



Bulletin 1/2010

• Editorial	1
• Einladung zur ordentlichen Generalversammlung 2010	2
• Rechnung 2009 / Budget 2010	3
• Bilanz per	4
• Protokoll der GV 2009	5
• Die Entstehung des Sonnensystems	8
• Neue Saurierfunde in Frick	12
• Interview mit Urs Karli über die Expedition zum Pik Lenin	16
• Interview mit Arno Stöckli: Sanierung Hallwilersee	23

sc | nat⁺

Member of
the Swiss Academy of Sciences

Vorstand 2009/2010

Präsident

Stephan Scheidegger, Hölli 24c, 5504 Othmarsingen P 062 896 07 70

Vizepräsidentin

Annemarie Schaffner, Im Wygarte 3, 5611 Anglikon P 056 622 64 25

Aktuar und Vortragsprogramm

Flavio Rohner, Gehrenholzstr. 20, 8055 Zürich P 044 342 28 77

Kassier

Lorenz Caroli, Kirchrain 4, 5113 Holderbank P 062 893 43 30

Homepage

Gerold Brändli, Schanzmättelistrasse 27, 5000 Aarau

Bulletin

Markus Meier, Schanzmättelistrasse 37, 5000 Aarau

Beisitzer

Rainer Foelix, Schanzmättelistrasse 15, 5000 Aarau

Peter Wyss, Rütliweg 3, 5000 Aarau

Fritz Wenzinger, Langacherweg 10, 5033 Buchs

Mitglieder Stiftungsrat Naturama

Annemarie Schaffner, Hans Moor

Delegierte SCNAT

Stephan Scheidegger, Ersatz: Annemarie Schaffner

Bibliothek und Lesekreis

Annemarie Holliger, Hammer 16, 5000 Aarau

Impressum

ANG-Bulletin 1/2010, 14. Jahrgang

Auflage	400 Ex.	Druck	Repro Rohr Aarau
Redaktion	M. Meier	Abo	Im ANG Jahresbeitrag
Produktion	M. Meier		inbegriffen
Adresse	Postfach 2126 5001 Aarau	Internet	www.ang.ch

Redaktionsschluss Bulletin 2/2010: 18. September 2010

Editorial

Liebe Leserin, lieber Leser

Beim Schreiben der Anrede habe ich mich plötzlich gefragt, an wen eigentlich das Editorial gerichtet ist. Die Frage scheint vielleicht etwas komisch zu sein, ist doch die Antwort: an die Leserschaft! Aber die Leserschaft des Bulletins besteht vorwiegend aus ANG-Mitgliedern, und so könnte ich auch schreiben: Liebe ANG-Mitglieder. Natürlich gefällt mir die Anrede mit der Leserschaft besser, da ich mir wünsche, dass möglichst viele, auch Nicht-Mitglieder das Bulletin lesen (auch weitergeben des Bulletins ist erlaubt!). Mit der Frage der Anrede verbindet sich aber noch ein weiterer, in meinen Augen wesentlicherer Gedanken: Das Bulletin beinhaltet einerseits Beiträge, welche im Zeichen der Kommunikation zwischen Naturwissenschaften und der Öffentlichkeit stehen (ein Kernauftrag der ANG). Dazu gehören auch die Interviews, diesmal mit Dr. U. Karli, CEO des Kantonsspitals Aarau. Zudem bereichern interessante Beiträge zur Entstehung des Sonnensystems und zu Saurierfunden im Fricktal das Bulletin. Andererseits dient es auch als Plattform für Mitteilungen der Gesellschaft. Als Beispiel dafür finden Sie in dieser Ausgabe die Jahresrechnung, das Budget und die Traktandenliste der GV. In diesem Zusammenhang habe ich mich gefragt, ob das Editorial einfach eine Inhaltsvorschau ist, eventuell verbunden mit ein paar allgemeinen Worten zur Lage, oder ob darin auch Platz ist für die Anliegen der Gesellschaft, des Vorstandes und insbesondere diejenigen des Präsidenten. Ich habe mich nun dazu entschlossen, das Editorial für ein paar aktuelle Anliegen zu nutzen. Die Nicht-Mitglieder-Leserschaft möge dies verzeihen, wobei anzumerken ist, dass sich mein Aufruf nicht nur an die ANG-Mitglieder richtet, sondern auch an jene, die es werden könnten.

Nun also zu den konkreten Anliegen: Die ANG hat eine stattliche Grösse (gegen 350 Mitglieder). Allerdings sind jeweils nur wenige davon an den Veranstaltungen anzutreffen. Dies veranlasst den Vorstand, sich immer wieder Gedanken zur Attraktivität der Gesellschaft zu machen. Damit der Vorstand dies aber adäquat tun kann, braucht er Vorstandsmitglieder. Der Vorstand hat doch einige Aufgaben zu bewältigen, so dass es gut ein bis zwei neue Gesichter ertragen würde. Wer sich für diese Arbeit interessiert oder wenigstens etwas zu begeistern vermag, ist herzlich eingeladen, sich bei mir oder einem anderen Vorstandsmitglied zu melden. Immerhin bedeutet die Tätigkeit nicht nur Arbeit. Sie bietet auch die Chance, sich mit Ideen einzubringen, mitzugestalten und Neues zu injizieren. Dies wird eine vordringliche Aufgabe in den nächsten Jahren sein.

Um besser die Mitglieder erreichen zu können, planen wir einen Newsletter und/oder eine Mailing-Liste, um besser auf aktuelle Veranstaltungen aufmerksam zu machen, insbesondere bei kurzfristig geplanten Aktivitäten. Dafür benötigen wir aber die Email-Adressen der Mitglieder. Wir werden eine entsprechende Lösung auf dem Webserver der ANG aufsetzen. Sobald diese funktioniert, wird es einen entsprechenden Aufruf zum Zusenden eines Emails geben. Auch damit hoffen wird, die ANG lebendiger zu machen und die Kommunikation zu verbessern.

Stephan Scheidegger

Präsident ANG

Einladung zur ordentlichen Generalversammlung 2010

Mittwoch, 17. März 2010, Mühlbergsaal, Naturama, Aarau

19:30 Apéro

20:00 Vortrag

von Adrian Zwyssig über seine prämierte Maturarbeit

„Piperidin als Zwischenprodukt bei der Synthese von
Pharmazeutika“

anschliessend

(ca. 21:00) Generalsversammlung 2010

Traktanden

1. Begrüssung
2. Protokoll GV 2009
3. Bericht des Präsidenten
4. Jahresrechnung und Bericht der Revisoren
5. Budget
6. Mutationen und Wahlen
Ersatzwahl Kassier, Vorschlag Vorstand: Frau Martha Steiner,
Buchs ZH als neue Kassiererin, Lorenz Caroli als neuer
Revisor
7. Varia, Mitteilungen

Rechnung 2009 / Budget 2010

	Budget 2010	Rechnung 2009	Budget 2009
400 Publikation Band 36	0.00	0.00	0.00
410 Rückstellung Publikation	5'000.00	5'000.00	5'000.00
420 Bücher und Abonnemente	1'200.00	1'071.16	1'200.00
421 Lesemappen Porti/Versandkarton	1'000.00	928.80	1'000.00
430 Jahresbeiträge	700.00	694.00	800.00
440 Vorträge und Exkursionen	2'000.00	1'524.40	2'500.00
441 Beitrag Naturama	8'000.00	8'000.00	8'000.00
450 Büromaterial/Porti/Drucksachen	1'500.00	1'674.95	2'000.00
455 Vereins-Info + Internetauftritt	2'500.00	2'760.80	2'000.00
456 Kompetenz Vorstand	600.00	454.50	600.00
457 Unterhalt + Betrieb Einrichtungen	500.00	0.00	500.00
458 Einrichtungen Verein	0.00	0.00	0.00
459 Maturitätsarbeit	2'500.00	2'478.00	2'500.00
460 Projekte	1'000.00	0.00	1'000.00
Total Ausgaben	26'500.00	24'586.61	27'100.00
600 Mitgliederbeiträge	14'200.00	14'280.00	15'000.00
601 Beitrag Kanton BKS	800.00	800.00	800.00
610 ANG Mitteilungen	100.00	39.00	100.00
620 Lesezirkel	850.00	850.00	950.00
640 Eintritte Vorträge	0.00	0.00	0.00
651 Bankzinsen	800.00	989.46	600.00
680 Auflösung Rückstellung	8'000.00	8'000.00	8'000.00
690 Div. Erträge	0.00	0.00	0.00
691 Beitrag schnat	1'500.00	1'500.00	1'500.00
Total Einnahmen	26'250.00	26'458.46	26'950.00
Gewinn (- = Verlust)	-250.00	1'871.85	-150.00

Bilanz per 31. Januar 2010

		AKTIVE	PASSIVE
100	Kasse	0.00	
101	Portokasse 50-2553-0	200.00	
110	Postcheck	11'095.85	
120	UBS .0	5'524.75	
123	UBS .3	1'059.10	
124	UBS 1554.0	75'453.95	
128	NAB 545736-50	4'364.22	
130	Transitorische Aktive	900.00	
131	Verrechnungssteuer	748.98	
180	Obligationen/Termingeldkonto	15'000.00	
210	Trans. Passive		382.55
280	Rückstellung Mitteilungsband		30'000.00
281	Rückstellung Naturama		22'910.35
282	Gönnerverein Naturama		3'780.00
290	Eigenkapital bisher		55'402.10
	Einnahmen-Ueberschuss		1'871.85
	Neues Eigenkapital		57'273.20
		114'346.10	114'346.10

Holderbank, 31. Januar 2010

Der Kassier: Lorenz Caroli

Protokoll der GV 2009 vom 18.3.2009

Ort: Mühlbergsaal des Naturama, Aarau; 19.00 Uhr

Anwesend 22 Mitglieder und Revisor S. Wälty

Entschuldigt: Bruno Fuchs, Marta Steiner, Annemarie Holliger und 2 weitere Mitglieder

0. Begrüssung des Präsidenten (19:00)

- Der Präsident Stephan Scheidegger macht darauf aufmerksam, dass die Zeit knapp ist (45'), weil anschliessend eine Podiumsdiskussion zum Thema Erdöl stattfindet.
- Der Präsident entschuldigt die beiden fehlenden Revisoren (B. Fuchs und M. Steiner).

1. Protokoll der GV vom 12.3.08 (19:01)

- Einstimmig genehmigt

2. Jahresbericht des Präsidenten (19:03)

- Mitglieder per 1.1.09: 300 Einzel- und 12 Familienmitglieder; 7 Ehren-, 10 Kollektiv- und 6 Spezialmitglieder. Total sind es 335.
- 7 Austritte, 2 Todesfälle (Herr I. Debrunner, Eintritt 1960 und Frau M. Blatter-Müller, Eintritt 1949)
- 9 Neueintritte seit letzter GV
- Bericht über die 4 Vorstandssitzungen mit den jeweiligen Inhalten.
- Aktuell: Periodika-Diskussion ausgelöst u.a. durch die schnat. Jubiläumsband im 2011 (200 Jahre ANG).
- Nachwuchsförderung: Arbeitsgruppe vorhanden, aber noch keine konkreten Aktivitäten geplant
- Angebote der ANG sollen attraktiver werden; es werden hierzu Ideen gesammelt
- E-mail Adressen der Mitglieder sollen erhoben werden, um die Information zu erleichtern.
- Gesucht: neue Vorstandmitglieder; Fritz Wenzinger interessiert sich dafür, wird ab sofort mitarbeiten.
- Hans Moor tritt zurück aus Vorstand, Flavio Rohner neuer Aktuar
- Dank an alle Vorstandmitglieder für ihre Beiträge
- Veranstaltungen: 5 Vorträge, zudem 2 weitere Vorträge mit AVA, Sommerakademie, Exkursion Tessin zu Skorpionen
- Die Zusammenarbeit mit anderen Institutionen wie der Astronomischen Vereinigung Aarau AVA und dem Naturama sollen nicht nur beibehalten sondern ausgebaut werden.

- Mai 08: schnat-Tagung in Bern: Periodika, Nachwuchsförderung (Annemarie Schaffner stellte Maturarbeitsprämierung bei uns vor)
- Maturarbeitsprämierung mit Historischer Gesellschaft des Kantons Aargau und Pro Argovia im Gemeindesaal Lenzburg: 26 Arbeiten aus den Bereichen Mathematik, Informatik, Biologie, Geschichte, Wirtschaft und Gestaltung eingereicht (siehe Bulletin 2/08). Nur sehr wenige Arbeiten aus Physik und Chemie. ANG möchte etwas beitragen, damit allgemein mehr naturwissenschaftliche Arbeiten geschrieben werden. Prämierung wird auch dieses Jahr in der bewährten Form stattfinden.

3. Jahresrechnung 2008 und Bericht der Revisoren (19:16)

- Lorenz Caroli stellt die Jahresrechnung vor (siehe Bulletin 1/09). Auffallend: Das Naturama hat bisher den ihm zustehenden Beitrag von der ANG über Fr. 8000.- nicht beantragt. Es wird möglicherweise im 2009 zwei Beiträge aufs Mal erhalten (Fr. 16'000).
- Der Revisor Samuel Wälty führt aus, dass Bilanz und Erfolgsrechnung übereinstimmen. Die Buchhaltung sei sauber geführt, die Belege vorhanden. Das Ergebnis ist besser ausgefallen als budgetiert. Daraus ergibt sich ein Ertragsüberschuss von Fr. 2593.32.
- Die Jahresrechnung wird einstimmig angenommen

4. Budget 2009 (19:19)

- Lorenz Caroli stellt das Budget vor (siehe Bulletin 1/09), das ebenfalls einstimmig angenommen wird.

5. Mutationen und Wahlen (19:20)

- Verabschiedung von Hans Moor aus dem Vorstand. Stephan stellt die Arbeit von Hans vor, vom Eintritt in die ANG bis heute. Hans erhält 2 Bücher zu Darwin und Fossilien (Stromatolithen) als Geschenk.
- Hans Moor bedankt sich.
- Flavio Rohner ist seit Anfang 2009 neuer Aktuar.
- Wahlen für den Stiftungsrat Naturama: Bisherige (Annemarie Schaffner und Hans Moor) stellen sich zur Wiederwahl für eine weitere Amtsperiode (rückwirkend per 1.1.08 bis 31.12.10). Sie werden per Akklamation wiedergewählt.
- Wahl eines neuen Revisors für die Stiftung Naturama: Vorschlag des Vorstandes: Bruno Fuchs, Oberrieden ZH, ANG-Mitglied. Bisher hatte Lorenz Caroli diese Aufgabe erledigt. Eine Gesetzesrevision verlangt nun für Stiftungen, dass deren Revisoren eine besondere Befähigung benötigen. Bruno Fuchs ist Treuhänder und

besitzt somit diese Befähigung. Er wird einstimmig gewählt und tritt per sofort sein Amt an.

- Wahl eines neuen zweiten Revisors für die ANG: Marta Steiner, Buchs ZH, stellt sich zur Verfügung. Sie ist ANG-Mitglied; ist aber krankheitshalber abwesend. Sie wird einstimmig gewählt.

6. Varia und Mitteilungen (19:35)

- 2 neue Mitglieder zeigen sich.
- Der Präsident hat noch ein paar Mitteilungen:
 - o Das 2009 ist Darwin-Jahr und zudem das Jahr der Astronomie. Ein Grund mehr, um mit der AVA weiterhin zusammenzuarbeiten.
 - o Letzten Freitag (13.3.09) war die 1. Veranstaltung im Naturama zum Darwin-Jahr: Einweihung der Vitrine im Erdgeschoss.
 - o Am 7.5.09 wird PD Petra Werner eine Lesung halten zu ihrem neuen Buch "Darwin : Die Entdeckung des Zweifels"
 - o Der Tag der Artenvielfalt findet vom 12. -14. Juni 2009 in der Umgebung von St. Urban/Murgenthal/Roggwil statt.
 - o Auf der ANG-Homepage sind immer die aktuellen Ereignisse zu finden.
- Zuletzt weist der Präsident auf die anschliessende Podiumsdiskussion und die Ausstellung im Naturama zum Thema Erdöl (Ölrausch - eine Ausstellung für Nüchterne) hin.

Schluss: 19:40

Zürich, 3.4.09

Der Aktuar: Flavio Rohner

Die Entstehung des Sonnensystems

(Ein Teilbericht über den Jahreskongress der SCNAT am 13.11.09 in Luzern)

Die SCNAT, die Dachgesellschaft der ANG, schloss gemeinsam mit astronomischen Gesellschaften das Jahr der Astronomie 2009 mit einem Kongress im Verkehrshaus ab. Das Thema lautete: "Are we alone?" Neben astronomischen Themen der Planetenentstehung und Planetenhäufigkeit wurden auch biologische Themen der Entstehung erster Lebewesen besprochen. Hier möchte ich vor allem über die heutigen Vorstellungen zur Entstehung des Sonnensystems berichten.

Urwolke aus Gas und Staub

An den zeitlichen Beginn des Sonnensystems vor 4.6 Mia. Jahre setzt man eine grosse Urwolke, die hauptsächlich aus Wasserstoff und etwas Helium besteht, beide Überbleibsel des Urknalls. Der Urknall fand vor etwa 14 Mia. Jahre statt. Das Weltall ist also wesentlich älter als unser Sonnensystem. Vor Geburt unserer Sonne durchlebten bereits mehrere Generationen von Sonnen einen Lebenszyklus. Besonders massivere Sonnen als die unsrige durchlaufen ihren Lebenszyklus rasch und enden in einer Explosion, einer Supernova. Dabei wird die äussere Schale weggeschleudert. Sie enthält viele mittelschwere chemische Elemente, die der Urknall nicht bilden konnte. Der menschliche Körper und die Erde bestehen fast ausschliesslich aus solchen mittelschweren Elementen, wie Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Silizium, Eisen. Sie vermischen sich mit den übrigen Gasen der Galaxie und gehen chemische Bindungen ein. So verbinden sich z.B. Sauerstoff einer Supernova und Wasserstoff des Urknalls zu H_2O , also Wasser. Die Verbindungen bilden kalten Staub, dem wir auch die zahlreichen Eiskristalle zurechnen. Staub ist ein überaus wichtiger, aber sehr geringer Teil der Urwolke.

Kontraktion

Vermutlich angestossen durch die Druckwelle einer benachbarten Supernova beginnt sich die Urwolke unter der Einwirkung der eigenen Gravitation zusammenzuziehen. Innerhalb einer Sternbildungszone entstehen oft hunderte von Sonnen nebeneinander. Solche Zonen lassen sich noch heute beobachten und studieren. Es ist statistisch unwahrscheinlich, dass eine sonnenbildende Urwolke ganz frei von Rotation ist. Im Kleiner-Werden dreht sie sich immer rascher und nimmt die Form einer Scheibe an. Im Zentrum der Scheibe entsteht die neue Sonne. Sie gewinnt Energie aus der Fusion von Wasserstoff zu Helium und beginnt zu glühen.

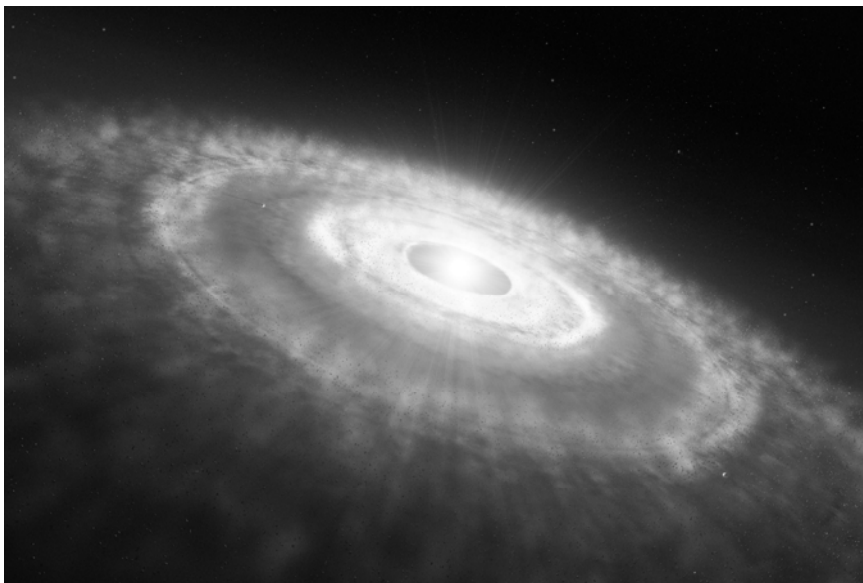


Abb.1 Die Gas- und Staubscheibe um die werdende Sonne (Quelle:Wikimedia)

Eislinie

Durch die Wärme der Sonne bildet sich knapp innerhalb der heutigen Jupiterbahn eine Eislinie. Näher an der Sonne schmilzt und verdampft das Eis. Es bleibt dort wenig feste Materie. Ausserhalb der Eislinie ist der Staub viel zahlreicher.

Staubklumpen

Wenn wir im Haushalt Staub liegen lassen, klumpt er sich zusammen. Ähnliches passiert in der Urwolke um die Sonne. Vor allem jenseits der Eislinie ballt sich der Staub rasch zusammen. Man weiss noch nicht, welcher "Klebstoff" metergrosse Staubklumpen zusammenhält. Wenn Klumpen die Grösse eines Berges erreicht haben, beginnt die Gravitation zu wirken. Die Klumpen wachsen weiter und werden warm, weil Gravitationsenergie freigesetzt wird. Das Eis schmilzt.

Grosse Gasplaneten

Schliesslich erreichen diese Gebilde die Grösse kleiner Planeten und können Gase festhalten. Sie sammeln den Wasserstoff und das Helium aus der Gasscheibe ein und wachsen rasch weiter. So entstehen die grossen Gasplaneten Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun. Der Jupiter

beispielsweise setzt sich heute aus 71% Wasserstoff, 24% Helium und nur 5% schwereren Elementen zusammen.

Innere Planeten

Zwischen Jupiter und der Sonne bilden sich vorerst nur kleinere felsartige Vorplaneten. Durch die grossen Gasplaneten werden ihre Bahnen beeinflusst. Das führt zu Zusammenstössen und zur Bildung der inneren Planeten. Durch freigesetzte Gravitationsenergie schmelzen sie und fragmentieren sich: Eisen und Nickel sinken in den Kern, Gesteine steigen an die Oberfläche. Eine Atmosphäre und Wasser kommen erst ganz am Schluss dazu. Seit der Entstehung der Sonne sind erst zirka 100 Mio. Jahre vergangen. In den folgenden 4.5 Mia. Jahre geschieht im Sonnensystem nicht mehr viel.

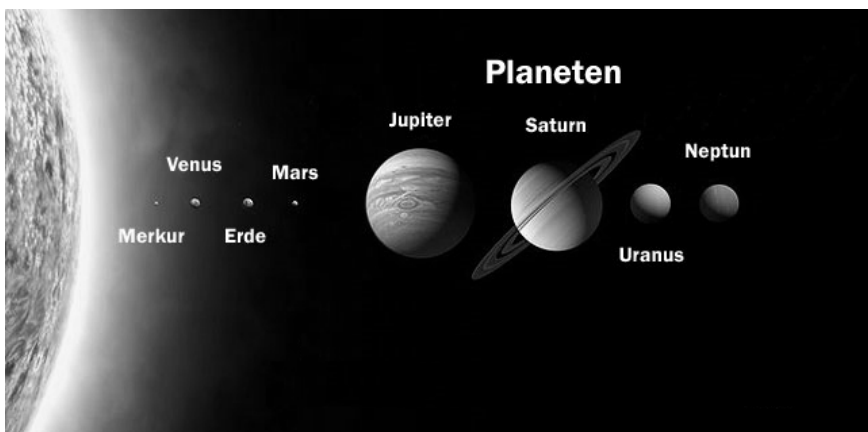


Abb.2 Die acht Planeten unseres Sonnensystems (Quelle: lexikon.astronomie.info). Die Abstände sind verkürzt.

Modellrechnungen

Computerprogramme, die die Bildung von Planetensystemen simulieren, beschreiben diesen Vorgang recht gut. Je nach Parameterwahl ergeben sie für die äusseren oder inneren Planeten vernünftige Resultate. Alle Planeten zusammen kann man noch nicht befriedigend simulieren. Jede Simulation endet mit einem unterschiedlichen Sonnensystem, weil zufällige Zusammenstösse zwischen Vorplaneten eine so grosse Rolle spielen. Es resultieren also ganz unterschiedliche Planetenverteilungen. Der Sonderfall einer Sonne ohne Planeten ist aber unwahrscheinlich, weil die Sonne dann den ganzen anfänglichen Drehimpuls aufnehmen und viel zu rasch rotieren müsste. In unserem Sonnensystem sind noch immer mehr als 99% des Drehimpulses im Umlauf der Planeten um die Sonne!

Extrasolare Planeten

Seit Mitte der 90er Jahre kann man durch indirekte Beobachtung Planeten um andere Sonnen nachweisen. Mittlerweile kennt man ungefähr 400. Sie sind alle mehr als jupitergross oder sehr nahe an ihrer Sonne. Die heutigen Methoden können noch keine erdähnlichen Planeten nachweisen. Die statistische Verteilung der beobachtbaren extrasolaren Planeten stimmt gut mit den Modellrechnungen überein.

Komplexität

Zum Schluss noch eine sehr allgemeine Bemerkung: Innere Planeten und Lebewesen gehören zu den komplexesten Gebilden im Weltall. Kleinste Bausteine wie Protonen sind ganz einfach aufgebaut und immer gleich. Sehr grosse Gebilde wie Sonnen sind ebenfalls einfach aufgebaut: Glühende Gaskugeln mit homogener chemischer Zusammensetzung und wenig Struktur. Nur im mittleren Grössenbereich, wo die Gravitation nicht alles platt drückt, wo Temperaturen herrschen, die die Koexistenz von fester, flüssiger und gasförmiger Materie gestatten, ist Komplexität möglich. Man denke beispielsweise an die verschiedenen Eiweisse in unserem Körper oder an die Vielfalt der Gesteine auf der Erde. Damit Komplexität entstehen kann, braucht es aber zusätzlich Energie. Die Erde schöpft sie aus dem riesigen Temperaturgefälle zwischen der heissen Sonne und dem kalten Universum. Nur in einem solchen Gefälle weit weg von einem Gleichgewicht können aus einem anfänglichen Chaos Vielfalt und Komplexität entstehen.

Gerold Brändli

Neue Saurierfunde in Frick

Seit fast 50 Jahren werden in Frick Saurierknochen gefunden – Frick gilt als die wichtigste Saurierfundstelle der Schweiz. Dabei handelt es sich vor allem um Reste von *Plateosaurus*, einem ursprünglichen Dinosaurier aus der Trias-Zeit (vor über 200 Mio Jahren). *Plateosaurus* waren 7-8 m lang und hatten deutlich grössere Hinterbeine als Vorderbeine. Deshalb hat man früher einen aufrechten Gang auf den Hinterbeinen postuliert; dagegen nimmt man heute an, dass er sich zwar aufrichten konnte, aber meist auf allen Vieren gelaufen ist (Abb. 1). Ziemlich sicher handelte es sich um pflanzenfressende Echsen, wie man aus den relativ kleinen spatelförmigen Zähnen schliessen kann.

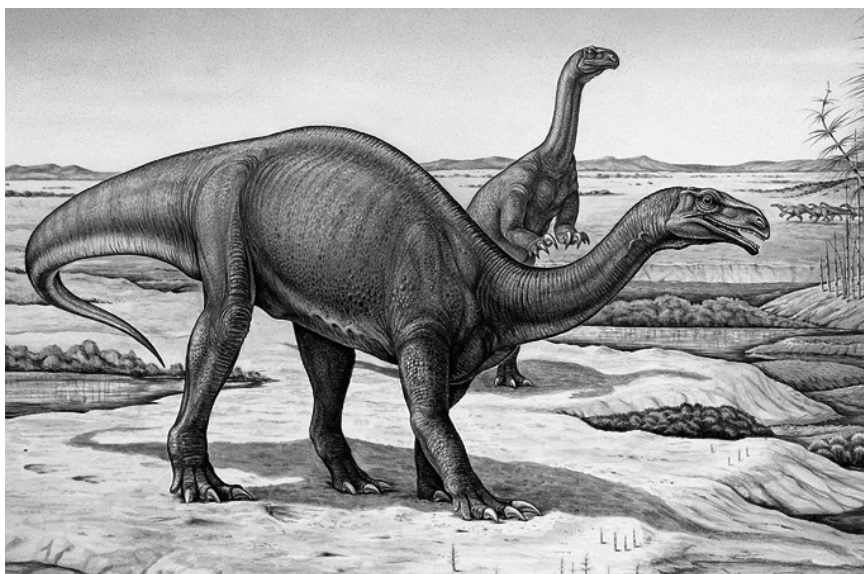


Abb.1 Lebensbild von *Plateosaurus* (Zeichnung von Beat Scheffold)

Die Bedeutung von *Plateosaurus* liegt vor allem darin, dass er als „Prosauropode“ an der Basis der Dinosaurier-Entwicklung steht und wesentlich älter ist, als die bekannteren Brachiosaurier oder Tyrannosaurier aus der Jura oder Kreide-Zeit.

Nach den ersten Funden von Einzelknochen (Ernst Wälschli, 1961) wurden einige gezielte Grabungen in der Tongrube „Gruhalde“ in Frick durchgeführt, wobei auch zusammenhängende Skeletteile wie etwa ein ganzer Fuss zum Vorschein kamen (1976). Einige Jahre später (1985)

wurde das bislang einzige vollständige Skelett in Frick geborgen. Spätere Grabungen stiessen nur auf teilweise zusammenhängende Knochen (1988 Univ. Zürich; 1995 Neue Kantonschule Aarau), allerdings oft in sehr guter Erhaltung. Ab 1991 wurden die Fricker Saurierfunde in einem eigens dafür erstellten „Sauriermuseum“ ausgestellt – wer sich hierüber genauer informieren will, wird im Internet unter [www. sauriermuseum-frick.ch](http://www.sauriermuseum-frick.ch) fündig.

Nach einigen Notgrabungen aufgrund von Zufallsfunden wurden dann ab 2004 praktisch jedes Jahr systematische Grabungen parallel zum Abbau der Tongrube Keller AG durchgeführt. Seitdem konnten über ein Dutzend weitere *Plateosaurier* freigelegt werden, so dass mittlerweile relativ viel fossiles Knochenmaterial zur Verfügung steht. Was nicht im Sauriermuseum ausgestellt wird, kann für wissenschaftliche Untersuchungen genutzt werden. Entsprechend sind in den letzten Jahren wichtige Studien an Plateosaurierknochen vorgenommen worden (z. B. durch die Gruppe um Prof. M. Sander von der Univ. Bonn) und in Fachzeitschriften erschienen. Weitgehend zusammenhängende Skelettteile (von verschiedenen Individuen) konnten zu einem kompletten Saurierskelett montiert werden und wurden z. B. 2007 im Museum von Leiden (Holland) ausgestellt.

Interessanterweise sind die Plateosaurier-Reste nicht auf die Tongrube Gruhalde beschränkt, sondern kommen in den gleichen Schichten („Obere Bunte Mergel“) auch am Frickberg vor.

Im Jahr 2006 wurden von einem Hobby-Paläontologen (Michael Fischer, Basel) zufällig dunkle, fast schwarze Saurierknochen in der Tongrube Gruhalde entdeckt, die nicht von Plateosauriern stammen konnten. Es wurde bald klar, dass es sich hierbei um ein Rumpfskelett eines kleineren Raubdinosauriers (2-3 m Körperlänge; Abb. 2) handeln musste, von dem bislang nur einzelne Zähne bekannt waren. Dies war der erste Fund eines Raubdinosauriers in der Schweiz und war somit eine kleine Sensation. Das Skelett wurde dann am Paläontologischen Institut der Univ. Zürich fein präpariert und im Rahmen einer Diplomarbeit (Jasmina Hugi) wissenschaftlich untersucht. Danach handelt es sich um einen Raubsaurier der Gattung *Coelophysis*, vermutlich um ein junges, männliches Tier (aufgrund der „offenen“ Knochenfugen, resp. der Beckenstruktur). Die Zähne sind beim Raubdinosaurier glattrandig und sichelförmig gebogen, im Gegensatz zu den spatelförmigen, gekerbten Zähnen des Pflanzenfressers *Plateosaurus*. Bereits Jahre zuvor war übrigens in einem Beckenknochen eines *Plateosaurus* ein einzelner Zahn eines Raubsauriers gefunden worden, der vermutlich beim Abnagen der Knochen ausgebrochen sein muss – das Originalpräparat kann im Naturama in Aarau besichtigt werden.

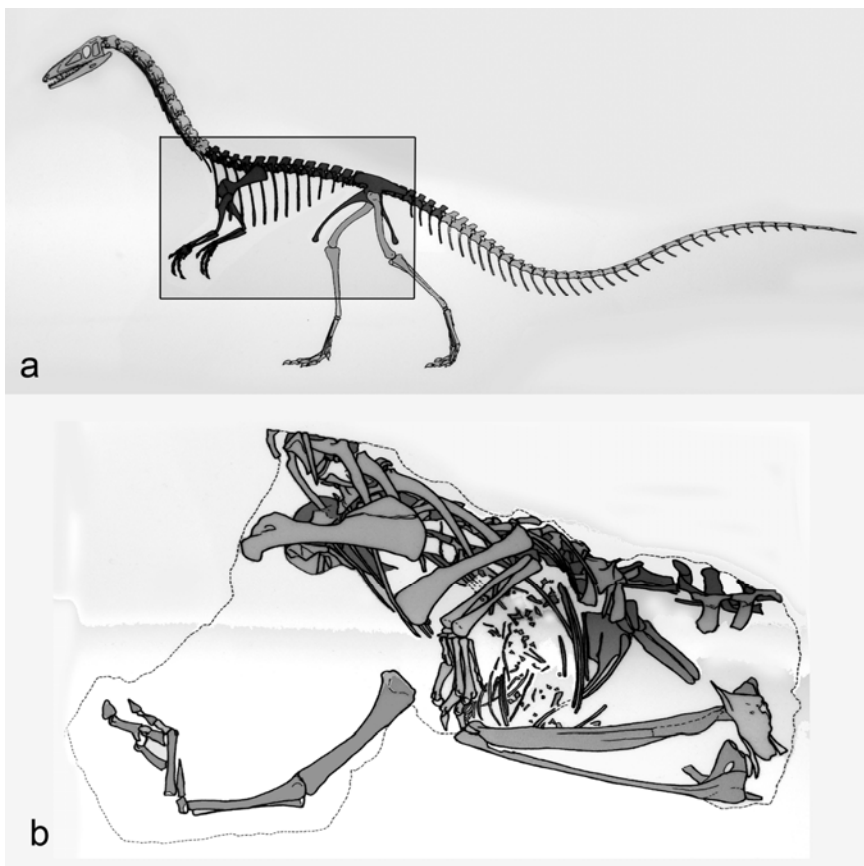


Abb. 2 Raubsaursierskelett. a) Schematisierte Skelettzeichnung (R. Kindlimann). Das Rechteck markiert das Rumpfskelett; in b) sind die verschiedenen Knochen des Rumpfes in Originallage eingezeichnet (nach Jasmina Hugi, Univ. Zürich).

Besonders interessant ist, dass innerhalb des Bauchraumes des Raubsaursierskeletts sogar Nahrungsreste fossil erhalten geblieben sind. Anhand von Knochenteilen und Zähnchen kann man schliessen, dass die letzte Mahlzeit des Fricker Raubsaursiers vor allem aus einer kleinen Brückenechse bestand. Brückenechsen sind heute so gut wie ausgestorben – die einzigen Nachfahren leben als sog. „lebende Fossilien“ auf wenigen kleinen Inseln vor Neuseeland.

Letztes Jahr, im Februar 2009, kam es dann an der gleichen Fundstelle in der Tongrube Gruhalde nochmals zu einem Überraschungsfund: der Präparator Ben Pabst stiess auf den kleinen Schädel des Raubsaursiers.



Abb. 3 Kopf des Fricker Raubdinosauriers (*Coelophysis*); Rekonstruktionsmodell von Beat Scheffold.

Dieser seltene Fund wird derzeit für wissenschaftliche Studien frei präpariert und wird danach sicher zusammen mit dem Rumpfskelett in einer eigenen Raubsauriervitrine (Abb. 3) im Sauriermuseum Frick ausgestellt. Und schliesslich kam kürzlich noch ein weiterer spektakulärer Fund ans Tageslicht, nämlich das Skelett einer Schildkröte von 60 cm Länge.

In den letzten Jahren wurden zuweilen kritische Stimmen laut, die monierten, man habe ja jetzt schon so viel Saurierknochen in Frick gefunden, dass man da ja nichts mehr Neues erwarten könne. Die überraschenden Funde der letzten Jahre zeigen aber im Gegenteil, dass bei systematischen Grabungen immer wieder ganz unerwartete Fossilien zum Vorschein kommen, von denen bisher so gut wie nichts bekannt war. Und selbst beim reichhaltigen Plateosaurier-Material eröffnen sich nun neue Möglichkeiten um evtl. unterschiedliche Arten abzugrenzen oder Unterschiede von Männchen und Weibchen, Wachstumsvorgänge etc. genauer zu untersuchen. Insofern wird die Tongrube in Frick auch weiterhin eine echte Fundgrube bleiben.

Rainer Foelix

Literatur:

Hugi, J. (2008): The Axial and Posterior Appendicular Morphology of the First Theropod Skeleton (Saurischia, Dinosauria) of Switzerland (Late Triassic; Frick, Canton Aargau). Master's Thesis Univ. Zürich (PIMUZ)

Interview

Dr. Urs Karli, CEO des Kantonsspitals Aarau, im Gespräch mit Annemarie Schaffner

Urs Karli ist in Basel aufgewachsen, hat dort Biochemie studiert und sich danach in der Pharmaindustrie auf verschiedenen Positionen in Vertrieb, Verkauf und Marketing hochgearbeitet. Mit der Vertretung von Spitalmedikamenten kam das Interesse für diesen Sektor, und seit Oktober 2007 ist er CEO des Kantonsspitals Aarau (KSA). Ich habe ihn um ein Interview gebeten, weil er an der Schweizer Expedition vom 25. Juli bis 16. August 2009 auf den 7134 m hohen Pik Lenin in Kirgistan teilgenommen hat. Wir treffen uns in seinem Büro im KSA. Als Einführung und Überblick schlägt er mir den 20-minütigen Film vor, den er gedreht hat. Aus den 20 Minuten werden zwei Stunden, immer wieder unterbrochen, damit er meine Fragen gleich "vor Ort" beantworten kann.



Abb.1 Urs Karli im "Training" auf dem Augstmatthorn

A.S. Die Expedition war nicht einfach ein Abenteuer für Bergsteiger, sondern diente in erster Linie der medizinischen Forschung. Was wollten die Ärzte herausfinden?

U.K. Auf einer Expedition im Jahr 2005 auf den 7546 m hohen Muztagh Ata in Westchina wurde entdeckt, dass mit zunehmender Höhe auch die Sauerstoffradikale im Blut steigen. Diese aggressive Form von Sauerstoff reagiert leicht mit anderen Molekülen und stört so viele Stoffwechselwege. Es bestand die Vermutung, ein Vitamincocktail mit Antioxidantien könnte diese Reaktionen bremsen oder gar verhindern und dadurch die Akklimatisation an die Höhe und die gefürchteten Höhenkrankheiten positiv beeinflussen. Diese Hypothese sollte überprüft werden. Das gleiche Ärzteteam wie schon am Muztagh Ata rief deshalb die Pik Lenin-Expedition ins Leben. Um einigermaßen gesicherte statistische Aussagen machen zu können, brauchte es eine Mindestanzahl von Probanden, die gewillt waren, die rund 800 nötigen Blutproben zu liefern und ein detailliertes Tagebuch zu führen. Wir waren 31 Freiwillige und 12 Bergführer, Ärzte und Journalisten.

A.S. Welche Ärzte stehen hinter den beiden Expeditionen?

Es sind dies Dr. med. Urs Hefti als Expeditionsleiter, Prof. Andreas Huber als Forschungsleiter (Principal investigator) und Frau Dr. med. Jacqueline Pichler als Forschungsleiterin am Berg (Co-investigator). Hefti und Pichler haben ehemals am KSA gearbeitet. Hefti ist Höhenmediziner, Chirurg, Notarzt der REGA und leitet Kurse in Höhenmedizin und Sportklettern. Er war es auch, der Sponsoren suchte, ohne die diese Forschungsexpedition nicht durchführbar gewesen wäre. Pichler konnte ihre Untersuchungen vom Muztagh Ata, die in ihre Dissertation eingeflossen waren, am Pik Lenin fortsetzen. Prof. Huber hatte die Oberleitung über die Forschung. Er ist Chefarzt des Zentrums für Labormedizin am KSA und Mitglied der Geschäftsleitung. Unter seiner Federführung werden zu gegebener Zeit die Resultate veröffentlicht.

A.S. Alles in allem war das ja eine Riesengruppe! Wie wird ein solches Unternehmen organisiert? Gibt es dafür Reisebüros?

U.K. Die Logistik war nicht einfach. Kari Kobler von Kobler & Partner in Bern wurde von der Expeditionsleitung mit der logistischen Leitung und



der technischen Führung am Berg beauftragt. Während einer Vorbereitungszeit von 1½ Jahren wurden die Probanden ausgesucht, die Experimente geplant und das Material zusammengestellt – zusammen mit den Lebensmitteln, die alle aus der Schweiz mitgenommen wurden, mehrere Tonnen.

Abb.2 Tonnagen von Material und Lebensmitteln

A.S. Wie wurden die Probanden ausgewählt?

U.K. Die Teilnehmer wurden hauptsächlich durch Zeitungsartikel auf die Expedition aufmerksam. Der Pik Lenin ist mit Ausnahme eines Gletschers und eines kurzen Aufstiegs kein technisch schwieriger Berg, verlangt aber eine gute Kondition, die die Probanden mitbringen mussten. Trotzdem kam es zu einem Zwischenfall – ein Teilnehmer erlitt beim Aufstieg einen Herzinfarkt. Dank den richtigen ärztlichen

Massnahmen, dank Trägern, Militärhelikopter und schliesslich dem Transport durch die Rettungsflugwacht in die Intensivstation des KSA hat er überlebt. Warum das KSA? Professor Huber, Chefarzt im KSA, hat den Patienten auf dem Heimflug begleitet und auf dem Weg die behandelnden Ärzte im Spital vorinformiert.

A.S. Wie sind Sie zu dieser Expedition gekommen?

U.K. Ich hatte schon lange eine Hochgebirgsexpedition im Kopf. Ich bin fit und gerne in den Bergen, habe den Jungfraumarathon und viele Bergläufe gemacht, und als mich Andreas Huber einmal beim Mittagessen fragte, habe ich zugesagt. Ich wollte es wissen. Und ich wollte auch wissen, ob ich fähig wäre, mich unterzuordnen.

A.S. Und – haben Sie es gekonnt?

U.K. Ja. Weil ich gesehen habe, wie erfahren Expeditionsleitung und Bergführer waren, hatte ich keinerlei Schwierigkeiten, ihre Anordnungen zu befolgen. Schliesslich ging es um die Sicherheit der ganzen Gruppe; Querschläger sind bei solchen Unternehmen fehl am Platz. Ich habe auch grossen Respekt vor den Leistungen aller anderen Teilnehmer. Es braucht schon etwas, sich täglich, manchmal bei -20° Kälte und Wind, Blut abzapfen zu lassen!

A.S. Ich werde daheim den Atlas hervorholen müssen: Wie erreicht man den Pik Lenin?

U.K. Wir flogen von Zürich nach Istanbul, von dort nach Bishkek, der Hauptstadt von Kirgistan, und nach Osh. Hier hat uns Kari Kobler während unseres Aufenthalts zweimal ins gleiche Restaurant geführt und



Abb.3 Base Camp mit Pik Lenin im Hintergrund



Abb. 4 Aufstieg vom Base Camp ins Lager 1

uns quasi vorgeschrieben, was wir zu essen hatten: Kein Salat und kein rohes Gemüse! Durchfall ist das Schlimmste, was einem in den Bergen passieren kann. Auf dem Rückweg habe ich es dann trotzdem ausprobiert. Resultat: Gewaltiger Durchfall und 4 kg weniger!

In Osh kam der erste "Konditionstest" mit der 12-stündigen Lastwagenfahrt über Holperpisten ins Basislager auf 3600 m Höhe, das wir schon eingerichtet voranden. Hier und vor allem im Lager 1, dem Advanced Base Camp auf 4400 m Höhe, verbrachten wir neun Tage zur Akklimatisation. Wir stiegen hinauf, dann wieder hinunter und wieder hinauf. Dazwischen gab es Ruhetage, die wir mit Lesen und Musikhören hinter uns brachten. Für mich waren es teilweise langweilige Tage, sicher auch, weil ich auf den Gipfel wollte und ungeduldig war. Aber sonst war das Lagerleben im Base Camp angenehm: Wir wohnten zu zweit in einem Zelt. Dazu hatten wir ein grosses Gemeinschaftszelt, wo für uns gekocht wurde und wo wir assen. Wir hatten ein WC und ein Duschhäuschen. Das Wasser heizten wir auf und pumpten es in den Duschkopf.

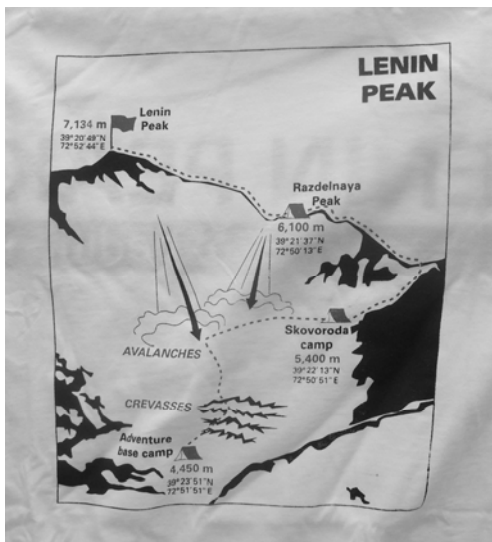


Abb. 5 T-Shirt mit der Route. Wer es mit Berechtigung trägt, darf stolz sein!

A.S. Das tönt ja recht gemütlich!

U.K. Es wurde schnell spartanischer. Ab Lager 2 auf 5400 m Höhe mussten alle ihr verpacktes Essen in einem Pfännchen selber kochen. Das Duschhäuschen blieb unten, aber das WC liess Kari Kobler bis hier hinauf zügeln. Er legte grossen Wert darauf, dass die Route sauber blieb. Auch weiter oben achtete er streng darauf, dass alles in Säcke verpackt wurde und nichts liegen blieb. Das gehört sich so – schon nur aus Respekt vor dem Berg und vor den nachfolgenden Bergsteigern.

A.S. Mit Ausnahme der eingeschneiten Zelte von Lager 2 sehe ich eigentlich immer schönes Wetter mit Sonnenschein?

U.K. Wir hatten Glück. Es fiel zwar Schnee, durch den wir aufstiegen, aber beim Abstieg war er vielerorts schon wieder verschwunden. Glück auch, weil die Rettungsaktion bei schlechtem Wetter viel schwieriger geworden wäre. Am 8. August, dem Gipfeltag, hatten wir strahlenden Sonnenschein und nicht allzu starken Wind.



Abb. 6 Eingeschneite Zelte im Lager 2

A.S. Wenn ich mir im Film die Bergsteiger anschau, stelle ich fest, dass ihre Bewegungen sehr langsam sind – Zeitlupenaufnahmen?

U.K. Nein, das ist Echtzeit. In der dünnen Luft muss der Körper mit dem Sauerstoff haushalten; die Muskeln brauchen länger, um sich zu versorgen. Es war für mich schon sehr ungewohnt: Gegen den Gipfel hin musste ich nach 5-6 Schritten stehen bleiben und Atem schöpfen.

A.S. Haben Sie nie ans Aufgeben gedacht?

U.K. Gedacht schon – zwei Mal. Aber mein Kopf hätte es nie zugelassen, nach all den Vorbereitungen das Ziel nicht zu erreichen. Einmal war mein Schlafsack im unteren Drittel total nass vom durch die Körperwärme geschmolzenen Eis unter dem Zelt. Am schwierigsten aber war es am Tag, an dem wir den Gipfel bestiegen. Kari Kobler hatte dafür nur einen einzigen Versuch geplant; es gab keine zweite Chance. Das war wohl auch die richtige Motivation: Wir wussten, wenn wir es heute nicht schaffen, schaffen wir es nie. Morgens um fünf brachen wir auf, noch im Dunkeln, mit Stirnlampen. Kurz vor dem Gipfel musste ich meine letzten Reserven mobilisieren; die Beine waren schwer, die Muskeln schmerzten, die Lunge wollte nicht mehr, ich hatte Kopfweh. Aber am Mittag war ich oben.



Abb. 7 Aufstieg vom Lager 3 zum Gipfel

A.S. Das muss ein "Wahnsinnsgefühl" sein! Sind dann Schmerzen und Müdigkeit einfach weg?

U.K. Das gerade nicht. Ich wollte unter allen Umständen auf den Pik Lenin und hatte alles gegeben, obwohl es heisst, dass man beim Aufsteigen immer noch Reserven für den Abstieg einplanen sollte. Ich habe das nicht gemacht, aber die Stunde, die ich auf dem Gipfel verbracht habe, war so unglaublich schön, dass die Erholung wie von selbst kam.



A.S. Ich möchte noch etwas Statistik machen: Wie viele Männer und Frauen waren an der Expedition dabei, und wie viele haben den Gipfel erreicht?

Abb.8 Geschafft! Die Fahne des KSA weht auf dem Gipfel des Pik Lenin.

U.K. Bei den Probanden waren wir 22 Männer und 8 Frauen, von denen 3 auf dem Gipfel waren. Dazu die Forschungsleiterin am Berg, die auf einen Besteigungsversuch verzichtet hat. Zu den Teilnahmebedingungen gehörte eine Altersgrenze von 65 Jahren. 8 Männer waren über 60, keiner davon erreichte das Ziel. Gesamthaft kann man also sagen, dass ein Drittel der Frauen und Männer, die an der Studie teilnahmen, auf dem Gipfel war.

A.S. Und die Blutproben? Gibt es da schon Resultate?

U.K. Nein. Bis alles abgeschlossen ist, wird es noch etwa 1½ Jahre dauern.

A.S. Jetzt noch die obligatorische Schlussfrage: Würden Sie es wieder machen?

U.K. Eine Forschungsexpedition, wie ich sie mitgemacht habe, hat ein einziges Ziel – den Gipfel. Wir haben uns während fast drei Wochen in einem relativ kleinen Gebiet aufgehalten und uns darauf konzentriert, mit

Auf- und Absteigen den Körper an eine Extremsituation zu gewöhnen. Wir haben uns mehrheitlich vertikal und wiederholt auf den gleichen Routen bewegt. Was ich deshalb eher machen möchte, ist eine Trekkingtour – horizontal durch eine abwechslungsreiche Landschaft. Vielleicht aber auch etwas ganz Anderes. Ich liebe die Abwechslung.

Weitere Informationen über die Expedition finden Sie auf www.swiss-exped.ch

Interview mit Dr. Arno Stöckli

Herr Dr. Arno Stöckli von der Abteilung für Umwelt des Kantons Aargau im Gespräch mit Fritz Wenzinger zum Thema Sanierung des Hallwilersees. Herr Stöckli ist Biologe und seit vielen Jahren für dieses Projekt verantwortlich.



Abb. 1 Blick auf den Hallwilersee von Beinwil aus

F.W. Seit mehreren Jahrzehnten wurde im Hallwilersee eine zunehmende Verschlechterung der Wasserqualität festgestellt. Welche Ursachen führten zu diesem Befund?

A.S. Während Jahrzehnten wurde der See stark mit Nährstoffen, insbesondere mit Phosphor belastet und wies viele Anzeichen eines überdüngten Sees auf. Solche waren vor allem die Massenvermehrung von Algen, Verfärbung und Trübung von Wasser, Mangel an Sauerstoff in der Tiefe des Sees und periodisches Fischsterben.

Die Diagnose ist bereits 1956 von Fachleuten gestellt worden: Die Phosphorbelastung im See ist zu hoch. In den 70er Jahren wurden Höchstwerte bis zu 250 mg (Milligramm) Phosphor pro Kubikmeter Seewasser gemessen. Dabei gelten 30 mg bereits als kritischer Wert. 1959 stellte der Kantonale Wasserbiologe Ambühl aufgrund von

Zuflussuntersuchungen zum See eine Bilanz der Phosphorbelastung des Hallwilersees auf und wies auf die Bedeutung des Baldeggersees für den schlechten Zustand dieses Sees hin. Von den damals jährlich 6.5 Tonnen Phosphor, die in den See gelangten, stammte die Hälfte aus dem Baldeggersee.

Die Ursachen der Überdüngung waren schon in den 1950iger Jahren bekannt. Häusliche und gewerbliche Abwässer der umliegenden Gemeinden flossen ungereinigt in den See. Dazu wurden zunehmend Nährstoffe aus landwirtschaftlich genutzten Flächen eingetragen. Pestizide und Schwermetalle dürften auf die Überdüngung des Sees keine wesentliche Rolle gespielt haben.

F.W. Wie wirkte sich die Überbelastung durch die Nährstoffe auf die Ökologie des Hallwilersees aus?

A.S. Der Phosphor ist wegen seiner unverzichtbaren physiologischen Rolle einer der wichtigsten Pflanzennährstoffe. Allerdings neigen die in der Natur hauptsächlich Phosphorvorkommen, die Phosphate, zur Bildung von schwerlöslichen Verbindungen. Somit gerät die Phosphorkonzentration seines geringen Bedarfes wegen meist in die Rolle des „limitierenden Faktors“, entsprechend Liebig's Minimumgesetz.

Die Folgen der Überdüngung waren extrem hohe Nährstoffgehalte, die zu massivem Algenwachstum führten.

In der Folge sanken die Algen auf den Seeboden und bildeten faulig stinkende, mit Schwefelwasserstoff durchsetzte Ablagerungen, welche für den Abbau durch Mikroorganismen viel Sauerstoff verbrauchten.

Weitere Faktoren, wie beispielsweise die Lage des Sees zwischen den Hügelzügen, wirken sich auf den Zustand des Sees ungünstig aus. Der Zutritt des Windes zum See wird gehemmt und dadurch die natürliche Umwälzung des Seewassers im Winter minimiert. Dadurch wird der Transport von Sauerstoff bis in den Bodenbereich des Seewassers verhindert. Der daraus folgende Mangel an Sauerstoff führte zu einem stark abnehmenden Felchenbestand.

F.W. Welche Sanierungsziele wurden angestrebt und realisiert?

A.S. Die Problematik des Hallwilersees ist grundsätzlich durch die Produktivität des Phosphorgehalts bestimmt. Somit waren primär Massnahmen zur Reduktion der phosphorhaltigen Düngemittel gefragt. Mit der Inbetriebnahme der Abwasserreinigungsanlage (ARA) Hallwilersee unterhalb des Sees im Jahre 1964 wurde diesbezüglich ein wichtiger

Schritt realisiert. Das kommunale Abwasser wird dabei in eine Gabelleitung, die entlang dem See geführt wird, eingeleitet und der ARA zugeführt.

In einer ersten Phase konnte der See auf diese Weise um mehr als 5 Tonnen Phosphor pro Jahr entlastet werden. Es zeigte sich jedoch, dass diese Sanierung für eine nachhaltige Gesundung des Sees nicht genügte. So wurden bald wieder Phosphorgehalte im Bereich von 250 mg/m³ Seewasser gemessen.

Die zunehmende landwirtschaftliche Produktivität, die bereits in den 1960iger Jahren begonnen hat, wurde durch intensive Tierhaltung gesteigert. Der Zukauf von betriebsfremdem Futtermittel wurde dadurch notwendig. Der zusätzlich benötigte Dünger wurde auf diese Weise zum Abfallproblem. Der positive Effekt der ARA Hallwilersee wurde damit wieder zunichte gemacht.

Da offensichtlich eine Verschiebung der Phosphoremission von den Siedlungen auf ländliche Regionen erfolgte, wurde im Jahre 2001 ein Phosphorprojekt mit dem Ziel, den Nährstoffeintrag aus dem Landwirtschaftsbereich zu reduzieren, ins Leben gerufen. Der gezielte Einsatz von Dünger und die schonende Bearbeitung des Bodens sollten mithelfen, die Abschwemmung von Dünger in den See zu reduzieren.

Da den zuständigen Behörden und Fachleuten bewusst war, dass eine Gesundung des Hallwilersees nur bei gleichzeitiger Gesundung des Baldeggersees nachhaltig möglich ist, wurde Mitte der 1970iger Jahre der Grundstein für eine längerfristige Zusammenarbeit des Kantons Aargau mit dem Kanton Luzern gelegt.

F.W. Welches sind die Voraussetzungen einer erfolgreichen Seesanie- rung?

A.S. Das Wachstum von Algen im Hallwilersee wird durch das Phosphorangebot begrenzt. Für einen See sind die Abwässer, die Abschwemmungen von gedüngten Böden und die Atmosphäre die wichtigsten Phosphorquellen.

Die Begrenzung der Phosphorzufuhr ist daher Voraussetzung einer erfolgreichen Sanierung. Wenn der Sauerstoffvorrat nicht mehr ausreicht, um die produzierten Algenmassen im Tiefenwasser abzubauen und somit die aquatischen Lebensformen bedroht sind, muss die Phosphorzufuhr zum See reduziert werden.

Nicht alle Phosphorformen sind für die Algen verfügbar. In der natürlichen Umwelt ist der Phosphat-Phosphor seine wichtigste Erschei-

nungsform. Für die Algen sind auch jene Phosphorformen verfügbar, die aus gelösten organischen Verbindungen freigesetzt werden oder beim Abbau von Organismen ins Wasser gelangen. Phosphate, die an Bodenpartikeln rasch sedimentieren und somit aus dem Stoffkreislauf des Sees ausscheiden, werden als nicht algen-verfügbar betrachtet.

Der überwiegende Teil der Belastung des Hallwilersees mit algen-verfügbarem Phosphor stammt aus dem Kanton Luzern, ein erheblicher Teil davon aus der Luzerner Landwirtschaft. Die insgesamt 2.9 Tonnen pro Jahr entsprechen 55% der Gesamtbelastung des Hallwilersees.



Abb. 2 Blick auf den Hallwilersee vom Eichberg aus

F.W. Was bewirkt die Seebelüftung?

A.S. Mit der Belüftung des Tiefenwassers wurden zwei Ziele verfolgt. Erstens sollte damit höheren Lebewesen, welche Sauerstoff benötigen (z.B. Fische), das Tiefenwasser als Lebensraum wieder zugänglich gemacht werden und zweitens die Rücklösung von Phosphat aus dem Sediment verhindert werden.

Die Seebelüftung verbessert den Sauerstoffhaushalt des Sees entscheidend. Vor Beginn der Belüftung des Hallwilersees reichte die natürliche Anreicherung des Sees mit Sauerstoff im Winter nicht aus, um das Wasser bis zum Grund mit Sauerstoff zu sättigen. Die Tiefenzone unter 25-30 Metern war oft ganz sauerstofffrei. Entsprechend reicherten sich reduzierte Stoffe am Seeboden an.

Gelangt nun Sauerstoff in die Tiefe, so werden diese reduzierten Stoffe als erste oxydiert, bevor sich die Sauerstoffkonzentration im Wasser erhöht. Mit der regelmässigen Zirkulationshilfe im Winter und Belüftung des Tiefenwassers im Sommer wurde seit 1987 die Sauerstoffschuld im

See abgebaut. Die Sauerstoffkonzentration im Tiefenwasser liegt im Sommer bei rund 2-6 Milligramm/Liter. Unterhalb von 40 Metern Tiefe ist das Seewasser mit einer grossen Sedimentfläche in Kontakt. Dort ist die Mischung des Wassers durch die Belüftung und damit die Nachlieferung von Sauerstoff erschwert.

Die Fachleute sind sich einig: Der Patient Hallwilersee ist noch nicht gesund, aber es geht ihm besser. Seit der See belüftet wird, ist der Phosphorgehalt von 160 mg/m³ auf ca. 20 mg/m³ zurückgegangen.

Dies ist im Wesentlichen ein Erfolg der See externen Massnahmen wie die Verbesserung der Wasserqualität des Baldeggersees auf einen Phosphorgehalt von weniger als 50 mg/m³, sowie vermehrte Abwasser-sanierungen und Massnahmen im Bereich der Landwirtschaft. Gemäss den gesetzlichen Auflagen ist für einen mässig belasteten See ein Phosphorgehalt von ca. 20-30 mg/m³ zulässig. Beim Sauerstoff-gehalt verlangt der Gesetzgeber, dass pro Liter Seewasser mindestens 4 Milligramm vorhanden sein sollten.

F. W. Ist die Seebelüftung weiterhin notwendig?

A.S. Seit 1986 unterstützt eine künstliche Belüftungsanlage den Gesundungsprozess des Sees. Im Tiefenwasser werden im Laufe des Sommers grosse Mengen an Sauerstoff verbraucht.

Um das Überleben von Fischen und anderen Bodenlebewesen zu sichern, wird im Winter gewissermassen die Lunge des Sees mit Sauerstoff gefüllt.

Mit Druckluft, welche in der Mitte des Sees grobblasig über Düsen am Seegrund (45m) eingebracht wird, wird die natürliche Wasserzirkulation verstärkt. So kann der See wie seit Jahrtausenden an der Wasseroberfläche Atem holen bzw. sich mit Sauerstoff aus der Luft an der Oberfläche anreichern. Man erreicht damit im Idealfall auf den ganzen See verteilt Sauerstoffgehalte von ca. 12 mg/Liter Wasser.

Bei der stabilen Schichtung des Sees im Sommer muss hingegen der Sauerstoff direkt ins Tiefenwasser gepumpt werden. Seit Beginn der Belüftung im Jahre 1987 wurden jeweils zwischen 400 und 600 Tonnen Sauerstoff pro Jahr benötigt. Der notwendige Sauerstoffverbrauch durch Belüftung hängt von verschiedenen Faktoren ab. So ist das Füllen der Lunge des Sees im Winter beispielsweise von den Temperatur- und Windverhältnissen abhängig, und im Sommer ist die Algenproduktion und die Schichtung des Wassers wichtig.

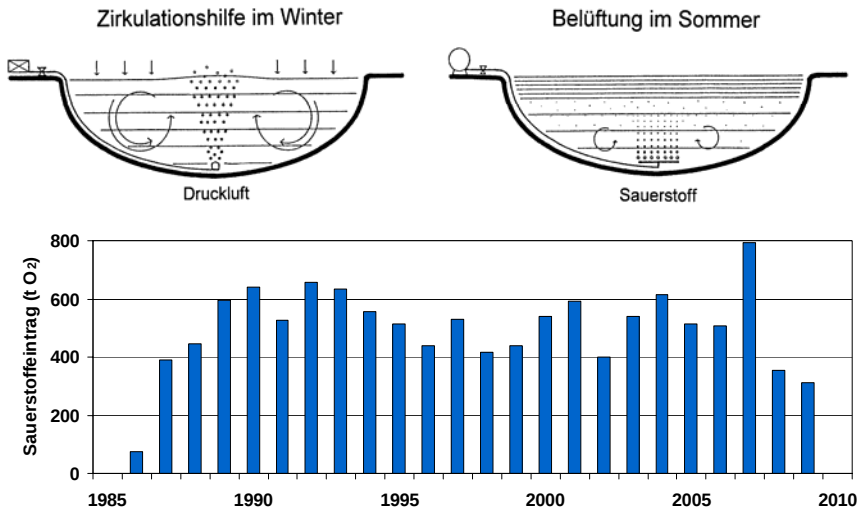


Abb. 3 Zirkulationshilfe und Belüftung versorgen den See mit genügend Sauerstoff

Seit 2003 sind neue Anlagen zur Bereitstellung von Druckluft und Sauerstoff in Betrieb. Die Luftaufbereitung mit Aktivkohlenfiltern garantiert, dass eine sehr reine Luft in den See gelangt. Für die Sauerstoffproduktion wird ebenfalls Luft der Umgebung entnommen und mit einem speziellen porösen Material bis auf 80% angereichert (Adsorptionsverfahren mit Zeoliten). Mit dieser Anlage gelingt es, die Gesundheit des Hallwilersees weiterhin gezielt zu fördern.

F.W. Welche konkreten Bioindikatoren weisen auf die Gesundheit des Hallwilersees hin?

A.S. Als umfassender Indikator für die Gesundheit des Sees gilt die Wiederherstellung der natürlichen Fortpflanzung aller Fischarten und insbesondere der Felchen sein, wie es in einem Regierungsprogramm Mitte der 1990iger Jahre formuliert wurde.

Burgunderblutalge

Ein wichtiges Element im Ökosystem eines Sees ist das Plankton, welches als Basis der Nahrungspyramide die Grundlage für die Ernährung der Jungfische und Felchen liefert. Wie kaum ein anderer See ist das Phytoplankton des Hallwilersees von einer einzigen Art der Blauburgunderblutalgen (*Planktothrix rubescens*) charakterisiert. Dieses

alljährliche massenartige Auftreten der *Planktothrix rubescens* verursacht jeweils im Frühjahr die Rotfärbung. Die *Planktothrix* ist Anzeigerin einer schwachen Überdüngung und verschwindet bei hoher Phosphorkonzentration wieder. Ab 1998 erreichte die Burgunderblutalge regelmässig Biomassen von über 30 g/m² im Jahresmittel.

Schlammröhrenwürmer

Die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften am Seeboden erlaubt Rückschlüsse auf die Sauerstoffversorgung des Seegrundes. Die Schlammröhrenwürmer leben in Bereichen mit grossen Sauerstoffdefiziten. Sie können bis zu 20cm tief ins Sediment eindringen, fressen Sediment und verdauen vor allem die sich darin befindenden Bakterien. Auf diese Weise wird der Boden umgegraben und für weiteren Sauerstoff zugänglich. Sie gelten als Bioindikatoren für eine zu hohe Belastung von Gewässern.

F.W. Wie beeinflussen die Seesedimente die Gesundheit des Hallwilersees?

A.S. Die obersten Sedimente des Hallwilersees bestehen hauptsächlich aus abgestorbenem Algenmaterial und verschiedensten Mineralien, welche auf den Seegrund gelangen oder dort gebildet werden.

In einem intakten See mit genügend Sauerstoff am Seegrund wird dieser von Würmern umgegraben. Dabei entstehen homogene Sedimente wie Eisenoxide und Eisenhydroxide mit hellbrauner Farbe als Zeichen von genügend Sauerstoff im Tiefenwasser. Durch die Bevölkerungszunahme und Intensivierung der Landwirtschaft im 20. Jahrhundert haben sich die Sauerstoffbedingungen im Tiefenwasser des Hallwilersees stark verschlechtert. Durch den Abbau der gebildeten Algenmassen auf der Sedimentoberfläche wurde der gesamte Sauerstoff verbraucht und damit vielen Lebewesen die Lebensgrundlagen entzogen.

Durch diese veränderten Bedingungen im See veränderten sich auch die Sedimente. Sie werden nicht mehr durch Würmer umgegraben. Somit zeigt sich im Sediment eine neue Schichtabfolge von Kalziten, auch Seekreide genannt, im Frühling gefolgt von abgestorbenem Algenmaterial im Laufe des Jahres. Diese Schicht ist durch die Bildung von schwarzem Eisensulfid gekennzeichnet und wird im nächsten Frühling wieder mit einer Schicht weisser Kalzite bedeckt. Einmal in tiefere Sedimentschichten eingelagert, bleibt noch vorhandenes, schwer abbaubares organisches Material im Sediment konserviert. Zuvor wird das angefallene organische Material in den oberen Sedimentschichten durch verschiedene Prozesse abgebaut und Nährstoffe werden freigesetzt.

Gelangen diese in Wasserschichten, in die das Sonnenlicht einzudringen vermag, stehen die Nährstoffe wiederum Algen zum Wachstum zur Verfügung. Diesen Vorgang nennt man See interne Düngung.

Durch stetige Rücklösung belasteten die nährstoffreichen Sedimente das Seewasser mit ca. 2.5-4.5 Tonnen Phosphor jährlich. Mit der Gesundung des Sees nimmt diese Rücklösung laufend ab.

F.W. Welche Sanierungsziele werden angestrebt?

A.S. Der Hallwilersee soll seine natürliche Regenerationsfähigkeit wieder erlangen, definierte der Regierungsrat des Kantons Aargau 1993.

Für den Phosphor bedeutet dieses angestrebte Sanierungsziel eine Reduktion der Belastung auf weniger als 3 Tonnen/Jahr. Dadurch wird im Hallwilersee eine mittlere Phosphorkonzentration von weniger als 20 - 30 mg/m³ erreicht. Ein gesunder See braucht ein gesundes Einzugsgebiet. Für den Hallwilersee wurden gemäss dieser Erkenntnis 1996 folgende Teilziele definiert:

Ziele im Einzugsgebiet:

- Naturnahe Bäche und Seeufer
- Gewässerbezogene Siedlungsentwässerung
- Gewässerverträgliche Landwirtschaft

Ziele im See:

- Mässige Algenproduktion
- Sauerstoff im Seewasser natürlicherweise mindestens 4 mg/Liter
- Besiedlung des Sediments durch sauerstoffbedürftige Wasserorganismen (Würmer)

F.W. Welche Ziele wurden bis heute (Ende 2009) erreicht?

A.S. Die Messungen der Phosphorkonzentrationen im Jahre 2009 liegen bei 20 mg/m³ Seewasser. Das Zielband für Phosphor liegt somit im Bereich von 10-20 mg/m³ (siehe Abb. 4).

Mit der regelmässigen Zirkulationshilfe im Winter und Belüftung des Tiefenwassers im Sommer werden seit 1987 regelmässig 2-6 mg Sauerstoff pro Liter im Tiefenwasser erreicht. Dies entspricht der Forderung des Gesetzgebers, dass im Wasser immer mindestens 4 mg/Liter vorhanden sein müssen. Ohne Belüftung könnte dieser Wert heute nicht erreicht werden. Die Algenproduktion und der Sauerstoffverbrauch durch die Sedimente sind noch zu hoch.

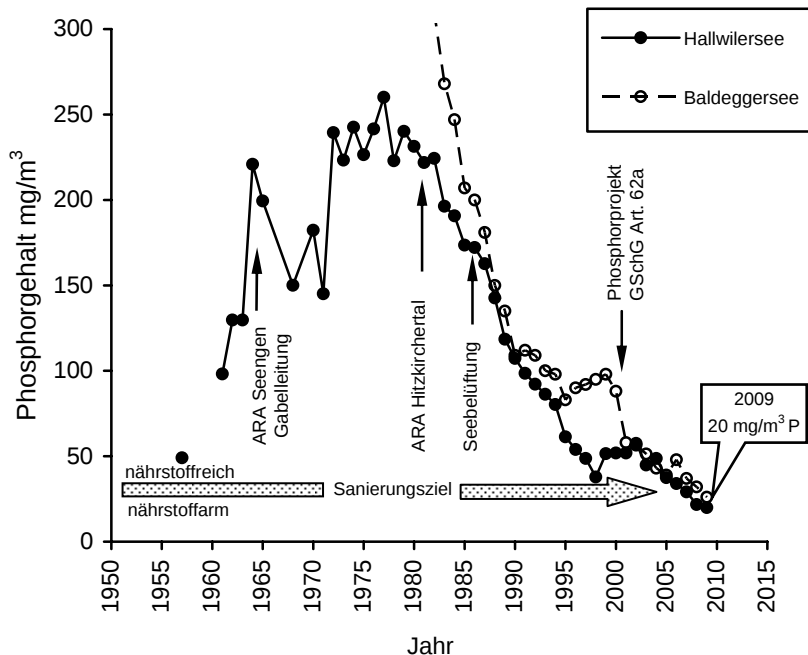


Abb. 4 Phosphorkonzentration im Hallwilersee und Baldeggersee

Der mit der Belüftung eingetragene Sauerstoff wird so bemessen, dass sich wieder Fische im Tiefenwasser aufhalten und die Würmer am See- grund ganzjährig überleben können.

F. W. Welche wichtigsten Massnahmen werden bis zur Erreichung der Ziele im Einzugsgebiet des Hallwilersees, im See selbst sowie im Baldeggersee abgeschlossen sein?

A.S. Der Phosphorgehalt im Baldeggersee beträgt maximal 30 mg/m³.

Eine Gewässer schonende Landwirtschaft mit einer bedarfsgerechten Düngung in Menge und Zeit, je nach Bedarf der Pflanzen, ist realisiert.

Die Optimierung der Siedlungsentwässerung wie Regenklärbecken, Rückhaltebecken sind realisiert. Die Reduktion der Fremdwasseranteile im Abwasser der Anstössergemeinden ist weitgehend realisiert.

F.W. Wann wird der Hallwilersee seine natürliche Regenerationsfähigkeit wieder erreicht haben?

A.S. Die grossen Aufgaben sind gemacht. Heute geht es primär um deren Optimierung, darum die Fortschritte in der Gesundung des Sees zu halten und zu sichern. Optimierungspotentiale liegen vor allem noch im Ausbau der Kläranlage in Mosen, um bessere Phosphatreinigungsleistungen zu erreichen.

Ich danke Herrn Dr. Stöckli im Namen der ANG herzlich für das engagierte kompetente Fachgespräch.

Quellenangaben:

Umwelt Aargau, Sanierung Hallwilersee - 20 Jahre Seebelüftung, Sondernummer 24, Dezember 2007

Abteilung für Umwelt, Information Sanierung Hallwilersee BW/Stö, 8. Jan. 2010 S.1-7

Aktuelle Information erscheint noch dieses Jahr unter www.ag.ch

Werden Sie ANG-Mitglied!

Die ANG ist eine der 29 kantonalen und regionalen Naturforschenden Gesellschaften unter dem Dach der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz SCNAT in Bern.

Für Fr. 45.- als Einzelmitglied, resp. Fr. 70.- als Familienmitglied, besuchen Sie unsere Vorträge, erhalten alle 3-5 Jahre den Band „Natur im Aargau“ und zweimal im Jahr unser ANG-Bulletin mit Aktuellem aus der ANG und den Naturwissenschaften.

Als ANG-Mitglied haben Sie freien Eintritt in die Dauerausstellung des Naturama Aargau, und für zusätzliche Fr. 20.-, resp. Fr. 40.- auch zu den Wechselausstellungen und weiteren Anlässen des Naturama.

Gute Gründe noch heute ANG-Mitglied zu werden!

Sie können Ihren Beitritt auch per E-Mail an den Präsidenten erklären.

Stephan Scheidegger, praes@ang.ch

Aargauische Naturforschende Gesellschaft

Postfach 2126, 5001 Aarau

Beitrittserklärung ANG

Der/die Unterzeichnete wünscht ANG-Mitglied zu werden.

Name / Vorname: _____

Beruf, Jahrgang: _____

Adresse: _____

PLZ / Ort: _____

E-Mail: _____

Datum: _____ Unterschrift: _____