Wie weit ist der Mond von uns entfernt? (1962)

Martin Wagenschein

Quelle: Wagenschein, Martin (1988): Naturphänomene sehen und verstehen.
2. korrigierte Auflage, Stuttgart (Klett-Verlag): 302-308.

„Es ist zum Erstaunen, wie weit ein gesunder Menschenverstand reicht. Es ist auch hier wie im gemeinen Leben: der gemeine Mensch geht hin, wohin der Vornehme mit Sechsen fährt.“ G. Chr. Lichtenberg[1]

Dieses Beispiel aus der Himmelskunde soll zeigen, wie eine allzu ausschließliche Bemühung um Genauigkeit das Verständnis des Wesentlichen einer Beobachtung gefährden oder vergessen machen kann. Wie weit ist der Mond von uns entfernt? Man kann das im Lexikon nachsehen: 384400 km. Man kann es veranschaulichen: etwa 60 Erdradien oder 30 Erddurchmesser. Ist diese Kenntnis, sind überhaupt astronomische Entfernungsangaben für die Schule wichtig? Jedenfalls ist es viel wichtiger, zu verstehen – und das kann man nicht so leicht nachsehen –, woher man „so etwas“ wissen kann! Es ist wichtig, weil die Methode, mit der man den Abstand des Mondes herausbekommt, exemplarisch ist für die sicherste Art, in welcher man die Entfernung aller nicht zu weit entfernter Himmelskörper bestimmt.

Methode I. Fragen wir den Abiturienten (den Volksschullehrer), so antwortet er meist, nach einigem Nachdenken, das gelinge „mit Hilfe der Trigonometrie“. Tatsächlich kommt im Trigonometrie-Unterricht der Gymnasien das Problem als krönende Aufgabe vor. Sie verlangt den Sinus-Satz und den Cosinus-Satz und vorher die Zerlegung eines Vierecks in zwei Dreiecke. Der Abiturient erinnert sich eines mit Logarithmen eng beschriebenen Blattes, an dessen Ende ein recht genaues Ergebnis stand. – Gut, warum nicht. –

Fragt man aber weiter, ob es möglich sei, nun Volksschulkindern ohne Trigonometrie diese Methode grundsätzlich klarzumachen, so meinen die meisten: nein, wohl kaum. Es ist also mit der Einübung der genauen Methode der schlichte Kern der Sache verschüttet worden: nämlich, daß Trigonometrie hier nichts Wesentliches hilft, sondern nur eben die Genauigkeit steigert mit Hilfe der Tabellen, die andere Leute gemacht haben. Diese Tafeln sind aber nur der minutiöse Extrakt eines Vorgehens, das ohne alle Trigonometrie viel reiner verstanden und von jedem Kind sogar praktiziert werden kann. Nicht einmal braucht es die „Ähnlichkeitssätze“ (durch die ja die Tafeln der Trigonometrie ermöglicht werden) dem Wortlaut nach zu kennen. Es braucht nur zu wissen, daß man von einem Haus, einer Stadt, einem Berg ein kleines Bild machen kann, das alle Strecken im gleichen Verhältnis verkürzt und die Form nicht verändert, also auch nicht die Maß-Verhältnisse der Abmessungen zueinander. So ein „ähnliches“ (d.h. formgleiches) Bild ist also in allen

[1] Aus den Sudelheften. Anker-Bücherei, Bd. 37, Stuttgart 1949, S.20.

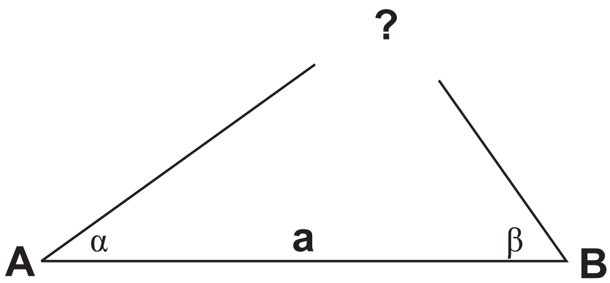

Abbildung 1:

Längen-Abmessungen in demselben Maße (z.B. 10 mal) kleiner als das Original. Vielleicht (wahrscheinlich) erinnert sich der Abiturient daran noch dunkel, wenn man ihm eine frühere Aufgabe nennt, die an der Schwelle der Trigonometrie lag: Wie bestimmt man die Höhe eines Flugzeuges (oder eines Ballons oder eines Meteors) vom Boden aus? Man mißt von 2 Orten A und B des Erdbodens, deren Abstand a bekannt ist, die Winkel α und β, unter denen das Objekt gegen den Boden gesehen wird, und zeichnet sich das so entstehende oben offene Dreieck im verkleinerten Maßstab auf (den man, da a bekannt ist, also kennt). Wo die beiden Visierrichtungen einander schneiden, dort steht der Ballon – auf dem Papier (Abb. 1).

Damit weiß man dann aber auch, wo er in der Wirklichkeit steht; denn man kennt den Maßstab der Verkleinerung. – Dieses Wissen wurde dann im mathematischen Unterricht zwar durchaus stetig in das der Trigonometrie hinübergeführt, aber – obgleich es wichtiger ist als die Trigonometrie – flüchtig und schnell, und dann mit wochenlangen Übungsaufgaben zugeschüttet. (Sie sind deshalb so beliebt, weil man mit ihnen lange Zeit große Massen von Schülern prüfen kann. Es fragt sich nur, ob man das Wesentliche prüft, oder ob man es dem Kult der Genauigkeit geopfert hat.)

Methode II. Nach dieser Erinnerung gelingt es dem früheren Abiturienten leicht, die Frage nach der Mondentfernung ebenso verständnisvoll und unbelastet zu lösen, als hätte er sich nie mit Trigonometrie abgeben müssen. So unbefangen, wie auch der Volksschüler ist.

Unvergeßlich ist mir (wie wohl auch den beteiligten Kindern – 13- bis 17jährigen Jungen und Mädchen, auch Ausländern – mit denen ich – 1947 – in der Odenwaldschule der Mondentfernung nachging) der 3 m lange Streifen Packpapier, der nötig war, um die von mir gegebenen Daten in ein verkleinertes Bild hineinzubringen. So weit weg ist der Mond! Die Daten: Ein Beobachter in Berlin sieht den Mond im Süden 57°55' über seinem Horizont, während gleichzeitig ein anderer in Kapstadt denselben Mond im Norden sieht und 34°17' über seinem Horizont. Es ist nötig, daß diese „Daten" sehr langsam und anschaulich „gegeben" werden. Ein Globus wird als freie Kugel aus seinem Gestänge herausgenommen. Erst lassen wir Berlin „oben" sein und montieren ein Streichholz als den Berliner mit Klebwachs fest, zur Sicherheit auf einem Bierdeckel, der seinen Berliner Horizont bedeutet. Ein zweites Streichholz, in denselben Sockel schräg gesteckt, deutet auf den Mond. Dann kommt Kapstadt nach oben, und dort geschieht das Entsprechende. Dies alles nur zur Veranschaulichung dessen, was man weiß. – Wie weit Kapstadt von Berlin entfernt ist, sagt der Globus auch: etwa 1/4 Erdumfang, genauer: 86°27'[2].

[2]Die Zahlen sind entnommen aus: H. C. E. Martus, Astronomische Erdkunde. 3. Aufl., Dresden u.

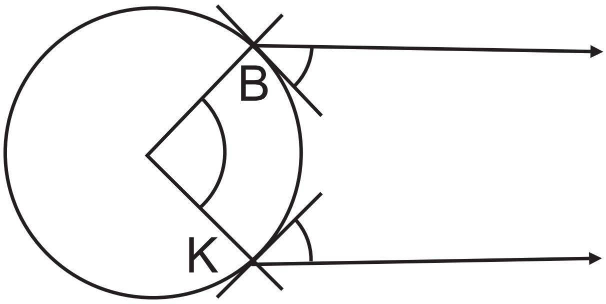

Abbildung 2:

Und die Kinder sehen nun sofort, wie die beiden, der Berliner und der Kapstädter, den Mond „in die Zange bekommen“ (Abb. 2). Sie machen auf Packpapier eine Zeichnung, so genau sie können – der Erddurchmesser wird willkürlich gewählt, vielleicht 10 cm – und greifen dann mit diesem Durchmesser die Strecke bis zum Schnitt der Visierlinien ab: 30 Erdkugeln übereinander bauen den Turm zum Mond.
Ändert sich an einem der 3 bekannten Winkel eine Kleinigkeit, so rutscht der Mond weit hin und her. Deshalb ist es sehr wichtig, daß man diese Zeichnung mehrmals, von verschiedenen Gruppen, machen läßt. Jede bekommt etwas (ein wenig) anderes heraus. Jedes halbe Grad, um das man falsch zielt, jagt den Mond im Raum um Hunderte oder Tausende von Kilometern umher. *Das* ist die Schule der Genauigkeit. Es kommt nicht darauf an, daß wir, mit logarithmischen und trigonometrischen Tafeln rechnend, an Formel-Automatismen hantierend, zusammen einen Wert herausbekommen, der sich „sehen lassen kann“, sondern daß wir merken, wovon Genauigkeit abhängt. Zu einem Teil von uns, unserer persönlichen Sorgfalt, zu einem anderen Teil von der Grobheit oder Feinheit unserer Werkzeuge, dem Bleistift etwa. Und auch das wird bemerkbar, daß eine Gruppe, die einen guten Wert herausbekommt, noch nicht unbedingt darauf stolz sein darf. Es könnte nämlich „Zufall“ sein (indem etwa zwei Fehler sich durch eine glückliche Fügung verdienstlos gegenseitig vernichten). Erst wenn es eine jede Gruppe mehrmals zeichnet und dann den Mittelwert ihrer Ergebnisse vorlegt: Erst dann gibt er ein besseres Maß für die Sorgfalt der Arbeit, wenn man ihn vergleicht mit dem, den „die Gelehrten ausgerechnet haben“.
Das kostet freilich Zeit. Dafür strahlt es aus, wirkt „exemplarisch“, insofern es zeigt, wie „überhaupt“ in der Himmelskunde Entfernungen herauszubringen sind bis zu Gestirnen, zu denen man ja nicht hinlangen kann[3]. Und insofern *spart* es auch wieder Zeit.
Denn wenn es nun später nicht um den Mond geht, sondern um die Sonne oder um einen Stern, so genügt der *Hinweis*, inwiefern man „entsprechend“ vorgehen kann. Selbstverständlich: Nichts würde es schaden, nun auch noch die trigonometrische Form dieser Findung folgen zu lassen. Denn nun kann sie ja nichts mehr zuschütten. Nichts steht dem

Leipzig 1904, S.224.

[3]Vgl. hierzu und zu der Aufgabe überhaupt ausführlichere Darstellungen in: M. Wagenschein, Die Erde unter den Sternen. A. a. 0., insbes. S. 53-56. Die Figuren sind mit freundlicher Erlaubnis des Verlages (dort S. 54 und S. 23) entnommen.– Ebenso: M. Wagenschein, Natur physikalisch gesehen. Westermann, Braunschweig 1975; S. 59ff.

im Wege als Mangel an Zeit. Wenn wir aber diese Zeit nicht haben, so ist klar, was zu opfern ist: nicht der Grundstock, sondern ein *oberes* Stockwerk. Die Auswirkungen des Gymnasial-Unterrichts auf die Volksschule sind hier ganz deutlich. Der Lehrer trägt die Gebrechen des Gymnasiums in sich und gibt sie vervielfacht weiter. Wie oft schaut er nicht mehr auf den Grund seiner ehemals gekonnten Rechenkünste, läßt den Versuch einer Begründung ganz und erzählt nur einfach, der Mond sei so und so weit entfernt, die Gelehrten hätten es so „ausgerechnet".

Methode III. Es gibt eine noch schlichtere, eine dritte Fassung wieder fast desselben Verfahrens. Sie ist noch weniger genau. Aber sie ist dafür vielleicht auch noch schöner, noch unmittelbarer einleuchtend; nämlich nur so umgeformt, daß die „Messung" gar nicht in aller Form geschieht, sondern nur als Verschiebung des Anblicks (Parallaxe) sich darbietet. Man könnte dann etwa so vorgehen: Seht den Mond! Ein kleiner Lampion, hundert Meter hoch? Ein riesiger Glasball, sehr hoch? Man sieht es ihm nicht an. Gestern, als er im Schleier des feinen Gewölks verfangen schien, da sah er niedrig und also klein aus, weit vor der Sternkuppel schwebend. Aber es gibt klare Nächte, wo er von ganz hinten her sein Licht durch ein vordergründiges Sternen-Netz zu schicken scheint. (Und die Vorsokratiker waren denn auch nicht darüber einig: „Anaximandros und andere gaben an, daß ganz zuoberst die Sonne sich befinde, danach komme der Mond, unter ihm aber die Fixsterne und die Planeten." [4]) Nichts sieht man ihm an! Vielleicht kommen die Kinder darauf, was man in solchen Fällen macht, um zu spüren, ob er nah oder weit ist.
Vielleicht hilft ihnen ein Graf-Bobby-Witz. Graf Bobby kommt dazu, wie andere auf einem Rasen stehen und zurückgelegten Kopfes einen Kometen betrachten: „Aber meine Herrschaften", sagt er, „wie unbequem! Treten sie doch ein paar Schritte zurück!"
Ein anderer Hinweis: ein kleines Stückchen schwarzes Papier, an die Fensterscheibe geklebt und aus der Tiefe des Zimmers einäugig betrachtet: Ist das nun eine Fliege auf der Scheibe oder eine schwarze Kuh auf dem fernen Wiesenhang, der draußen, weit vor den Fenstern ansteigt? Was machen sie, die Kinder? Sie rucken mit dem Kopf hin und her. Wenn die Fliege mitgeht mit dem Kopf, dann ist sie eine Kuh! Das Nahe bleibt zurück. Wie die Telegraphenstangen beim Eisenbahnfahren. Das Ferne geht mit. Der Mond geht mit. Er rollt über die Gebirgskämme mit uns. Er ist also ferner als das Gebirge. Je vollkommener er mitgeht, desto ferner ist er. Er ist „ziemlich fern", verglichen etwa mit der Gipfelkette der Zentralalpen, die ein west-östlich fahrender nord-schweizerischer Eisenbahnzug sehen läßt.
Aber wir wollten ihn ja mit den Sternen vergleichen, und die gehen auch mit. Wenn er nun näher ist als sie, so darf er nicht so vollkommen mitgehen wie sie. Er muß dann, an ihnen gemessen, doch etwas zurückbleiben.
Es sieht nicht so aus. – Aber vielleicht fahren wir nicht weit genug? Vielleicht müssen wir uns versetzen bis ans andere Ende der Erde?
Da ist also wieder die Reise Berlin-Kapstadt. Man kann es aber auch schon telephonisch erfahren: „Wo seht ihr den Mond? Von Berlin aus sehen wir ihn wie Abbildung 3":
Ich gebe hier den Vorschlag eines Tübinger Studenten weiter, das einmal mit zwei Schulklassen zu versuchen, einer deutschen und einer südafrikanischen. Keine Sternwarte ist nötig. Die Kinder zeichnen, was sie sehen. (Photographieren macht Schwierigkeiten, der

[4] Die Anfänge der abendländischen Philosophie. Zürich 1949, S. 14.

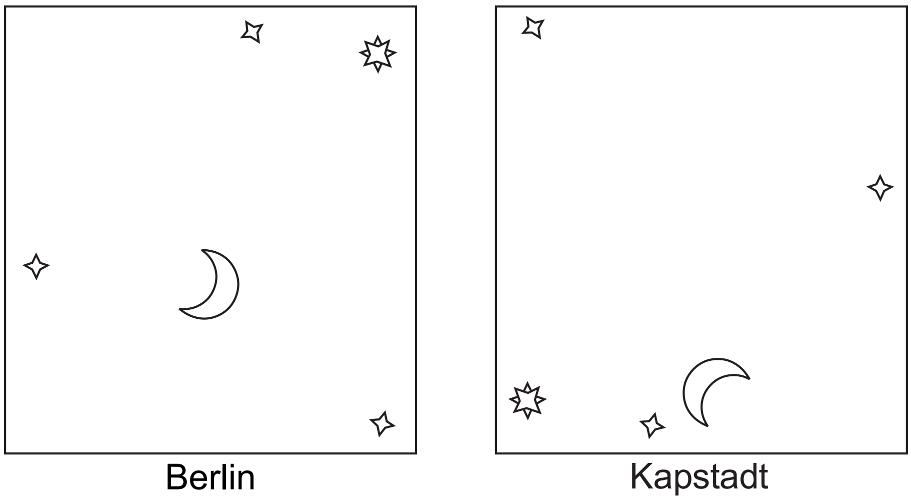

Abbildung 3:

Mond überblendet die Sterne, oder die Sterne werden unterbelichtet.
Es macht ein ganz schönes Stück aus, um das der Mond „springt". (Ich habe es natürlich rückwärts ausgerechnet aus dem bekannten Abstand): Zwei und einen halben Monddurchmesser. Habe ich nicht die Korrespondenz mit der Kapstädter Klasse, so muß ich das den Kindern erzählen. Diese Zahl 2,5 und dazu der Abstand Berlin-Kapstadt, diese zwei Zahlen treten an die Stelle der 3 Winkel des Verfahrens II. (Bei der Vorstellung dieser Verschiebung gibt es eine kleine, vom Wesentlichen unserer Überlegung unabhängige, jedenfalls aber lehrreiche Schwierigkeit: Man denkt erst, es genüge, das Möndchen im Rahmen des Berliner Bildchens einfach nord-südlich zu verrücken. Und es ist ein Kriterium des Verstehens, ob die Kinder merken, daß – ganz abgesehen vom Mond – schon das Sternbild kopfstehen, also oben und unten vertauscht haben muß. Denn was der Berliner oben nennt, im Sternbild, das sieht der Kapstädter seinem Erdboden nahe. – Und, sind auch rechts und links vertauscht? Nach einigem Nachdenken: offenbar! Wohin der auf den Mond blickende Berliner seinen rechten Arm ausstreckt, das ist dieselbe Gegend des Raumes, auf die der Kapstädter mit dem linken deuten muß. Auch der Mond muß natürlich sein Oben und Unten, wie auch sein Rechts und Links vertauschen.)
Eine zweite Klippe: die *Richtung*, in welcher der Mond springt. Wenn er vor den Sternen steht, ist sie umgekehrt, als wenn er hinter ihnen zu suchen ist. Die Erfahrung entscheidet es: vor ihnen! So entsteht das Kapstädter Bild (Abb. 4).
Und das Ergebnis dieser Erfahrung: Wäre die Erde der Kopf eines Riesen, der mit zwei Augen auf den Mond blickte (mit dem einen aus Berlin und dem anderen, 10000 km davon, aus Kapstadt zum Monde aufblickend, hinausblickend), und kniffe er abwechselnd das eine und das andere dieser Augen zu, so sähe er den Mond springen zwischen den Sternen. So weit ist der Mond von der Erde entfernt!
Nicht wahr: Hier wird mit den Zahlen, die in diesen Sätzen stecken (10000 Kilometer [das sind etwa 300 Tagesmärsche] und 2,5 Monddurchmesser) überhaupt nicht gerechnet und auch nichts gezeichnet; es gibt auch keine Zahl als Ergebnis. Alles bleibt in der unmittelbaren Anschauung. Man hat das „Gefühl", wie weit Kapstadt entfernt ist; man

sieht die 2,5 Mondbreiten; und man schätzt, man ahnt dann, wie sehr weit der Weg zum Mond ist. – (Die Methode III ist, auch abgesehen von der Genauigkeit, nicht völlig gleichwertig den beiden ersten: Sie vergleicht den Abstand des Mondes mit dem der Sterne, und den eröffnet sie nicht. Methode II braucht keine Sterne. Sie gelänge auch dann, wenn der Mond allein an einem sternlosen Himmel stünde. Trotzdem scheint mir die Methode III wertvoller zu sein als eine nicht durchschaute trigonometrische Rechnung.)

Der Volksschüler, der das verstanden hat, könnte es seinen Eltern, sollten sie es wissen wollen, erklären. Er kann es im heutigen Stadium der Volksschule nicht. – Und der Abiturient der heutigen Höheren Schule zeigt seinen Eltern eine lange Rechnung, mit der er ihnen (meist) zu Unrecht imponiert. Zu Unrecht und in Unschuld. Denn er merkt oft selber nicht, wie wenig er davon versteht. Kriterium: ob er es auch einfach sagen kann. Genau das wird von ihm verlangt, wenn er Volksschullehrer wird.

Wird er aber nicht Volksschullehrer, sondern Philologe, Jurist, Politiker, Pfarrer, so hat er, meine ich, nicht minder Anspruch auf das in der *einfachsten* Weise gewonnene und deshalb durchsichtige, nicht leicht zu vergessende Verständnis des Grundsätzlichen.

(WagenscheinWieweitistderMondvonunsentfernt.tex)