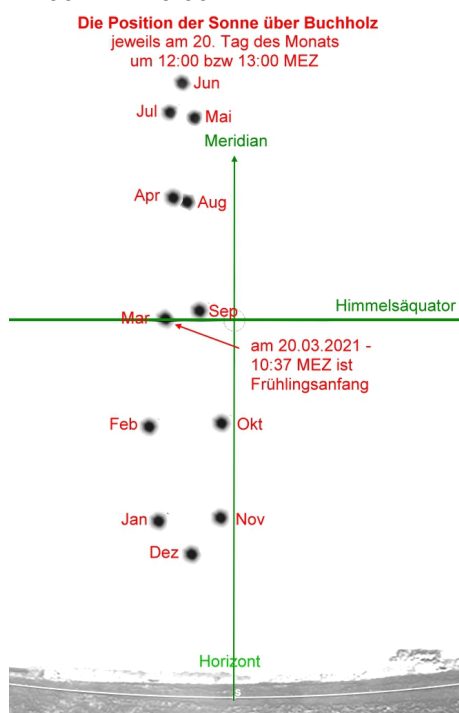


„Guter Mond, Du gehst so stille durch die Abendwolken hin..“ Aktuelles und Historisches zum Mond der Erde

Der wenig bekannte Dichter K.F. Enslin schaffte es um 1850 in die Hitparade der Volkslieder mit der simplen Beobachtung, dass bei lockerer Bewölkung und Mondschein unser Sinn für Bewegung sich leicht täuschen lässt. Und da in den Medien alle paar Monate zur Beobachtung des „Supermondes“ aufgerufen wird, sollten Astro-Fans eigentlich einen Datensatz zum Mond im Kopf haben. Hier der Service der Zukunftswerkstatt: Jetzt – kurz vor Ostern und immer noch im Corona-Lockdown – naht die Stunde und Minute in der der Mond der Erde seinen berühmtesten Auftritt hat. „Am Sonntag nach dem ersten Frühlingsvollmond“ ist seit 1582 per Definition durch Papst Gregor XIII. **Ostern!** Astronomen bestimmen, grob gesagt, den **Frühlingsanfang** mit dem Zeitpunkt, an dem die Sonne genau in der Mitte zwischen ihrer tiefsten und höchsten Position am Himmel steht. Sofort wird klar, dass dies eine schlechte Definition ist, denn an jedem Punkt auf der Erde wäre dieser Zeitpunkt schwer zu ermitteln. Da der Papst bekanntlich in Rom residiert, hat zunächst die Beobachtung von der Nordhalbkugel aus gewonnen. Die Sonne bewegt sich so gesehen im Jahresverlauf täglich von Süden nach Norden und wieder zurück über den Himmel. Wenn man monatlich zur selben Zeit – 12:00 bzw. 13:00 MEZ – ein Foto machte, sähe das Gesamtbild (im Negativ) so aus:



Zu sehen wäre eine langgestreckte, stehende Achterbahn, **Analemma** genannt, einige Minuten vor der Mittagslinie von Buchholz über dem Südhorizont. Wenn die Sonne aufsteigend den **Himmelsäquator**, in Buchholz $\sim 36^\circ$ über dem Horizont, passiert, dann ist Frühlingsbeginn; bei uns in diesem Jahr um genau 10:37 Uhr. Wie man aus der **Analemma** sieht, musste man die Zeit auf der Erde angleichen, denn die Erde rotiert nun einmal 23 Std und 56 Min pro Tag. Die „fehlenden“ 4 Min führen zu den Zeit-Verschiebungen, weil Menschen in der Mitte des Tages Hunger haben und das wiederum, weil sie nicht zu den nachtaktiven Tieren gehören. Wir Deutsche sind noch gut dran bei unserem schmalen Land: der **Meridian = Mittagslinie** wird an der polnischen Grenze von der Sonne am 20. März um 12:10 durchquert, in Aachen aber erst um 12:42! Ganz hart trifft es die Chinesen; dem riesigen Land hat die Partei nur eine Zeitzone zugestanden und wenn der Hahn in Peking zum Sonnenaufgang kräht, ist im Westen noch für 3.5 Stunden Nacht bzw. Dämmerung. Ungesund für die sog. Chronobiologie, der Fachausdruck für die innere Uhr des Menschen, wenn man auf Dauer nicht synchron zum Sonnenlauf leben darf! Jetzt kommt endlich der Mond ins Spiel: Er wird von der Erde auf einer leicht elliptischen Bahn auf eine ebenso leicht elliptische Bahn um die Sonne „mitgezogen“. Dadurch haben Sonne und Mond eine jeweils unterschiedliche Winkelausdehnung am Himmel, was allerdings nur bei genauem Hinsehen auffällt. Außerdem ist die Mondbahn um $\sim 5.2^\circ$ gegen die scheinbare Bahn der Sonne, die **Ekliptik**, geneigt.

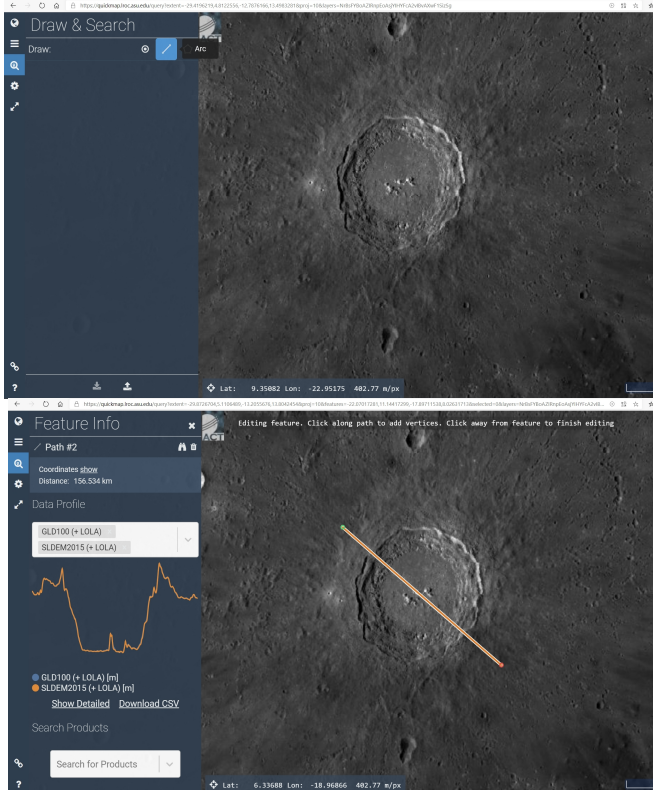


Das Wesentliche kann man sich gut merken: Steht die Sonne hoch am Himmel, findet man den nächsten Vollmond in Horizontnähe und umgekehrt. Für die Praxis der Mondbeobachtung ist also das Winterhalbjahr die beste Zeit. Hier entstanden auch die klarsten Fotos dieser Seiten. Dabei spielt der „Supermond“ kaum eine Rolle, denn der Größenunterschied ist ein sehr kleiner Winkel von nur ~ 4 Bogenminuten. Dass er besonders als Vollmond bei Aufgang so wirkmächtig ist, liegt eigentlich nur an unserer Psyche: Romantiker geraten seit Jahrhunderten in Verückung - Astro-Fans ist er eher hinderlich, denn in der ganzen Nacht versinken der Himmelshintergrund und die lichtschwachen Objekte im milchigen Blau des Mondlichts. Der Super-Effekt tritt dann lediglich in Horizontnähe auf: wir vergleichen unbewusst die irdischen Objekte mit der Größe der Mondscheibe und empfinden sie als größer, weil wir sie seltener sehen. Coole Astro-Fans heben den kleinen Finger am ausgestreckten Arm vor die Scheibe und sehen so gut wie keinen Unterschied zum „normalen“ Mond. Daher taugt der Vollmond auch höchstens für den Versuch einer exakten Farbwiedergabe der Kraterlandschaften im Foto, was die gleißende Beleuchtung seitens der Sonne gehörig erschwert.

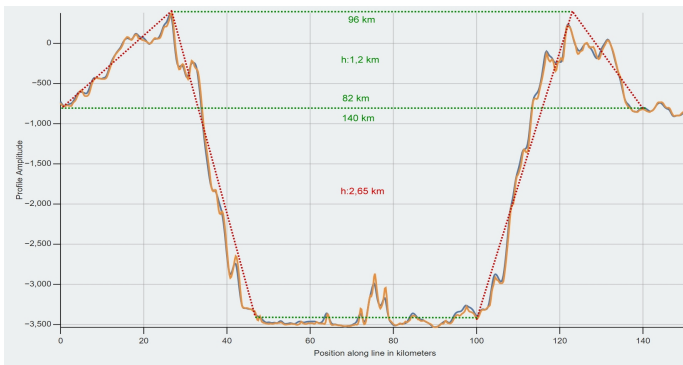
Hier ein Versuch vom Fast-Vollmond mit dem Schulteleskop:



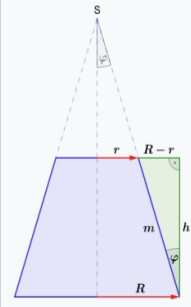
Neuerdings bietet die NASA eine Webseite >><https://quickmap.lroc.asu.edu/query><< zur Monderkundung an, die selbst Sitzsackfans zur Verzückung verhelfen kann. Hier eine kurze Einweisung, die auch für spätere Teleskoperkundungen als gute Vorübung dienen kann. Der Mondsatellit **Lunar Reconnaissance Orbiter** hat eine besondere Kamera, so dass man in deren Bildern bequem über die Krater und Mare „surfen“ kann.



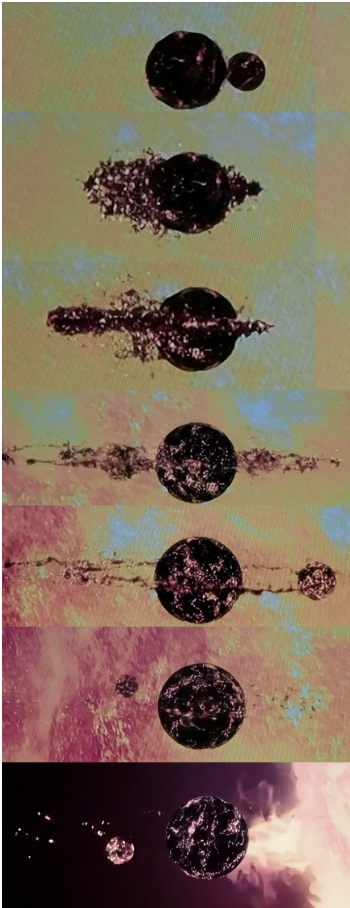
Die maximale erreichbare Auflösung beim Hereinzoomen entspricht 0.5 Meter pro Pixel, d.h. jeder Krater in Badewannengröße wäre erkennbar. Für alle großen Krater, benannt nach irdischen Berühmtheiten, lohnt sich auch ein genauer Blick auf die drei **Dimensionen eines Kraters**. Dafür geht man so vor: nach dem Anklicken des blauen Schrägbalkens platziert man einen Messpunkt und zieht eine Messlinie nach Belieben. Im Idealfall zeigt die Grafik ein Höhenprofil, aus dem mit etwas Geduld eine Mathe-Übung gebastelt werden kann, als spannende Alternative zu herkömmlichen Aufgaben in Geometrie/Stereometrie. So geht's: "show detailed" anklicken und sich vorstellen, dass ein Krater ein Gebilde aus zwei Kegelstümpfen ist, die Naturkräfte umgekehrt ineinander gestülpt haben. Die Stereometrie des Kegelstumpfes steht in jeder Formelsammlung – oder gleich hier auf der nächsten Seite. Beim Verzehr eines Muffins hat auch jede/r von uns sie schon mal in der Hand gehabt! Beim Berechnen kommt man aus dem Staunen nicht heraus, wenn man bedenkt, welche Ausmaße ein Materieklumpen haben musste, um einen Krater von 100 Km Durchmesser zu schlagen??



Formeln zum Kegelstumpf	
Volumen	$V = \frac{h \cdot \pi}{3} \cdot (R^2 + R \cdot r + r^2)$
Länge einer Mantellinie	$m = \sqrt{(R - r)^2 + h^2}$
Mantelfläche	$M = (R + r) \cdot \pi \cdot m$
Deckfläche	$D = \pi \cdot r^2$
Grundfläche	$G = \pi \cdot R^2$
Oberfläche	$O = \pi \cdot [r^2 + R^2 + m \cdot (r + R)]$
Höhe des Kegelstumpfs	$h = \frac{R - r}{\tan \varphi}$



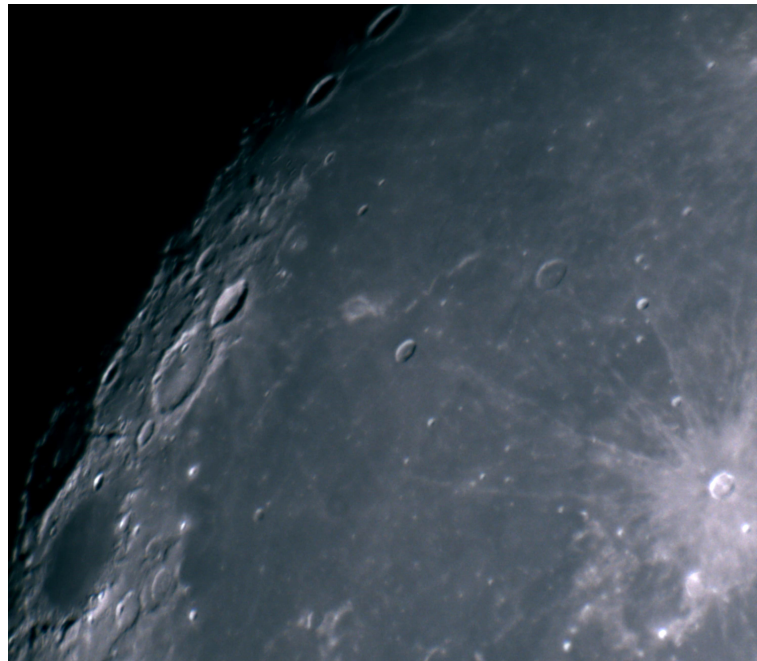
In Anlehnung an das österliche Eiersuchen der Kindheit sind hier die Volumina des Ringwalls und des eigentlichen Kraters gesucht! Nahezu alle Krater sind entstanden in einer Zeit, die **Großes Bombardement** genannt wird, so ungefähr in der Frühzeit des Sonnensystems vor ~4-3.5 Milliarden Jahren. Der Mond hatte sich gerade erst bei einem Crash der jungen Erde mit einem Körper von Marsgröße gebildet, - wenn die **Gaia-Hypothese** stimmt. Damals krachte es (lautlos) so häufig, weil die frischen Planeten aus den Resten des Materials, was nicht mehr von der Sonne für ihren Gasball genutzt wurde, alles Größere gravitativ anziehend fanden. Die genauen Vorgänge bzw. deren Computersimulationen sind eine eigene Geschichte wert. Hier nur ein schneller Blick auf einzelne Phasen des simulierten Mond-Entstehungsmodells:



Heute sieht man auf dem Mond die Folgen in höchster Präzision; die fehlende Atmosphäre hat die Spuren der Einschläge konserviert. Allerdings kursiert eine Beobachtung aus der „Neuzeit“ in den Geschichtsbüchern: Am **25. Juni 1178** schauten sechs Mönche des Klosters von Canterbury in ihrer Abendandacht auf die schmale Mondsichel und sahen, wie die obere Spitze plötzlich Funken sprühte!!! Die Rekonstruktion der Ereignisse lässt den Schluss zu, dass die Herren den Entstehungsmoment des **Kraters Giordano Bruno**¹ beobachtet hatten, - leider ohne die Möglichkeit eines Handyfilmchens. Ein Foto aus der Sternwarte ist auch nicht möglich, denn die Stelle liegt genau an der Grenze von Vorder- und Rückseite des Mondes. Die sog. **Libration** lässt uns zwar ~56% der Mondoberfläche sehen, weil die gebundene Rotation des Mondes noch nicht 100%ig mit der Erdrotation synchronisiert ist, aber von Brunos Krater sieht man dennoch nur gelegentlich den östlichen Wall. (Die Bilder der Kamera des o.a. LRO sind eh konkurrenzlos.)

Ein anderes Paradebeispiel – neben **Kopernikus** im Titelbild der LRO-Seite – ist **Kepler's** >

Krater; ebenfalls benannt nach einem sogar noch berühmteren Kosmologen, weil der die Gesetze der Bewegungen der Planeten mathematisch formulieren konnte. Auch sein Krater zeigt deutlich die strahlenförmigen Spuren des Einschlags: Auf der eher strukturlosen, dunkelgrauen Ebene des „**Ozeans der Stürme**“ hebt sich der ~30km Krater mit seinem hellen Strahlenkranz deutlich ab.



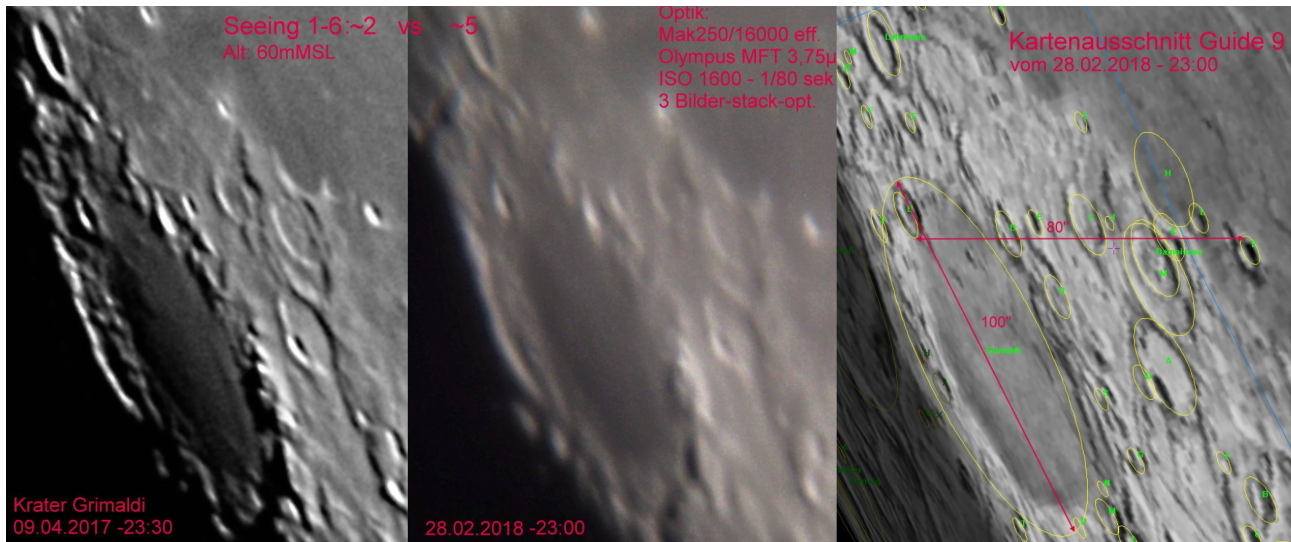
¹ G. Bruno war der erste Kosmologe der Neuzeit. Seine Überzeugung von der Unendlichkeit des Alls legte er auch auf dem Scheiterhaufen am 16.02.1600 nicht ab. Warum Bruno bei seiner Geschichte als Namensgeber von seiten der **Internationalen Astronomischen Union** ausgerechnet so unspektakulär „platziert“ wurde, ist nicht bekannt, es sei denn, man deutet den Ort des Kraters als Symbol für die fehlende Grenze des Alls.

Der **Terminator**, eigentlich die Linie des „Sonnenaufgangs“ auf dem Mond, zeigt im Teleskopanblick nahezu minütlich neue bizarre Formationen. Das schräg einfallende Sonnenlicht modelliert die Kilometer hohen Wälle der Krater und die tiefschwarzen Schatten auf den Kraterböden. In größeren Kratern glänzen dann häufig die Zentralberge im blendenden Licht der aufgehenden Sonne. Die unvorstellbare Explosion des Einschlags eines größeren Asteroiden, der mit $\sim 20\text{km/Sek}$ den Mondboden berührt und augenblicklich mit dem Mondgestein von der Fläche eines Bundeslandes verschmilzt, reißt häufig das Mantelgestein so tief auf, dass aus dem Mondinneren Magma austritt und den Krater „flutet“. Im Teleskop sieht der Boden perfekt geglättet aus, in Wirklichkeit, bzw. in Hochauflösung wimmelt es von kleineren, später entstandenen Kratern. Das Bild vom Südteil des **Mare Nubium** erzählt so eine „einschlägige“ Geschichte:



Die kleinsten erkennbaren Krater haben einen Durchmesser von $\sim 2\text{-}3$ Kilometern. Solche Rekordwerte der Auflösung sind selten (s. u. Vergleichsaufnahme im nächsten Bild). Die $\sim 9\text{-}12$ Meter Brennweite des Teleskops und die Pixelgröße von $3,75\mu$ stehen zwar bereit, aber die unteren 1000 Meter der Atmosphäre über Buchholz führen ein flimmerndes Eigenleben, das nur bei einem stabilen Hochdruck im Winter – meist bei -10°C – mal für ein paar Sekundenbruchteile „Ruhe“ gibt. (Mehr zu den Tricks und Problemen der Astrofotografie im PDF „Sternenlicht“.) Es gelingt also vorerst nicht, mit einem Schulteleskop die Spuren der bisherigen Astronauten auf dem Mond zu erkennen, die Mondbasis von Elon Musk and friends in 2050 aber sicher! Eine Hinterlassenschaft der Apollo-Missionare ist besonders interessant: Einige Laserreflektoren stehen seit 1970 jetzt mutterseelenallein allein auf dunkelgrauer Flur, und alle paar Wochen reflektieren sie einen grünen Lichtimpuls, dessen mühevolleres Auffangen mit einem Großteleskop einen Computer beschäftigt. Es handelt sich um die Kontrolle der **jährlichen Wachstumsrate der Entfernung: $\sim 3.8\text{ cm!!}$** Der Bremseffekt für die Erdrotation ist allerdings so gering, dass er vorerst verdrängt werden kann durch Lösungen für dringendere Probleme.

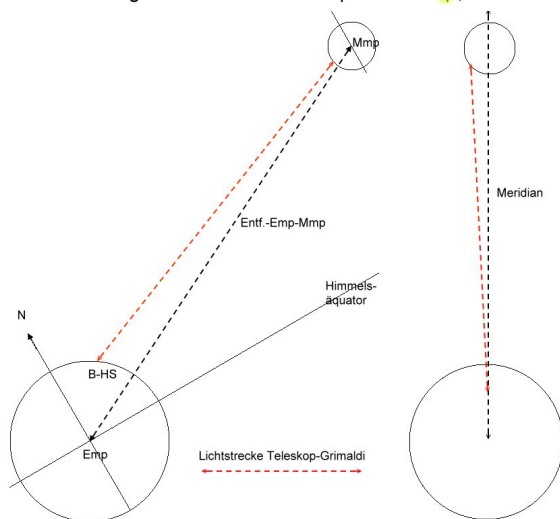
Wer dennoch ein wenig rechnen möchte mit Mond, Winkeln und Kilometern, hier eine Aufgabe für „Mondsüchtige“ (Lösungen mit Rechenweg bitte an meine e-mail!²):



Entfernung Erde-Mond 28.02.2018 -23:00: 362907km Mond \varnothing : 33,0 Bogenminuten; Mondradius 1738km; Erdradius ~6371km
 09.04.2017 -23:30: 393100km 30,4 Position Grimaldi: 5,38°S; 68,36°W

Teleskopstandort 21244 B-HS: 53°16'56"N; 09°52'23"O; zum Fototermin stand der Mond in Meridiannähe (ca. 50° Höhe ü. Horizont)

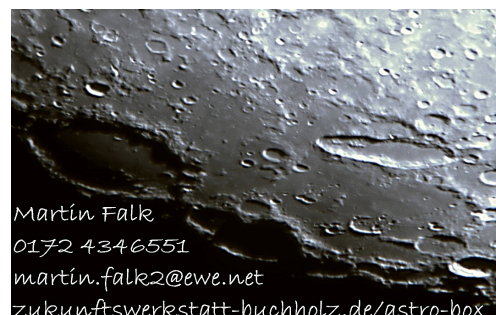
Gesucht: - Gegenstandsweite Teleskop-Grimaldi; - \varnothing Grimaldi; - Höhe östl. Kraterwall; - \varnothing Krater Lohrmann (in Km)



Dies ist ein Beispiel für klassischen Bildungzuwachs aus selbstgemachten Fotos; die schnelle Lösung der Wallhöhen und Durchmesser ermöglicht die LROC-Seite.

Für alle Genießer*innen hier noch ein paar Aufnahmen aufregender Details, verbunden mit einer Einladung zum echten Anblick, notfalls mit Corona-Maske.

Herzliche Grüße und frohe Ostern ohne Einschläge!



2 Gewinner*in winkt ein (gebrauchtes, aber gutes) Teleskop! Einsendeschluss: 1. Schultag nach den Osterferien!