

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 71 (2013)
Heft: 379

Artikel: Eiszeiten (Teil 2) : eine neue Erklärung eines bekannten Phänomens
Autor: Blatter, Heinz / Abe-Ouchi, Ayako
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-897672>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 21.12.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Eiszeiten (Teil 2)

Eine neue Erklärung eines bekannten Phänomens

■ Von Heinz Blatter und Ayako Abe-Ouchi

Die grossen Vereisungen von Nordamerika und Eurasien kamen und gingen in einem markanten Zyklus von 100'000 Jahren, mindestens seit etwa 600'000 Jahren. Mit Hilfe von Klima- und Eisschildmodellen und der astronomischen Theorie der Eiszeiten von MILANKOVIĆ kann dieser Zyklus jetzt erklärt werden.

Die genaueste Information über die zeitlichen Änderungen der nordhemisphärischen Eismasse liefert der Gehalt von Sauerstoffisotopen in Bohrkernen aus Meeressedimenten. Spektrale Analysen zeigen einen Zyklus von 100'000 Jahren und weitere Zyklen von ungefähr 20'000 und 40'000 Jahren. Das ist ein wichtiger Hinweis darauf, dass entsprechende Schwankungen der Exzentrizität der Erdbahn (in 100'000 Jahren), der Schiefe der Erdachse (in 40'000 Jahren) und der Jahreszeit des Periheldurchganges (klimatische Präzession in 20'000 Jahren), die zu Schwankungen in der Sonneneinstrahlung führen, für die Eiszeiten verantwortlich sind oder mindestens ihre Perioden prägen (ORION 378, S. 30-33). Ein Problem, das zu vielen Diskussionen, Zweifeln und Hypothesen geführt hat, ist die Tatsache, dass die Sonnenstrahlung im Sommer auf 65 Grad Nord (MILANKOVIĆ-Hypothese) keine klare Periodizität von 100'000 Jahren zeigt. Ein vorgeschlagener Grund für die Eiszeitperioden sind die ebenfalls in Bohrkernen aus dem Eis der Antarktis und Grönland gefundenen Variationen des atmosphärischen Gehaltes an Kohlendioxid (CO_2), die ebenfalls eine Periode von 100'000 Jahren aufweisen. Um die Gründe für die zeitlichen und räumlichen Muster der Vereisungen identifizieren zu können, kann man heute Rechnungen mit mathematischen Modellen machen. Da die Eisschilde ein Produkt des Klimasystems sind, brauchen wir dazu sowohl ein Klimamodell als auch ein Eisschildmodell und müssen diese Modelle miteinander koppeln können. Eisschildmodelle be-

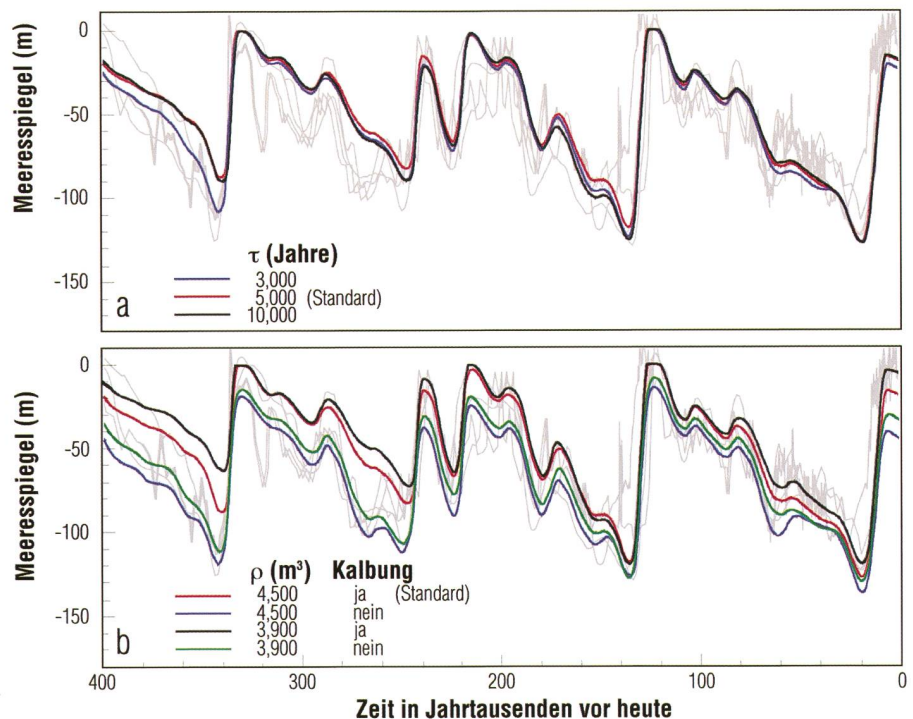


Abbildung 1: Berechnete Eisvolumenentwicklung (angegeben als Änderung des Meeresspiegels) mit verschiedenen Modellparametern: a) Verschiedene charakteristische Zeiten für die isostatische Reaktion der Erdkruste, b) verschiedene effektive Dichten des Erdmantels und mit und ohne Parametrisierung des Kalbens, wenn der Eisschild ins Meer fliesst. Die grauen Linien zeigen 4 verschiedene Rekonstruktionen des Eisvolumens aufgrund von Bohrkerndaten. Der Streubereich der Modellrechnungen liegt innerhalb des Streubereiches der Rekonstruktionen. Wenn die Verzögerung der isostatischen Hebung auf null gesetzt wird, verschwindet der 100'000-jährige Zyklus.

rechnen die Bewegung und die Temperatur des Eises und die Änderungen der Höhe der Eisoberfläche und des Eisbettes. Dafür benötigen wir die Information der jährlichen Schmelzmenge und der Schneeakkumulation auf der Oberfläche. Diese Information wird von einem Klimamodell geliefert, das den Luftdruck, Winde, Lufttemperatur, Luft-

feuchte und Niederschläge berechnet, wobei die eingegebene Sonnenstrahlung eine wichtige Rolle spielt. Klimamodelle sind sehr rechenintensiv und können nicht das Klima über eine halbe Million Jahre mit zeitlicher Auflösung von Tagen oder Wochen in vernünftiger Zeit rechnen. Deswegen werden verschiedenen Methoden verwendet, um die lan-

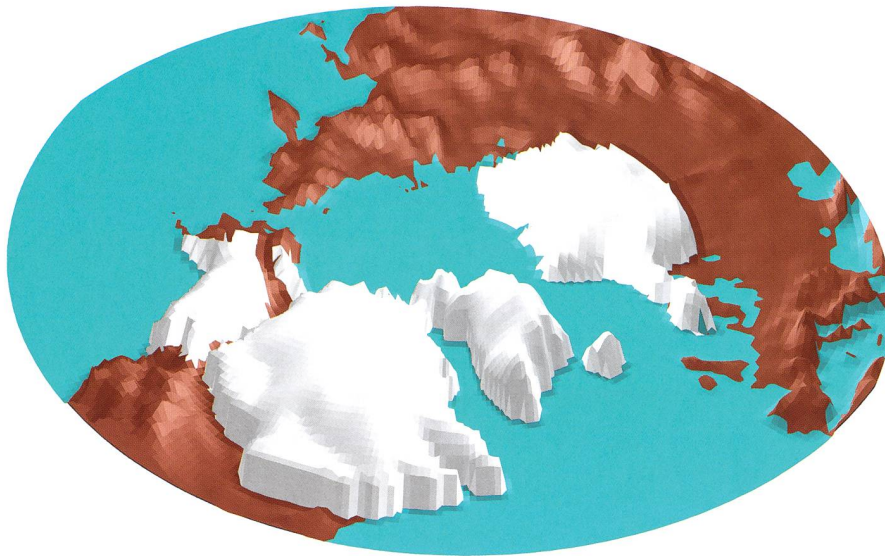


Abbildung 2: Modellerte nordhemisphärische Vereisung zur Zeit des letzten glazialen Maximums vor ca. 20'000 Jahren. Bei diesem Modellexperiment wurde die rekonstruierte Ausdehnung der Vereisung in Mitteleuropa nicht ganz erreicht. Ein Grund dafür sind die Meeresflächen, bei denen das Eisschildmodell wegen der unsicheren Parametrisierung des Kalbens zu wenig Eisausdehnung berechnet. Tests mit verschiedenen Parametern zeigen jedoch, dass die Schlussfolgerung betreffend des 100'000 Jahre Zyklus trotzdem robust sind.

gen Zeiten erfassen zu können. Eine Möglichkeit sind vereinfachte Modelle mit begrenzter räumlicher Auflösung und Vernachlässigung von Prozessen, die als weniger wichtig beurteilt werden. Es hat sich allerdings gezeigt, dass solche Modelle Prozesse vernachlässigen, die sich gerade bei der Dynamik der Eiszeiten als wichtig erwiesen haben.

Eine andere Methode ist die Berechnung des Klimas mit komplexen Klimamodellen für eine Auswahl von Zeitfenstern von wenigen Jahrzehnten mit verschiedenen Randbedingungen: Höhe und Ausdehnung der Eisschilde, Sonnenstrah-

lung, atmosphärischer CO_2 -Gehalt. Solche Rechnungen können dann für eine sogenannte Klimaparametrisierung verwendet werden: Die Schneeakkumulation und Schmelze auf den Eisschilden werden als Funktionen der Sonneneinstrahlung, des CO_2 -Gehaltes und der Ausdehnung und Höhe der Eisschilde berechnet. Für eine Langzeitrechnung werden dann die astronomischen Elemente benutzt, um die Sonnenstrahlung zu jedem gegebenen Zeitpunkt zu berechnen und mit der Klimaparametrisierung die entsprechende Massenbilanz auf den Eisschilden. Diese Methode wurde von ABE-OUCHI et al. (2013) ent-

wickelt und verwendet, um das raum-zeitliche Muster der Vergletscherungen zu erklären und die dahinterstehenden Mechanismen zu identifizieren.

Die Modellrechnungen, die mit den zeitlichen Variationen der astronomisch bestimmten Sonnenstrahlung und des atmosphärischen CO_2 -Gehaltes angetrieben wurden, konnten den 100'000 jährige Zyklus mit dem graduellen Wachsen des Eisvolumens in 4 bis 5 kleineren Zyklen und das schnelle Verschwinden des am Ende grossen Eisvolumens (Sägezahnmuster) recht genau reproduzieren (Abb. 1). Ein Schnappschuss der Modellrechnung für die Vereisung zur Zeit des letzten glazialen Maximums wird in Abb. 2 gezeigt. Eine Animation der modellierten nordhemisphärischen Eisschilde über den letzten glazialen Zyklus kann jederzeit von der Webseite http://www.ethlife.ethz.ch/archive_articles/180808_eiszeiten_fb/index heruntergeladen werden. Diese Resultate allein erlauben allerdings noch nicht, zu entscheiden, welcher der Faktoren, Exzentrizität, Schiefe der Erdochse, klimatische Präzession oder CO_2 -Gehalt, der Entscheidende ist.

Modelle erlauben, wahlweise Mechanismen auszuschalten und so ihren Einfluss auf das Klima und die Vergletscherung zu erforschen. Um zu testen, ob der 100'000-jährige Zyklus im Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre notwendig ist für den 100'000-jährigen Zyklus der Vergletscherung, kann der CO_2 -Gehalt über die ganze Periode der Modellrechnung festgehalten werden. Für konstante CO_2 -Gehalte zwischen 180 und 230 ppm (Teile in einer Million) zeigten die Modellrechnungen immer noch einen ähnlichen 100'000-

SaharaSky
Hôtel & Observatoire

Maroc
www.saharasky.com
www.hotel-sahara.com

jährigen glazialen Zyklus. Die beobachteten Schwankungen des CO₂-Gehaltes sind also nicht entscheidend für den 100'000-jährigen Zyklus, können ihn aber unterstützen. Für grössere CO₂-Gehalte (warmes Klima) bleiben noch kleine Eisschilde mit einem Zyklus von 40'000 Jahren übrig. Für kleinere CO₂-Gehalte (kaltes Klima) wurden die Eisschilde sehr gross, bleiben gross und der 100'000-jährige Zyklus verschwindet. Auch das wahlweise Ausschalten je eines der astronomischen Elemente hat gezeigt, dass das Zusammenwirken zwischen der klimatischen Präzession und der Exzentrizität für den 100'000-jährigen Zyklus entscheidend ist und die Schiefe der Erdachse für das Verschwinden des Eises am Ende unterstützend wirken kann.

Erklärung der glazialen Zyklen

In einem zeitlich unveränderlichen Klima würde sich ein Eisschild in einen Gleichgewichtszustand entwickeln. In einem sich ändernden Klima entwickelt sich ein Eisschild zu jedem Zeitpunkt in Richtung desjenigen Gleichgewichtes, das dem Klima zu diesem Zeitpunkt entspricht (Abb. 3a). Zu einem gegebenen Klima kann es mehrere Gleichgewichte geben, abhängig vom Eisvolumen zu Beginn der Entwicklung. Ein schon zu Beginn grosser Eisschild endet in einem grossen Eisschild, ein kleiner Eisschild bleibt ein kleiner Eisschild und unter bestimmten Umständen kann ein sehr kleiner Eisschild ganz verschwinden. Abbildung 3b zeigt die Gleichgewichtsvolumina für den nordamerikanischen und den eurasischen Eisschild für einen Bereich von Klimaten entweder wärmer oder kälter als heute. Ein Punkt in diesem Diagramm bedeutet ein gegebenes Eisvolumen bei einem gegebenen Klima. Der rote Bereich oberhalb der roten Linie, die die grossen Gleichgewichte zeigt, entspricht immer einer negativen Massenbilanz und entsprechend würde ein Eisschild mit dem entsprechenden Eisvolumen schrumpfen. Der blaue Bereich unterhalb der blauen Linie, die den kleinen Gleichgewichten entspricht, entspricht immer einer positiven Massenbilanz und einem wachsenden Eisvolumen. Der graue Bereich zwischen den Kurven ist weniger klar: In Bereichen näher bei der oberen Kurven wird das Volu-

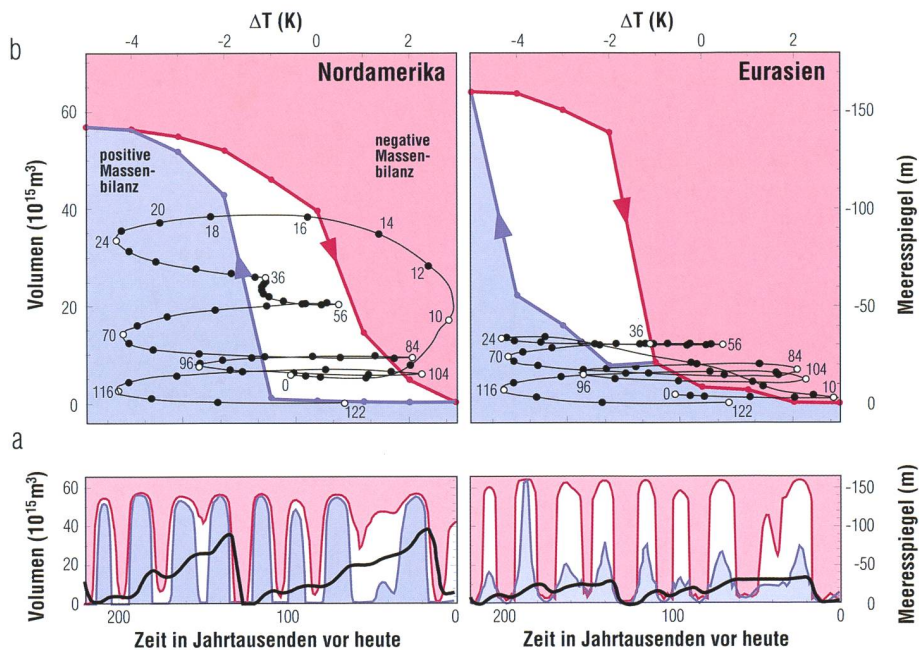


Abbildung 3: a) Zeitliche Entwicklung des berechneten Eisvolumens auf der Nordhemisphäre (schwarze Linien) und die grossen und kleinen Gleichgewichtsvolumina (rote und blaue Linien) für das Klima des jeweiligen Zeitpunktes für die Eisschilde in Nordamerika (links) und Eurasien (rechts) in den letzten 400'000 Jahren. Die Volumina sind in Kubikmetern (linke Skala) und in Metern der entsprechenden Meeresspiegeländerung (rechte Skala) angegeben. b) Grosse und kleine Gleichgewichtsvolumina (rote und blaue Linien) für verschiedene Klimaten (gegeben als äquivalente Temperaturdifferenzen zum heutigen Wert), die durch die Grösse der Eisschilde, astronomische Bedingungen und den atmosphärischen CO₂-Gehalt definiert sind. Die schwarze Kurve zeigt die Entwicklung der Eisschilde mit einer Marke alle 2000 Jahre, beginnend 122'000 Jahre vor heute.

men gegen die obere Kurve wachsen und entsprechend näher bei der unteren Kurve, zur unteren Kurve schrumpfen. Mehrfache Gleichgewichte sind ein Resultat von Rückkopplungen im betreffenden System, in diesem Fall zwischen Eisschild und Atmosphäre. Ein grosser Eisschild hat z. B. eine hohe Oberfläche und eine hohe Albedo verglichen mit dem eisfreien Zustand. Höhe und Albedo tragen zu einer lokalen Abkühlung bei und stabilisieren so den Eisschild. Die hohe Topographie eines grossen Eisschildes beeinflusst auch die atmosphärische Zirkulation und damit auch das Klima einer grösseren Region, in diesem Fall vor allem der Nordhemisphäre. Die schwarzen Linien in Abb. 3b zeigen die Entwicklung der Eisvolumina in den letzten 122'000 Jahren in Nordamerika und Eurasien, beginnend in der letzten Zwischeneiszeit. Die schwarzen Punkte zeigen das Eisvolumen und das Klima als entsprechende Temperatur zu einem gegebenen Zeitpunkt. Die schnellen Klimaschwankungen ent-

sprechen den 20'000 Jahren der klimatischen Präzession. Die Amplituden dieser Klimaschwankungen widerspiegeln den Einfluss der Exzentrizität und der Ekliptikschiefe. Die Entwicklung der Eisschilde in einem Zyklus hängt nun primär von der Form und der Lage der Gleichgewichtskurven im gegebenen Bereich der möglichen Klimavariationen ab. Die Kurven für Nordamerika und Eurasien zeigen zwei verschiedene Muster, die auch zu verschiedenem Verhalten führen. Für Eurasien führt der abrupte Übergang zwischen kleinen und grossen Gleichgewichten in einem Klimabereich von nur einem Grad (zwischen 1 und 2 Grad kälter als heute) und die Position des Übergangs bei einem relativ kalten Klima dazu, dass der Eisschild kaum eine Chance bekommt, gross zu werden. Bei Periheldurchgängen im Nordsummer wird das Klima warm genug für eine deutlich negative Massenbilanz und der Eisschild schrumpft wieder teilweise. Umgekehrt ist der Übergang von kleinen zu grossen Eisvolumina in Nord-

amerika viel sanfter und findet zwischen Klimaten 1 Grad wärmer und 2 Grad kälter als heute statt. Auch bei Periheldurchgängen im Nordsommer bleibt die Massenbilanz bei kleinen Volumina positiv und der Eisschild kriegt die Chance, auf dem Volumen des letzten klimatischen Präzessionszyklus weiter aufzubauen. Erst wenn das Volumen sehr gross wird, findet der Übergang zu negativer Massenbilanz (bei ca. 16'000 Jahren vor heute) schon bei kälterem Klima statt. Verschiedene Prozesse führen nun zu einem schnellen Schmelzen des Eises und damit zu einem schnellen Verschwinden des Eisschildes.

Ein Grund dafür ist die Tatsache, dass das grosse Eisvolumen zu einer Ausdehnung des Eisschildes bis in mittlere Breitengrade mit warmem Klima zu Folge hat und damit die Schmelze beschleunigt. Ein zweiter Grund liegt in der Isostasie (Infobox) der Erdkruste: Durch die grosse Eismasse wird die Kruste einige Hundert Meter in die Tiefe gedrückt (wie ein Floss im Wasser). Weil das Aufsteigen der Kruste einige Tausend Jahre benötigt, liegt auch die Eisoberfläche während der Schmelzphase in tieferen, wärmeren Schichten und dadurch ist die Schmelze grösser. Ein weiterer Grund liegt in der Zunahme des atmosphärischen CO₂-Gehaltes, die die Schmelze weiter vergrössert. Die Zunahme des CO₂-Gehaltes scheint eine Folge der Abnahme des Eisvolumens und der damit verbundenen Meeresspiegelerhöhung, Änderung der Meeresströmungen und Wassertemperaturen, zu sein. Auch Änderungen in der Biosphäre könnten zusätzlich zu einer Erhöhung des CO₂-Gehaltes führen.

Der 100'000-jährige Zyklus ist demnach ein Resultat der klimatischen Bedingungen für den Eisschild in

Die Last der Eisschilde

Beim Wachsen eines Eisschildes wächst auch die Last auf der Erdkruste, die sich dabei in den Erdmantel senkt wie ein belastetes Floss ins Wasser. Dabei fliesst der sehr zähflüssige Mantel nach aussen. Beim Schmelzen des Eisschildes läuft der umgekehrte Prozess ab. Wegen der Zähigkeit des Mantels braucht es mehrere Tausend Jahre für das Erreichen des isostatischen Gleichgewichtes.

Die charakteristische Zeitkonstante τ (Abb. 1a) ist die Zeit, die es braucht, bis die Deformation bis auf etwa einen Drittel abgeklungen ist. Da in den Eisschildmodellen die isostatische Bewegung mit einer Parametrisierung angenähert wird, wurden die effektive Zeitkonstante und die effektive Manteldichte mit einem komplexen mathematischen Modell der ganzen Erde (Kern, Mantel und Kruste) ermittelt.

Nordamerika (Gleichgewichtskurven in Abb. 3b), die das sukzessive Wachstum des Eisschildes über fünf klimatische Präzessionszyklen ermöglichen, und wenn der Eisschild einmal ein grosses Volumen erreicht hat, durch positive (verstärkende) Rückkopplungen in einem halben Präzessionszyklus zum Verschwinden bringen können.

Heinz Blatter

Luzernerstrasse 15
CH-4800 Zofingen

Ayako Abe-Ouchi

Atmosphere Ocean Research Institute
The University of Tokyo
5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa
Chiba 277-8568
Japan

Quelle

ABE-OUCHI, A., SAITO, F., KAWAMURA, K. RAYMO, M. E., OKUNO, J., TAKAHASHI, K. und BLATTER, H. Insolation-driven 100,000-year glacial cycles and hysteresis of ice-sheet volume. *Nature*, 500, 8 August 2013, p. 190-194.

ARNOLD BENZ: Die SAG sollte engeren Kontakt zur Berufsastronomie haben



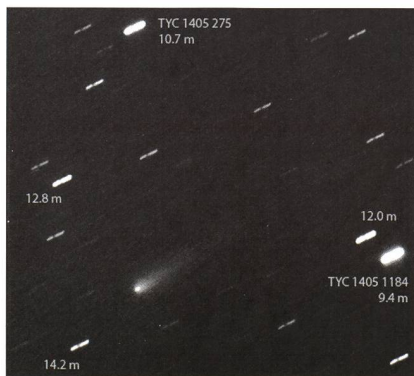
O-Ton

«Was, erst 75 Jahre alt? Die SAG ist erstaunlich jung! Ich freue mich am Gedeihen der Gesamtschweizer Organisation. Natürlich spielt sich das meiste in den lokalen Gruppen ab. Eine Dachorganisation kann jedoch koordinieren und vermitteln und ist Ansprechperson gegen aussen. Die SAG könnte noch vermehrt Berufsastronomen in ihre Veranstaltungen einladen oder sie zu lokalen Vorträgen vermitteln. Wir Berufsastronomen wissen alle, dass wir eigentlich mehr zu den Amateuren gehen sollten, weil sie an der Vermittlung des astronomischen Wissens und der Faszination des Kosmos die Hauptrolle spielen. Wie alle Berufsleute, die auch noch ihr Hobby als Beruf haben, haben wir immer viel zu tun. Aber man sollte einfach fragen und sie daran erinnern, dass es wieder einmal an der Zeit wäre. Ich sehe gewisse Anstrengungen für «public outreach», aber es wäre effizienter, nicht direkt zum Volk sondern zu den Amateuren zu gehen.

Die SAG sollte engeren Kontakt zur entsprechenden Organisation der Berufsastronomen haben, der Schweizerischen Gesellschaft für Astrophysik und Astronomie (SGAA oder SSAA).

Der ORION ist stark, wo die Amateure stark sind: Im pädagogischen Vermitteln und Begeistern. Die Bilder gerade von den Amateuren sind extrem ansprechend und oft einmalig. Es gibt Bilder, bei denen ich denke: «Das kann nur ein Amateur!» Denn bei keinem Berufsastronomen steht im Pflichtenheft, schöne Bilder zu schiessen.»

Komet ISON im Anflug aus den Tiefen des Alls



Selbst Anfang November 2013 hielt sich Komet ISON betreffend Helligkeitsentwicklung noch zurück. Verschiedentlich konnte der Schweifstern bereits fotografiert werden, doch von einem spektakulären Kometen ist er noch ein gutes Stück entfernt. Erst die Tage Ende November 2013 werden entscheiden, was mit dem Kometen wirklich passiert. Mehr zu ISON lesen Sie auf den Seiten 24 und 25. (Bild: Stefan Meister, Sternwarte Bülach)

Ein Gasplanet schwebt sonnenlos durch das Universum

Die Definition, nach der ein Planet ein Planet ist, sofern er einen Zentralstern umkreist, dürfte bald einer Revision unterzogen werden. Astronomen haben am Pan-STARRS-Teleskop auf dem Gipfel des Haleakala auf der Hawaii-Insel Maui einen «heimatlosen» Himmelskörper, namens PSO J318.5-22 entdeckt, der frei durch den Raum zieht, ohne dabei einen Stern zu umrunden. Seine Masse schätzen die Astronomen auf etwa 6-fache Jupitermasse. Der Planet gehört zur Beta-Pictoris-Gruppe und befindet sich rund 80 Lichtjahre von der Erde entfernt. Das Objekt ist kaum älter als 12 Millionen Jahre und damit für einen Gasplaneten sehr jung! Die Wissenschaftler erhoffen sich mehr über die innere Funktionsweise eines gasförmigen Riesenplaneten wie Jupiter kurz nach seiner Entstehung zu erfahren. Da der Vagabund nicht um einen Zentralstern kreist, wird er wesentlich einfacher zu studieren sein als andere Exoplaneten. (Red.)



**Frei schwebender Planet
PSO J318.5-22**

Abbildung 1: Der frei schwebende Planet wurde mit dem Pan-STARRS1-Teleskop im Sternbild Steinbock entdeckt. Astronomen vermuten, dass der Planet eben erst «geboren» wurde. Für Forscher, die sich mit der Sternentstehung beschäftigen, bildet der Planet eine Schlüsselfunktion. (Bild: N. Metcalfe & Pan-STARRS 1 Science Consortium/Institute for Astronomy, University of Hawaii)



www.teleskop-express.de

Teleskop-Service – Kompetenz & TOP Preise

Der große Onlineshop für Astronomie,
Fotografie und Naturbeobachtung

mit über **4000 Angeboten!**

Neu von Teleskop-Service: modularer 107 mm APO



TS Apo 107c **1.680,- €**
 TS 107mm f/6,5 Super-Apo - 3" CNC Auszug mit Mikro Unterersetzung und Carbon Tubus
 ... 3-elementiges 107,2mm f/7 FPL53 Objektiv - farbrein
 ... Teilbarer Carbon Tubus - Verbindungsgewinde aus Metall - für optimierte Fokuspositionen
 ... Jeder Apo wird vor Auslieferung auf der optischen Bank getestet

Ein farbtreuer 3-linsiger apochromatischer Refraktor für die Astrofotografie und die visuelle Beobachtung in neuester Bauweise und einem erprobten apochromatischen Objektiv mit 107,3mm Öffnung und 700mm Brennweite. Qualitativ reicht die Triplet Optik mit Luftspalt an die weltberühmten LZOS Optiken heran. Das Objektiv ist praktisch frei von störenden Farbfehlern durch das FPL-53 Element vom japanischen Glashersteller Ohara.



Der Kohlefaserstube ist teilbar: Die hinteren beiden Segmente können abgeschraubt werden. Damit können Sie drei Fokuslagen hinter dem Auszugrohr erreichen: z.B. auch für Binoansätze, ohne daß ein Glaswegkorrektor benötigt wird!

Der groß dimensionierte 3" CNC Auszug bietet eine mechanische Stabilität, die deutlich über der herkömmlicher Fernost Auszüge liegt. Er hält auch schwere Kameras und Zubehör und bietet Anschraubgewinde für alle gängigen Systeme.



Jetzt auch bei uns: Teleskope von Meade!



z.B. Advanced Coma Free OTA

Hochkorrigiertes System für visuelle Beobachtung und Astrofotografie. Gerade außerhalb der optischen Achse ist die Abbildungsleistung deutlich besser als bei herkömmlichen SC-Systemen. Incl. UHTC Vergütung und Hauptspiegel-Fixierung.
 8" f/10: 1.428,- €
 10" f/10: 2.066,- €
 12" f/10: 3.411,- €
 14" f/10: 5.336,- €
 16" f/10: 9.832,- € (Tubusfarbe weiß)

Hinweis: Alle Preise in dieser Anzeige sind Netto-Export Preise ohne MwSt!

Exklusiv von Teleskop-Service:



UNC / ONTC Newton Teleskope mit Carbondtubus, nach Ihren Wünschen maßgefertigt!
 - 6" - 16" Öffnung, f/4 bis f/6
 - Hauptspiegel von GSO oder Orion UK
 - Okularauszüge: Baader Steeltrack, Moonlite, Feathertouch...
 - Größe des Fangspiegels nach Ihrem Wunsch
 - ... ab 629,- € (6" Modell)

Verfügbare Grundmodelle:
 UNC 2008 (8" f/4): 839,- €
 UNC 20010 (8" f/5): 797,- €
 UNC 25410 (10" f/4): 1.089,- €
 UNC 25412 (10" f/5): 1.007,- €
 UNC 30512 (12" f/4): 1.412,- €
 UNC 30515 (12" f/5): 1.336,- €
 UNC 4018 (16" f/4,5): 2.311,- €

ONTC 809 (8" f/4,5): 1.807,- €
 ONTC 8010 (8" f/5): 1.328,- €
 ONTC 1012 (10" f/4,8): 2.235,- €
 ONTC 1016 (10" f/6,4): 2.100,- €
 ONTC 1212 (12" f/4): 2.893,- €
 ONTC 1215 (12" f/5): 2.843,- €
 ONTC 1416 (14" f/4,6): 3.612,- €

Alle ONTC Modelle:
 -- 1/8 Lambda p/v wave
 -- Strehlwert besser als 0,96
 -- Reflektivität 97% (HILUX Beschichtung)
 -- Spiegelträger SUPRAX von Schott mit geringem Ausdehnungswert