

Asteroiden : Gefahr aus dem Weltraum? = Astéroïdes : une menace venant de l'espace?

Autor(en): **Egger, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen
Gesellschaft**

Band (Jahr): **52 (1994)**

Heft 261

PDF erstellt am: **16.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-898777>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



Asteroiden: Gefahr aus dem Weltraum?

F. EGGER

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein grösserer Asteroid oder Komet von über 2 km Durchmesser in den nächsten 100 Jahren die Erde trifft, ihr Ökosystem aus dem Gleichgewicht bringt und einen beträchtlichen Teil der Erdbevölkerung vernichtet, beträgt rund 1 in 10'000. Obschon Einschläge dieser Grössenordnung äusserst selten sind und weit ausserhalb unserer eigenen Erfahrung liegen, ist ihr statistisches Langzeitrisko durchaus mit jenem manch anderer, vertrauterer, Naturkatastrophen vergleichbar (Tabelle 1, Abb. 1).

Sie sind extreme Beispiele von Ereignissen die nur mit geringster Wahrscheinlichkeit eintreten, dann aber ausserordentlich weittragende Folgen haben. Wie immer, wenn wir es mit Wahrscheinlichkeiten zu tun haben, betreffen die Angaben eine grosse Zahl von Fällen oder lange Zeiträume und sind nicht auf den Einzelfall zu beziehen: Die Chance im Lotto zu gewinnen, ist wohl praktisch Null, oder die Gewissheit nicht zu gewinnen nahezu 100%, und doch gibt es jede Woche Gewinner. Der Einschlag eines grossen Meteoriten in einer dicht besiedelten Region unseres Planeten ist zwar «wenig wahrscheinlich», kann aber jederzeit, auch sofort, erfolgen.

Schon Edmund HALLEY wies 1705 auf das Risiko von Einschlägen grösserer Himmelskörper hin. 1932 wurden die ersten Asteroiden gefunden, deren Bahn die Erdbahn kreuzt. Bekannt ist der Zerfall in geringer Höhe eines Meteoriten von gegen 50 m Durchmesser am 30. Juni 1908 am Tunguska-Fluss in Russland; über 1000 km² Wald wurden zerstört. Das «Nördlinger Ries» in Süddeutschland, ein Kraterrest von 20 km Durchmesser, ist auf den Einfall eines Meteoriten vor rund 15 Millionen Jahren zurückzuführen; dessen Wirkung entsprach jener von 250'000 Hiroshima Bomben. Eine der Ursachen des letzten grossen Artensterbens an der Grenze von Kreidezeit und Tertiär vor 65 Mio Jahren ist möglicherweise der Einschlag eines Himmelskörpers von gegen 10 km Durchmesser (K/T-Ereignis).

Beim Eintritt in die Lufthülle haben die Meteoriten bzw. Asteroiden eine Geschwindigkeit um 20 km/s. Aktive Kometen treffen die Erde mit höherer Geschwindigkeit; sie tragen aber nur einige Prozent zum Materiefluss bei, stellen jedoch ca. 25% des Einschlagsrisikos dar. Beim Abbremsen in der Atmosphäre, beim Zerfall in geringer Höhe und beim Einschlag auf die Erdoberfläche werden, im Vergleich zu andern Naturerscheinungen (Erdbeben, Vulkanausbrüche, Wirbelstürme etc.), ausserordentlich grosse Energiemengen umgesetzt (Abb. 2). Ein Körper von 50 m Durchmesser, der Dichte 3 g/cm³ (Steinmeteorit, Masse m = 1.6 Mio t) und der Geschwindigkeit v = 20 m/s, besitzt eine kinetische Energie (E = mv²/2) von rund 3·10¹⁷ Joule (J) oder ca. 75 Megatonnen (MT) TNT-Sprengwirkung, was mehreren tausend Hiroshima-Bomben (von je 0.015 MT) entspricht.

Welches sind die Auswirkungen eines solchen Einschlages?

Kleinere Teilchen verdampfen in der Atmosphäre, als Sternschnuppen sichtbar, während grössere Brocken gelegent-

Astéroïdes: une menace venant de l'espace?

La probabilité qu'un astéroïde ou une comète de plus de 2 km de diamètre heurte la Terre d'ici 100 ans, rompant son écosystème et anéantissant une fraction importante de la population, est d'environ 1 pour 10'000. Bien que des impacts de cette portée soient tellement rares que nous n'en connaissons aucune expérience relatée, les risques statistiques à long terme peuvent tout à fait se comparer à ceux des catastrophes naturelles qui nous sont familières (tableau 1, figure 1).

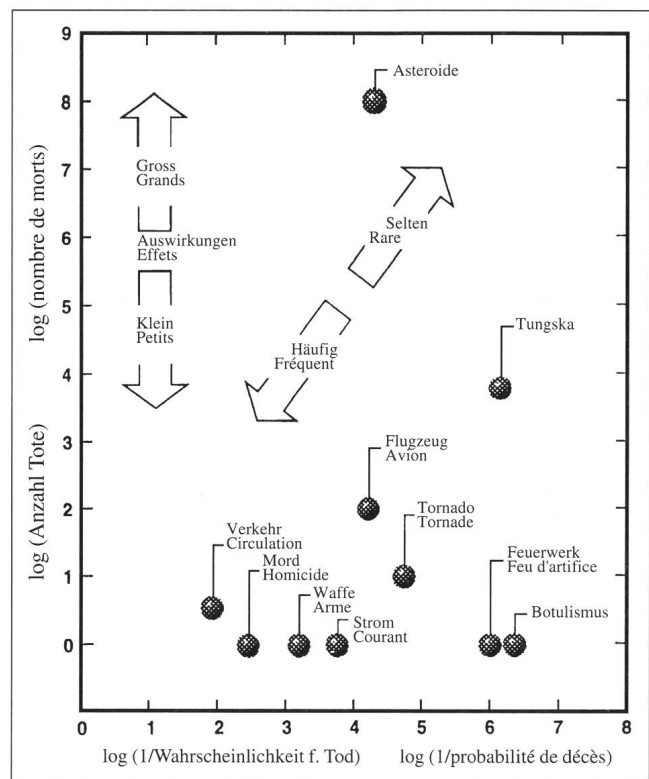


Abbildung 1
Logarithmus der Anzahl Todesopfer pro Ereignis (z.B. 3 ... 10³ = 1'000) für ausgewählte Gefahren in Funktion des Logarithmus der reziproken Todeswahrscheinlichkeit (z.B. 5 ... 1/10⁵ = 1/100'000). Verhältnisse für die USA. Vgl. Tabelle 1.

Figure 1
Logarithme du nombre de décès par événement (p.ex. 3 ... 10³ = 1'000) pour des dangers choisis en fonction du logarithme de l'inverse de la probabilité de décès (p.ex. 5 ... 1/10⁵ = 1/100'000). Pour les USA. C.f. tableau 1.

Il s'agit là d'exemples extrêmes d'événements de probabilité infime mais aux conséquences énormes. Les probabilités s'appliquent toujours aux grands nombres de cas ou à des intervalles de temps étendus, jamais au fait isolé: la chance de

Todesursache / Cause du décès	Wahrscheinlichkeit / Probabilité
Verkehrsunfall / Accident de circulation	1 / 100
Mord / Homicide	1 / 300
Brandfall / Incendie	1 / 800
Schusswaffe / Arme à feu	1 / 2'500
Asteroid, Komet / Astéroïde, comète	* 1 / 3'000
Starkstrom / Courant électrique	1 / 5'000
Asteroid, Komet / Astéroïde, comète	1 / 20'000
Flugzeugabsturz / Accident d'avion	1 / 20'000
Hochwasser / Inondation	1 / 30'000
Wirbelsturm / Cyclone	1 / 60'000
Biss, Insektenstich / Morsure, piqûre	1 / 100'000
Asteroid, Komet / Astéroïde, comète	** 1 / 250'000
Feuerwerk / Feu d'artifice	1 / 1 Mio
Nahrungsmittel / Empoisonnement alimentaire	1 / 3 Mio
Trinkwasser / Eau potable (Trichloräthylen)	1 / 10 Mio

* Untere Grenze / Limite inférieure
 ** Obere Grenze / Limite supérieure

Tabelle 1: Wahrscheinlichkeit für einen «mittleren Bürger», bei einem Unfall getötet zu werden (USA).

Tableau 1: Probabilité pour un «citoyen moyen» d'être tué par diverses causes (USA).

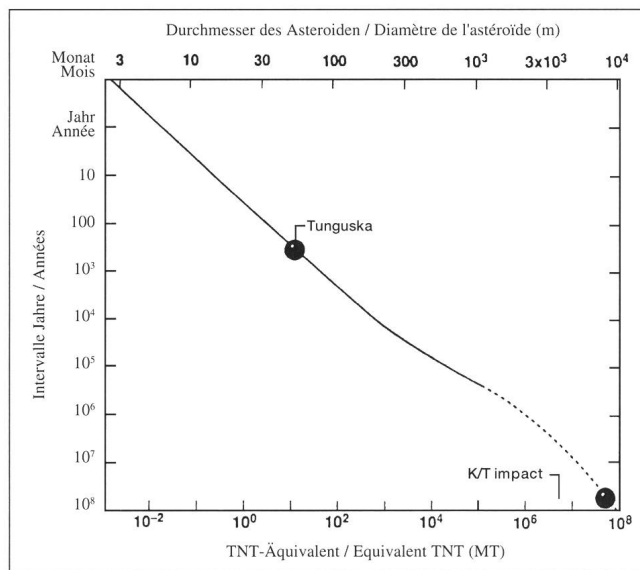


Abbildung 2
 Typische Intervalle zwischen Einschlägen in Funktion der Sprengkraft in TNT-Äquivalenten (SHOEMAKER 1983) und des Asteroidendurchmessers ($v = 20$ km/s, Dichte 3 g/cm). Gestrichelt: unsichere Schätzung. Die Impakhäufigkeiten können um einen Faktor 3 bis 10 variieren.

Figure 2
 Intervalles typiques entre des impacts en fonction de la puissance en équivalents TNT (SHOEMAKER 1983) et du diamètre de l'astéroïde ($v = 20$ km/s, densité 3 g/cm). En pointillé: estimation incertaine. Les fréquences d'impacts peuvent varier d'un facteur de 3 à 10.

gagner au Loto est pratiquement nulle, ou la certitude de ne rien gagner est de 100%. Pourtant il y a des gagnants chaque semaine. La chute d'une grande météorite dans une région très peuplée de notre planète est peu probable, mais peut intervenir n'importe quand, à l'instant même.

La probabilité de chutes de corps célestes massifs a déjà été mentionnée en 1705 par Edmund HALLEY. Les premiers astéroïdes dont l'orbite croise celle de la Terre furent détectés en 1932. On connaît la désintégration en basse altitude d'une météorite d'environ 50 m de diamètre intervenue le 30 juin 1908 près de la rivière Tunguska en Russie; plus de 1000 km² de forêt furent détruits. La région de Nördlingen en Allemagne du Sud présente les traces d'un cratère de 20 km de diamètre, dû à l'impact, il y a 15 millions d'années, d'une météorite dont l'énergie équivalait à 250'000 bombes du type Hiroshima. On soupçonne la dernière grande extinction d'espèces d'il y a 65 mio d'années, à la transition Crétacé/Tertiaire, d'être la conséquence de la chute d'un corps céleste de quelque 10 km de diamètre (événement K/T).

Les météorites ou astéroïdes touchent l'atmosphère terrestre à une vitesse approchant 20 km/s. Les comètes actives sont plus rapides mais ne représentent que quelques centièmes de la matière entrant dans notre atmosphère; elles constituent à peu près 25% des risques d'impact. Lors de la décélération et du fractionnement en basse altitude et lors de l'impact au sol, une immense énergie est mise en jeu, dépassant de loin celle impliquée dans d'autres catastrophes naturelles tels que séismes, éruptions volcaniques, cyclones etc. (figure 2). Un corps de 50 m de diamètre, de densité 3 g/cm³, soit une météorite rocheuse, de masse $m = 1.6$ mio t arrivant à la vitesse $v = 20$ km/s, possède une énergie cinétique ($E = m \cdot v^2 / 2$), à transformer, de près de $3 \cdot 10^{17}$ Joules (J) ou d'environ 75 mégatonnes (MT) de puissance destructrice, ce qui correspond à plusieurs milliers de bombes d'Hiroshima (à 0.015 MT chacune).

Quelles sont les conséquences d'un tel impact?

Les petites particules s'évaporent dans l'atmosphère: ce sont les étoiles filantes. Les morceaux plus grands atteignent parfois le sol: les météorites. Ils ne risquent guère de causer de dégâts. On ne connaît pas de cas authentifié de victimes humaines, bien que des automobiles et des bâtiments, de section efficace plus grande, aient été endommagés (comme p. ex. le 9 octobre 1992 par la météorite Peekskill, Sky & Telescope, fév. 1992). Des objets de l'ordre du kilomètre en revanche sont capables de faire des dévastations catastrophiques allant jusqu'à l'anéantissement de populations entières.

Jusqu'à une mégatonne, les météorites se désagrègent durant leur traversée de l'atmosphère et sont vaporisées: on observe alors une boule de feu ou un bolide. La figure 2 montre qu'un bolide de la puissance d'une bombe type Hiroshima peut survenir en moyenne une fois par an. Pour 1 MT l'intervalle est d'un siècle. En général, tout se passe à de très hautes altitudes et l'onde de choc produite n'atteint pas le sol. Les météorites rocheuses sont le plus souvent fractionnées en route. Seules des météorites ferreuses atteignent la surface terrestre en un seul morceau.

Une météorite de 50 m de diamètre (10 MT) qui s'approche du sol à moins de 25 km peut causer des ravages aussi importants qu'une bombe nucléaire, mais sans les rayonnements à neutrons et gamma. Ce qui a dû se produire en Russie en 1908 (Tunguska).

Un projectile de 250 m de diamètre (1000 MT) creuserait un cratère de 5 km et détruirait tout sur 10'000 km² (0.002% de la



lich die Erdoberfläche als Meteoriten erreichen. Das Risiko, dabei Schäden zu verursachen, ist klein. Man kennt keine belegten Menschenopfer durch Meteoriten, obschon gelegentlich Gebäude und Automobile, mit grösserer Angriffsfläche, beschädigt wurden (zuletzt am 9. Oktober 1992 durch den Peekskill-Meteoriten, Sky & Telescope Feb. 1992). *Kilometer-grosse Objekte* jedoch können gewaltige Verwüstungen, bis zur Massenvernichtung, anrichten.

Selbst bei *1 MT Energie* zerfallen Meteorite beim Durchqueren der Atmosphäre und verpuffen als Feuerkugeln. Abbildung 2 zeigt, dass Boliden der Wirkung einer Hiroshima-Bombe jährlich auftreten können, während Megatonnen-Ereignisse in Jahrhundertabständen zu erwarten sind. In der Regel treten sie in sehr grosser Höhe auf, ihre Druckwelle erreicht den Erdboden kaum. Steinmeteoriten werden auf ihrem Weg durch die Atmosphäre zerrissen. Nur Eisenmeteorite erreichen den Boden gelegentlich in einem Stück.

Ein *Meteorit von 50 m Durchmesser* (10 MT), der sich der Erdoberfläche bis ca. 25 km nähert, kann Schäden wie eine Nuklearbombe anrichten, allerdings ohne Neutronen- und Gamma-Strahlung. Das Tunguska-Ereignis ist ein Beispiel dafür.

Ein *Projektile von 250 m Durchmesser* (1000 MT) würde einen Krater von 5 km erzeugen und im Umkreis von 10^4 km^2 (0.002% der Erdoberfläche) praktisch alles vernichten. Zerstörung und Menschenopfer beschränkten sich aber auf diesen Bereich; der Grossteil der übrigen Weltbevölkerung würde kaum betroffen. Ein solches Ereignis dürfte alle 10'000 Jahre erwartet werden.

Noch seltener sind *Fälle mit Auswirkungen auf den ganzen Erdball*, neben den direkten Verwüstungen in der Nähe des Einschlagsortes. Ein extremes Beispiel ist das vor 65 Mio Jahren erfolgte K/T-Ereignis, von dem man annimmt, mehr als die Hälfte der Arten irdischer Lebewesen vernichtet zu haben. Es dürfte sich um einen 10-km-Körper gehandelt haben, der einen Krater von gegen 200 km in Mexiko hinterlassen hat (umgesetzte Energie rund 100 Mio MT). Unmittelbare Folgen waren verheerende weltweite (globale) Busch- und Waldfeuer, Veränderungen der Atmosphären- und Ozeanchemie sowie kurzzeitige Klimastörungen, verursacht durch über 10^{16} kg in der Stratosphäre verteilten Staub (Teilchen unter einem Mikrometer). Die Forschung über dieses umstrittene Ereignis ist in vollem Gange.

Auch *weniger massive Körper* sind imstande, über die Einschlagsregion hinaus durch die Einleitung grosser Staubmassen in die Stratosphäre das Weltklima zu beeinflussen. Selbst ohne Artenvernichtung können Klimaänderungen eintreten, die über die Reduktion von Ernteerträgen weltweite Hungersnot zur Folge haben. Ein Beispiel ist der Ausbruch des Tambora (Sumbawa, Indonesien) am 11. April 1815, dessen stratosphärischer Staubschirm das «Jahr ohne Sommer» (1816) zur Folge hatte, mit Missernten auch bei uns. Mit der Verstärkung der lokalen Effekte bis zur globalen Klimakatastrophe ist schliesslich jede Nation und jede Person betroffen, wo auch immer sie sich befindet. Solche Konsequenzen sind im Zusammenhang mit dem «Nuklearen Winter» untersucht worden.

Können wir derartige Katastrophen verhindern oder deren Auswirkungen wenigstens abschwächen ?

Im Gegensatz zu den Lebewesen vor dem K/T-Ereignis (der Mensch trat erst von einigen Millionen Jahren auf den Plan) sind wir heute imstande, Ereignisse der beschriebenen Art vorausszusehen und entsprechend zu handeln. Potentielle

surface de la Terre). Destruction et victimes humaines proprement dites se limiteraient à cette zone; la majorité de la population du globe ne serait guère atteinte. Un événement qui pourrait arriver tous les 10'000 ans.

Bien plus graves sont les *catastrophes* qui engendrent, en plus des dommages locaux autour du point d'impact, des effets *d'ordre planétaire* (ou globaux). L'événement K/T d'il y a 65 mio d'années en est un exemple. Il se serait agi d'un corps de 10 km (équivalent à environ 100 mio MT). Il aurait laissé un cratère de près de 200 km au sud du Mexique. Les conséquences immédiates auraient été des incendies de forêt et de brousse s'étendant sur tout le globe et tuant tout sur leur passage, des modifications de la chimie atmosphérique et océanique ainsi qu'une perturbation du climat produite par les quelque 10^{16} kg de poussière submicrométrique injectée dans la stratosphère. Cette catastrophe controversée est actuellement l'objet d'intenses recherches.

Toutefois, des *corps moins massifs* sont à même d'influencer le climat global, au delà du voisinage immédiat de l'impact, par l'injection d'importantes quantités de poussière dans la stratosphère. Même sans l'extermination massive d'espèces, les changements du climat peuvent entraîner la réduction des récoltes et causer une famine générale. Ce fut le cas avec l'éruption du volcan Tambora (Sumbawa, Indonésie) le 11 avril 1815 dont l'écran de poussière stratosphérique a causé l'«Année sans été» (1816), enregistrée même chez nous. Ainsi par l'amplification d'effets locaux le climat global est affecté. Chaque nation, chaque individu, où qu'il se trouve, en subit les conséquences. Des scénarios de ce genre ont été étudiés dans le cadre de l'«Hiver nucléaire».

Est-il possible d'éviter de telles catastrophes ou d'en réduire les effets?

Au contraire des êtres qui ont vécu avant l'événement K/T (l'homme n'est apparu qu'il y a quelques millions d'années) nous sommes aujourd'hui capables de prévoir de tels événements et d'agir en conséquence. Les candidats potentiels (astéroïdes, comètes) peuvent être identifiés et suivis. Nous possédons, en principe, les moyens technologiques de les intercepter et d'en modifier la trajectoire. Ces questions ont été évoquées en 1948 déjà par l'astrophysicien suisse Fritz ZWICKY lors de sa «Halley Lecture» à Oxford. Le projet «Spaceguard Survey» (1992) de la NASA propose de faire l'inventaire de tous les astéroïdes et comètes qui pourraient être dangereux pour la Terre. Pour les astéroïdes on disposerait ainsi d'un temps d'avertissement de quelques décennies, mais de seulement quelques mois pour les comètes à période longue. Un temps suffisant dans le cas des premiers pour développer, tester et réaliser un système d'intervention (vaisseau spatial, ogives explosives), afin de les dévier de leur chemin initial. A fin 1992 étaient catalogués 163 astéroïdes dont l'orbite croise celle de la Terre. Leur surveillance, à elle seule, réduirait de deux tiers le danger en permettant de compléter la liste: moins de 5% des objets plus petits que 1 km sont connus, et loin de 0.1% de ceux qui n'atteignent pas 100 m. Les risques d'impact sont donc entachés d'une importante incertitude: les valeurs de la figure 1 et d'autres indications pourraient être fausses d'un facteur de 3 à 10.

Faut-il, oui ou non, planifier et réaliser des mesures de défense: la décision à prendre est un problème essentiellement politique. Néanmoins, la recherche d'astéroïdes proches de la Terre et la détermination de leur orbite est un défi intéressant pour l'astronomie.

(Traduction Madeleine Egger-Moreau)



Einschlagskandidaten (Asteroiden, Kometen) können identifiziert und verfolgt werden. Wir besitzen, im Prinzip, die technologischen Mittel, sie aufzufangen und abzulenken. Darüber hat sich der Schweizer Astrophysiker Fritz ZWICKY bereits 1948 in seiner «Halley-Lecture» in Oxford Gedanken gemacht. Das NASA-Projekt «Spaceguard Survey» (1992) schlägt vor, möglichst alle die Erde gefährdenden Asteroiden und Kometen zu inventarisieren. Die Vorwarnzeit würde für Asteroiden einige Jahrzehnte, für langperiodische Kometen aber nur wenige Monate betragen. Für die ersteren Zeit genug, ein Ablenkensystem (Raumfähre, Sprengkörper) zu entwickeln, zu testen und bereitzustellen. Die Asteroidenüberwachung allein würde die bekannte Bedrohung auf einen Drittel herabsetzen. Ende 1992 waren 163 erdbahnkreuzende Asteroiden katalogisiert. Die Liste ist unvollständig: Von Objekten kleiner als 1 km sind weniger als 5% bekannt, unter 100 m nicht einmal 0.1%. Die Einschlagsrisiken sind also mit einer sehr grossen Unsicherheit behaftet: Die Werte der Abbildung 1 und andere Angaben können um eine Grössenordnung falsch sein.

Ob je Abwehrmassnahmen geplant und ergriffen werden oder nicht, ist weitgehend ein politischer Entscheid. Die Suche nach erdnahen Asteroiden und die genaue Bestimmung ihrer Bahnen jedoch ist eine interessante Herausforderung für die Astronomie.

Quelle / Source:

Clark R. CHAPMANN & David MORRISON, in Nature 367, 6. Januar 1994.

FRITZ EGGER
Coteaux 1, 2034 Peseux

Die Sonnenflecken 1993

Die Zusammenstellung der auffälligsten Fleckengruppen bilden eine Auswahl von Projektionszeichnungen die im vergangenen Jahr 1993 gesammelt wurden. Sie sind alle im gleichen Maßstab gezeichnet und bilden Ausschnitte aus einer projizierten Sonnenscheibe von 37 cm Durchmesser, hier für die Publikation etwas verkleinert.

Das eingezeichnete heliografische Netz erlaubt, Lage und Grösse zu bestimmen. Interessant sind die verschiedenen Konstellationen der einzelnen Flecken in der Gruppe, wie Vorherrschen eines grösseren Fleckes. Bei Abb. 1, 2, 8 und 9 ist der Hauptfleck deutlich der Vorangehende, bei Abb. 4 der Nachfolgende. Zu beachten sind auch die verschiedenen Achsenlagen. Der vorausgehende Hauptfleck der Gruppe befindet sich meistens in tieferen Breiten, also in Richtung Aequator. Ausnahmen bei Abb. 6 und 9.

Obwohl die Sonnenaktivität abgenommen hat und dem Minimum entgegengeht, sind immer wieder interessante Beobachtungen auszumachen.

IVAN GLITSCH
Wallisellen

TIEFPREISE für alle Teleskope und Zubehör / TIEFPREISE für alle Teleskope



Grosse Auswahl aller Marken

Jegliches Zubehör
Okulare, Filter

Telradsucher

Sternatlanten
Astronomische
Literatur

Kompetente
Beratung!

Volle Garantie



Tel. 031/711 07 30

E. Christener

Meisenweg 5
3506 Grosshöchstetten

PARKS
Tele Vue
Meade



Celestron
TAKAHASHI

Carl Zeiss

