannover

Tel: 0511-16847665/7

Fax: 0511-16847352

email : schulbiologiezentrum@hannover-stadt.de

Hannover



# 15.20 Euglena / Augentierchen

Herausgeber    Landeshauptstadt Hannover  
                         Schulbiologiezentrum

Titel: **Euglena** (Augentierchenn)  
**Arbeitshilfe Nr. 15.20**  
Dezember 1994 / 2. überarbeitete Auflage Dezember 2003

Verfasser:  
Herausgeber Ingo Mennerich  
Landeshauptstadt Hannover  
Fachbereich Bibliothek und Schule  
Schulbiologiezentrum Hannover  
Vinnhorster Weg 2  
30419 Hannover  
Tel: 0511/ 168 – 47665/7  
Fax: 0511/ 168 – 47352  
Email: [schulbiologiezentrum@hannover-stadt.de](mailto:schulbiologiezentrum@hannover-stadt.de)  
Internet: [www.schulbiologiezentrum-hannover.de](http://www.schulbiologiezentrum-hannover.de)  
[www.foerderverein-schulbiologiezentrum.de](http://www.foerderverein-schulbiologiezentrum.de)

## Inhaltsverzeichnis

1.	Allgemeine Kennzeichen	1
2.	Natürliche Vorkommen von Euglena	4
3.	Euglena in Kultur	5
4.	Euglena unter dem Mikroskop	7
4.1	Wie viele Euglenen befinden sich im Glas?	7
4.2	Was lässt sich unter dem Mikroskop erkennen?	9
4.3	Wie groß ist Euglena?	9
4.4	Genauere Größenmessung mit dem Mikrometer	10
4.5	Mikroskopische Öl-Immersionstechnik für starke Vergrößerungen	11
4.6	Bewegung und Bewegungsorganellen unter dem Mikroskop	12
4.7	Vitalfärbung der Organellen	13
5.	Nachweis der phototaktischen Bewegung	13
5.1	Euglenen in der Lichtfalle	13
5.2	Euglena schreibt ihren Namen	14
5.3	Die Lichtwendigkeit Euglenas unter dem Mikroskop	15
6.	Euglena: Pflanze oder Tier?	16
7.	Modelle zum Verständnis der Physiologie Euglenas	16
7.1	Warum Euglena ohne pulsierende Vakuole platzen würde: Versuche mit dem Osmometer	16
7.2	Wie Euglena sich im Licht orientiert Bau und Einsatz einer "Kunst-Euglena"	18
8.	Euglena in verschiedenen Schulstufen	20
9.	Entlehbare Materialien zum Thema "Euglena"	21
9.1	Ausleihbares Untersuchungsgerät	21
9.2	Ausleihbare Literatur (Gruppensätze)	22
10.	Literatur: (Auswahl)	22

## 1 - Allgemeine Kennzeichen

Die **Euglenophyten** (Augenflagellaten) sind in Süßgewässern lebende **einzellige**, zumeist langgestreckte und in der Regel grüne, **Photosynthese** betreibende Organismen. Sie schwimmen aktiv mit rotierenden Geißeln. Unter bestimmten Umständen gehen einige Arten zur heterotrophen Ernährungsweise über: Sie bilden dann vorübergehend ihr Chlorophyll zurück und leben von organischen Stoffen, die sie auf osmotischem Wege aufnehmen.

Innerhalb der Augenflagellaten gibt es auch völlig chloroplastenfreie (apoplastidische) Arten, die phagotroph von Detritus und Bakterien leben, ihre Nahrung also aktiv aufnehmen. Eine Gattung (*Colacium*), sitzt auf einem Gallertstiel und ist völlig zur stationären Lebensweise übergegangen.

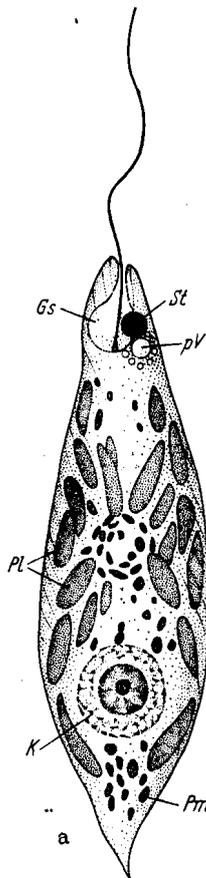


Abb. 1: *Euglena viridis*  
(aus GRELL)

Die zur Gattung *Euglena* zählenden, in europäischen Gewässern beheimateten etwa 14 Arten sind grüne, 25  $\mu\text{m}$  (*E. pisciformis*) bis 500  $\mu\text{m}$  (*E. oxyuris*) lange und sehr unterschiedlich geformte Organismen. Ein Mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) ist der millionste Teil eines Meters, also ein tausendstel Millimeter. Das heißt, die Größe der Euglenen variiert zwischen 0,025 und 0,5 mm.

Die Körperzelle ist von einem verhärteten Teil des Protoplasten, der **Pellicula** (Periplast) umgeben. Die Pellicula, die nicht mit einer pflanzlichen Zellwand verwechselt werden darf, erscheint durch ineinander verschobene und verfalzte Profile streifig und ist insgesamt schraubig verdreht. Die Feinstruktur der Körperoberfläche, die lichtmikroskopisch nicht erkennbar ist, erlaubt eine starke Formveränderung der Zelle (**Metabolie**).

Dadurch wird die exakte Artbestimmung oft sehr erschwert.

Eine gute Übersicht der bei uns vorkommenden Euglenenarten gibt STREBLE/KRAUTER, S. 148/149. Dort ist zu erkennen ist, dass die Gattung neben der Größe in erster Linie anhand der **Chloroplasten (PI)** unterscheidbar ist. Diese sind artspezifisch unterschiedlich geformt: So gibt es seitlich in der Zelle gelagerte

Bänder (*E. pisciformis*), einzeln in der Zelle verstreute (*E. terricola*) oder auf ein Zentrum gerichtete Bandchloroplasten (*E. viridis*). Es gibt scheibchenförmige (*E. variabilis*, *E. intermedia*, *E. ehrenbergi*, *E. acus*, *E. acutissima*, *E. oxyuris*, *E. tripteris*, *E. deses*, *E. sanguinea*, bei letzterer rot gefärbt) oder mehreckige Chloroplasten (*E. gracilis*). Auch bei *Euglena spirogira*, dem Schraubigen Augentierchen, das im Schulbiologiezentrum Hannover gezüchtet wird, treten sie als kleine Scheibchen auf.

Als **Reservestoff** bilden die Euglenen Paramylum, Fette und Öle, die außerhalb der Chloroplasten produziert und in besonderen **Paramylumkörnern (Pm)** oder **Pyrenoiden** gespeichert werden. Paramylum ist *nicht* durch den klassischen Stärkenachweis mit Jod-Jodkalium-Lösung nachweisbar.

Mehrere Euglenenarten können sich bei Lichtmangel übergangsweise **heterotroph** ernähren. Sie ernähren sich dann nicht von umgewandelter Sonnenenergie sondern von anderen Organismen aufgebauten energiereichen Verbindungen. Die Chloroplasten zerfallen und die Euglenen nehmen die Nahrung in gelöster Form (osmotroph) über die Zelloberfläche auf. Zusätzlich schleusen sie durch Einstülpung ihrer Pellicula (phagotroph) Detritus und Bakterien ein. Die in eine Vielzahl von farb- und lamellenlosen, 1 bis 2 µm große, so genannten **Proplastiden** zerfallenen Chloroplasten können bei erneutem Lichtangebot wieder zu vollständigen Chloroplasten regenerieren. Hohe Temperaturen, UV-Bestrahlung, Streptomycin, Antihistamin und ähnliche Substanzen führen ebenfalls zum Zerfall der Plastiden, jedoch ist dieser Prozess dann irreversibel.

Euglena ist selbst mit funktionierenden Chloroplasten nur eingeschränkt photoautotroph: So ist sie nicht zur Bildung von **Vitamin B 12** befähigt. Dieser Mangel wird in der Natur wohl durch ständige Aufnahme von Vitamin aus organischen, gelösten Substanzen ausgeglichen.

Die lang gestreckte Zelle schwimmt mit einer Schmalseite voran. Unter dem Mikroskop ist zu erkennen, dass Euglena um Längsachse rotiert. Am vorderen Zellpol mündet als flaschenförmige Einstülpung der Pellicula das so genannte **Geißelsäckchen (Gs)**, auch Ampulle genannt, an dessen Basis aus einem so genannten Basalkörper zwei **Geißeln** (Flagellen) entspringen.

Die längere der beiden, die Schwimmgeißel (bei Euglena gracilis etwa körperläng) rotiert in der Längsachse des Individuums um einen gedachten, vor dem vorderen Ende liegenden Kegel und *zieht* die Zelle dadurch durch das Wasser.

Bei den grünen Augenflagellaten vereinigt sich die zweite, kurze Geißel noch innerhalb der Ampulle mit der längeren Schwimmgeißel. An der Vereinigungsstelle wird ein lichtempfindlicher Rezeptor vermutet, der **Paraflagellarkörper**. Seitlich der Ampulle befindet sich das rote **Stigma (St)** - fälschlich Augenfleck genannt.

Das Zusammenwirken von Stigma und Paraflagellarkörper bestimmt das auf Licht orientierte Verhalten, die **Phototaxis**. Das Stigma schattet bei der in der Längsachse rotierenden Bewegung Euglenas den Photorezeptor rhythmisch ab und löst dadurch so lange eine Richtungsveränderung aus. Euglena ändert dann so lange die Bewegungsrichtung, bis eben diese periodische Beschattung nicht mehr stattfindet. Dann bewegt sich Euglena auf das Licht zu.

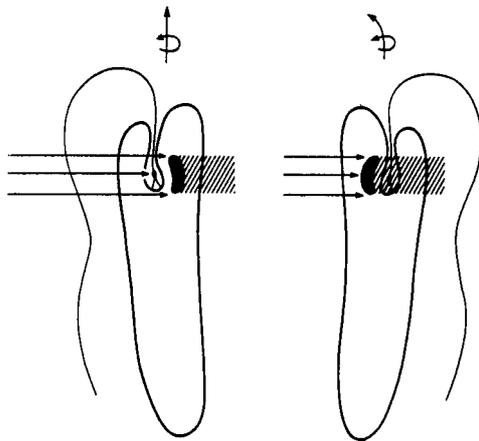


Abb. 2: Euglena von links beleuchtet (Pfeile), in zwei verschiedenen Lagen zum Licht (aus GRELL)

Die Richtungsänderungen sind also als **phobische Reaktionen** aufzufassen, da sich die Zelle nicht aktiv auf das die Lichtquelle zu bewegt. Nur durch die Summation zufälliger und ständiger Kursänderungen kommt eine scheinbar topische, auf das Licht gerichtete Bewegung zu Stande.

Euglena zeigt eine lichtabhängige periodische Aktivität (circadiane Rhythmik), die auch noch lange fortbesteht, wenn sie ins Dunkel verbracht wird (SCHNABEL). Nachts ist ihre Beweglichkeit am geringsten und sie sinken zu Boden. Am Tag steigen

die Einzeller wieder auf. Dadurch ist ein deutlicher Tagesrhythmus der Dichte festzustellen.

Bei sehr starkem Lichteinfall kommt es zur **negativen Phototaxis**, das heißt Euglena schwimmt aus dem ihr zu hellen Bereich heraus. Auch hier handelt es sich um eine phobische Reaktion, ein gezieltes Wegschwimmen von der Lichtquelle findet nicht statt. Offenbar spielt aber das Stigma bei der negativen Phototaxis keine Rolle: Auch bei einer operativen Entfernung tritt dieses Verhalten auf.

Unterhalb des Geißelsäckchens besitzt Euglena eine **kontraktile oder pulsierende Vakuole (pV)**, die das im Süßwassermedium osmotisch einströmende Wasser ausscheidet.

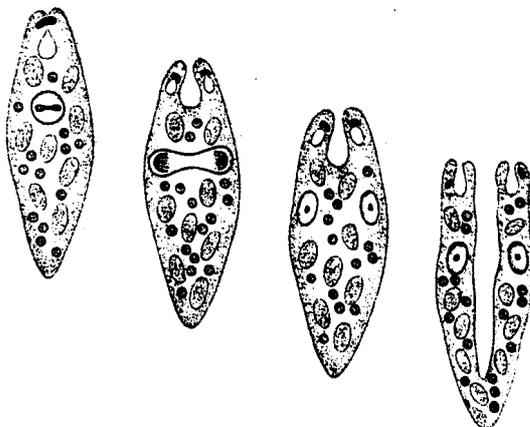


Abb. 3: Teilung einer Euglena. Die Geißel ist aufgelöst und die Zelle mit einer Schleimhülle umgeben (aus LINDER)

Die Konzentration an osmotisch wirksamen Stoffen innerhalb der Zelle ist in Süßgewässern höher (hypertonisch) als im Umgebungsmillieu. Die Zellhaut ist eine semipermeable Membran, was bedeutet, dass sie Wassermoleküle passieren lässt, größere Moleküle jedoch nicht. Das beiderseits der trennenden Membran vorhandene Konzentrationsgefälle strebt einen Ausgleich an. Ohne die als Pumpe wirkende pulsierende Vakuole würde die Zelle irgendwann platzen.

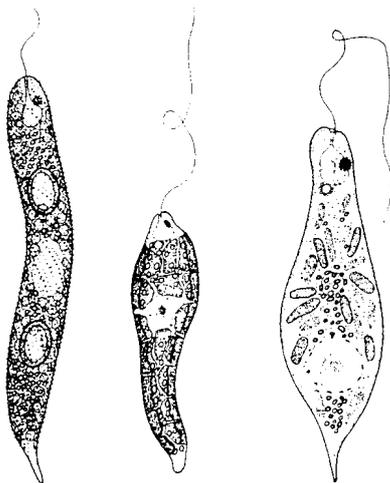
Euglenen vermehren sich in Dunkelheit, also vorwiegend nachts durch **Teilung** entlang der Längsachse. Dieses geschieht entweder im (normalen) **Flagellaten** - oder im so genannten **Palmella-Stadium**. Die Teilung dauert 2 bis 4 Stunden. Aus ihr gehen zwei identische Tochterindividuen hervor.

Beim Übergang zum Palmella-Stadium werfen die Euglenen die Geißeln ab, nehmen Kugelform an und scheiden eine Schleimhülle aus. Sie bilden dann ausgedehnte Lager aus vielen unbeweglichen, in Gallerte eingebetteten Zellen. Palmellen sind darüber hinaus ein Übergangsstadium bei sich verschlechternden Lebensbedingungen. Bei verbesserten Verhältnissen verwandeln sie sich wieder in das aktive, begeißelte Flagellaten-Stadium.

## 2. - Natürliche Vorkommen von Euglena

Euglena ist je nach Art in sauberen bis stark nährstoffhaltigen Stillgewässern zu finden und färbt diese bei einer Massenentwicklung im Sommer oft tief grün.

**Euglena viridis** ist ein biologischer Wassergüteanzeiger und deutet auf sehr stark verunreinigte Gewässer. Sie gilt als Leitorganismus der Wassergütezone IV, also der polysaprobien Zone, die sich durch sehr starke organische Verschmutzung, sehr starke Sauerstoffzehrung und massenhafte Bakterienentwicklung auszeichnet. E. viridis wird man ganzjährig in Jauchepfützen, Drainagegräben, kleinsten, auch periodisch austrocknenden Wasseransammlungen, eutrophen Teichen und schlammigen



E. spirogyra E. gracilis E. viridis

Uferzonen finden. In stark verunreinigten Stauseen und Teichen ist sie bei Massenentwicklung oft Ursache der "Wasserblüte". Sie kommt weiterhin in Verteilungsgräben von Rieselfeldern, in bakteriellen Kahmhäuten, in Abwasserkanälen, als schleimiger, grüner Rasen auf Tropfkörpern, als Belag auf im Wasser schwimmenden Gegenständen, in der verschlammten Uferzone von Seen und Flüssen und in verjauchten Dorfteichen vor.

Euglena viridis ist sehr resistent gegen Ammoniak und H<sub>2</sub>S (vergl. LIEBMANN).

**E. gracilis** (Schlankes Augentierchen) ist in stehenden nährstoffreichen Gewässern zu finden.

**Euglena spirogyra**, das Schraubige Augentier dagegen bevorzugt saubere Kleingewässer, Pfützen und Gräben.

Natürliche Biotope, in denen Euglena vorkommt, lassen sich mit Hilfe chemischer Analysemethoden auf verschiedene Faktoren untersuchen, so auf Nährstoffgehalt, Sauerstoffkonzentration und Reaktion (pH-Wert) des Wassers. Wichtig bei der Beurteilung von ökologischen Lebensbedingungen ist die Temperatur des Wassers und die Lichtmenge, die den Organismen zur Verfügung steht. Zur Abschätzung dieser Faktoren stellt das Schulbiologiezentrum Hannover Wasseruntersuchungskoffer, Thermometer und Luxmeter zur Verfügung. Diese Untersuchungen können natürlich auch am Kulturmedium durchgeführt werden.

Mit den Wasseruntersuchungskoffern lassen sich folgende Parameter feststellen:

Sauerstoffgehalt
pH-Wert
Temperatur
Nitrat
Nitrit
Ammonium
Phosphat
Carbonathärte

Parallel zur chemischen Gewässeranalyse sollte stets eine biologische Wassergütebestimmung durchgeführt werden (s. STREBLE/KRAUTER und LIEBMANN) in der die Euglena begleitenden Organismen erfasst werden.

### 3. – Euglena in Kultur

Die im Schulbiologiezentrum Hannover für den Einsatz im Unterricht erhältlichen Augenflagellaten gehören vorwiegend den Arten **Euglena gracilis** (Schlankes Augentier) und **Euglena spirogyra** (Schraubiges Augentier) an. Die von uns abgegebenen Proben können aber kulturtechnisch bedingt auch andere Arten enthalten. **E. gracilis** ist sehr lebhaft und formveränderlich (metabol), zwischen 35 und 55 µm lang und zart spiralig gestreift. Die Schwimmgeißel ist etwa körperlang. Die randlich gelagerten Chloroplasten stellen vieleckige Scheiben und Blöcke dar. Diese Art geht oft in das unbewegliche Palmella-Stadium über (s.o.).

**E. spirogyra** zeichnet sich durch relativ träge Bewegungen aus, was das Mikroskopieren sehr erleichtert. Die Zelle ist zwischen 80 und 125 µm groß, langzylindrisch bis bandförmig und läuft in ein schwach gebogenes, pfriemartiges Schwänzchen aus. Bei sehr hoher mikroskopischer Auflösung erscheint die gelbliche bis

braune Zellmembran durch Höckerleisten spiralg verdreht. Die Geißel ist verhältnismäßig kurz, nicht einmal halb körperläng.

Die Euglenen werden bei uns in Petrischalen unter Zugabe von einigen Weizenkörnern (mixotrophe Ernährung, s.o.) an einem hellen Ort, aber unter Vermeidung direkten Sonnenlichts gehalten. In Abständen wird gut durchlüftetes Leitungswasser oder abgestandenes Mineralwasser hinzugefügt.

Die Unfähigkeit Euglenas, selbst Vitamin B 12 zu synthetisieren wird in den Zuchtansätzen durch Zugabe eines erbsen- bis halbfingernagelgroßen Stückes Hartkäse oder Käserinde kompensiert. Die Zugabe einiger Weizenkörner in die Kultur erfüllt den gleichen Zweck, da bei der Keimung Vitamin B 12 freigesetzt wird. *Euglena gracilis* wird übrigens auch als Nachweisorganismus für Vitamin B 12 benutzt.

*Euglena spirogyra* lässt sich in größeren Gefäßen und wenig arbeitsintensiv zur Massenvermehrung bringen: Grundlage ist hier eine leicht selbst herzustellende Nährlösung aus Gartenerde, etwas Hartkäse und Calciumcarbonat. In einen Erlenmeyerkolben von 100 bis 200 ml Volumen wird fingerbreit hoch Gartenerde und ein etwa erbsengroßes Stück Hartkäse gegeben. Dazu geben Sie eine Messerspitze Calciumcarbonat.

Der Kolben wird zur Hälfte mit Leitungswasser gefüllt und mit Zellstoffwatte verschlossen. Im Wasserbad wird der Ansatz 30 bis 60 Minuten lang erhitzt. Nach dem Erkalten und dem Absetzen von Erdteilchen kann die Nährlösung dekantiert, filtriert und mit *Euglena* beimpft werden. Der Ansatz wird ans Fenster gestellt. Nach etwa zwei Wochen ist die Kultur grün gefärbt und steht jetzt mehrere Wochen in Blüte. Bei einem Neuansatz wird rechtzeitig etwas Flüssigkeit aus der alten Kultur überimpft.

Versuche mit Hydrokultur-Langzeitdünger (z.B. LUWASA) ergaben ebenfalls brauchbare Resultate. WIRTZ (mündliche Mitteilung) hat im Tessin gute Erfahrungen mit flüssigem Blumendünger gemacht (20 Tropfen auf 250 ml Wasser). Nach STRGAR (mündliche Mitteilung) ergibt ein Löffel Ziegenkot auf 200 ml Wasser eine gute Nährlösung.

SCHNABEL gibt folgendes Rezept an:

1 g $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$
0,5 g $\text{KH}_2\text{PO}_4$
0,25 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$

Nährmedien lassen sich auch als Fertigkonzentrat käuflich erwerben.

Eine Massenvermehrung in größeren Zuchtgefäßen als einer Petrischale ist die Voraussetzung für die unten angeführten Versuche zur Phototaxis.

## 4. - Euglena unter dem Mikroskop

Euglena zählt aufgrund ihrer geringen Größe und der Beweglichkeit schon zu den anspruchsvolleren mikroskopischen Objekten, eignet sich aber sicher auch gut zur Einführung in die Handhabung eines Mikroskops. Ist für den Einsteiger allein schon die Vielzahl der Lebewesen im Sehfeld motivierend (was ja auch für einen Heuaufguss gilt) so kann sich der Lehrer im Falle einer Euglena-Kultur darauf verlassen, dass jeder Schüler bei richtiger Einstellung des Mikroskops etwas sieht. Da es sich bei einer Euglena-Reinzucht nur um eine oder um nah verwandte Arten handelt, kann das Gesehene gemeinsam besprochen und verglichen werden (was bei einem Heuaufguss mit seiner Vielzahl von auch unvorhergesehenen Arten nicht der Fall ist).

Allein schon durch die Beweglichkeit ist Euglena für jüngere Schüler weitaus motivierender als etwa die "klassische" Zwiebelhaut. Ein weiterer Vorteil für Anfänger ist, dass die Euglenen schon bei geringster Objektivvergrößerung zu sehen ist, wodurch die Gefahr für die teuren Objektive sehr gemindert wird.

### 4.1. - Wie viele Euglenen befinden sich im Glas?

Schüler aller Altersstufen staunen über die Vielzahl der Individuen, die im Sehfeld des Mikroskops herumschwimmen. Da liegt die Frage nahe, wie viele in einen Tropfen oder gar in das Kulturgefäß hineinpassen. Das Auszählen aller Euglenen ist wohl unmöglich, allein schon deshalb, weil sie sich in steter Bewegung befinden. Eine mengenmäßige Abschätzung ist jedoch möglich, wenn eine definierte Wassermenge unter das Mikroskop gegeben wird, etwa mit einer Messpipette.

Beispielsweise setzt man einen Tropfen mit 1 ml der vorher gut durchgeschüttelten Kulturflüssigkeit auf einen Objektträger und deckt ihn mit einem 1 cm<sup>2</sup> großen Stück durchsichtigen Messraster ab. Ein solches Raster lässt sich mit auf OH-Folie kopiertem Millimeterpapier (Zeichenbedarf) leicht herstellen. Die Schüler bekommen zur Aufgabe, mehrere der 1 mm<sup>2</sup> großen Quadrate auszuzählen und den Durchschnitt zu bilden. Unter dem Raster mit der Kantenlänge 10 mm x 10 mm befinden sich 100 solcher Quadrate. Die auf jeweils 1 mm<sup>2</sup> bezogene Durchschnittsmenge muss also mit 100 multipliziert werden. Die Anzahl in einem definierten Wasservolumen lässt sich durch Malnehmen mit der für 1 ml festgestellten Individuendichte leicht ermitteln.

Die Bestimmung der Dichte sollte nach dem Ansetzen einer Kultur mehrfach erfolgen um die „Bevölkerungsexplosion“ zahlenmäßig und graphisch erfassen zu können. Das Anwachsen der Population lässt Rückschlüsse auf die Teilungsrate/Zeiteinheit zu. In Verknüpfung mit dem Mathematikunterricht lassen sich Gesetze des Wachstums formulieren und überprüfen. Hier sollte auch das Bevölkerungswachstum auf der Erde problematisiert werden.

Tiefere Einblicke in die Gestalt, „Funktion“ und Lebensweise der Euglenen setzen jedoch eine gewisse Übung im Gebrauch des Mikroskops und dem Herstellen von Nasspräparaten voraus. Dieser faszinierenden Einzeller, der weder so richtig Tier noch richtig Pflanze ist, könnte (und sollte) aber ein Anlass sein, diese Techniken einzuführen und – was genau so wichtig ist - zu üben und zu festigen. Dazu zählen die sichere Handhabung auch des stärksten Objektivs (ohne damit das Deckglas zu zerstören!), die richtige Benutzung der Blende und des Kondensors, für Fortgeschrittene die Öl-Immersionstechnik, die Vitalfärbung, die Größenvermessung, das Experimentieren unter dem Mikroskop.

Euglena bietet unter dem Mikroskop eine ganze Reihe von Experimentiermöglichkeiten: Hier sind vor allem Versuche zur Lichtabhängigkeit der Bewegung, des „Sehvermögens“ und der Ernährungsweise(n) zu nennen. Es gilt der Grundsatz des "learning by doing", hier steht das Erkennen biologischer Zusammenhänge durch praktisches Tun im Vordergrund.

Ein wichtiges Ziel des beobachtenden und experimentellen Handelns sollte die Erkenntnis sein, dass es sich bei den Objekten um lebende Einheiten handelt, die alle Kennzeichen der Lebewesen in sich tragen: Reizbarkeit, Stoffwechsel, Bewegung, Wachstum, Entwicklung, Fortpflanzung und...

Haben wir das Recht, über Leben und Tod dieser Organismen zu befinden? Diese Frage muss jeder für sich selbst beantworten und rechtfertigen. Unbestreitbar ist wohl jedoch, dass ein *fahrlässiges* oder *gedankenloses* Töten der Euglenen ausgeschlossen werden sollte. Sie sind –zwar einfache – Lebewesen, viele damit verbundene Eigenschaften sind auch auf den Menschen übertragbar. Die Wärme erzeugenden Mikroskopierleuchten sollten ausgeschaltet werden, wenn eine Beobachtungspause eingelegt wird. Nach erfolgter Arbeit können die Euglenen mit einer Spritzflasche (auch gut ausgewaschene Spülmittelflaschen erfüllen diesen Zweck!) zurück in das Kulturgefäß gespült werden. Dies mögen angesichts ständig knapper gehaltener Unterrichtszeiten Kleinigkeiten sein. Sie vermitteln dem Schüler jedoch eine praktisch vorgelebte, positive Lebenseinstellung. Ohne eine solche, jedes Detail der belebten Umwelt achtenden Haltung bleibt der Schutz eben dieser Umwelt nur ein halbherziges, und letztlich unehrliches Engagement.

## 4.2 - Was lässt sich unter dem Mikroskop erkennen?

Bei <b>kleinster Vergrößerung</b> (5 - 12fache Okular- und 4fache Objektivvergrößerung):	Anzahl, Beweglichkeit und Reaktionsvermögen Euglenas
Bei <b>mittlerer Vergrößerung</b> (5 - 12fache Okular- und 10fache Objektivvergrößerung):	Euglena als Einzeller, Chloroplasten, Geißelsäckchen, Formveränderlichkeit, Vergleich zwischen Euglenen, die im Licht und solchen, die im Dunkeln gehalten wurden
Bei <b>hoher Vergrößerung</b> (5 - 12fache Okular- und 50fache Objektivvergrößerung):	Form der Chloroplasten, Geißelsäckchen, Stigma ("Augenfleck"), kontraktile Vakuole, evtl. Zellkern (nach Anfärben!)
Bei <b>sehr hoher Vergrößerung</b> (5 - 12fache Okular- und 100fache Objektivvergrößerung, Öl-Immersion, s.u.):	Geißel und Geißelschlag (schwierig!), Zellkern (nur nach dem Anfärben), Bewegung der kontraktilen Vakuole.

## 4.3 – Wie groß ist Euglena?

Euglena wird mit dem bloßen Auge nur als grüne Wolke wahrgenommen, es sei denn man betrachtet sie in einer schmalen Küvette im Gegenlicht. Dann sind die Einzelzellen als im Wasser schwebende hellgrüne Pünktchen erkennbar.

„Ob die Euglenen unter dem Deckglas denn nicht zerquetscht werden?“ ist eine oft gestellte Frage. Unter dem Mikroskop ist jedoch festzustellen, dass die Einzeller zwischen Objektträger und Deckgläschen soviel Schwimmraum haben, dass sie kaum einmal ganz in der Bildebene liegen. Oft ist nur ein Teil der Zelle scharf oder eine Euglenenzelle taucht in unscharfe Bereiche ab. Es ist daher wichtig, dass der Tropfen aus dem Kulturansatz nicht zu groß ist. Dann bleibt der „Schwimmraum“ geringmächtig. Liegen die Euglenen fest oder hat man sie in ihrer Bewegungsfähigkeit eingeschränkt (s.u.), dann kann man sie einzeln vermessen. Als Vergleichsmaßstab könnte zunächst ein mit Tesafilm quer über den Objektträger gespanntes Haar dienen. Exaktere Vergleiche ermöglicht **Konstantendraht** (genormter Widerstandsdraht) oder Kupferlackdraht von 0,1 mm Stärke (In der Physiksammlung Ihrer Schule oder in Elektronikfachgeschäften erhältlich).

#### 4.4 - Genaue Größenmessung mit dem Mikrometer

Besser noch zu vermessen sind die Einzeller mit einem **Okular-** bzw. **Objektivmikrometer**. Das Okularmikrometer ist ein rundes, mit einer Skala versehenes Scheibchen, welches in das Okular eingesetzt wird. Dazu schrauben Sie den oberen Teil des Okulars ab und legen das Mikrometer vor die Okularblende. Anschließend schrauben Sie die Teile wieder zusammen..

Die Messskala des Okularmikrometers ist 5 mm lang und ist in Teilstriche zu je 50 µm untergliedert. Vermessen wird das reelle Zwischenbild in der Okularblendenebene, d.h. das vom Objektiv erzeugte Bild. Der gemessene Wert ist also nur ein Zwischenergebnis und muss durch die Eigenvergrößerung des Objektivs geteilt werden.

**Beispiel:** Die Längsausdehnung einer Euglenenzelle wird mit 4 Teilstrichen à 50 µm, also 200 µm vermessen. Die Objektivvergrößerung ist 4fach. Daraus folgt:  $200 \mu\text{m} : 4 = 50 \mu\text{m}$ , also 0,05 mm Länge. Diese Messwerte sind aus optischen Gründen noch recht ungenau: Einerseits streut produktionsbedingt die Eigenvergrößerung des Objektivs, entspricht also nicht immer dem eingravierten Wert, andererseits verkleinert die untere beiden Okularlinsen das Zwischenbild geringfügig.

Genauere Ergebnisse erzielt man durch Hinzunahme eines **Objektivmikrometers**, mit dem das Okularmikrometer **geeicht** werden kann (siehe zusätzlich Arbeitshilfe 1.13 des Schulbiologiezentrums Hannover, Das Mikroskop im Biologieunterricht).

Das Objektivmikrometer ist ein Objektträger mit einer Messskala. Diese ist z.B. 2 mm lang und in 200 Teilstriche geteilt. Das Objektivmikrometer liegt in der Objektebene, gibt also die tatsächliche Größe eines bestimmten Objektes wieder.

Legen Sie das Objektivmikrometer mit der Messskala auf den Objektstisch, und drehen sie das Okular mit dem eingebauten Okularmikrometer so, dass beide Skalen parallel nebeneinander liegen. Die beiden Nullpunkte müssen übereinstimmen.

Beispiel:

- 5 mm abgelesene Länge im Okularmikrometer entsprechen 1,8 mm im Objektivmikrometer.
- Bei einer 4fachen Objektivvergrößerung muss der Messwert im Okularmikrometer durch 4 geteilt werden:  $5 \text{ mm} : 4 = 1,2 \text{ mm}$
- Der im Okularmikrometer gemessene Wert von 1,2 mm entspricht in Wirklichkeit 1,8 mm.
- Ein Teilstrich im Okularmikrometer muss also um den Faktor 1,5 vergrößert werden ( $1,2 \text{ mm} \times 1,5 = 1,8 \text{ mm}$ , daraus folgt  $x = 1,8/1,2$ , also  $x = 1,5$ )

Ein Teilstrich im Okularmikrometer ist also nicht gleich 50 µm, sondern  $50 \mu\text{m} \times 1,5 = 75 \mu\text{m}$  lang.

#### 4.5 - Mikroskopische Öl-Immersionstechnik für starke Vergrößerungen

Zwischen dem Deckgläschen und dem Objektiv des Mikroskops befindet sich in der Regel Luft. Beim Übergang vom optischen Medium Glas zum optischen Medium Luft bzw. umgekehrt werden die Lichtstrahlen gebrochen. Bei zu flachem Winkel werden sie sogar reflektiert, verlassen das Medium also nicht mehr. Objektive mit hoher Eigenvergrößerung (große Linsenkrümmung) haben eine hohe **numerische Apertur**, d.h. der für Lichtstrahlen nutzbare Einfallswinkel ist groß. Dieses hat beim normalen Mikroskopieren zur Folge, dass der Öffnungswinkel des Objektivs nicht voll ausgenutzt werden kann. Die randlichen Bereiche des Objektivs werden durch die Totalreflexion der schräg auf das Deckgläschen auftreffenden Strahlen nicht mehr ausgeleuchtet. Dadurch sinkt die Helligkeit und - besonders entscheidend - die Auflösung. Gerade die Auflösung ist bei (Teil-)Objekten, deren Dicke etwa der Wellenlänge des Lichtes entsprechen, besonders wichtig.

Mit der Öl-Immersionstechnik wird dieser Nachteil beseitigt. Die Luftschicht zwischen Deckgläschen und Objektiv wird durch Öl ersetzt. Immersionsöl besitzt den gleichen Brechungsindex wie Glas, es kommt im Übergang zwischen den optischen Medien daher nicht zur Brechung.

#### **Praktische Anwendung:**

Aus dem Objektivrevolver wird vorsichtig das stärkste Objektiv herausgeschraubt und durch ein spezielles (im Schulbiologiezentrum Hannover ausleihbares) Ölimmersionsobjektiv ersetzt.

Ein solches Objektiv ist z.B. an der Aufschrift „100 : 1 Oel“ zu erkennen. Ein kleiner Tropfen des Immersionsöls wird mit der Pipette auf das Deckglas des Präparats gebracht. Der Tropfen wird durch Bewegen des Objektträgers unter das Immersionsobjektiv geschoben. Senken Sie jetzt das Objektiv mit dem Grob- und Feintrieb ab bis es in den Tropfen eintaucht. Das Objektiv ist federnd gelagert, ein sanftes (!) Aufsetzen auf das Deckgläschen zerstört dieses daher nicht. Zu empfehlen ist, das Objektiv zunächst ganz sanft gerade aufsetzen zu lassen. Dabei blicken Sie von der Seite her auf das Objektiv und das Deckglas. Stellen Sie dann das Bild durch behutsames Zurückdrehen des Feintriebes scharf. Der Objektträger lässt sich später problemlos hin und her verschieben, der Tropfen folgt durch Kohäsion mit.

Nach Gebrauch muss das Immersionsobjektiv mit einem Tuch und Wasser gereinigt werden, da das Öl im Laufe der Zeit verharzt und das Objektiv optisch unbrauchbar macht. Das in der Literatur oft angegebene Reinigungsmittel Xylol ist nicht zu empfehlen, da es den Linsenkitt angreift.

#### 4.6 - Bewegung und Bewegungsorganellen unter dem Mikroskop

Euglena besitzt 2 verschiedene Geißeln und ist damit heterotrich: Eine etwa körperlange, peitschenförmige, der Fortbewegung dienende ("lokomotorische") Geißel und eine zweite, die so kurz ist, dass sie noch innerhalb des sog. Geißelsäckchens („Ampulle“), aus dem beide Geißeln entspringen, endet. Die lokomotorische Geißel ist etwa  $0,4\ \mu\text{m}$  dick (d.h. 0,4 Millionstel Meter oder  $0,0004\ \text{mm}$ ). Als Vergleich sei der Heubazillus (*Bacillus subtilis*) erwähnt, der in Heuaufgüssen u. ä. vorkommt und etwa  $0,8\ \mu\text{m}$  breit ist. Die Schwimmgeißel ist daher nur bei still liegenden oder durch Zugabe von Jod-Kalium-Jodidlösung abgetöteten Individuen und selbst dann nur bei großer Vergrößerung zu erkennen. Natürlich ist das Bewegungsprinzip durch Geißelschlag nur bei Lebendpräparaten sichtbar.

Nach unseren Erfahrungen ist zur Beobachtung der Geißel und des Geißelschlages die Öl-Immersionstechnik bei ca. 1200 - 1500facher Vergrößerung erforderlich und führt auch hierbei nicht in jedem Fall immer zu befriedigenden Ergebnissen.

Aber auch wenn die Schwimmgeißel selbst nicht zu erkennen ist, wird die dadurch verursachte Wasserbewegung unter günstigen Umständen durch das Heranströmen von Detritusteilchen oder Bakterien (in verunreinigten Kulturen) zum Vorderpol der Zelle deutlich.

Hier bietet sich an, mit Hilfe einer Impföse eine geringe Menge Burri-Tusche in das Präparat zu geben. Die winzigen Tuschepartikel werden durch den Geißelschlag in Bewegung versetzt. Da die Partikel aber auch bei Vergrößerungen um 1200fach nicht einzeln aufgelöst werden, sind bestenfalls wellenförmige Dichte-, also Helligkeitsunterschiede der Tusche sichtbar.

Euglena lässt sich durch Abkühlen der Kulturflüssigkeit auf etwa  $10$  bis  $12\ ^\circ\text{C}$  oder durch Zugabe einer 3%igen Gelatinelösung, welche das Medium dickflüssiger macht, in der Bewegung einschränken.

KUHN/PROBST empfiehlt ein Hinzufügen von etwas Quittenschleim. Dies hat aber nach unseren Erfahrungen den Nachteil, dass die Auflösbarkeit des Objektes sinkt.

Im Schulbiologiezentrum Hannover bestreichen wir einen Objektträger mit Vaseline, die anschließend, ohne den Objektträger zu berühren, unter kaltem Wasser abgespült wird. Ein Tropfen Kulturflüssigkeit wird auf den noch leicht fettigen Objektträger gegeben und das Deckglas daraufgesetzt. Durch die wasserabstoßende Vaseline bilden sich einzelne, nur mehr oder weniger zusammenhängende „Pfützen“, in denen die Euglenen einen eingeschränkten Bewegungsspielraum haben..

Größere Fingerfertigkeit vorausgesetzt, empfiehlt sich folgende Methode: Eine 1 %ige Agarlösung wird bei ca.  $40\ ^\circ\text{C}$  flüssig gehalten. Nun geben Sie einen kleinen, möglichst schmutzfreien Tropfen der Kulturflüssigkeit auf einen Objektträger. Ein ebenso großer

Tropfen der Agarlösung wird jetzt auf das Deckglas gebracht. Dieses muss jetzt schnell umgedreht werden. Der nunmehr an der Unterseite hängende Tropfen wird genau über dem Tropfen auf dem Objektträger gehalten. Lassen Sie jetzt das Deckgläschen fallen. Die Temperatur des Gemisches sinkt unter 30°C und geliert zu einem Netz. Die Euglenen werden hierbei in winzige "Aquarien" eingeschlossen.

In Euglenakulturen und verschiedenen Aufgüssen finden sich sehr häufig einzelne Individuen von *Peranema trichophorum*, dem Starrgeißel-Flagellaten. *Peranema* ist ein farbloser, heterotropher, etwa 70 µm großer Augenflagellat, der zwei Geißeln trägt. Eine so genannte Schleppgeißel verläuft vom Vorderpol (genauer: dem Geißelsäckchen) nach hinten und liegt dem Körper eng an. Sie ist nur schwer zu erkennen. Die stärkere Schwimm- oder Hauptgeißel ist stets nach vorne gerichtet. Sie ist mit etwa 1 µm erheblich dicker als die Schwimmgeißel Euglenas, wird im Verhältnis dazu recht langsam bewegt und ist daher bei 1500facher Vergrößerung und Öl-immersion gut zu beobachten. Im Normalfall ist nur das vordere Ende der Geißel in wellenförmiger Bewegung, nur bei stärkerer Reizung dehnt sich der bewegte Abschnitt basalwärts aus. Das Prinzip des Geißelschlages *Peranemas* lässt sich eingeschränkt auf *Euglena* übertragen, weshalb *Peranema* hier erwähnt sein sollte.

#### 4.7 - Vitalfärbung der Organellen

Der Kern Euglenas lässt sich mit **Methylenblau** selektiv bläulich anfärben. Als Nebenergebnis der Methylenblau-Behandlung treten im Kulturmedium vorhandene Bakterien (Besonders Stäbchenbakterien) besonders deutlich hervor und dienen als Größenvergleich. Zum Zwecke der selektiven Kernfärbung eignet sich auch **Methylengrün-Essigsäure**: Hierzu wird in 2%iger Essigsäure soviel Methylengrün gelöst, bis die Flüssigkeit satt blaugrün aussieht.

Mit **Neutralrot** erscheinen die Paramylon-Bereiche mattrosa, bei stärkerer Neutralrot-Konzentration heben sich die grünen Chloroplasten besonders gut vor dem roten Hintergrund des Mediums ab.

Eine Behandlung mit **Kresylviolett** ergibt eine "bunte" Vielfachfärbung.

### 5. - Nachweis der phototaktischen Bewegung

#### 5.1 - Euglenen in der Lichtfalle

Aus einer frischen Euglenakultur werden einige Pipetten in ein kleines Gläschen, ein Reagenzglas oder eine Petrischale gefüllt und mit abgestandenem Wasser verdünnt, so dass eine leicht grüne Aufschwemmung entsteht. In den meisten Fällen wird man die

Euglenen erst auf die erforderliche Dichte vermehren müssen, was eine bis zwei Wochen in Anspruch nimmt.

Das Gläschen wird vollständig in schwarze Pappe eingeschlagen und dadurch abgedunkelt. Schneiden Sie mit einer Rasierklinge ein schmales Lichtfenster (10mm mal 2 mm) in die Hülle. Der Versuchsansatz wird an einen sonnigen Platz gestellt, der Schlitz muss zur Lichtquelle zeigen.

Nach 15 bis 60 Minuten kann die Abdeckung vorsichtig abgenommen werden. Dabei ist darauf zu achten, dass das Gläschen nicht geschüttelt wird.

Der Farbunterschied zwischen dem abgedunkelten Glas und dem belichteten Streifen fällt sofort ins Auge: Im belichteten Feld haben sich die Euglenen konzentriert, der Lichtschlitz erscheint tiefgrün.

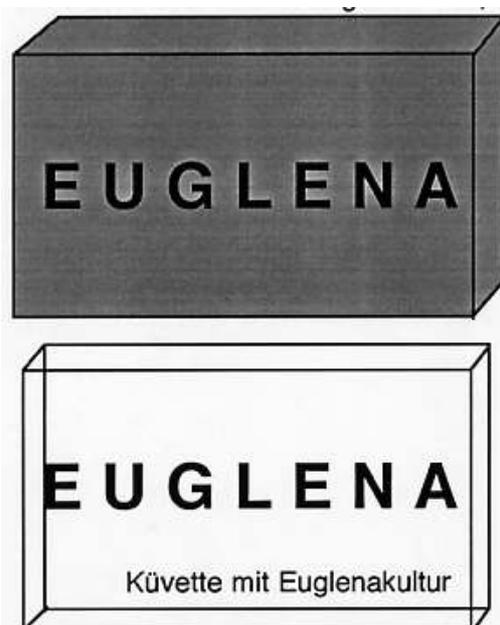
Der grüne Streifen wird nach dem Abnehmen der umhüllenden Pappe rasch blasser und verschwindet schließlich ganz.

Dieser Versuch eignet sich auch, um aus einer "dünnen" Kultur hinreichend viele Organismen für die Beobachtung durch Schüler zu gewinnen.

## 5.2 - Euglena schreibt ihren Namen

Dieser klassische Schauversuch basiert auf der durch die obigen Versuche gezeigten Phototaxis: Geben Sie so viele Euglenen in eine Küvette mit abgestandenem Wasser bis die Flüssigkeit hellgrün erscheint. Zweckmäßigerweise führt man den Versuch im Sommer durch, wenn in Jauchepfützen und Tümpeln Euglenen zur Massenentwicklung kommen. Die Küvette wird komplett mit schwarzer Pappe eingeschlagen in die vorher mit einer Rasierklinge der Name „Euglena“ geritzt wurde. Nach frühestens etwa 15 - 60 Minuten können Sie die Umhüllung vorsichtig abnehmen. Die Euglenen haben sich unter den als Lichtfenster wirkenden Buchstaben angesammelt. So erscheint als grüner

Schriftzug "EUGLENA".



Ist die Individuendichte in der Küvette gering, sollten Sie die Küvette von hinten betrachten, so dass das Sonnenlicht durch sie hineinscheint. Dann sind die Euglenen als langsam im Wasser tanzende hellgrüne Pünktchen zu erkennen, der Schriftzug erscheint als Block verdichteter Punkte.

Die in der Literatur oft empfohlene Alufolie zum Einschlagen der Küvette hat sich in der Praxis nicht bewährt: Durch Reflexionen an der Rückwand des Versuchsansatzes wird die Hell-Dunkel-Grenze unscharf, was sich in verwaschenen Kanten der von Euglena

"gemalten" Buchstaben niederschlägt. Besser ist eine Umhüllung aus schwarzer und damit reflexionsfreier Pappe. Aus dünnem, aber lichtundurchlässigem Sperrholz lässt sich ein Kasten zum Abdecken der Küvette bauen in den der Schriftzug mit der Laubsäge hineingeschnitten wird. Ein solcher Kasten lässt sich aber auch leicht aus Pappe herstellen.

Um das **Farbsehvermögen** zu untersuchen bietet sich eine Variante dieses Versuchs an. Die ausgeritzten Buchstaben (oder mehrere Lichtschlitze) werden mit unterschiedlichen Farbfiltern unterlegt. Hier haben wir festgestellt, dass Euglena das rote Lichtfenster ignoriert. Zu überprüfen wäre, ob sich Euglena im durch ein Prisma und einen Spalt aufgefächerten Spektrum selektiv anreichert. Kann damit eine Absorptionskurve des Euglenen-Chlorophylls abgeleitet werden? Weiteres experimentelles Arbeiten ermöglicht hier das im Schulbiologiezentrum Hannover ausleihbare Material für Farbmischversuche.

### **5.3 - Die Lichtwendigkeit Euglenas unter dem Mikroskop**

Auch im Mikroskop ist das phototaktische Verhalten Euglenas gut zu beobachten: Hierzu wird unter den Objektträger ein mit einer Nadel glatt durchbohrter oder mit einem Locher ausgestanzter schwarzer Pappstreifen gelegt. Der Durchmesser muss kleiner sein als das Gesichtsfeld des Mikroskops. Gibt man einen Tropfen aus einer Kultur auf den Objektträger und legt ein Deckglas darauf, ist nach einiger Zeit festzustellen, dass sich die Augentierchen in dem Lichtfleck ansammeln. An der Grenze zum Lichtfleck zeigen die Euglenen oft Umkehrreaktionen. Hierbei sollten Sie mit der Blende spielen: Große Öffnungsweite lockt viele Euglenen an, die Hell-Dunkel-Grenze ist dann unscharf und die Umkehrreaktion tritt nicht allzu deutlich auf. Viele Tiere verlassen das Hellfeld auch wieder. Geringe Helligkeit führt zu einer deutlicheren Reaktion im Übergangsbereich, es werden aber weniger Euglenen angelockt. Leider sind bei nahezu geschlossener Blende die Tiere, die sich außerhalb des Lichtflecks befinden, nicht sichtbar.

Wichtig ist bei diesem Versuch, dass kein zusätzliches Licht stört. Das Mikroskop sollte deshalb im abgedunkelten Raum stehen. Andernfalls ist das Mikroskop mit einem dunklen Tuch zu verhängen.

Obwohl entschieden mehr Euglenen in den Lichtfleck hinein als aus ihm heraus wandern, dauert es recht lange bis eine deutliche Konzentration feststellbar ist. Es empfiehlt sich daher, die Kanten (!) des Deckgläschens mit einem Streichholz unterseits mit etwas Vaseline zu bestreichen. Auf diese Weise wird verhindert, dass das Präparat austrocknet.

Gut geeignet für den oben genannten Versuch ist ein Mikroprojektor der für die Beleuchtung nach dem KÖHLERschen Prinzip eingerichtet ist. Durch Herunterfahren des Kondensors und Schließen der Blende wird der Strahlengang so eingeeengt, dass der Lichtkreis kleiner als das potentielle Gesichtsfeld ist. Auch hier sammeln sich die Euglenen im belichteten Feld und zeigen am Rand eine deutliche Umkehrreaktion. Da das Präparat hier aber einer besonderen Wärmeentwicklung ausgesetzt ist, sollte in diesem Fall mit Vaseline gearbeitet werden.

Euglena ist für den roten Spektralbereich nicht empfindlich: Bringt man ein Rotfilter in den Strahlengang der genannten Versuche, tritt die Phototaxis nicht ein, die Bewegungen erscheinen ungerichtet und es kommt zu keiner Umkehrreaktion an der Hell-Dunkel-Grenze. Eine Konzentration im Bereich eines Lichtschlitzes tritt nicht ein. Mit einem Grünfilter dagegen sind die genannten Reaktionen gut zu beobachten.

## **6. – Euglena: Pflanze oder Tier?**

Dass Euglena sich neben ihrer Fähigkeit zur Photosynthese auch von vorgefertigten organischen Stoffen zu ernähren vermag, wurde oben bereits erwähnt. Die Zellen gehen aus der "pflanzlichen" Ernährungsweise in eine "tierische" über, wobei sie die grünen Chloroplasten vorübergehend abbauen. Dies lässt sich verhältnismäßig einfach dadurch zeigen, indem man einen Teil der Kultur ins Dunkel bringt. Eine vollständige Ummantelung etwa einer Petrischale mit schwarzer Pappe reicht dazu völlig aus. Nach etwa 2 - 3 Wochen sind die Zellen erheblich heller geworden und sind um die Weizenkörner herum auffällig konzentriert. Nach weiteren 2 - 3 Wochen sind sie nur noch milchig-durchsichtig. Euglena überlebt jetzt durch das Angebot an organischen Stoffen, muss aber - im Gegensatz zu dem belichteten Kontrollansatz - mit Weizenkörnern gefüttert werden. Jetzt kann experimentell untersucht werden, was geschieht, wenn die "Hungerkultur" wieder ins Licht gebracht wird.

## **7. Modelle zum Verständnis der Physiologie Euglenas**

### **7.1 Warum Euglena ohne Pumpeinrichtung platzen würde.**

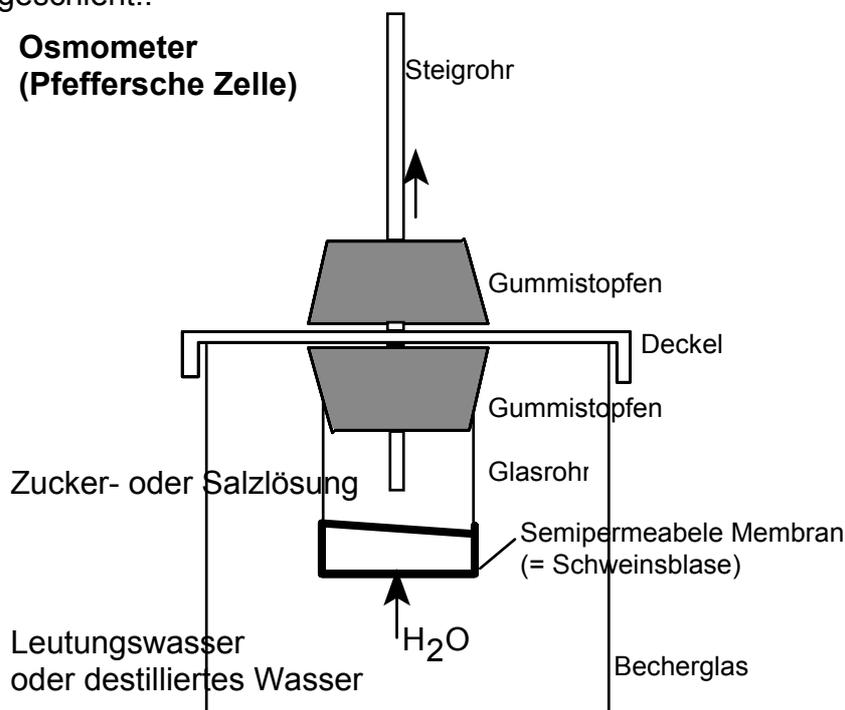
#### **Versuche mit dem Osmometer**

Die Konzentration gelöster Moleküle (z.B. Zucker) und Ionen (z.B. Natrium und Chlor) innerhalb der Zelle ist bei Süßwasserorganismen höher als im Umgebungsmillieu. Dies entspricht zum einen der Tatsache, dass die durch Photosynthese erzeugten energiereichen Kohlenwasserstoffe natürlich innerhalb der Zelle gespeichert sind. Zum anderen ist die höhere Ionenkonzentration ein Indiz dafür, dass das Leben im Meer

entstanden ist und der Chemismus des Zellinhalts eine „Erinnerung“ an diese Verhältnisse darstellt. Die Zellmembran als Außengrenze des Organismus kontrolliert den Ein- und Ausfluss von Stoffen. Sie ist semipermeabel, d.h. sie ist für bestimmte Moleküle durchlässig, für andere jedoch nicht. Die relativ kleinen Wassermoleküle passieren die Pellicula, die komplexeren größeren Moleküle und die Ionen der Salze werden zurückgehalten.

Wird ein Stoff z.B. in eine Flüssigkeit eingebracht, werden sich die Moleküle dieses Stoffes so lange im Medium verteilen, bis alle Konzentrationsunterschiede ausgeglichen sind. Ein Tropfen Tinte im Glas oder die Milch im Kaffee zeigen dieses Bestreben auf einfache Weise. Wenn Sie einige wenige Kristalle Kaliumpermanganat in eine mit Wasser gefüllte Petrischale gegeben, können Sie auf dem Tageslichtprojektor gut zeigen, wie sich die roten Schlieren des aufgelösten Stoffes in der Flüssigkeit ausbreiten.

Eine semipermeable Membran setzt dieser Ausbreitung jedoch eine klare Grenze. Es gibt einen deutlichen Konzentrationsunterschied diesseits und jenseits der Membran. Jetzt strömt Wasser zur Seite der höherkonzentrierten Lösung hinüber mit der Tendenz, den Unterschied auszugleichen. Mit einem Osmometer (Pfeffersche Zelle), welches im Schulbiologiezentrum ausleihbar ist, lässt sich eindrucksvoll zeigen, was dabei geschieht.:



Ein ausreichend großes Stück getrocknete Schweinsblase wird einige Stunden gewässert. Sie ist wie eine Zellmembran oder Cellophan semipermeabel, erfüllt also die oben genannten Eigenschaften.

Die Schweinsblase wird vorsichtig über die Unterseite des kleinen Glasrohrs gezogen und mit Gummibändern oder

einem Bindfaden festgezurr. Die Membran muss absolut fest abschließen! In der Praxis hat es sich bewährt, das Stück Schweinsblase so groß abzuschneiden, dass es oben über die Kante des Röhrchens geschlagen werden kann. Der hineingeschlagene Überstand wird später mit einem Propfen hineingedrückt.

Das Ende des Steigrohrs wird einige Zentimeter weit mit Vaseline oder Glycerin eingefettet. Dann wird einer der beiden durchbohrten Gummistopfen mit dem schmalen Ende voran darüber geschoben. Es folgt der graue Deckel und der andere Gummistopfen, dieser mit der breiten Seite zuerst.

Füllen Sie das Glasrohr mit einer Zuckerlösung und verschließen sie es mit dem Stopfen. In das Becherglas geben Sie Leitungswasser oder - besser noch - destilliertes Wasser (als Batteriewasser in Drogerien zu kaufen). Wird jetzt das Glasrohr mit der Zuckerlösung in das Medium geringerer Konzentration eingesetzt, beginnt das Wasser im Rohr zu steigen. Es strömt also Wasser gegen das Konzentrationsgefälle des Zuckers in die Zelle hinein

Euglena besitzt kein Steigrohr, dass den entstehenden Überdruck ableiten könnte. Ihre pulsierende Vakuole sammelt jedoch das überschüssige Wasser und gibt es über die Zellmembran ins Umgebungsmillieu ab.

Euglenen, in destilliertes Wasser gegeben, zeigen scheinbar keine Reaktion, was auf die Leistungsfähigkeit des Systems hindeutet.

## 7.2 Wie Euglena sich im Licht orientiert

### Bau und Einsatz einer "Kunst-Euglena"

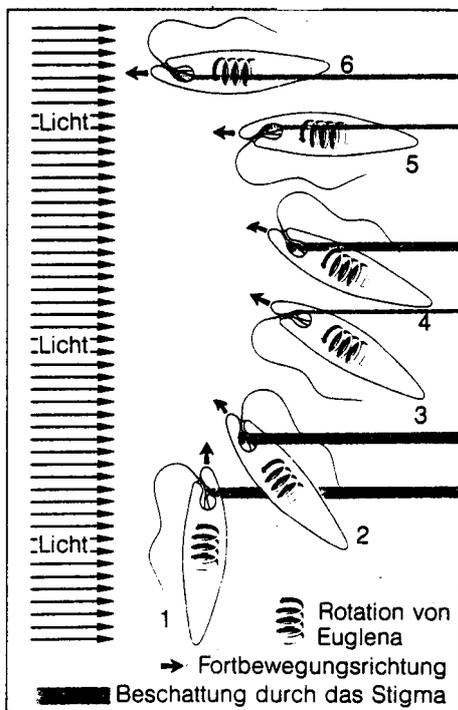


Abb. 5, Phototaxis bei Euglena  
(aus Linder)

#### Zu Abbildung 5:

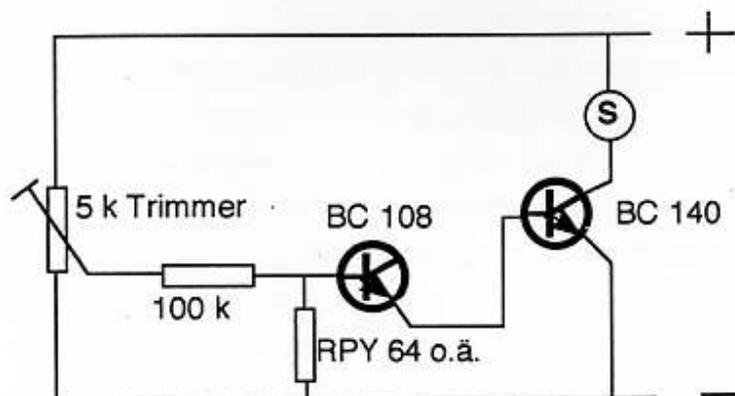
1) Euglena schwimmt mit der Geißel voran und um die Längsachse rotierend quer zum Lichteinfall. Dabei wird der Photorezeptor rhythmisch beschattet. Durch die Beschattung wird eine zunächst ungerichtete Kursänderung ausgelöst.  
2- 7) Durch Richtungsänderung und zunehmend schrägen Lichteinfall wird der steigt die Lichtmenge, die auf den Photorezeptor fällt. Euglena verstärkt so lange die Kursänderung, bis schließlich das Licht von vorn auftrifft und die Beschattung gänzlich unterbleibt (8).

Mit einer elektronischen Schaltung lässt sich das Orientierungsvermögen Euglenas spielerisch erfahren. Der Lichtrezeptor der Zelle wird durch einen **Fotowiderstand** nachgebildet. Dieses Halbleiterbauelement zeichnet sich dadurch aus, dass dessen elektrische Leitfähigkeit etwa proportional zur Beleuchtungsstärke steigt. Wird der Fotowiderstand beleuchtet, sinkt sein Widerstand. Der Strom steigt an.

Mit einer 2-Transistor-Dunkelschaltung lässt sich diese Eigenschaft nutzen. Die folgende Schaltung wurde KILGENSTEIN, "Einführung in die Elektronik durch Experimente" entnommen und geringfügig verändert:

Sie kann mit einer 9-Volt Blockbatterie oder einem Akku betrieben werden.

Mit dem 5 k-Ohm Trimmer (regelbarer Widerstand) wird der Schwellenwert der Schaltung eingestellt. In beleuchtetem Zustand darf der Summer gerade nicht ertönen. Der Fotowiderstand ist jetzt niederohmig, der Strom wird nach Masse (-) abgeleitet. Wird der Fotowiderstand jetzt beschattet, erhöht sich schlagartig sein elektrischer Widerstand. Der erste Transistor bekommt genug Steuerstrom und steuert den zweiten an.



Dieser lässt den Strom für den Summer passieren.

Die Schaltung wird in eine "Kunst-Euglena" aus einer Zwei-Liter-Plastikflasche eingebaut. Eine helle Leuchte (z.B. ein Tageslichtprojektor) wird im sonst völlig verdunkelten Klassenraum aufgestellt. Solange der Fotowiderstand beleuchtet ist, wird nichts zu hören sein. Der

"Photorezeptor" wird in aber bestimmten Lagen vom "Stigma" (aus Isolierband) beschattet oder ist ganz vom Licht abgewandt. In diesen Fällen ertönt der Summer. Aufgabe eines Schülers, dem man die Augen verbunden hat, ist es, die "Kunst-Euglena" langsam um die Längsachse zu drehen und sich dabei langsam im Raum zu bewegen. Ein Ertönen des Summers gilt als Signal für eine notwendige (ungerichtete) Kursänderung.

## 8. - Euglena in verschiedenen Schulstufen

Klasse 1 - 4	Grüne Pfützen, Untersuchung mit der Wassertropfenlupe/Lupe
Klasse 5 - 6	<ul style="list-style-type: none"><li>- Euglena als einzelliges Lebewesen</li><li>- Einführung in das Mikroskopieren, Anfertigen eines Nasspräparats</li><li>- Zeichnen unter dem Mikroskop</li><li>- Euglena: Tier oder Pflanze ?</li><li>- Versuche mit der Lichtfalle</li><li>- Kennzeichen der Lebewesen: Bewegung, Reizbarkeit, Wachstum, Fortpflanzung, Stoffwechsel (hier: Ernährung)</li></ul>
Klasse 7 - 10	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nahrungskette: Einsetzen von Wasserflöhen oder Hüpferlingen in die Kultur, - Mikroskopieren des Darminhalts</li><li>- Größe der Einzeller, Vergleich mit Haaren und Millimeterpapier, Arbeit mit dem Mikrometer</li><li>- Ansetzen und Beobachtung einer Kultur</li><li>- Zellteilung</li><li>- Euglena schreibt ihren Namen</li><li>-</li></ul>
Klasse 11-13	<ul style="list-style-type: none"><li>- Euglena als Wassergüteanzeiger</li><li>- Untersuchung des natürlichen Biotops und/oder des Kulturmediums-Reaktion auf unterschiedliche Farben</li><li>- Autotrophie und Heterotrophie, Ansetzen und Beobachten von Mangelkulturen</li><li>- Phototaktische Reaktion, Funktionsmodelle</li><li>- Kontraktile Vakuole, Osmose und Pfeffersche Zelle</li></ul>

## 9. - Entlehbare Materialien zum Thema "Euglena"

Bitte mindestens 2 Tage vor Abholung unter Angabe der Katalognummer  
(Arbeitshilfe 0.3) bestellen!

### 9.1 – Ausleihbares Untersuchungsgerät

- 1.1.8 Standglas, flach (Küvette), 2 cm tief, 12 cm hoch, 10 cm breit
- 1.1.15 Petrischale aus Kunststoff
- 1.2.4 Planktonnetz, Maschenweite 63 µm (Oberstufe)
- 1.3.1 Mikroprojektor, Prado Horizontal- und Vertikalmikroskopie
- 1.3.2 Exkursionsmikroskop mit Kondensorleuchte, Vergrößerung bis 400fach
- 1.3.3 Schüler-Mikroskop, Vergrößerung bis 450fach
- 1.3.4 Schüler-Mikroskop, Vergrößerung bis 600fach
- 1.3.5 Ansteckleuchte 220 V
- 1.3.6 Verteilersteckdose, 2m Kabel
- 1.3.7 Kreuztisch mit 2 Teilungen, 1/10 mm Nonius
- 1.3.9 Okularmikrometer
- 1.3.10 Objektmikrometer zum Eichen von 1.3.9
- 1.3.11 Zeiger-Okular, Vergrößerung 10fach zur wechselseitigen Lehrer-Schülerkontrolle
- 1.3.12 Öl-Immersionsobjektiv 100:1, n.A. 1.30 mit Öl und Reinigungsmittel
- 1.3.20 Glühlampe rot
- 1.4.3 Pipette, spitz
- 1.4.4 Pipette, schräg, weit
- 1.4.7 Präpariernadel
- 1.4.12 Impföse in Wechselhaltern
- 1.4.15 Objekträger
- 1.4.17 Deckgläschen
- 1.6.2 Lichtmesser (Luxmeter) 1 - 100000 Lux
- 1.6.26/A Wasseruntersuchungs-Grundkasten (Sauerstoff, pH-Wert, Gesamthärte) mit Anleitung
- 1.6.26/B Wasser-Untersuchungskoffer (Nitrit, Nitrat, Ammonium, pH-Wert, Carbonathärte, Sauerstoff, Phosphat, Öl), mit Anleitung
- 1.6.27 Bestimmen des freien Sauerstoffes im Wasser
- 1.6.30 Autoklav zum Sterilisieren der Arbeitsgeräte (wichtig bei Reinkulturen!)
- 1.10.3 Handzentrifuge zum Anreichern 2 mal 15 ml, 2000 U/min
- 2.5.1 Vaseline (10 g)
- 2.6.1 Biologische Tusche (10 ml) nach Burri
- 2.6.6 Kresylviolett (1 g) für bunte Vitalfärbung
- 2.6.7 Neutralrot (0,5 g)
- 2.7.1 Methylenblau B (10 ml)
- 3.1.4 Standard-Nähragar (25 g)
- 3.3.1 Stickstoff-, Phosphor-, Kali-, Kalk- und Volldünger
- 3.4.1 Garten-, Komposterde
- 4.1 Getreidesamen für die Zucht
- 6.2.3 **Euglena**
- 7.4.6 Euglena (Mikrodauerpräparat)

## 9.2 - Ausleihbare Literatur (Gruppensätze)

Arbeitshilfe 1.13 des Schulbiologiezentrums Hannover: "Mikroskopie"

9.2	Barndt/Bohn:	Hilfen zur biologischen und chemischen Gütebestimmung von Fließgewässern
9.2	Dietle:	Das Mikroskop in der Schule
9.2	Stehli:	Mikroskopie für jedermann
9.2	Vater-Doberstein/Hilfrich:	Versuche mit Einzellern
9.4	Streble/Krauter:	Das Leben im Wassertropfen

## 10.- Literatur (Auswahl)

Mit "\*" gekennzeichnet: In der Bibliothek des Schulbiologiezentrums einsehbar.

GRELL	Protozoologie, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1968, 2. Aufl. *
KILGENSTEIN	Einführung in die Elektronik durch Experimente, Richard Pflaum Verlag, München 1979
LIEBMANN	Handbuch der Frischwasser und Abwasserbiologie, Band 1, 2.. Aufl., R. Oldenbourg Verlag, München 1962 *
MAYER	Kultur und Präparation der Protozoen, Kosmos-Verlag, Stuttgart 1966*
SCHNABEL	Der Einfluß von Licht auf die circadiane Rhythmik von <i>Euglena gracilis</i> bei Autotrophie und Mixotrophie, Dissertation, Eberhard-Karls-Universität, Tübingen 1968*
STREBLE/KRAUTER	Das Leben im Wassertropfen, Mikroflora und Mikrofauna des Süßwassers, Franckh'sche Verlagshandlung Stuttgart 1976, *
VATER-DOBERSTEIN/ HILFRICH,	Versuche mit Einzellern, Experimentierbuch für Lehrer und Schüler, Franckh'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1982 *
Zeitschrift Mikrokosmos (Jahrgänge 1976-93)*	

Ingo Mennerich,  
Schulbiologiezentrum Hannover

1. Auflage Dezember 1994  
2. Auflage Dezember 2003