



(<http://lemohican.info/>)

EN (<http://lemohican.info/protvino/?L=0>)DE (<http://lemohican.info/index.php?id=145&L=1>)

Le CERN (Centre (Conseil au début) Européen de Recherche Nucléaire) est issue de la vaste initiative culturelle anti-soviétique des administrations américaines d'après guerre, ponctuellement supportée par la CIA, plus largement par la fondation Ford . L'investissement américain visant un rempart européen contre l'URSS est dirigé entre autres à une fraction de la mouvance pour une fédération européenne des années 1920/30, notamment des acteurs autour des revues l'Esprit, l'Ordre Nouveau, PanEuropa. Ainsi les "nonconformistes" de jadis se retrouvent au Congrès de l'Union des fédéralistes à Montreux fin 1947, à d'autres rassemblements par la suite, notamment le Congrès de la Haye en 1948 sous la présidence de Winston Churchill, la Conférence pour la Culture européenne à Lausanne en 1949 et le Congrès pour la liberté de la culture à Berlin en 1950. Un personnage clef de ces initiatives européennes (à comparer à Jean Monnet): Denis de Rougemont (1906-1985), neuchâtelois d'origine, intellectuel "personnaliste" à Paris, lecteur à l'université de Francfort jusqu'en 1936, résistant antifasciste en Suisse, en mission diplomatique aux EU en 1940 où il s'installe et participe e.a. à l'Office of War Information. De retour en 1947 il prend domicile à Ferney-Voltaire. En 1951 le Centre européen de la culture, qu'il vient de fonder et qu'il préside prend en main la réalisation du projet lancé par des groupes de scientifiques lors des rencontres précédentes (Louis de Broglie à la conférence de Lausanne, Isaac Rabi délégué des EU à l'UNESCO).

En août 1945 suite à l'emploi de l'arme nucléaire à Hirohima et à Nagasaki au motif affiché de sauver des vies de combattant américains, motif à lui seul à mettre en question, l'effroi profond menait des scientifiques à peindre le tableau d'un avenir glorieux de l'utilisation constructive de la force nucléaire. Un défi demandant des institutions de recherche et de développement à grand échelle et coûteuses, plus ou moins en route aux EU. D'où l'idée d'un "Institut de Science nucléaire orienté vers les applications de la vie courante" qui pousserait les états européens à se mettre ensembles. Il s'est vite avéré que l'Angleterre et la France se méfiaient de fédérer leur savoir sur ce qui était tenu pour une probable mane en termes de source d'énergie et constituait surtout la force militaire suprême. Par ailleurs la guerre froide divisait les esprits. Des scientifiques (et pas les moindres) proches du PC, en particulier en France, ne partageaient évidemment pas l'intention américaine. Donc les 11 états qui formaient le "Conseil Européen de Recherche Nucléaire" en 1951 sous l'égide ('neutre') de l'UNESCO ont créé un centre de recherche fondamentale (sur "les particules élémentaires"), un laboratoire florissant de recherche à grand échelle, mais l'intérêt économique-pratique comme motif fédérateur y joue un rôle minimal. L'essor scientifique de l'entreprise paraît formidable. L'essor en tant que symbole pour une Europe en voie de fédération des états paraît minime et l'espoir illusoire.

Le 5ième directeur général du laboratoire, en poste d'août 1961 à décembre 1965, fut Victor Weisskopf (1908-2002). Né à Vienne, études de physique avec d'éminents professeurs de la théorie de l'Atome et des quanta en Autriche, en Allemagne et en Suisse, doctorat à Göttingen en 1931. Intellectuel de gauche, un intérêt politique accru et le manque d'opportunités pendant la crise le font accepter une invitation au tout nouveau laboratoire de Charkov (qui offrira en suite refuge à quelques amis de Berlin chassés par le nazisme) . Neuf mois plus tard une bourse Rockefeller le mène à Copenhagen et Cambridge. En 1933

l'Autriche et l'Allemagne se sont fermés au jeune physicien juif. Il décline l'invitation à un poste universitaire à Kiev en 1935, accepte l'offre à Rochester/ NY en 1937. Citoyens américains en 1942, lui et sa femme danoise. En 1943 il suit l'appel de Robert Oppenheimer à Los Alamos, non sans hésitation, mais sous l'impression des rumeurs (qui s'avèreront mal fondées) sur les préparations allemandes d'une bombe. En 1945, avec Hans Bethe, refus une fois pour toutes de recherches d'armes, fondation de la « Federation of atomic scientists ». Professeur au MIT dès 1947.

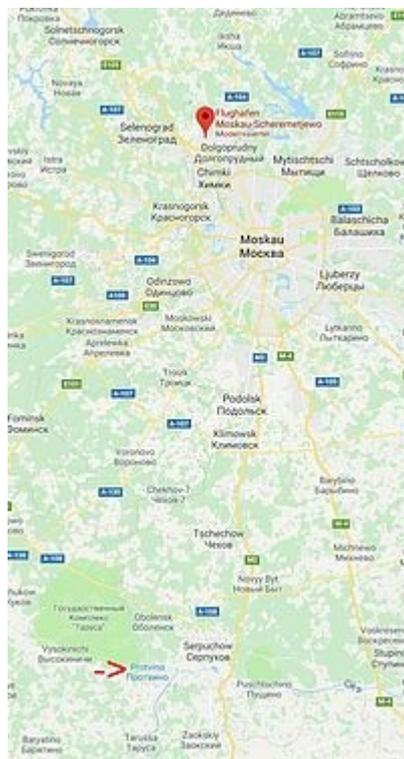
Victor Weisskopf arriva à Genève quand la première « grande machine » (protons de 30 GeV) venait de démarrer. Pendant son « directoire » le personnel, visiteurs inclus, doublait à plus de 2000. Il faisait accepter (par les états membres) le projet du « Intersecting storage ring » (opérationnel en 1971). Celui de la machine de 300 GeV qu'il a également fomenté ne passait pas encore. Est-il surprenant que ce « scientifique-diplomate » d'expérience scientifique mais aussi politique dans tant de pays et situations, last not least en URSS, horripilé par les excès d'anti-communisme aux EU, essaya à Genève de créer des échanges durables à travers le « rideau de fer » ? Sachant bien que des deux côtés les calculs politiques ne correspondaient rarement à ses propres convictions humanistes et démocratiques ? Quand en 1968 le premier groupe du CERN arriva à Protvino, le professeur du MIT est venu s'informer sur la vie de son initiative.

KS 2018:

## Vor fünfzig Jahren

Juli 1968. Flug mit einer sowjetischen Iljuschin von Zürich über Wien zum Flughafen Scheremetjewo an der nördlichen Peripherie von Moskau. Fahrt im Rafik (sowjetischer VW-Bus) nach Süden. Die Silhouette der Hauptstadt, wahrgenommen von der westlichen

Umgehungsstraße:  
goldene Kuppeln, Kreml.  
Neujungfernkloster.  
Orthodoxie. Und:  
Lomonossow-Universität,  
Hotel Ukraina. Stalin-Ära.  
120 km Landstraße, erste  
Eindruck von hiesiger  
Landschaft: grüne Hügel,  
Birkenwald, vorbei an  
Podolsk, Tschechow,  
Serpuchow. Die



([http://lemohican.info/fileadmin/\\_processed\\_/1/1/csm\\_map2\\_453ca0c18f.jpg](http://lemohican.info/fileadmin/_processed_/1/1/csm_map2_453ca0c18f.jpg))



([http://lemohican.info/fileadmin/user\\_upload/imgs/Protvino/map3.jpg](http://lemohican.info/fileadmin/user_upload/imgs/Protvino/map3.jpg))

Postkartenikone russisches Dorf, kleine Holzhäuser hinter alten Zäunen, Fenster in bunten Zierrahmen, ein grünes Brunnenhaus. Die breite Straße, beiderseits die Isbuschkas, überall ein weiter Himmel.



([http://lemohican.info/fileadmin/user\\_upload/imgs/Protvino/protvino2.jpg](http://lemohican.info/fileadmin/user_upload/imgs/Protvino/protvino2.jpg))

Protvino eher hässlich, fünfstöckige graue und gelbe Mietskasernen, gebaut von Pionieren der Armee. Etwa 6000 Einwohner (heute, 2018, 37000), ein Kulturhaus, eine große Kantine, ein kleines Café, der "Gastronom", der allgemeine Einkaufsladen. Neben dem Neubaugebiet der "kleine Kreml" aus Holzhäusern, Privileg höherer Chargen des Labors und der "Nomenklatura". Im Erdgeschoss einer Mietskaserne eine geräumige mit messingbeschlagenen Glanzmöbeln bestückte Wohnung - das für uns erste „Westler“-Familien vorgesehene Quartier war nicht fertiggestellt. Umso leichter erste Begegnungen, Eltern, Kinder, ein Spielplatz gleich vor der Tür.

Vierzehn Tage Zurechtfinden, vorbereitende Arbeiten und Besprechungen, offizielles Empfangessen an langer Tafel, Wodka, Zakuski, unendliche Toastrunden. Za... irgendwas oder -wem. Auf der Straße Unsicherheit und Zögern manchmal Angst im Umgang mit uns, den ungewohnten Besuchern. Im Labor die KGB-Aufsicht im Hintergrund. Unübersehbar der autoritäre "Sozialismus" und dementsprechend lebendige "Privatsphären". Erste Ausflüge in die nächste Umgebung. Keine "Wohlstandsgesellschaft", viel "Subsistenzwirtschaft", Erdmieten - Vorratskeller am Waldrand, von Pferden gezogene Erntewagen in den Feldern. Im Gang der großen neuen Schule deutsches Kriegsgerät - Spätherbst 1941, den eigenen gegenüber deutsche Truppen draußen vor dem damaligen Dorf in der Niederung an der Protwa.

Dann wieder Scheremetjewo: zwei Holländer, ein Schweizer und ein russischer Navigator flogen mit einer alten vier - Propeller - Fokker - Maschine Gerät (Versicherungswert 200 000 sfr) nonstop von Genf nach Moskau. Zwanzig Holzkisten, je eine halbe Tonne schwer, verlassen schleifend und pendelnd am Arm einer Bagger-Giraffe den Bauch der Maschine, werden auf Lastwagen verladen. Viel mit Hand und Hebeln, "Fuck your mother", "Job twoju matj", Flüche und Wodka, Akzidenzien idealer Sowjetarbeiter. Um Mitternacht, mit einer Stunde Verspätung hebt die Maschine, frisch betankt und mit langem Anlauf von der Rollbahn wieder ab. Der Schweizer, der Dolmetscher und die "Vorhut" der Genfer Physiker stehen bei den Lastwagen, sehen ihr nach. Ein paar Stunden später - von der "Zollabfertigung" war die westliche Begleitung ausgeschlossen - bewegt sich der Lastwagen-Konvoi südwärts in einen neuen Morgen, manchmal, um die Ladung nicht zu gefährden, im Schrittempo. In Feldern vor Protvino wachen die Sonnenblumen auf.

In den folgenden Monaten Arbeit in der Experimentierhalle, mit Kabellegern, Technikern und Kranführern, oft vorallem Frauen. Gemeinsame Tätigkeit schafft Nähe, gewährt Einblicke in den Alltag der Hiesigen. Ein im Vergleich zum unsrigen ungleich mehr von Sorge um die minimalen Notwendigkeiten bestimmter Alltag. Bei den Arbeiten im Labor sind Findigkeit in Beschaffung und Ersatz von knappem Material und ebenso geniale "Bricolage" beeindruckend.

Es gab reichlich freie Stunden, auch weil der Beschleuniger immer mal ausfiel. Familien Picknik und Badevergnügen an der Protva, Wanderungen etwa nach Kislino, einem Dorf alten Stils, ein paar Kilometer westlich. Ausflug mit einem Kollegen in seinem Motorboot auf der Oka bis Tarussa. Entfernungen von mehr als 15 km vom „Standort“, so auch die Stadt Serpuchow waren "off limits". Schon der Plan einer einmaligen Busfahrt mit kurzem Spaziergang führte zu Besorgnis bei den russischen Freunden. Zwar gelang die Ausführung, am Kontrollpunkt wurde durchgewinkt, aber sie bescheerte den Mitwissenden ein paar unruhige Stunden. Es gab Fahrräder, absolute Mangelware für Sowjetbürger, gekauft für nur 12 \$ das Stück im Westlern vorbehaltenen "Birioska"-Shop am Neujungferfriedhof in Moskau. Als die kostbaren

Transportmittel dann mal plötzlich "verschwunden" waren, wurde ein paar Tage später dem aus der Sicht der russischen Kollegen am besten mit den örtlichen Verhältnissen vertrauten Westler bedeutet, die Fahrräder seien "gefunden" worden und bei der Miliz abzuholen. Kein Sowjetbürger klaut. "Weil nicht sein kann was nicht sein darf" Bei Abenden in Wohnungen der Kollegen wurden Aufzeichnungen von Boris Vian und George Brassens und umgekehrt Okudjawa und Wyssotsky überspielt. Allerdings wurden später etwa verschenkte westliche Kassenrekorder „behördlich“ konfisziert. Im Herbst gemeinsame Pilzsuche in der Umgebung, die Westler mit ihrer Ausbeute weit abgeschlagen hinter den Pilzkundigen von hier. Einmal im November Mitspieler beim Hallenhandballtraining. Einmal auch eine Abendeinladung beim technischen Leiter des Labors, einem Georgier, wohl General im militärischen Rang: eine Demonstration luxurierender Lebensweise im asketischen Sowjetland, georgischer Wein und Cognac, ein Spanferkel, Süßigkeiten im Überfluss, orientalisches gekleidete Frauen, orientalische Tanzvorführung.

Vor dem Kulturhaus affiziert eine Reihe hiesiger „Helden der Arbeit“, darunter auch ein Kollege . Das Kulturhaus gleichzeitig Kino. Meist weniger besucht bei sowjetischen Filmen, übervoll bei „Fantomas“. Moskau mit seinen vielen kulturellen und kommerziellen Atraktionen kam schon allein kaum in Betracht, als man uns „wann immer wir wollen würden“ in offizieller schwarzer Limousine mit Chauffeur hinzukarren anbot. Ein allzu sinnfälliges „Privileg“ für Ausländer. Bus und Bahn blieben untersagt.

Die erste Gruppe der Westler hatte sich mehr oder weniger eingelebt. Die Kinder lernten draußen russische Worte: zum Beispiel samolot - Flugzeug, denn solche flogen immer wieder hochoben über Häuser und Spielplatz. Am Morgen des 21. August, einem Mittwoch waren die „Genfer“ (ungeachtet ihrer französischen, belgischen, holländischen, britischen, italienischen oder deutschen Pässe) im gemeinsamen Laborraum versammelt als unser sowjetischer „Held der Arbeit“, eine Zeitung schwenkend dazukam: „habt ihr schon gehört?“. Nein wir wussten noch nicht, dass Warschauer Pakt Panzer in Prag herumfahren und der Reformregierung eine gewaltsames Ende bereiteten. Bestürzung allerseits. Unsere Telefonverbindungen nach Westen waren unterbrochen und sollten es für etwa 2 Wochen auch bleiben. Ein Kollege, der seine Citroen-Déesse in Marseille nach Odessa verladen hatte und vom Schwarzen Meer aus angereist war, machte sich umgehend auf den Rückweg. Kehrt jedoch um, weil schon sehr bald klar war, dass die Lage sich militärisch nicht zuspitzen würde. Die Westler blieben beim gemeinsamen Experiment, beteiligten sich auch wohl an einer Protesterklärung eines in Wien kurz darauf stattfindenden Kongresses. Am persönlichen Umgang änderte sich nichts, im offiziellen Umgang mit der Verwaltung war Politik kein Thema.



Nachfolgender Text entsprach einer Anfrage des damaligen (deutschen) Abteilungsleiters im CERN bezugs eines Beitrags zur "Hauspostille" der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG), den "Physikalischen Blättern"(PB) , einer Werbe- und Informationspublikation, 1943/44 gegründet vom damaligen Laborleiter der AEG/Reinickendorf und Elektronenmikroskopiker Ernst Brüche (1900-1986) und nach dem Krieg von seiner Frau und ihm in Mosbach fortgeführt.

Es kam nicht zur Publikation weil der Autor meinte nicht auf die allerdings unverhältnismäßig langen (und den Gepflogenheiten der PB kaum entsprechenden) Autorenlisten verzichten zu können...

KS., CERN Genf, Juni 1970

## Elementarteilchen im Energiebereich des 76 GeV Beschleunigers in Protvino/Serpuchov

Das Synchrotron des Instituts für Hochenergiephysik (IFWE) in Protvino bei Serpuchof in der Provinz Moskau gab im Oktober 1967 zum ersten Mal Protonen einer Energie von 70 GeV ab. Sein Ringmagnet mit alternierendem Feldgradienten hat einen Durchmesser von 472 m. Ein Beschleunigungszyklus bei 70 GeV dauert 7 Sekunden. Am Ende der Periode kann der Strahl je nach Bedarf bis zu 1,5 Sekunden bei maximaler Energie gehalten werden. Die Zahl der beschleunigten Protonen je Zyklus betrug im vergangenen Jahr im Mittel  $7 \times 10^{11}$ .

Vor Allem aus zwei Gründen bedeutet der Übergang von 30 auf 70 GeV eine spürbare Stufe:

a) Bei einer Protonenenergie von 70 GeV im Laboratorium stehen in dem mit dem Schwerpunkt eines Protonen (p) - Nukleon (N) -Stosses mitbewegten Bezugssystem 12 GeV zur Verfügung. Mit den Beschleunigern in Genf und Brookhaven erreicht man 7-7,6 GeV im Schwerpunktsystem. Die Schwellenenergie für Antiproton ( $\bar{p}$ ) - Erzeugung in der Reaktion  $p+N \rightarrow \bar{p}+N+N$  beträgt 3,8 GeV. In einer Reaktion in der ein schweres Meson (M) erzeugt wird,  $p+n \rightarrow N+N+M$  entfallen 1,88 GeV auf die Ruhmassen der Nukleonen; 10 GeV, anstelle von 5,7 GeV beim 30 GeV Beschleuniger stehen zur Formation von M zur Verfügung. Die energiereichsten beobachteten Nukleonen - und Mesonenzustände liegen bei 3-3,5 GeV. Es gibt keine sicheren Voraussagen für das Spektrum in dem neuzugänglichen Massenintervall.

b) In elastischen Prozessen  $p+p \rightarrow p+p$  sind die "heftigen" Stöße mit hohem Impulsübertrag  $t=(p_0-p')^2$  von besonderem Interesse. Grosse t-Werte bedeuten starke Ablenkung des Protons von seiner ursprünglichen Bahn  $p_0$  bezeichnet den Impuls des Protons vor dem Stoß,  $p'$  den des gestreuten Protons. Ein Körper erfährt einen hohen Impulsübertrag, wenn seine Flugbahn nahe am Zentrum eines Kraftfeldes vorbeiführt. Es besteht eine direkte Beziehung zwischen dem Impulsübertrag  $t$  und dem Stoßparameter  $b$ , der ein Maß für den Abstand der Flugbahn des Projektils vom Kraftzentrum ist. Im Bereich der Teilchenphysik tritt an die Stelle dieser direkten Beziehung eine Wahrscheinlichkeitsaussage: das Kraftfeld eines Teilchens kann durch eine Profillfunktion  $V(b)$  beschrieben werden und die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Stöße über dem Impulsübertrag  $t$  durch den (differentiellen) Wirkungsquerschnitt  $\sigma(t)$ . Zwischen der Messgröße  $\sigma(t)$  und dem Profil  $V(b)$  des Teilchens besteht der Zusammenhang einer Fouriertransformation: Wenn  $V(b)$  über kleine Abstände stark variiert, ist der Wirkungsquerschnitt bei hohen Impulsüberträgen groß. So wie in der Fourieranalyse eines elektrischen Signals, das zeitlich schnell variiert, die Fourierkomponenten bei hohen Frequenzen groß sind. In diesem Sinn ist die Information über die innere Struktur eines Teilchens umso detaillierter, je höher der verfügbare Impulsübertrag ist. Bisher wurde die Proton-Proton Streuung bis zu Impulsüberträgen von  $t=25 \text{ GeV}^2$  untersucht. Mit einer Energie von 70 GeV können in einem Stoßprozess bis zu  $65 \text{ GeV}^2$  übertragen werden. Damit werden Strukturuntersuchungen möglich bis zu Dimensionen, die den vierzigsten Teil des Durchmessers eines Nukleons betragen.

Die von 1968 bis heute publizierten Messdaten erlauben keinen Überblick über das neue Arbeitsgebiet. Dafür ist der verstrichene Zeitraum zu kurz. Aber die ersten Resultate enthalten ohne Zweifel neue Information. Den Wert des einzelnen Ergebnisses wird man erst beurteilen können, wenn die Zusammenhänge dieser Physik besser bekannt sind.

### Beschreibung der Experimente

Alle Versuchsapparaturen befinden sich einer Experimentierhalle, die von der Aluminiumkonstruktion eines

40t Brückenkrans überspannt ist. Die Bodenfläche beträgt  $90 \times 150 \text{ m}^2$ . Unter einer Abschirmung aus Eisenbetonblöcken mit Standardabmessungen von  $1 \times 2 \times 4 \text{ m}^3$  durchquert der Ring des Synchrotrons die Halle. An bestimmten Punkten der toroidalen Vakuumkammer der Maschine befinden sich bewegliche Aluminiumstäbchen von 10-20 mm Länge und 1-2 mm Durchmesser. Diese Targetgegenstände können auf Wunsch in den Protonenstrahl bewegt werden. Sie bilden den Quellpunkt der Sekundärstrahlen aus Mesonen und Antiprotonen. In relativistischen Stoßprozessen erfolgt die Emission hochenergetischer Teilchen streng. in Vorwärtsrichtung gebündelt. Deshalb verlassen die Transport"kanäle" für diese Teilchen, aufgebaut aus fokussierenden Quadrupolmagneten und impulsanalysierenden Ablenkfeldern den Ringtunnel möglichst tangential. Sie geben dem Grundriss der Aubauten in der Experimentierhalle eine fächerförmige Struktur. (Abb.1)

Im folgenden werden die bis Juni 1970 vorliegenden Ergebnisse angeführt.

#### I. Das Energiespektrum der Mesonen und Antiprotonen (IFWE-CERN)

Ein charakteristisches Phänomen der starken Wechselwirkung sind die in hochenergetischen Kollisionen entstehenden Schauer von vielen  $\pi$ -Mesonen. Erste systematische Untersuchungen dieser "Bremsstrahlung" der Hadronen wurden 1940-1950 in Experimenten mit der kosmischen Strahlung durchgeführt. Die Beobachtungsgrößen sind: die Zahl der in einem Stoß entstehenden Mesonen, deren Winkelverteilung sowie das Energiespektrum als Funktion der Energie des stoßenden Teilchens. Schon weil mehrere Quanten zugleich in einem Prozess emittiert werden, muss die Form des Spektrums von der eines Bremsstrahl- $\gamma$ -Spektrums verschieden sein. Die Energieverteilung der Mesonen zeigt Ähnlichkeit mit einer Maxwellverteilung.

Zur Beschreibung von Kernreaktionen kann eine Theorie formuliert werden, die an die Molekularkinetik von Verdampfungsprozessen erinnert. Für den Prozess der Mesonenerzeugung fehlen jedoch auf den ersten Blick wichtige Voraussetzungen dieser Analogie: eine den Nukleonen vergleichbare Substruktur und die zur Einstellung eines statistischen Gleichgewichts erforderliche Lebensdauer eines "Compound"-Zustandes. Deshalb sind die Gründe für ein quasi thermodynamisches Verhalten der Mesonenerzeugung nicht klar. Die Modellvorstellung eines stochastischen Prozesses ist aber zumindest für eine vorsichtige Extrapolation der Messdaten von Nutzen.

In Abb. 2 sind die Messungen des Spektrums der in Vorwärtsrichtung emittierten  $\pi^-$ -Mesonen aus p-Al-Stößen bei 70 GeV aufgetragen. Sie sind mit großen Fehlern behaftet, weil zum Zeitpunkt des Experiments eine genaue Kalibration des Protonenflusses mangelte. Zum Vergleich mit den Messungen des  $\pi^-$ -Spektrums in pp-Stößen bei 30 GeV sind die p-Al-Messungen mit  $A^{-2/3} = 0,11$  zu multiplizieren. A ist die Zahl der Nukleonen eines Al-Kernes,  $A^{2/3}$  die der effektiven Oberflächennukleonen. Die beiden Spektren sind sehr ähnlich. Wie in der hochenergetischen Bremsstrahlung scheint die Energieabhängigkeit des Mesonenspektrums allein durch den Skalenfaktor der Energie gegeben. Es ist jedoch notwendig, diese Feststellung mit größerer Präzision zu untersuchen.

Sehr viel genauer als die absoluten Intensitäten der Mesonen sind die im Vergleich zu den  $\pi^-$ -Mesonen gemessenen relativen Erzeugungsquerschnitte für  $K^-$ -Mesonen und Antiprotonen bekannt.

Zur Identifizierung verschiedener Teilchen wurden differentielle Cerenkovzähler verwendet. Teilchen von ungleicher Masse, aber von gleichem Impuls, bewegen sich mit verschiedener Geschwindigkeit. Wenn die Geschwindigkeit der Partikel größer ist als die Lichtgeschwindigkeit im gasgefüllten Zähler, wird Cerenkovlicht emittiert. Der Emissionswinkel, den das Licht mit der Flugrichtung des Teilchens bildet, hängt von der Geschwindigkeit ab, so dass in der Brennebene eines optischen Systems ein Ring erscheint, dessen Durchmesser allein vom Verhältnis der Teilchengeschwindigkeit zur Lichtgeschwindigkeit im Zählgas bestimmt ist. Mittels einer variablen Ringblende und einer Anordnung von Photovervielfachern kann man daher Teilchen verschiedener Masse in einem impulsanalysierten Strahl identifizieren. Praktischerweise ändert man nicht den Durchmesser der Ringblende, sondern den Brechungsindex des Zählgases durch Variation des Druckes. Man misst den Brechungsindex in einer Refraktorordnung.

Abb.3 zeigt die Registrierkurve der Zählrate des Cerenkovzählers als Funktion des Brechungsindex. Sie wurde in einem Strahl negativer Teilchen von 25 GeV/c aufgenommen. Die Messwerte sind normiert zu der ohne den 4m langen differentiellen Cerenkovzähler erhaltenen Zählrate. Die Nachweismethode war empfindlich genug um eine Antideuteron-Komponente des Teilchenstrahls von  $2 \times 10^{-7}$  zu beobachten. (Autoren- und Publikationsangaben zum Experiment s. hier ([http://lemohican.info/fileadmin/user\\_upload/imgs/Protvino/Literatur1.jpg](http://lemohican.info/fileadmin/user_upload/imgs/Protvino/Literatur1.jpg)))

## II. Nachweis von Antihelium-3 (IFWE)

Die Energie bisheriger Beschleuniger reichte nicht aus, um Antihelium-3 zu erzeugen; mit der Existenz der 76 GeV Maschine rückt das Experiment jedoch in den Bereich des Möglichen. In etwa einmonatiger Messzeit wurden 5 in Proton-Aluminium-Stößen erzeugte Anti-He<sup>3</sup> Teilchen registriert. Während dieser Zeit wurden insgesamt  $2 \times 10^{11}$   $\pi^-$ -Mesonen gezählt. Zur Identifizierung des Anti-He<sup>3</sup> wurden gleichzeitig 3 Methoden angewandt:

- eine Massenbestimmung durch Geschwindigkeitsmessung in einem impulsselektierten Strahl mit der unter I beschriebenen Cerenkovzählertechnik.
- eine Massenbestimmung durch Geschwindigkeitsmessung mit "Stoppuhrtechnik", wiederholte Beobachtung der Flugzeit mit einer Genauigkeit von  $0.5 \times 10^{-9}$  s für Wegstrecken von 49, 27, 63 m Länge.
- eine Bestimmung der Ladung durch Messung der Lichtausbeute in 10 Szintillationszählern. Die Lichtausbeute ist proportional zum Quadrat der Ladung des Teilchens.

In Abb.4 ist das Ergebnis der Anti-He<sup>3</sup> zusammen mit den Ausbeuten für leichtere, negative Hadronen aufgetragen. Die Ausbeute ist angegeben pro Proton, pro  $10^{23}$  Targetatome/cm<sup>2</sup>, pro Raumwinkeleinheit 1sr, pro Impulseinheit 1GeV/c.

Man kann die Abhängigkeit der Ausbeute von der Masse als eine weitere quasi thermodynamische Teilchenerzeugung in hochenergetischen Stößen ansehen. Die in Abb. 4 eingezeichnete Linie bedeutet eine Art Boltzmann-Gesetz für die Erzeugung von Teilchen in hochenergetischen Stößen:

$Y(M) \approx e^{-M/0.24}$ . (Autoren- und Publikationsangaben zum Experiment s. hier ([http://lemohican.info/fileadmin/user\\_upload/imgs/Protvino/Literatur2.jpg](http://lemohican.info/fileadmin/user_upload/imgs/Protvino/Literatur2.jpg))).

## III. Suche nach Elementarteilchen mit nichtintegraler Ladung (IFWE)

In der Atomspektroskopie schließt man aus den Symmetrien der gefundenen Niveauschemata auf die zugrundeliegende Elektronenkonfiguration. In ähnlicher Weise schließt man aus der beobachteten Gruppierung der Elementarteilchen auf die Existenz von 3 Basisteilchen.

Man muss für diese "Quarks" (q) nichtintegrale Ladungen von  $-1/3$ ,  $-1/3$ ,  $+2/3$  in Einheiten der Elementarladung fordern. Es gibt keine Voraussagen für die Masse der Teilchen. Eine Methode zur experimentellen Prüfung der Quarkhypothese besteht in der Suche nach derartigen Objekten unter den Sekundärteilchen hochenergetischer Kollisionen.

Aber auch unabhängig von Modellvorstellungen erscheint die Suche nach Partikeln mit nichtintegraler Ladung von ganz fundamentalem Interesse. Die experimentelle Methode zur Beobachtung der Reaktionen  $p+N \rightarrow q+q^-(\text{Antiquark})+N+N$  oder  $p+N \rightarrow q+q+q+N$  beruht auf zwei Feststellungen:

- die Ablenkung, welche ein Teilchen in einem Magnetfeld erfährt, ist proportional zu Ladung und umgekehrt proportional zum Impuls des Teilchens. Ein Transportkanal für 26,7 GeV Teilchen der Ladung  $1/3 e$  würde Teilchen der Ladung  $e$  in einem Impulsband um 80 GeV/c akzeptieren. Da 80 GeV/c Teilchen bei 70 GeV/c Protonenimpuls nicht erzeugt werden, ist eine solche "Supermomentum-"Anordnung zum Nachweis von Partikeln mit kleiner Ladung geeignet.

b) Die Menge des von einem relativistisch bewegten Teilchen in organischem Szintillationsmaterial erzeugten Lichtes hängt, wie das Ionisierungsvermögen, nur schwach von der Geschwindigkeit des Teilchens ab. Sie ist proportional zum Quadrat der bewegten Ladung. Es wird angenommen, dass dies auch für eine Ladung von  $1/3 e$ , also für neuntel der normalen Lichtausbeute gültig ist. Die Lichtausbeute kann daher benutzt werden, um ein Quarkteilchen zu identifizieren.

Das Resultat der Suche nach Objekten mit nichtintegraler Ladung war negativ. In Abb. 5 sind die oberen Grenzwerte des Erzeugungsquerschnittes für Quarkteilchen aufgetragen. Die liegen um 8 bis 12 Zehnerpotenzen unter dem Wirkungsquerschnitt für  $\pi^-$ -Mesonenerzeugung. Der untersuchte Massenbereich reicht nunmehr bis etwa 6 GeV.

Quarks sind entweder sehr schwer und sehr fest gebunden oder lassen sich nicht in das herkömmliche Teilchenkonzept einordnen. Beschleunigerexperimente, die nächstliegende Möglichkeit sie zu finden, haben bis Heute versagt.

(Autoren- und Publikationsangaben zum Experiment s. hier ([http://lemohican.info/fileadmin/user\\_upload/IMGs/Protvino/Literatur3.jpg](http://lemohican.info/fileadmin/user_upload/IMGs/Protvino/Literatur3.jpg))).

#### IV. Proton-Proton-Streuung bei kleinen Winkeln (OJL Dubna)

Der differentiellen Wirkungsquerschnitt für elastische Proton-Proton-Streuung  $p+p \rightarrow p+p$  nimmt bei kleinen Winkeln exponentiell mit dem Impulsübertrag ab:

$$\sigma(t) \propto e^{-at}$$

Es gilt  $t \approx p_0^2 \times \Theta^2$ .  $p_0$  ist der Impuls des Protons vor dem Stoß,  $\Theta$  der Streuwinkel. Als Funktion des Winkels ist der Wirkungsquerschnitt eine Gaussfunktion.

$$\sigma(\Theta) \propto e^{-a p_0^2 \Theta^2}$$

weil die Fouriertransformation einer Gaussfunktion wiederum eine solche ist, ergibt sich auch für die eingangs erwähnte Profildfunktion eine Gausskurve:

$$V(b) \propto e^{-b \exp(2/2a)} = e^{-(b/2R) \exp 2} \quad R = \sqrt{a/2}$$

$b$  ist der Stoßparameter, ein Maß für den Abstand der Flugbahn des Projektils von Zentrum des streuenden Teilchens.  $R$  ist ein charakteristischer Radius.  $V(b)$  beschreibt das Kraftfeld oder die Streufähigkeit des Protons als Funktion des Abstandes vom Zentrum.

Das Proton verhält sich in erster Näherung auch wie eine Scheibe variabler Lichtdurchlässigkeit in einem optischen Beugungsexperiment.  $V(b)$  beschreibt die Abnahme der Absorption von der optischen Achse nach außen. Aus der logarithmischen Steigung  $a$  der Kurve  $\sigma(t)$  des Wirkungsquerschnitts lässt sich ein Radius  $R$  des Protons für Diffraktionsstreuung berechnen. Zur Messung des Parameters  $a$  wurde die in Abb. 6 dargestellte Apparatur verwendet. Anstelle der gestreuten hochenergetischen Protonen wurden die nahezu senkrecht zum Strahl gerichteten niederenergetischen Rückstoßprotonen zum Nachweis benutzt. Dieser Kunstgriff macht es möglich, die Reaktion mit einem kleinen Spektrographen, der bequem zwischen zwei Magneten des Synchrotrons Platz findet, zu beobachten und den Aufbau eines 100-200 m langen 70 GeV Spektrometers zu vermeiden:

In einer mit der Vakuumkammer der Maschine verbundenen Streukammer befindet sich die streuende Polyethylenfolie  $M$ , die vom Protonenstrahl  $P_0$  getroffen wird. Am Boden der Kammer sind die Si-Halbleiterdetektoren  $Si$ -dem angebracht, die zur Messung der Winkelverteilung und zur Energiespektroskopie der Rückstoßprotonen dienen.

In Abb. 7 sind die Resultate des Experiments zusammen mit den Messungen von anderen Autoren bei niedrigen Energien aufgetragen. Es wurden 94 Messpunkte zwischen 12 und 70 GeV aufgenommen. Der

Parameter  $a$  steigt mit zunehmender Energie schwach an. Daraus ergibt sich eine Zunahme des effektiven Radius des Protons für Kleinwinkel- (Diffraktions-) Streuung. (Autoren- und Publikationsangaben zum Experiment s. hier ([http://lemohican.info/fileadmin/user\\_upload/imgs/Protvino/Literatur4.jpg](http://lemohican.info/fileadmin/user_upload/imgs/Protvino/Literatur4.jpg)) ([http://lemohican.info/fileadmin/user\\_upload/imgs/Protvino/Literatur3.jpg](http://lemohican.info/fileadmin/user_upload/imgs/Protvino/Literatur3.jpg))).

#### V. Die totalen Wirkungsquerschnitte für $\pi^-$ , $K^-$ und Antiproton Streuung (IFWE-CERN)

Aus der Messung der Intensität vor und nach einem Absorber kann ein totaler Wirkungsquerschnitt der Absorberteilchen bestimmt werden, der im Allgemeinen von der Art des Projektils abhängt. Der Wirkungsquerschnitt  $\sigma_{\text{tot}}$  kann in einer simplifizierenden, geometrischen Interpretation zu einem Radius  $r$  des Teilchens in Beziehung gesetzt werden, z.B.  $\sigma_{\text{tot}} = \pi r^2$

Die ebenso einfache wie alte Methode des Transmissionsexperimentes wurde überall im Bereich des Mikrokosmos angewandt, in der Molekülphysik ebenso wie in der Elementarteilchenphysik. In der Energieabhängigkeit der Wirkungsquerschnitte wechselt immer wieder Resonanzverhalten mit glattem Verlauf von der Form  $\sigma(E) \propto 1/\sqrt{E}$ ,  $1/E$ , oder  $\sigma(E) = \text{const}$  (Abb. 8).

Die neuen Messungen von totalen Wirkungsquerschnitten der Nukleonen liegen bei Energien zwischen 20 und 65 GeV. Als Absorber diente ein 3 m langes mit flüssigem Stickstoff gekühltes  $H_2$  bzw.  $D_2$  Gastarget, dessen Gasdruck 70 at betrug. Der Wirkungsquerschnitt wurde für die Projektile  $\pi^-$ ,  $K^-$  und Antiproton untersucht. In Abb. 9 sind die Messwerte zusammen mit den Ergebnissen früherer Beobachtungen bei niederen Energien aufgetragen. Die Abszissen haben eine logarithmische Skala, der Nullpunkt der Ordinatenwerte ist unterdrückt. Alle Wirkungsquerschnitte zeigen ein  $\sigma(E) = \text{const}$  Verhalten oberhalb von 30 GeV.

Unter den bisherigen Vorstellungen vom Verlauf der Wirkungsquerschnitte bei hohen Energien finden zwei spekulative Theoreme besondere Beachtung, von folgenden Größen wird angenommen, dass sie bei genügend hohen Energien zunehmend weniger unterscheidbar werden:

a) Von den Wirkungsquerschnitten für Projektile, die demselben Isotopenspinmultiplet angehören, etwa  $\pi^+\pi^-$  oder  $p\bar{n}$  ...

b) von den Wirkungsquerschnitten für Teilchen und Antiteilchen, etwa  $K^+K^-$  oder Antiproton Proton...

Bei hohen Energien agieren die Kräfte zwischen den Elementarteilchen in einer Vielzahl von Reaktionen. Der totale Wirkungsquerschnitt repräsentiert die Summe aller Reaktionen. Es erscheint plausibel, dass einzelne Reaktionen bei wachsender Energie eine zunehmend geringere Rolle spielen: Man nimmt an, dass die Stoßparameter hinreichend genau durch Profildfunktionen beschrieben werden können, ähnlichen eingangs und unter IV erwähnten. Das Profil beschreibt die summarische Wechselwirkungsfähigkeit des Teilchens als Funktion des Abstandes vom Zentrum. Die Hypothesen a) und b) bedeuten, dass man annimmt, die Profildfunktionen für die angeführten Teilchen seien identisch bei genügend hohen Energien. Die Kurven in Abb. 9 sind Resultate einer Theorie, für die a) und b) Gültigkeit haben. Es ist klar, dass die neuen Experimente beide Theoreme in Frage stellen, besonders jedoch Hypothese b). Es scheint als seien die Profildfunktionen für Teilchen und Antiteilchen nicht dieselben. (Autoren- und Publikationsangaben zum Experiment s. hier ([http://lemohican.info/fileadmin/user\\_upload/imgs/Protvino/Literatur5.jpg](http://lemohican.info/fileadmin/user_upload/imgs/Protvino/Literatur5.jpg))).

### Zusammenfassung

Die ersten, orientierenden Experimente bei 70 GeV haben die Tendenz das Interesse in drei Problemkreisen von 30 zu 70 GeV und höheren Energien zu verlagern.

a) in der Frage, welcher Mechanismus der Entstehung von  $\pi$ -Mesonenschauern zugrunde liegt;

b) in der Frage der Änderung des effektiven Radius für Diffraktionsstreuung mit der Energie;

c) in der Frage, ob und woin sich die "Profile" von Teilchen und Antiteilchen unterscheiden.

Zu den eingangs erwähnten typischen Beispielen von Experimenten bei 70 GeV ist zu bemerken, dass die Erzeugung schwerer Teilchen bisher nur am Beispiel des He<sup>3</sup> untersucht wurde und die Streuung mit hohem Impulsübertrag noch gar nicht. Diese Experimente sind Bestandteil der zweiten Arbeitsphase mit dem neuen Instrument und sollten interessante Ergebnisse bringen.

### Schlussbemerkung

An zwei der beschriebenen Untersuchungen war eine Arbeitsgruppe der Europäischen Organisation für Kernforschung (CERN) beteiligt. Seit 1967 besteht ein Abkommen zwischen der Atomenergiekommission der UdSSR und CERN als der Bevollmächtigten der Mitgliedstaaten, über eine Zusammenarbeit in Serpuchow:

a) CERN baut ein Ejektionssystem für das 70 GeV Synchrotron sowie einen Teilchenseparator für Blasenkammerexperimente und unterstützt die Entwicklung von Messapparaturen zur Auswertung von Blasenkammerfilmen.

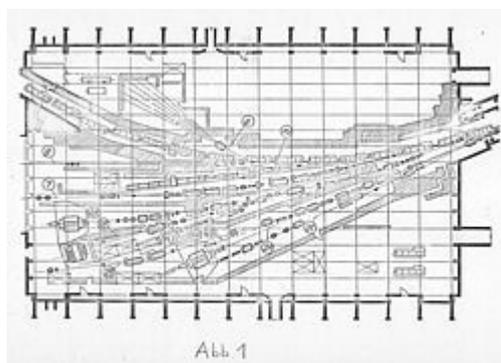
b) Jeweils ein Experiment zu seiner Zeit kann von einer Arbeitsgruppe des CERN oder seiner Mitgliedstaaten in Zusammenarbeit mit IFWE durchgeführt werden. CERN wird an der Auswertung von Blasenkammerfilmen beteiligt.

Im Juli 1968 wurden 12t experimenteller Ausrüstung mit einer (Fokker-) Chartermaschine nach Mokau geflogen. Als diese Apparaturen ziemlich genau ein Jahr später nach Genf zurückkehrten ( an Bord einer Antonov AN 22), war das erste gemeinsame Experiment erfolgreich abgeschlossen.

Für den Autor hatte der Aufenthalt in Protvino auch eine Komponente "marxistischer Erfahrung":

"Alles gesellschaftliche Leben ist wesentlich praktisch. Alle Mysterien, welche die Theorie zum Mystizism veranlassen, finden ihre rationelle Lösung in der menschlichen Praxis und in dem Begreifen dieser Praxis." (Karl Marx, Thesen über Feuerbach, 1845).

Von den Birkenwäldern der Landschaft um Serpuchow und von vergoldeten Kuppeln der orthodoxen Kirchen geht ein eigentümlicher Zauber aus: "Wo sind wir? In welchen gesegneten Erdenwinkel hat uns Oblomows Traum entführt? Was das für eine herrliche Gegend ist!" (Iwan Gontscharow, Oblomows Traum 1849)



([http://lemohican.info/fileadmin/user\\_upload/imgs/Protvino/protvino31.jpg](http://lemohican.info/fileadmin/user_upload/imgs/Protvino/protvino31.jpg))  
Grundriss der Aufbauten in der Experimentierhalle. Erläuterung im Text.

Die pi-Mesonenspektren für die beiden Beschleunigerenergien 30 GEV  
und 70 GEV

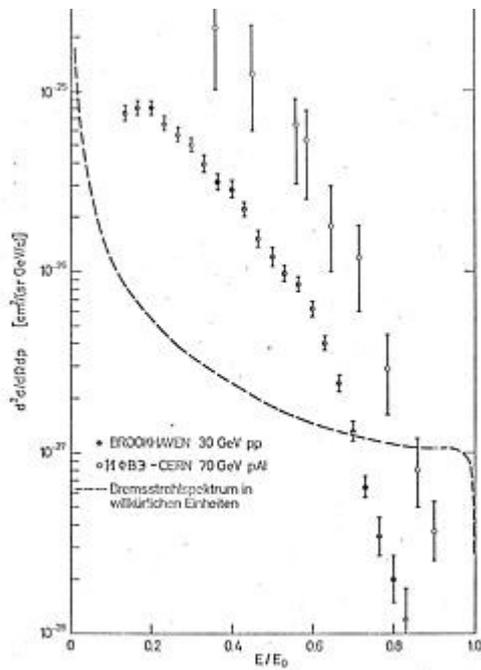


Abb. 2.

([http://lemohican.info/fileadmin/user\\_upload/imgs/Protvino/protvino5.jpg](http://lemohican.info/fileadmin/user_upload/imgs/Protvino/protvino5.jpg))

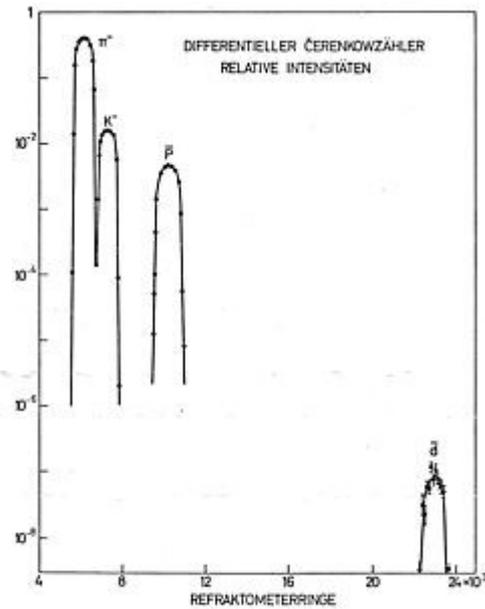
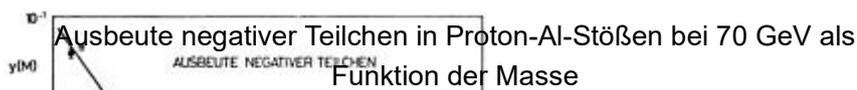


Abb. 3

([http://lemohican.info/fileadmin/user\\_upload/imgs/Protvino/protvino6.jpg](http://lemohican.info/fileadmin/user_upload/imgs/Protvino/protvino6.jpg))

Die Zählrate des Čerenkovzählers als Funktion des Drucks. In der Abszisse die Anzahl der durchlaufenen Ringe im Refraktometer.



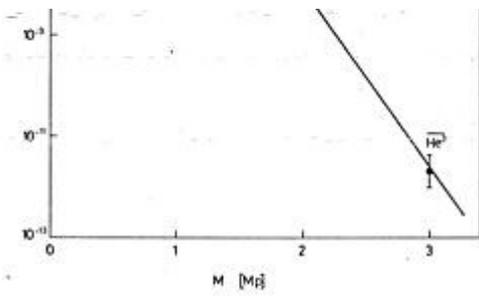


Abb 4

([http://lemohican.info/fileadmin/user\\_upload/imgs/Protvino/protvino7.jpg](http://lemohican.info/fileadmin/user_upload/imgs/Protvino/protvino7.jpg))

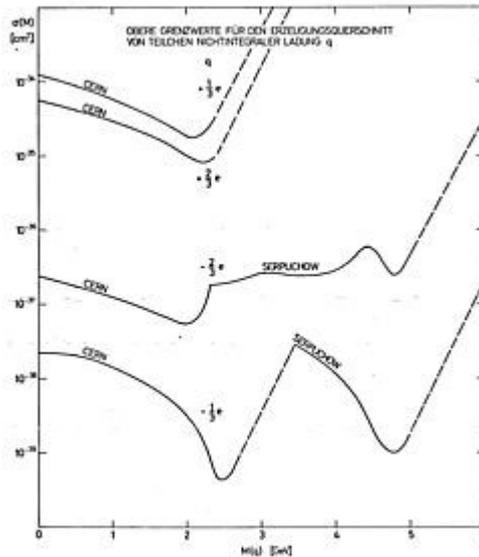


Abb 5

([http://lemohican.info/fileadmin/user\\_upload/imgs/Protvino/protvino8.jpg](http://lemohican.info/fileadmin/user_upload/imgs/Protvino/protvino8.jpg))

Der Verlauf der oberen Grenzwerte für den Erzeugungsquerschnitt von Teilchen mit Ladung  $\leq e$  als Funktion der Masse solcher Teilchen.

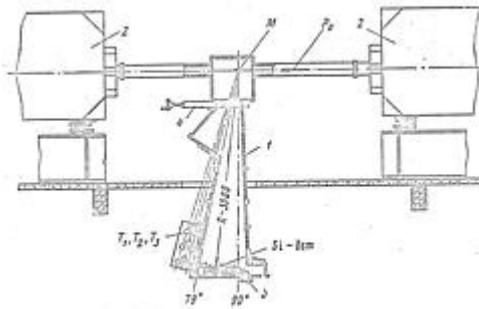


Abb 6

([http://lemohican.info/fileadmin/user\\_upload/imgs/Protvino/protvino9.jpg](http://lemohican.info/fileadmin/user_upload/imgs/Protvino/protvino9.jpg))

Das Rückstoßprotonen-Spektrometer. Erläuterung im Text.

Der effektive Radius  $R$  des Protons für Diffraktionsstreuung (rechte Ordinate) bzw. der Parameter  $a$  des differentiellen Wirkungsquerschnitts (linke Ordinate) als Funktion der Protonenenergie.

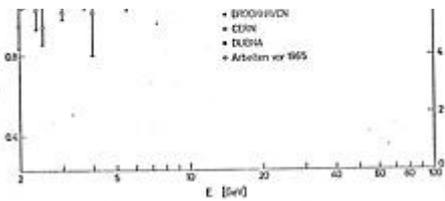


Abb. 7

([http://lemohican.info/fileadmin/user\\_upload/imgs/Protvino/protvino10.jpg](http://lemohican.info/fileadmin/user_upload/imgs/Protvino/protvino10.jpg))

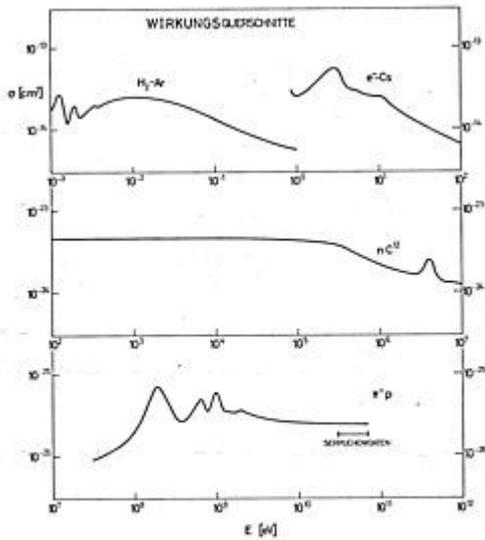


Abb. 8

([http://lemohican.info/fileadmin/user\\_upload/imgs/Protvino/protvino11.jpg](http://lemohican.info/fileadmin/user_upload/imgs/Protvino/protvino11.jpg))

Typische totale Wirkungsquerschnitte als Funktion der Energie von  $10 \times 10^{-3}$  eV bis  $10 \times 10^{11}$  eV

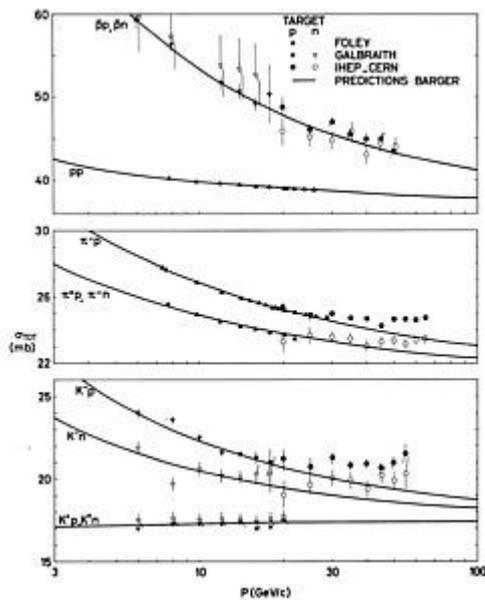


Abb. 9

([http://lemohican.info/fileadmin/user\\_upload/imgs/Protvino/protvino12.jpg](http://lemohican.info/fileadmin/user_upload/imgs/Protvino/protvino12.jpg))

Verlauf totaler Wirkungsquerschnitte als Funktion des Impulses.

()()