

## AVL-Vereinsreise 0.2

### Städtereise in der Schweiz mit CERN-Besichtigung

von DR. KAI-OLIVER DETKEN, *Grasberg*

Am 21. Mai wollte die AVL eigentlich zu ihrer Vereinsreise in die Schweiz aufbrechen, die seit letztem Jahr schon geplant war und wegen der zu geringen Beteiligung von November 2016 in den Mai 2017 geschoben wurde. Die Hoffnung der Organisatoren Alexander Alin und meiner Wenigkeit erfüllten sich aber nicht. Es kamen zwar neue Interessenten hinzu, dafür mussten aber andere Teilnehmer aus Zeitgründen wiederum absagen. Trotzdem kamen wir nun auf 15 Interessenten, so dass die Anzahl aus dem November klar übertroffen wurde. Als es dann jedoch konkreter wurde, sprangen weitere Mitglieder ab, so dass aus der ursprünglichen Interessensgruppe noch sieben übrig blieben. Als dies bekannt wurde, schrumpfte die Gruppe erneut. Da man mit vier Mitgliedern kaum noch von einer Gruppe sprechen kann, wurde die geplante Vereinsreise damit zum zweiten Mal abgesagt. Aufgrund der bereits vorgenommenen Planungen und der sehr interessanten Tour-Stationen beschlossen allerdings meine Frau und ich die Reise trotzdem anzutreten. Es kam daher zu einer Vereinsreise 0.2 - also quasi ohne Verein.

#### Auf dem Weg nach Genf

Die Reise wollten wir, entgegen der ursprünglichen Planung, mit dem Auto vornehmen. Dies ist zwar anstrengender, dafür besitzt man aber vor Ort eine größere Flexibilität, sagten wir uns. So dauerte denn auch die Fahrt nach Genf 10,5 Stunden, was nicht nur dem Verkehr geschuldet war. Wir hatten für die AVL extra ein Apartment-Hotel am Stadtrand von Genf reserviert, knapp über der Schweizer Grenze auf der französischen Seite, da dort die Preise wesentlich humaner waren und eine direkte Verbindung zum Stadtkern besteht. Die Reservierung hatte ich beibehalten und nur die weiteren Teilnehmer storniert. Das Hotel Geneva-Residence befand sich auch wirklich unmittelbar hinter der Grenze, an der Endstation der städtischen S-Bahn. Da die Rezeption ab 20 Uhr nicht mehr besetzt wird, mussten wir möglichst vorher dort auftauchen. Zeitpuffer hatten wir genug, dachte ich. Aufgrund der langen Fahrt und eines Samstagabend-Staus in Genf wurde die Zeit aber relativ knapp, so dass wir „just in time“ kurz vor 20 Uhr zur Anmeldung eintrafen. In der Nähe gab es reichlich Restaurants, so dass wir uns erst einmal stärken mussten, nachdem wir eingekcheckt hatten. Wir wählten einen Italiener, in Frankreich, nahe der Schweizer

Grenze und genossen den ersten Abend. Am nächsten Tag wurde dann erst einmal Genf erkundet. Genf beherbergt neben dem CERN im Übrigen auch internationale Organisationen wie die United Nations Organization (UNO) sowie u.a. die Standardisierungsgremien International Organization for Standardization (ISO) und International Telecommunication Union (ITU), so dass hier insgesamt 175 Staaten vertreten sind. Es gibt daher einiges zu sehen, weshalb wir extra einen Tag eher anreisen, als ursprünglich für die Fahrt mit der AVL geplant war. Mit der Straßenbahn ging es ziemlich einfach und schnell in

Richtung Innenstadt. Das Auto hatten wir nach dem gestrigen Stau lieber in der preiswerten Tiefgarage unseres Apartment-Hotels gelassen. Und das war auch gut so: weniger wegen des Verkehrs, sondern mehr aufgrund der Schweizer Preise. So staunten wir nicht schlecht, als wir uns ein Eis gönnen wollten und feststellten, dass hier 4,50 sfr pro Kugel dafür genommen werden. Ähnlich teuer waren Getränke und Essen, so dass wir froh waren nicht die Parkhäuser in Genf ausprobiert zu haben. In Bern sollten wir diese Erfahrung nachholen. Der Genfer See lud bei dem traumhaften sonnigen Wetter zum Spaziergehen ein, so dass



Abb. 1: Flagge der Schweiz am Genfer See  
(Alle Abbildungen, falls nicht anders gekennzeichnet, vom Autor)



Abb. 2: Wahrzeichen der Stadt - der Jet d'eau am Genfer See.

man die Parks und Anlagen ohne Shopping ausgiebig genießen konnte.

Insbesondere der Jet d'eau (siehe Abbildung 2) hatte es uns dabei angetan. Dies ist das Wahrzeichen der Stadt und besitzt einen bis zu 140 m hohen Wasserstrahl am Genfer See. Ursprünglich war die Fontäne nur als Überdruckventil in der Funktion eines Wasserschlosses für die Druckwasserleitungen eines Kraftwerks von 1885 gedacht gewesen. Durch die Fontäne wurden unerwünschte Druckspitzen aufgefangen und der Überdruck direkt angezeigt. Weil aber die Fontäne so viel Aufmerksamkeit auf sich zog, beschloss die Stadt Genf im Jahr 1891 sie

als touristisches Wahrzeichen in das Seebecken zu versenken und erhöhte zusätzlich noch den Wasserdruck. 1951 wurde die jetzige Anlage komplett erneuert, die nun zwei Pumpen mit einer Gesamtleistung von 1000 kW besitzt. So werden 500 Liter Wasser pro Sekunde mit einer Geschwindigkeit von 200 km/h ausgestoßen. Ein wirklich beachtliches Bauwerk, welches an dem heutigen Tag auch zum guten Wetter passte, da man in seiner Nähe immer ein bisschen Wasser abbekommt.

### Besuch beim CERN

Am Montagmorgen war es dann endlich soweit: es ging zum CERN [1], der Europäischen Organisation für Kernforschung (siehe Abbildung 3). Gebucht waren wir ursprünglich als eigene Gruppe, was aber aufgrund der Absagen nicht mehr möglich war. Eine Anmeldung über die Webseite ist nur zwei Wochen vorher möglich und meistens sehr schnell vergriffen, weshalb wir uns über meinen Kontakt beim CERN einer gymnasialen Frankfurter Schulklassen aus dem Physik Leistungskurs anschlossen. Um teilzunehmen, musste man pünktlich erscheinen, was aufgrund des Verkehrs morgens in Genf problematisch werden kann. Mit der S-Bahn hätten wir eine Stunde ge-



Abb. 3: Globus der Wissenschaft und Innovation am CERN – Zentrum für Veranstaltungen und Ausstellungen.

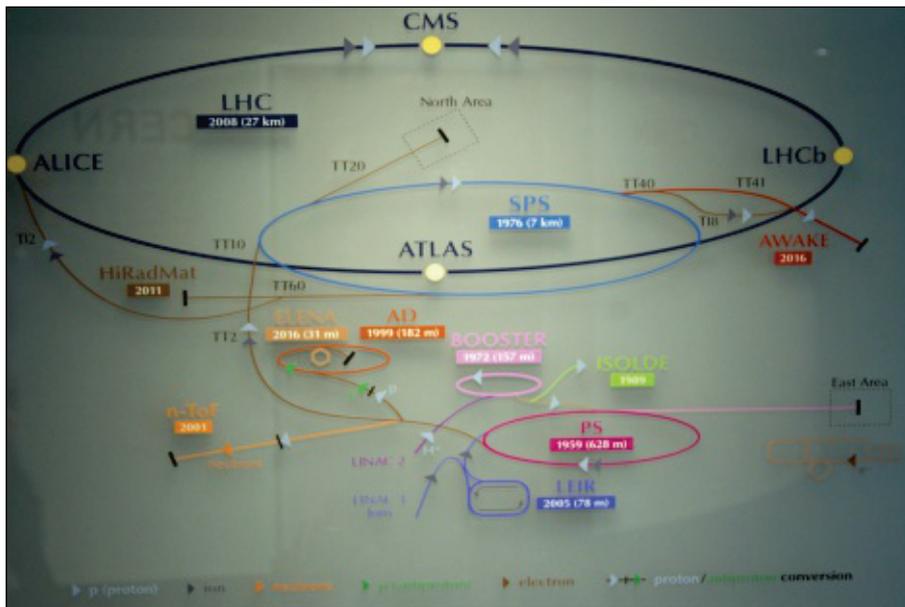


Abb. 4: Anordnung der verschiedenen Beschleuniger und Detektoren des LHC.

braucht, wenn wir beim Umsteigen die Anschlussbahn nicht verpassen würden. Mit dem Auto hingegen nur theoretisch 30 min. Wir entschieden uns daher für das Auto, um nicht noch früher aufstehen zu müssen. Der Wecker würde so ja bereits um 6:30 Uhr klingeln. Aber der Verkehr machte uns einen Strich durch die Rechnung – wir benötigten ungefähr die gleiche Zeit wie die Bahn, kamen allerdings trotzdem pünktlich an und konnten uns für die Führung anmelden. Wir waren auf der Besucherliste entsprechend vermerkt. Es war alles gut gegangen. Nur unser Guide ließ auf sich warten. Er hatte wohl zu optimistisch den Verkehr eingeschätzt. Wir wurden von Klaus Batzner geführt – einem Teilchenphysiker der alten Schule, der bereits seit 15 Jahren pensioniert war, aber immer noch für das CERN tätig ist. Er hätte sich mit unserem Wilhelm Schrader sicherlich hervorragend verstanden. Mit ihm gingen wir zu unserem Bus und fuhren auf die französische Seite zur ersten Station - dem „CERN Control Center (CCC)“.

Dort sollten wir im Auditorium erst einmal einen Einführungsvortrag von ihm bekommen, der den Aufbau des CERN erklärte und welche wichtigen Grundlagenforschungsarbeiten bisher durchge-

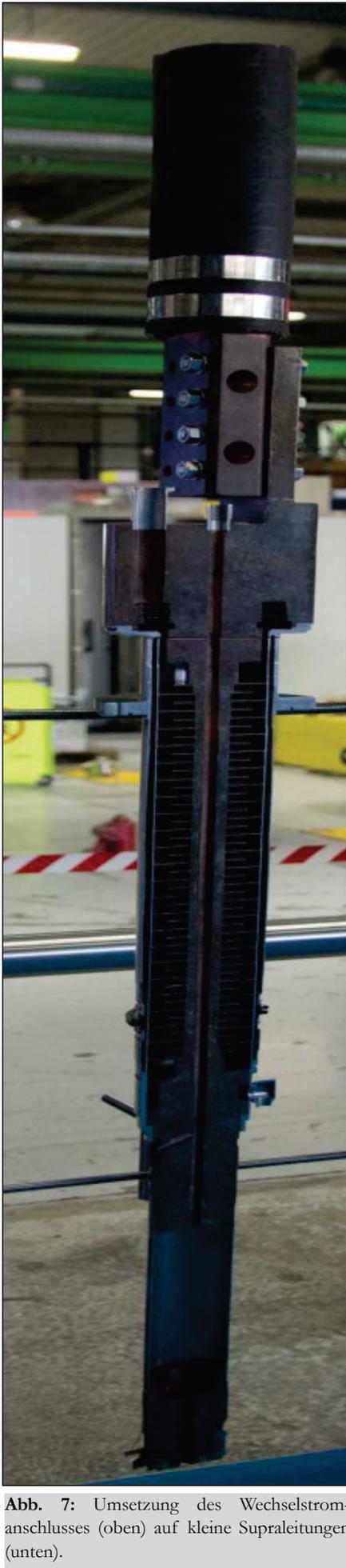
führt wurden. So wurde natürlich das Higgs-Boson erwähnt, welches 2012 nach jahrzehntelanger Suche endlich gefunden, gemessen und bestätigt werden konnte. Viele weitere fundamentale Erkenntnisse über den Aufbau der Materie und die Grundkräfte der Physik wurden im CERN des Weiteren gewonnen, dass 1953 ursprünglich von 12 europäischen Staaten gegründet wurde. Aktuell besteht das CERN aus 22 Mitgliedsstaaten, die inzwischen nicht mehr nur aus Europa kommen. Über die Teilnahme von Russland und Brasilien wird gerade nachgedacht. Es arbeiten 3.200 Mitarbeiter am

CERN. Über 10.000 Gastwissenschaftler aus 85 Nationen sind zusätzlich an verschiedenen Experimenten der Teilchenphysik tätig.

Quasi als Abfallprodukt wurde 1989 von Tim Berners-Lee die HTML-Beschreibungssprache für das World Wide Web (WWW) erfunden, damit die Dokumentation der Arbeiten übergreifend zwischen den Wissenschaftlern besser durchgeführt werden konnte. Was diese Entwicklung ausgelöst hat, können wir heute erst so richtig beurteilen: sie leitete 1993 mit dem ersten Browser Mosaik 1.0 eine Revolution ein, indem sie das Internet auf einmal für alle Berufsschichten zugänglich machte. Jetzt konnten nicht nur Physiker, Elektrotechniker oder andere technisch-orientierte Menschen E-Mails verschicken und in Internet-Datenbanken Recherchen betreiben. Zusätzlich eröffneten sich ganz neue Anwendungsfelder (eCommerce, Mobiles Internet, Social Media etc.) und schafften eine neue Branche. Für viele Nicht-Techniker (u.a. auch für die Medien) bleibt daher auch das Jahr 1993 das eigentliche Gründungsjahr des Internet, obwohl es zu diesem Zeitpunkt bereits mindestens 12 Jahre auf dem Buckel hatte. Unser Guide Klaus Batzner fügte aber auch hinzu, dass diese Entwicklung



Abb. 5: LHC-Teilchendetektor des Experiments Compact Muon Solenoid (CMS).



**Abb. 7:** Umsetzung des Wechselstromanschlusses (oben) auf kleine Supraleitungen (unten).



**Abb. 6:** Prof. Madjid Boutemeur erklärt der Gruppe den Röhrenaufbau des LHC.

nichts mit den eigentlichen Aufgaben im CERN zu tun hatte. Denn hier betreibt man Grundlagenforschung, die erst einmal keine praktische Umsetzung nach sich zieht. So werden im CERN neue Thesen aufgestellt, um diese im Nachhinein messen und beweisen zu können. Das kann Jahre oder Jahrzehnte dauern und oftmals auch dazu führen, dass bestimmte Thesen wieder verworfen bzw. fallengelassen werden. Aktuell steht die Physik aus seiner Sicht vor einer entscheidenden Phase, in der evtl. alles in Frage gestellt wird, was wir über Quanten, Gravitation und dunkle Materie bzw. Energie wissen. Es sind ja laut der allgemeinen Wissenschaft nur 5% sichtbare Materie im Universum vorhanden. Der Rest muss sich aus der heutigen Sicht anders zusammensetzen, z.B. aus dunkler Materie, damit Galaxien nicht auseinanderdriften. Das ist aber bisher nur eine Annahme und konnte bisher nicht nachgewiesen werden. Nach der Meinung von Klaus Batzner kann es daher durchaus sein, dass wir die dunkle Materie niemals nachweisen können. Hier wird es nach seiner Meinung in den nächsten 5-10 Jahren zu einem entscheidenden Fortschritt kommen, der evtl. auch dazu führen kann, dass wir bekannte physikalische Gesetze über den Haufen werfen müs-

sen. Denn nach seiner Meinung könnte es auch sein, dass wir bereits alle Materie des Universums sehen, aber nicht die noch relativ unbekanntenen Gravitationskräfte richtig zuordnen können.

Nach dem Vortrag wurden anhand von kleinen Videos und Modellen der Aufbau der Teilchenbeschleuniger und deren Funktionen erläutert. Die Detektoren bzw. Ringe sind in Abbildung 4 dargestellt. Der Proton Synchrotron (PS) stellt dabei den Anfang der Teilchenbeschleuniger dar. Mit dem Linearbeschleuniger LINAC II werden die Protonen aber zuvor auf ein Energieniveau von 50 MeV angehoben, bevor sie in den Proton Synchrotron Booster (PSB) eingespeist und nochmals auf 1,4 GeV gebracht werden. Erst danach gelangen sie in den PS. Er dient heute speziell als Vorbeschleuniger des Super Proton Synchrotron (SPS) und speist diesen mit Protonen und Bleikernen. Das SPS erreicht wiederum eine Teilchenenergie von bis zu 450 GeV. Es hat einen Umfang von fast 7 km und besteht neben Hohlraumresonatoren aus 744 Dipolmagneten und 216 Quadrupolen. Abschließend gelangen nun die Teilchen endgültig in den Large Hadron Collider (LHC), der aus einem 27 km langen Ringtunnel besteht und die Teilchen auf die Endenergie von 2,76 TeV

bringt. Die Protonen werden in den Stahlröhren dabei zu Paketen gebündelt, um sie gezielt zur Kollision bringen zu können. Im Normalfall bleibt ein Protonenpaket, das über 100 Milliarden Protonen beinhalten kann, einen Tag in der Stahlröhre und legt dabei eine Strecke von 26 Milliarden Kilometern zurück. Das entspricht dem sechsfachen Abstand zwischen Erde und Neptun!

Als Detektoren kommen verschiedene Komponenten zum Einsatz, die teilweise in der Abbildung 4 enthalten sind und folgende Funktionen beinhalten:

a. ALICE (A Large Ion Collider Experiment): Vielzweckdetektor, der für Kollisionen von Schwerionen (z.B. Blei) optimiert ist, bei denen extreme Energiedichten eintreten.

b. ATLAS (A Toroidal Lhc ApparatuS): Detektor, der hauptsächlich hochenergetische Proton-Proton-Kollisionen untersucht. Insbesondere auf den Nachweis des Higgs-Teilchens optimiert.

c. CMS (Compact Muon Solenoid): Dieser Detektor untersucht ebenfalls Proton-zu-Proton-Kollisionen.

Besonderheiten sind ein Kalorimeter aus Bleiwolframat-Kristallen für hochenergetische Photonen, zusätzliche Halbleiterspurdetektoren und ein Myon-Nachweis-system. CMS und ATLAS sind so konzipiert, dass sie eine gegenseitige Überprüfung wissenschaftlicher Resultate garantieren.

d. Large Hadron Collider beauty experiment (LHCb): misst CP-Verletzung bei B- und D-Mesonen und sucht nach seltenen Zerfällen von Hadronen, die das schwere Bottom-Quark enthalten.

Als die Vorführung abgeschlossen war, wurde die Videoleinwand transparent geschaltet und man konnte den Kontrollraum direkt erkennen. Dort waren diverse Monitore aufgebaut, die von verschiedenen Teams betreut werden. Da der Betrieb des Teilchenbeschleunigers 24 Stunden am Tag und sieben Tage die Woche stattfindet, ist hier rund um die

Uhr Betrieb. Die Arbeit muss in drei Schichten umgesetzt werden, da sonst der Large Hadron Collider (LHC) immer wieder ab- und angeschaltet werden müsste. Ein Zustand, der nicht mal eben möglich ist, da man eine enorme Menge an Energie für den Betrieb und die Kühlung braucht. Innerhalb der Strecke von 27 km in 100 m Tiefe, die durch den Berg auf französischer und Schweizer Seite führt, enthält der LHC insgesamt 9.300 Magnete. Man hat den Tunnel deshalb so tief gebaut, weil dort eine Sandschicht einen relativ einfachen Durchstich ermöglichte und weil auf der anderen Seite durch die umliegenden Berge ein überirdischer Aufbau nicht so einfach umsetzbar gewesen wäre. Seit August 2008 werden Teilchen in mehreren Umläufen auf nahezu Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und mit extrem hoher kinetischer Energie zur Kollision gebracht. Man kann das vergleichen, als ob man einen Gegenstand mit extrem hoher Geschwindigkeit gegen eine Wand schmeißt, so dass er von einem festen in einen flüssigen Zustand übergeht, meinte Klaus Batzner. Einzelne Protonen können denn auch nicht gezielt zur Kollision gebracht werden, da man sie immer wieder verfehlen würde. Daher wird dies durch Protonenpakete erreicht,

in der dann einzelnen Protonen zusammenstoßen müssen. Der Energiebedarf für den Betrieb des Speicherrings wird durch eine elektrische Leistung von 120 Megawatt hergestellt. Rechnet man noch die Kühlsysteme und die Experimente hinzu, ergibt dies eine Gesamtleistung von 170 Megawatt. Man kann den Stromverbrauch daher ungefähr mit der Stadt Genf gleichsetzen, die immerhin u.a. auch Schwerindustrie besitzt. Im Winter nutzt man daher die kalten Monate aus, um weniger Energie für die Kühlung bereithalten zu müssen, wodurch der Verbrauch teilweise auf 35 Megawatt gesenkt werden kann.

Danach ging es zur zweiten Station „Cryogenic Test Facility“, bei der uns zusätzlich Professor Madjid Boutemour aus Algerien erwartete, der uns in englischer Sprache weitere Erläuterungen zum LHC-Aufbau gab. In der Laborhalle waren dann auch verschiedene Experimente zu erkennen, wenn auch nicht aktiv daran gearbeitet wurde. Zusätzlich waren u.a. Röhren-Teile für einen Teilchenbeschleuniger für die USA (Chicago) aufgebahrt, die auf den Versand warten. Für die Besucher wurde an einzelnen Demonstratoren gezeigt, wie der LHC aufgebaut ist. Besonders eindrucksvoll war für mich die Erklärung, wie aus dem



Abb. 8: Multimedia-Präsentation im Globus der Wissenschaft und Innovation

vorhandenen Wechselstrom des Energieversorgers mit hohem Kupfer-Leitungsquerschnitt auf die supraleitenden Materialien der Strom für das LHC herunter gebrochen wird, ohne die hohe Temperatur des Kupfers an den Supraleiter zu übergeben (siehe Abbildung 7). So wird ein enormer Querschnitt für Kupfer benötigt, um die geforderte Strommenge bereitzustellen. Dabei entsteht eine hohe Wärmeenergie. Diese darf nicht auf die Supraleitern übergehen, da man das LHC auch bereits ohne diesen Einfluss stark kühlen muss. Daher wurden Wärmeableitkammern entwickelt, die am Ende in die kleinen Drähte des Supraleiters münden. Dies ist durch die Abschlussarbeit eines PhD-Studenten (Doktoranden) entstanden.

Dies zeigte, dass man immer wieder mit neuen technischen Problemen zu kämpfen hat, wie man die Ideen der Physiker mit den heutigen technischen Möglichkeiten in die Praxis umsetzen kann. So befindet man sich immer an der Grenze des technisch Machbaren oder sogar etwas darüber. Dies wird beispielsweise auch dadurch deutlich, dass die Magnete in regelmäßigen Abständen defekt sind und ausgetauscht werden müssen. Das kann aber nur erfolgen, indem man das gesamte LHC abschaltet, so dass man alle 3-5 Jahre mit einer kompletten Abschaltung rechnen muss. Da die Abschaltung nicht abrupt, sondern nur langsam pro Magnet durchgeführt werden kann, ist für einen Umlauf aller Magneten ca. 18 Monate einzuplanen. Daher ist der Teilchenbeschleuniger in diesen Abständen immer mal wieder für zwei Jahre außer Betrieb, was dann auch für andere Reparaturen und Verbesserungen genutzt wird. Auch das Hochfahren ist kein einfacher Prozess, da im ersten Schritt die Magneten auf 80 Kelvin (-193,2 Grad Celsius) mittels flüssigem Stickstoff herunter gekühlt werden müssen. Im zweiten Schritt kommt dann flüssiges Helium dazu, durch das eine



Abb. 9: Berner Altstadtbereich der Kramgasse mit Zytglogge im Hintergrund.

Temperatur von 1,9 Kelvin (-271,25 Grad Celsius) erreicht werden kann! Das CERN ist dadurch weltweit der größte Helium-Abnehmer. Als wir vor Ort waren, herrschte rege Betriebsamkeit. Man rechnet mit einer erneuten Abschaltung in den nächsten 1-2 Jahren. Da kurz vor Toresschluss meistens noch schnell wichtige Experimente beendet werden müssen, um nicht zwei Jahre warten zu müssen, rechnet Klaus Batzner daher mit einigen neuen Erkenntnissen in diesem Zeitraum.

Nachdem sich unser Guide am Ende der Führung von uns verabschiedet hatte, wurden noch die Teilchenausstellung im Empfangsgebäude und der Globus der Wissenschaft und Innovation (siehe Abbildung 8) besichtigt. In der Teilchenausstellung konnten die zuvor gewonnenen Kenntnisse noch einmal nachgelesen bzw. erlebt werden, da auch multimediale Präsentationen dazugehören. Auch Teile des LHC sind dort ausgestellt, da man die richtige Anlage leider nicht zu sehen bekommt. Erstens müsste man dazu unter Tage und zweitens ist dies relativ gefährlich, da flüssiges Helium im Fehlerfall austreten kann. Selbst für die Wissenschaftler ist der Zugang eingeschränkt, da sie erstens einen wichtigen Grund haben müssen, um direkt vor Ort arbeiten zu

dürfen und zweitens ein Fitnessprogramm bzw. -test regelmäßig absolvieren müssen. Hinzu kommt, dass einige Wissenschaftler nach ihrer Pensionierung einfach weiter an ihren Themen arbeiten und dann auch körperlich Probleme mit ihrer Fitness bekommen.

### Weiterfahrt nach Bern

Mit vielen neuen Eindrücken ging es wieder zum Apartmenthotel nach Frankreich mit dem Auto zurück. Positiv war, dass jetzt der Verkehr nachgelassen hatte und man keine Kosten für das Parken am CERN einzuplanen brauchte. Selbst die Führung war kostenlos - aber gewiss nicht umsonst. Nach einer kurzen Verschnaufpause wurde im Anschluss noch einmal Genf genossen. Die Sonne brannte bei herrlichen 26 Grad Celsius vom Himmel. So kann es morgen in Bern gerne weitergehen, dachten wir uns. Und so ähnlich ging es auch weiter – das Wetter blieb herrlich. Bern konnte mit dem Auto leicht erreicht und nahe des Zentrums im Parkhaus gut geparkt werden. Die Kramgasse, die wir sowohl für das Einstein-Haus [3], als auch für die Zytglogge [4] aufsuchen mussten (siehe Abbildung 9), ist die älteste Hauptstraße Berns und leicht im Zentrum zu finden. Sie ist im Mittelalter-Ambiente erhalten



Abb. 10: Eingang des Einstein-Hauses in Bern.

und bietet einen fast barocken Baustil an. Nur die durchfahrenden Autos und Busse stören diesen Eindruck etwas. Das Einstein-Haus (siehe Abbildung 10) liegt recht unscheinbar einige hundert Meter von der Zytglogge entfernt. Wäre man nicht vorbereitet gewesen, wäre man glatt daran vorbeigelaufen. Hier hat Einstein vor und während seiner Zeit als Angestellter des Patentamts mit seiner Frau und seinen beiden Söhnen unter recht beengten Verhältnissen gewohnt. Erst als er 1905 seine spezielle Relativitätstheorie mit drei weiteren wichtigen Schriften veröffentlichte, wurde er als Physiker anerkannt und erhielt 1909 einen Ruf an die Züricher Universität. Seine erste Vorlesung hielt er im Übrigen vor nur drei Studenten. Bern war trotzdem ein entscheidender Wendepunkt in seinem Leben.

Das Einstein-Haus selbst ist im ersten Obergeschoss im Original erhalten geblieben (siehe Abbildung 11) und bietet einige Fotos von Einstein an den Wänden. Im zweiten Geschoss ist eine Ausstellung enthalten, die sein Schaffen in Bern und darüber hinaus bis in die 1920er Jahre zeigt. Ein Videofilm verdeutlicht die wesentlichen Stationen seines Lebens von der Geburt bis zum Tod

in drei verschiedenen Sprachen. Ein wirklich lohnender Besuch, wenn man sich gerne mit Einstein beschäftigt und an seinem Wirken interessiert ist. Im Erdgeschoss ist zudem ein Café vorhanden, welches zum längeren Verweilen einlädt. So kann man etwas "Einstein-Luft" schnuppern und sich vorstellen, wie es sich hier gelebt haben mag.

Anschließend wurde die gebuchte Besichtigung der Zytglogge wahrgenommen. Diese Turmuhr ist sehr eindrucksvoll und heute das Wahrzeichen der Stadt. Sie wurde bereits im Mittelalter von dem Waffenschmied Kaspar Brunner im Jahr 1530 erbaut, um die Zeit sowie astronomische Ereignisse anzuzeigen. Das Uhrwerk ist dabei sehr präzise und muss nur alle zwei Wochen etwas nachgestellt werden. Es werden auf der einen Seite die Uhrzeit, aber auch die Monate, die aktuell sichtbaren Sternbilder und die Mondphasen angezeigt. Ursprünglich stellte die Zytglogge den Außenturm der Stadt Bern dar. Aufgrund des schnellen Bevölkerung-Wachstums wurde der Außenring aber erweitert, so dass sich der Turm auf einmal im Mittelpunkt befand und als großes Gebäude die Uhrzeit anzeigen sollte. Untermalt wird die volle Stunde dabei noch durch ein kleines Schauspiel, welches u.a. einen

Narren, einen Hahn und den Umzug bewaffneter Bären enthält (siehe Abbildung 13). Ungefähr vier Minuten vor einer vollen Stunde kräht erst einmal der Hahn und der Narr schellt an zwei über ihm hängenden Glocken. Danach bewegen sich die Bären aus dem Turm heraus und wieder hinein. Danach kräht der Hahn erneut und hebt die Flügel. Der bärtige Chronos (Gott der Zeit) dreht seine Sanduhr und hebt seinen Zepher zum Kommando des Stundenschlags, die der vergoldete Ritter Hans von Thann abschließend im oberen Turm mit dem Hammer an die Glocke schlägt. Parallel dreht ein stehender Löwe sein Haupt und der Hahn kräht, nachdem die Glocke verstummt ist, zum dritten Mal. Dieser komplexe Ablauf wird durch fünf kombinierte Uhrwerke realisiert. Als wir uns nach der Führung dieses Zusammenspiels von außen ansehen, staunt gerade eine große asiatische Touristengruppe mit uns. In dem Turm sehen wir das Schauspiel bzw. das exakt ineinandergreifende Räderwerk live, was auch sehr beeindruckend war. Auch Einstein soll davon beeinflusst gewesen sein, wie man in Bern vermutet, so dass er dadurch über die Zeit eingehender nachgedacht hat.



Abb. 11: Erstes Obergeschoss des Einstein-Hauses im Originalzustand.

Das Uhrwerk selbst wird durch ein schwingendes Pendel angetrieben (siehe Abbildung 12), das gleichzeitig die Relativitätstheorie Einsteins mit der Dehnung der Raumzeit verdeutlichen kann. Die Pendelkugel würde ja normalerweise frei in der Vertikale auf die Erde fallen. Durch die Aufhängung wird sie aber daran gehindert. Sie nimmt daher den Weg zum tiefsten Punkt, der senkrecht unter der Aufhängung liegt. Daher wird sie gezwungen eine Schwingung auszuführen. Die Anziehungskraft, die von Newton als Gravitation bezeichnet wird, wurde von Einstein durch die Krümmung der Raumzeit ersetzt. Somit ist auch klar, dass der Standort der Uhr entscheidend für die Zeit ist. Da sie sich ca. 7 Meter über dem Erdboden befindet, geht sie, gegenüber sich einer auf der Erde befindenden Uhr, etwas schneller (2,1 s in 100 Millionen Jahren). So wird in der Zytglogge auf interessante Weise die Verbindung zum Einstein-Haus hergestellt. Der Waffenschmied konnte allerdings weder von Newton noch von Einstein etwas gewusst haben, als er im Mittelalter diesen Uhrwerksantrieb ersonnen hat. Und trotzdem funktioniert die Uhr seitdem anstandslos - eine mechanische Meisterleistung.

Besonders interessant ist die Anzeige der astronomischen Daten, die bei der Zytglogge mit berücksichtigt wurde. Auf der Abbildung 13 ist die Astrolabiumsuhr abgebildet, die Himmel und Horizont in stereographischer Projektion aus dem Nordpol des Himmels abbildet. Es gilt hier noch das geozentrische Weltbild, da alle Gestirne des Himmels um die Erde kreisen. Die drehenden Teile bilden den täglichen scheinbaren Umlauf der Sterne, der Sonne und des Mondes ab. Auf dem exzentrischen Ring sind die Tierkreiszeichen zu erkennen. Dieser Ring dreht sich täglich ein bisschen schneller, als der Sonnenstundenzeiger, da ein Sterntag aus ca. 23 Stunden und 56 Minuten besteht. Durch diesen Unterschied gleitet das



Abb. 12: Zahnradgetriebe der Zytglogge mit Pendelantrieb.



Abb. 13: Astrolabiumsuhr und Glockenspiel an der Zytglogge.

Sonnensymbol, welches den Lauf der Sonne über dem Horizont anzeigt, einmal im Jahr um den Tierkreis herum. Da der Sonnenstundenzeiger radial verschoben wird, bewegt sich das Sonnensymbol im Sommer auf einem hohen und im Winter auf einen tiefen Tagesbogen. Zusätzlich werden ungleich lange temporale Stunden angezeigt.

Auf einem weiteren Zeiger befindet sich die Mondkugel. Dieser Zeiger bleibt täglich ca. 48 Minuten hinter dem Sonnenzeiger zurück, wodurch er die Sonne nach ungefähr 29,5 Tagen einholt. Die Mondkugel dreht sich zusätzlich um ihren Zeigerstab, so dass sogar Neu-, Halb-

und Vollmond-Phasen angezeigt werden können. Die Mondkugel wird durch den Ekliptik-Kreis ebenfalls auf ihrem Zeiger verschoben, so dass auch die hohe Mondbahn im Winter und die tiefe Mondbahn im Sommer nachgebildet werden kann. Die Astrolabiumsuhr zeigt ebenfalls die Wochentage an. Sie stellt daher ein für die damalige Zeit recht genaues astronomisches Instrument dar, welches den sich drehenden Himmel sehr gut nachbilden konnte. Hier wurde mechanisch ein exaktes Uhrwerk aufgebaut und das zu einer Zeit, als man noch glaubte die Erde wäre eine Scheibe - sehr beeindruckend!



Abb. 14: Rückseite der Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich.

### Endstation Zürich

Auf der letzten Etappe ging es nach Zürich. Dort bezogen wir privat Quartier, weshalb das ursprünglich angedachte Hotel komplett storniert werden musste. Hier sollte nach ursprünglicher Planung die Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) [5] besucht werden, die ein interessantes Programm im Institut für Astronomie für uns ausgearbeitet hatte. So sollte es zuerst einen Gang zum Studierenden-Teleskop geben sowie einen Besuch in zwei Laboren mit Erklärungen zu High Contrast Imaging. Abschließend war ein Vortrag über den aktuellen Stand der Exoplaneten-Forschung angedacht. So hatte sich der Fachbereich große Mühe gemacht, um der AVL ein 3-stündiges-Programm auszuarbeiten. Dies musste aber leider abgesagt werden, weil wir ja leider keine Gruppe mehr zusammen bekommen hatten. Und für zwei Personen wäre der Aufwand einfach nicht berechtigt gewesen. Das Institut bedauerte den Ausfall ebenfalls sehr und würde sich über einen späteren Besuch in jedem Fall freuen.

Wir besuchten das ETH-Gebäude aber trotzdem während unseres Aufenthaltes, da es sich um ein sehr schönes Gebäude handelt und man von dort aus einen hervorragenden Blick über die Stadt genie-

ben konnte. Sie gehört zu den zehn besten Universitäten der Welt und hat 21 Nobelpreisträger in ihrer langen Geschichte hervorgebracht. So hat auch Albert Einstein in der ETH studiert (1896-1900), die 1855 gegründet wurde. Allerdings vermisste er damals das tiefere Studium der Teilchenphysik, weshalb er oftmals die Vorlesung schwänzte und sich selbst in der Bibliothek weitere Kenntnisse beibrachte. Dies war ein Grund, warum er im Anschluss nicht sofort in die akademische Laufbahn wechselte, da die Professoren von ihm zuerst nicht angetan waren. Das änderte sich

1905 nach seinen bahnbrechenden Veröffentlichungen, so dass er später in den Jahren 1912-1914 an der ETH als Ordinarius für theoretische Physik angestellt wurde. Die Fassade wurde im Übrigen von Gottfried Semper erbaut, der auch die gleichnamige Oper in Dresden gestaltete. Benachbart liegt auch die Universität Zürich, die ebenfalls einen sehr schönen Baustil besitzt und 1908 von der ETH getrennt wurde. Beide Gebäudeanlagen liegen über der Altstadt von Zürich, die zu einem Stadtbummel durch die engen Gassen regelrecht einladen.

Zürich besitzt zudem auch mitten in der Stadt eine sehr schöne Volkssternwarte [6], die Urania genannt wird. Aufgrund der Stadtnähe ist hier natürlich heute keine ernsthafte Beobachtung mehr möglich, aber es gibt jeden Donnerstag bis Samstag innerhalb der Woche Führungen des Urania-Vereins, der die Sternwarte betreut. Die Volkssternwarte hat sich zum Ziel gesetzt dem interessierten Laien die Kenntnisse der Astronomie näher zu bringen und ihm die Möglichkeit zu bieten, selbst durch ein Fernrohr zu blicken. Damit ähnelt sie der AVL in ihrer Ausrichtung. Das Herz der Sternwarte bildet der Refraktor im Kuppelraum des Turms. Das 12 Tonnen schwere Teleskop ist ein farbkorrigiertes



Abb. 15: Sternwarte Urania in Zürich.

Fraunhofer 2-Linsen-System von 30 cm Durchmesser und einer Brennweite von 5 m. Es wurde 1907 von Carl Zeiss Jena entwickelt und ermöglicht eine bis zu 600fache Vergrößerung. In diesem Monat stand Jupiter mit seinen Monden auf dem Programm, was auch in einer Stadtersternwarte trotz Lichtverschmutzung

noch möglich ist und bei der vorhandenen Brennweite ein ordentliches Gesichtsfeld bietet. Also war der Plan, da wir bis Freitag in Zürich bleiben wollten, dort auch abends am Himmelfahrtstag um 21 Uhr vorbeizuschauen. Leider fiel dies ins Wasser, da dieser Tag auch in der Schweiz als Feiertag gilt. Es war trotzdem

imposant sie wenigstens von außen betrachten zu können.

### Fazit

Ansonsten wurde Zürich in zwei Tagen ausgiebig besichtigt und auskundschaftet, inkl. Seerundfahrt und Museumsbesuch. Zürich ist, ähnlich wie Bern und Genf, ebenfalls eine sehr schöne Stadt. Daher konnten wir ein absolut positives Fazit dieser Reise ziehen, die neben einem traumhaften Wetter insbesondere auch viele astronomische Eindrücke bereithielt. So traten wir am Freitag mit vielen neuen Erlebnissen im Gepäck die Heimreise wieder an. Die Woche hatte sich wirklich gelohnt, auch wenn es dieses Mal leider keine AVL-Gruppenreise geworden ist. Aber vielleicht motiviert ja dieser Bericht alle zukünftigen Interessenten an einer Vereinsreise? Es wäre wünschenswert.



### Literatur

- [1] Homepage des CERN: <http://www.home.cern>
- [2] Arpad Horvath: The LHC experiments (Large Hadron Collider) and the preaccelerators. Licensed under the Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0, November 2012
- [3] Homepage des Einstein-Hauses in Bern: <http://www.einstein-bern.ch>
- [4] Homepage der Zytglogge in Bern: <http://www.zytglogge-bern.ch>
- [5] Homepage der ETH Zürich: <https://www.ethz.ch>
- [6] Homepage der Volkssternwarte Urania in Zürich: <http://www.urania-sternwarte.ch>

## ALLES „TORF“, ODER?

von HANS-JOACHIM LEUE, *Hambergen*

Eigentlich hätte man es daran erkennen können -sollen-müssen: Wer Torf als Schwarze Materie oder eine Camera Obscura als digitales Gerät verkaufen möchte, den vermeintlichen Artikel der HiPo Nr.50 auf April datiert, und den Esel vor den Karren spannt, kann nur einen – vielleicht auch schlechten – Aprilscherz damit gemacht haben.

Aber wer hat's überhaupt gelesen?

Obwohl im gleichen Monat fotografiert, das Bild vom Sirius mit Begleiter ist echt! „Unser“ geniale Bessel hatte 1841 an Alexander von



Abb. 1: Sirius-B.  
Aufnahme Harald Simon, Nikon-D750, Bel.1,3 sec, ISO 100, 1-Meter-Spiegel, SW Hoher List.

Humboldt geschrieben, was er bereits seit 1834 vermutet hatte: „Ich halte an der Überzeugung fest, dass Prokyon ( $\alpha$  Canis minoris) und Sirius ( $\alpha$  Canis majoris) wirklich Doppelsterne sind und aus einem sichtbaren und einem unsichtbaren Stern bestehen“.

Periodische Schwankungen der Rektaszension des Sirius hatten ihn dazu veranlasst auf eine Schwankungsperiode von ca. 50 Jahren zu schließen. Er hat es leider nie erfahren: Im Jahre 1862 entdeckte Alvan Clark jun. den mit 10 Bogensekunden Abstand zu Sirius stehenden Begleiter als Stern 8. Größenklasse.