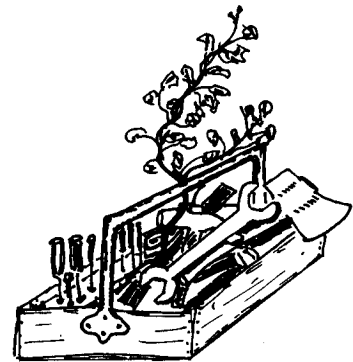


Unterrichtsprojekte Natur und Technik

Hrsg.: Landeshauptstadt Hannover, Schulamt
Schulbiologiezentrum
Vinnhorster Weg 2
30419 Hannover; Tel. : 168-7665/7

19.24

Für fachübergreifenden Unterricht,
Arbeitsgemeinschaften, Projektwochen
und Schullandheimfahrten:



Anleitung zum Aufbau des Newton-Spiegelteleskops



Spiegelteleskop:
Tubus, Montierung und Stativ

Einleitung:

Wir alle wissen, daß der Mond von Kratern übersät ist, daß die Sonne Flecken hat, daß Jupiter vier große Monde und Saturn Ringe besitzt. Wir haben phantastische Bilder von fernen Kugelsternhaufen, Gasnebeln und fernen Milchstraßensystemen gesehen, im Fernsehen, in Zeitschriften oder Schulbüchern. Kaum jemand von uns allerdings hat diese Objekte mit den eigenen Augen gesehen, geschweige denn, sie selbst am Himmel aufgesucht. Dabei sind astronomische "Tiefenblicke" durchaus populär, was die Vielzahl der Besucher in Volkssternwarten und Planetarien beweist. Leider ist das Thema Astronomie in der Schule noch zu einem Eckendasein verdammt und zielt kaum auf das aktive Erfassen von Phänomenen am Himmel. Oft werden nur Auffassungen und Gesetze vermittelt, die zwar nach naturwissenschaftlichen Kriterien für "wahr" befunden worden sind, sich aber einer sinnlichen und emotionalen Beziehung entziehen. Der Schüler hat in der Regel kaum die Chance, sich durch eigene Beobachtungen ein astronomisches Weltbild zu schaffen. Was er lernt, sieht er nicht und was er am Himmel sieht, wird in der Schule nicht zum Thema.

Da wir als "Kinder des Kosmos" (Hoimar von Ditfurth)

unsere Heimat nicht nur auf der von uns so bedrohten Erde, sondern inmitten des (undendlichen?) Alls haben, meinen wir, daß wir den Blick auch für die Dinge außerhalb unseres Planeten schärfen sollten.

Wir haben zu (Schul-)astronomischen Themen eine Reihe von Fort- und Weiterbildungsveranstaltungen durchgeführt. Seit 1994 verfügen wir über ein 114mm Spiegelteleskop, daß wir auf Anfrage an Schulen im Raum Hannover ausleihen.

Gerne würden wir Ihnen das Gerät im aufgebauten Zustand herausgeben. Leider benötigt es so zuviel Platz und wir wollen die Kreis der Nutzer nicht auf die Lieferwagenbesitzer beschränken.

Schulbiologiezentrum Hannover Arbeitshilfe 19.24

Darüber hinaus sind die optischen und mechanischen Teile des Teleskops recht empfindlich gegen Stöße und auch ein Lieferwagen muß einmal scharf bremsen. So haben wir das Gerät in zwei stabile mit hartem Schaumstoff gefütterte Holzkoffer gepackt.

Dem Teleskop ist eine ausführliche Bedienungsanleitung der Herstellerfirma VIXEN beigelegt. Sie gibt leicht verständliche Hilfestellungen für den Aufbau und Betrieb. Sie aber brauchen nicht, wie wir nach dem Kauf, *alle* Elemente neu zusammensetzen. Es reicht, wenn Sie

- a) die sog. Montierung, mit der Sie das eigentliche Teleskop in alle Richtungen schwenken können, sicher auf das Stativ setzen und
- b) den Tubus mit den beiden Rohrschellen mit der Montierung verbinden können

Einzelheiten dazu entnehmen Sie bitte dem folgenden Text:

Wenn Sie das Teleskop bei uns abholen (mindestens zwei Werktage vorher bestellen!), erhalten Sie zwei Koffer.

Im kleineren der beiden Koffer finden Sie:

- den **Tubus**, ca. 80 cm lang mit zwei **Rohrschellen** zur Befestigung an der Montierung (mit großer Staubschutzkappe)
- einen **Okularstutzen** und ein **Okular** 12,5 mm (mit Staubschutzkappen)
- das **Sucherfernrohr** mit Halterung (mit Staubschutzkappen)

Im großen Koffer befindet sich

- die sogenannte **Montierung** mit dem Gegengewicht
- das dreibeinige **Holzstativ** mit (locker) aufgesetztem **Stativadapter**
- das weißlackierte **Ablagetischchen** mit Schrauben und Flügelmuttern

Aufbau des Teleskops:

Stellen Sie das Stativ auf eine waagerechte, rutschfeste Unterlage. Achten Sie darauf, daß der metallene Stativadapter fest auf den Stativbeinen sitzt (Flügelmuttern ggf. anziehen!). Setzen Sie das weiße Ablagetischchen zwischen die Stativbeine. Auch hier müssen die Flügelmuttern fest angezogen sein, sonst wird das Stativ unter der Last des Teleskops auseinandergedrückt.

Heben Sie die Montierung vorsichtig (sie ist schwer, weil aus Metall!) aus dem großen Koffer. An der Unterseite befindet sich eine Platte mit einer großen Knebelschraube (schwarzer Plastikknopf). Drehen Sie die Schraube (gegen den Uhrzeigersinn) ganz heraus (dabei auf die Unterlegscheibe achten!).

An der Montierung befinden sich drei silbrig glänzende Hebel, ein großer und zwei etwas kleinere. Achten Sie darauf, daß Sie für die folgenden Schritte fest angezogen sind.

Setzen Sie jetzt die Montierung auf den Stativadapter, so daß der mit zwei Kreuzschlitzschrauben am Adapter befestigte Zapfen in die Mitte zwischen die beiden Schrauben der Azimutfeineinstellung (s.u.) greift. Keine Angst, es gibt nur eine Möglichkeit!

Drehen Sie die beiden Schrauben gut fest. Jetzt drehen Sie die vorhin herausgelöste Knebelschraube (s.o.) mit der Unterlegscheibe wieder in die Gewindebohrung der Montierung ein. Die Montierung sollte jetzt fest auf dem Stativ sitzen.

An der, der Gewindestange mit dem Gegengewicht gegenüberliegenden Seite finden Sie eine längliche Platte, die sogenannte Wiege. Auf ihr soll der Tubus des Teleskops lagern.

Halten Sie den Tubus gut fest (!), ein verlässlicher Helfer kann hier gute Dienste leisten. Schieben Sie die beiden schwarzen Rohrschellen von beiden Seiten auf die Wiege zu. Die schwarzen Knebelschrauben der Rohrschellen sollten dabei fast ganz herausgedreht sein (Achtung, nicht ganz herausdrehen, denn sonst müßten Sie sie, mit dem Teleskoptubus in der einen Hand, nachher wieder in das Gewinde hineindrehen!).

Die Knebelschrauben finden ihr Widerlager in den beiden kleinen silberglänzenden, etwas eingetieften Metalltellern am jeweiligen Ende der Wiege. Ziehen Sie die Knebelschrauben nicht zu fest, sonst bekommt der Tubus Beulen, was zur optischen Qualität des Teleskops nicht beeinträchtigt, aber genausowenig schön aussieht, wie Beulen an Ihrem Auto.

Machen Sie sich mit dem Teleskop vertraut, bevor Sie es im Unterricht einsetzen:

Schulbiologiezentrum Hannover Arbeitshilfe 19.24

Wir empfehlen Ihnen, das Gerät an einem ruhigen Wochenende für sich zu testen. Lesen Sie unsere Arbeitshilfe gründlich durch, bauen Sie das Teleskop in Ruhe auf und beobachten Sie Objekte auf der Erde und am Himmel. Machen Sie sich klar, welche Funktionen die Klemmen, Drehachsen und Teilkreise der Montierung haben. Nur mit Ruhe und Spaß an der Sache werden Sie lernen, das Gerät auch im Dunkeln sicher zu bedienen. Abgesehen davon, daß Sie, wenn Sie Fragen haben, natürlich mit unserer Unterstützung rechnen können, bieten wir im Rahmen unserer "**Minikurse**" immer wieder Einführungsveranstaltungen an.

Ein erster Blick durchs Teleskop:

Testen Sie das Teleskop zunächst an einem feststehenden, irdischen Objekt. Das kann z.B. eine Kirchturmspitze sein. Dazu müssen Sie natürlich zunächst die Staubschutzkappen abziehen, die Sie nach Gebrauch des Gerätes wieder aufsetzen (!). Stellen Sie das Stativ zunächst so auf, das die Öffnung des Teleskops grob in die Richtung unseres "Ziels" zeigt. Das weiße "N" auf dem Stativadapter können wir hier noch ignorieren, es muß erst für die Beobachtung von sich ja durch die Erddrehung scheinbar bewegten Himmelsobjekten nach Norden zeigen.

An der Montierung befinden sich drei silberglänzende Klemmen.

Lösen Sie durch Drehen gegen den Uhrzeigersinn die **Polhöhenklemme** (die größte der Klemmen!), die anderen beiden sollten noch fest sein. Jetzt können Sie die Hauptachse der Montierung, die sog. Polachse in der Gabel frei schwenken. Kippen Sie diese Polachse in die Senkrechte. Der schwarze runde Plastikverschluß muß also nach oben zeigen. Ziehen Sie die Polhöhenklemme wieder fest an. Jetzt können Sie das Teleskop wie ein Aussichtsfernrohr benutzen. Die "normale" PolhöhenEinstellung (s.u.), bei der die Polachse auf den Polarstern zeigt, ermöglicht ein Nachführen bei, durch die Erddrehung scheinbar bewegten Himmelsobjekten.

Das abwechselnde Lösen der beiden anderen Klemmen ermöglicht ein Schwenken in der Horizontalen (untere Klemme) bzw. in der Vertikalen (obere Klemme). Die untere wird als **Rektaszensionsklemme**, die obere als **Deklinationklemme** bezeichnet (s.u.) Neben diesen beiden Klemmen finden Sie jeweils einen schwarzen Justierknopf, der obere ist an einer Stange befestigt. Wenn Sie das Teleskop in etwa auf den Kirchturm geschwenkt haben, ziehen Sie die Klemmen wieder fest an. Mit den beiden Justierknöpfen können Sie die Tubusachse jetzt abwechselnd nach links und rechts bzw. nach oben und unten "wandern" lassen.

Blicken Sie durch das Okular. Wahrscheinlich wird die Kirchturmspitze, wenn sie erst einmal gefunden ist, verschwommen erscheinen. Mit den Triebrädern am Okularstutzen stellen Sie das Bild, wie beim Mikroskop, scharf. Wenn Sie eine Brille tragen, sollten Sie diese abnehmen weil Sie das Sehfeld nur unnötig einengt.

Ist das Bild erst einmal scharf, werden Sie feststellen, daß es, anders als bei einem Aussichtsfernrohr oder einem Fernglas auf dem Kopf steht und seitenverkehrt ist.

Justieren des Sucherfernrohrs:

Das Sucherfernrohr kann, besonders nachts, große Dienste leisten. Es hat bei kleiner Vergrößerung ein großes Gesichtsfeld, d.h. den großen Überblick und ein Fadenkreuz zum exakten Anpeilen eines Objekts. Wenn Sie zwischen hunderten von Sternen etwa einen bestimmten Planeten ins Blickfeld ihres Teleskops nehmen wollen, dann sollten Sie genau "zielen" können. Andernfalls wird das Suchen zu einer mühseligen und zeitaufwendigen Plackerei.

Das Einstellen des Sucherfernrohrs ist einfach, es erfordert nur etwas Zeit und Geduld. Die Vorteile nachher machen den Einsatz aber schnell wieder wett. Das Teleskop ist noch immer auf die Kirchturmspitze gerichtet. Diese bleibt dort wo sie ist, im Gegensatz zu einem Stern etwa, der längst aus dem Sehfeld herausgewandert wäre. Bringen Sie die Spitze möglichst genau in die Mitte und schauen jetzt durch das Sucherfernrohr. Wenn Sie Glück haben, Ihr Vorgänger es mit der Einstellung also sehr genau genommen hat und alle beim Abbau, Transport und Wiederaufbau des Geräts sehr behutsam waren, dann befindet sich die Kirchturmspitze exakt im Schnittpunkt des Fadenkreuzes. Wenn nicht, dann sollten Sie nachjustieren. An der Haltevorrichtung des Sucherfernrohrs befinden sich drei Justierschrauben mit Feststellmutter. Durch abwechselndes Lösen und Festziehen bringen Sie die Kirchturmspitze genau in die Fadenkreuzmitte. Natürlich müssen alle drei Justierschrauben nach erfolgter Einstellung wieder

fest angezogen sein. Wie gesagt, es wird eine gewisse Zeit dauern, bis es soweit ist, die Mühe lohnt sich aber. Im übrigen hat es wenig Sinn, wenn wir Ihnen diese Arbeit vorher abnehmen. Selbst wenn Sie das Teleskop mit einem gut eingestellten Sucherfernrohr bei uns abholen würden, wäre es nach Transport und Aufbau meistens wieder verstellt.

Trockenübungen für Beobachtungen am Himmel:

Bedingt durch die Eigenrotation der Erde scheinen Sonne, Mond, Planeten und Sterne von Osten nach Westen über den Himmel zu wandern. Sie beschreiben dabei Bögen, die, beginnend im Aufgangspunkt am östlichen Horizont aufsteigend über eine gedachte Nord-Süd-Linie (den Meridian) und von dort absteigend bis zum Untergangspunkt am westlichen Horizont verlaufen. Einer solchen bogenförmigen Bewegung können wir mit einer "normalen" Fernrohrmontierung, die nur auf- und abwärts- bzw. links- und rechtsgerichtete Schwenks zulässt, nur mit großer Mühe folgen. Der "Trick", dessen sich ein astronomisches Fernrohr bedient, ist die sogenannte parallaktische Montierung. Hier wird die ursprünglich horizontale Schwenkebene um einen bestimmten Winkel geneigt. Dieser Winkel ist gleich der geographischen Breite des Beobachtungsortes, oder was auf das gleiche hinausläuft, die Höhe des Polarsterns über dem Nordhorizont.

Stellen wir die Montierung ein und machen uns ihre Wirkungsweise durch eine praktische Aufgabe klar.

Die geographische Breite Hannovers ist $52,4^\circ$ N. Lösen Sie die Polklemme und schwenken Sie die horizontale Achse so weit, bis wir an der Polhöhenkala einen Winkel von 52° ablesen. Drehen Sie das Stativ so, daß das "N" am Stativadapter exakt nach Norden zeigt (Kompaß!). Wenn wir ganz genau vorgehen müßte die Polachse auf den Polarstern zeigen. Die Herstellerfirma des Teleskops bietet zur genauen Justierung auf den Polarstern ein Polsucher-Fernrohr mit Fadekreuz an, daß in die Polachsenbohrung der Montierung eingesetzt werden kann (Hier befindet sich in unserem Falle eine schwarze runde Plastikkappe). Für unsere Zwecke ist eine derart exakte Ausrichtung kaum notwendig. Ziehen Sie die Polklemme nach erfolgter Einstellung wieder fest an! Auch die Polhöhenfeineinstellung (lange Schraube mit Flügelmutter) muß wieder festgezogen werden.

An dieser Stelle ein paar Sätze zur **Deklination** eines Himmelskörpers. Unter der Deklination versteht man den Abstand zum Himmelsäquator, gerechnet in Winkelgraden. Der Himmelsäquator ist eine unsichtbare Linie, auf der alle Himmelskörper liegen, die im Laufe eines Tages einmal genau senkrecht über dem Erdäquator stehen. Von uns aus gesehen erreicht diese Linie eine maximale Höhe von $90^\circ - 52,4^\circ = 37,6^\circ$ über dem Horizont (Über dem Äquator entspricht dies einem Horizontabstand von 90° und an den Polen 0°). Die Deklination eines Fixsterns liegt praktisch fest und ist aus Sternkarten und -katalogen leicht zu ermitteln. Der Polarstern z.B. hat eine Deklination von fast 90° , der hellste Stern am Himmel, der Sirius liegt bei -17° . Er steht also nur für Beobachter, die sich 17° südlich des Äquators aufhalten, einmal senkrecht über ihren Köpfen (man sagt im Zenit)

Lösen Sie die Deklinationssklemme und neigen Sie den Tubus. Schauen Sie dabei auf die siberglänzende Deklinationsskala. Sie ist in Winkelgrade von 90° über 0° bis 90° eingeteilt. Ziehen Sie die Klemme bei einem Wert von 0° wieder fest. Der Tubus zeigt jetzt auf den Bogen, auf dem alle Himmelskörper mit der Deklination 0° liegen.

Lösen Sie jetzt die Rektaszensionsklemme und schwenken Sie den Tubus, bis die Öffnung horizontal liegt. Nachdem Sie die Klemme wieder festgezogen haben drehen Sie jetzt im Uhrzeigersinn an der dazugehörigen Justierung (Das ist der schwarze Drehknopf, der auf der kurzen Welle sitzt). Der Tubus beschreibt dabei einen aufsteigenden Bogen, der von einer bestimmten Höhe an wieder absteigt und zunächst am westlichen Horizont endet. Dann liegt der Tubus wieder horizontal.

Bei dieser Übung haben wir den Weg der Sonne verfolgt, die sie zum Zeitpunkt der Tag- und Nachtgleiche zum Frühlings- bzw. Herbstbeginn beschreibt. Dann nämlich zieht sie an einem auf dem Äquator liegenden Ort mittags durch den Zenit. Bei uns geht sie dann genau im Osten auf und im Westen unter.

Unter Rektaszension verstehen wir den Ort auf dem oben beschriebenen Bogen. Der eine Stern geht bei seiner täglich umlaufenden Scheinbewegung dem anderen voraus. Ihre Positionen werden, vom "Frühlingspunkt" der Sonne aus gerechnet in Stunden, Minuten und Sekunden angegeben. Für eine nähere Betrachtung verweisen wir auf das Begleitheft der Firma VIXEN. Das gilt auch für die Berechnung des "Stundenwinkels", mit Hilfe dessen wir die Position des Sterns am Himmel im Prinzip "blind" einstellen können. Wer sich in dieses schon komplexere Thema hineindenken möchte, dem steht eine Fülle weiterführender Literatur zur Verfügung, so. z.B. der KOSMOS-Naturführer "Schau mal in die Sterne", der auch Laien viele gute und leichtverständliche Starhilfen gibt.

Wieviel mal vergrößert das Fernrohr?

Da dies sicherlich die häufigste Frage Ihrer Schüler sein wird, werden wir diesem Gesichtspunkt einen eigenen Abschnitt widmen.

Die Vergrößerung beträgt, so wie Sie das Gerät vor sich haben, 72mal. Dies scheint, besonders im Hinblick auf die Größe des Instruments nicht sehr viel zu sein. Hierzu ist folgendes zu sagen: Es kommt nicht in erster Linie auf die Vergrößerung sondern auf das Auflösungsvermögen, d.h. die Bildschärfe an. Man denke an die billigen Kaufhaus-Mikroskope mit 1000facher Vergrößerung, die schon bald in die hinterste Ecke gestellt werden, weil auch sie Unscharfes durch rasante Vergrößerung nicht in scharfe Bilder verwandeln können. Eine 72fache Vergrößerung ist in vielen Fällen durchaus ausreichend, in einigen Fällen sogar schon zu viel.

Nun können wir die Vergrößerung durch Verwendung kurzbrennweitiger Okulare heraufsetzen. Dies ist aber, wie bei Mikroskopen, nur innerhalb bestimmter, vom Objektiv gesetzter Grenzen sinnvoll

Um ein wenig hinter die Begriffe Vergrößerung und Auflösungsvermögen steigen zu können, bedarf es einiger theoretischer Überlegungen.

Vergrößerung:

Die Vergrößerung errechnet sich aus dem Quotienten von Objektivbrennweite und Okularbrennweite

$$V = f_{ob}/f_{ok}$$

Das R 114 S hat eine Spiegelbrennweite von 900 mm

Das zugehörige orthoskopische Okular hat eine Brennweite von 12,5 mm

$$V = 900/12,5 = 72\times$$

Auflösungsvermögen:

Unter Auflösungsvermögen verstehen wir die Fähigkeit eines optischen Systems, zwei Punkte, die aus der Beobachterperspektive in einem bestimmten Winkelabstand zueinander stehen, noch getrennt wahrzunehmen. Befinden sich die Punkte näher beieinander verschmelzen sie optisch zu einem.

Das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges ist < 1 Bogenminute ($'$). Eine Bogenminute ist der 60ste Teil eines Winkelgrades ($^{\circ}$). Drehen wir uns einmal um die eigene Achse, überstreichen unsere Augen 360 Winkelgrade. Eine Bogenminute ist also der 3600ste Teil eines Vollkreises.

Mit einem Taschenrechner können wir Begriffe wie Winkelgrad, -minute und -sekunde leicht in anschaulichere Beispiele verwandeln. Wie groß erscheint uns z.B. ein Markstück aus verschiedenen Entfernungen?

Hier gilt die Formel

$$\tan \alpha \times l = h \text{ bzw. } l = h / \tan \alpha$$

wobei α der Winkel am Beobachtungsort, l die Entfernung zwischen Auge und Markstück und h die Breite der Münze ist. Ein Markstück hat einen Durchmesser von 2,35 cm.

Wie weit muß das Markstück entfernt sein, damit es unter einem Sehwinkel von 1 Grad erscheint?

$$l = 2,35 \text{ cm} : \tan 1$$

$$l = 134,63 \text{ cm}$$

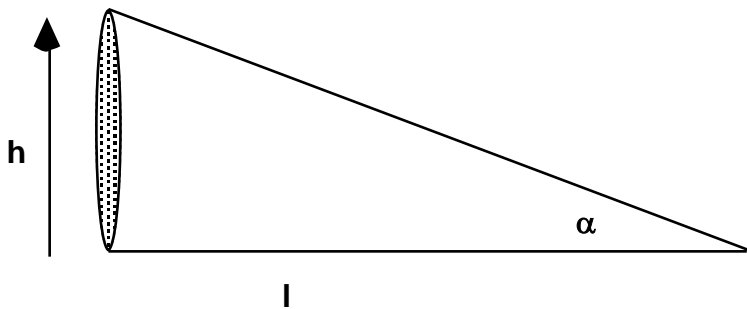
Für eine Bogenminute, den 60sten Teil eines Winkelgrades ergibt sich folgende Rechnung:

$$l = 2,35 \text{ cm} : \tan (1/60)$$

$$l = 8078,7 \text{ cm}$$

Das entspricht 80,79 m Entfernung. Ein Markstück aus rund 81 m Entfernung betrachtet ist also die Grenze, die wir mit bloßem Auge im Normalfall noch auflösen können. Das entspricht einem Abstand von) auf der Retina.

Wenn übrigens zwei Punkte eine Bogenminute weit auseinander zu sein scheinen, werden sie auf der menschlichen Netzhaut in einem Abstand von nur 4-5 μm (4 - 5tausendstel Millimeter) abgebildet.



Vergleiche

Katze	5,5'
Ratte	20'
Fledermaus	3-6°
Wanderfalke	0,4'
Eidechse	11,5'
Grasfrosch	6,9'
Elritze	10,8'

Das **Auflösungsvermögen des Teleskops** ist abhängig vom Objektivdurchmesser (D_{ob}) und der Lichtwellenlänge

Für den gelbgrünen Bereich, für den das menschliche Auge am empfindlichsten ist, gilt näherungsweise

$$A = 120'' / (D_{ob}) \text{ (mm)}$$

Für eine Öffnung von 114 mm gilt

$$A = 120''/114 = 1,1''$$

Mit dem Spiegelteleskop können wir also zwei Punkte trennen, die eine Bogensekunde (``) voneinander entfernt erscheinen.

Eine Bogensekunde ist der 60ste Teil einer Bogenminute

Wie groß ist eine Bogensekunde?

Das ist der Winkel unter dem wir ein Markstück aus 4847222,94 mm Entfernung sehen. Das entspricht 4 km 847 m 22 cm und 3 mm.

Oder (wenn wir das Modell "Das Sonnensystem im Georgengarten" zugrunde legen) eine 0,87 cm große Erbse in 1,8 Kilometer Distanz.

Der Nachvergrößerungsfaktor beträgt $120''/1,1'' = 110\times$

Für die förderliche Vergrößerung gilt also

$V_f = D_{ob} \text{ (mm)}$

Wahres Gesichtsfeld am Himmel: 31´

Okular-Eigengesichtsfeld: 39°

Ingo Mennerich,
Schulbiologiezentrum Hannover,
Unveränderte Erstfassung Oktober 2000