Kernverschmelzung und superschwere Quasiatome: erfolgreiche Inbetriebnahme der Nachbeschleunigungsstrecke in Heidelberg

Autor(en): **MPG**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **96 (1978)**

Heft 51/52: **SIA-Heft, 6/1978: Ingenieurbiologie - Methoden und Anwendungen**

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-73808

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Kernverschmelzung und superschwere Quasiatome

Erfolgreiche Inbetriebnahme der Nachbeschleunigungsstrecke in Heidelberg

«Geld ist kein Ersatz für Geschick und Sachkenntnis.» Unter diesem Leitspruch bauten *Walther Bothe* und *Wolfgang Gentner* die ersten Teilchenbeschleuniger in Heidelberg am Institut für Physik des damaligen Kaiser-Wilhelm-Instituts für medizinische Forschung. Diese Tradition setzen jetzt die Wissenschaftler des *Max-Planck-Instituts für Kernphysik* in *Heidelberg* nach dem Grundsatz von Professor Bothe fort: Sie rüsteten ihren Tandem-van-de-Graaff-Generator mit einer Nachbeschleunigungsstrecke (englisch: Booster) aus. Mit voller Leistung soll sie Ende nächsten Jahres den Routinebetrieb aufnehmen.

«Wir bauen keinen neuen Beschleuniger, sondern steigern durch eine Zusatzeinrichtung die Leistung der vorhandenen Experimentieranlage um mehr als das Doppelte», erklärt *Peter Brix* vom Max-Planck-Institut für Kernphysik. «Zwischen dem in den letzten Jahren wesentlich verbesserten *elektrostatischen Tandem-Beschleuniger* und den vielen daran aufgebauten Präzisions-Messständen kann jetzt wahlweise ein *Hochfrequenz-Linearbeschleuniger* eingeschaltet werden. Der mit verhältnismässig geringem finanziellen Aufwand verwirklichte Trick mit der Nachbeschleunigung erschliesst uns Neuland sowohl im Bereich der Kernphysik als auch in der Atomphysik. Auch im internationalen Vergleich ist dies der erste im Dauerbetrieb laufende und für ein breites Geschwindigkeitsspektrum von schweren Ionen einstellbare Nachbeschleuniger.»

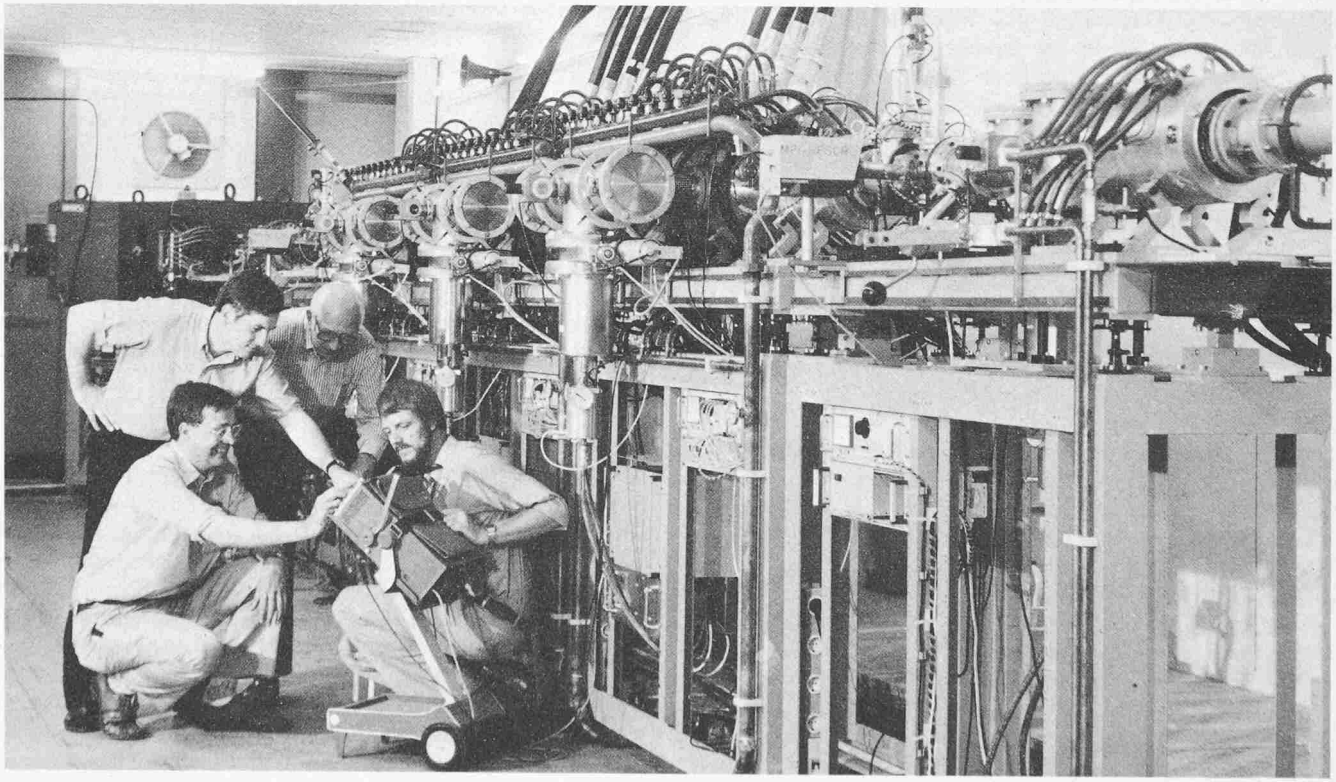
Kleinste Bausteine

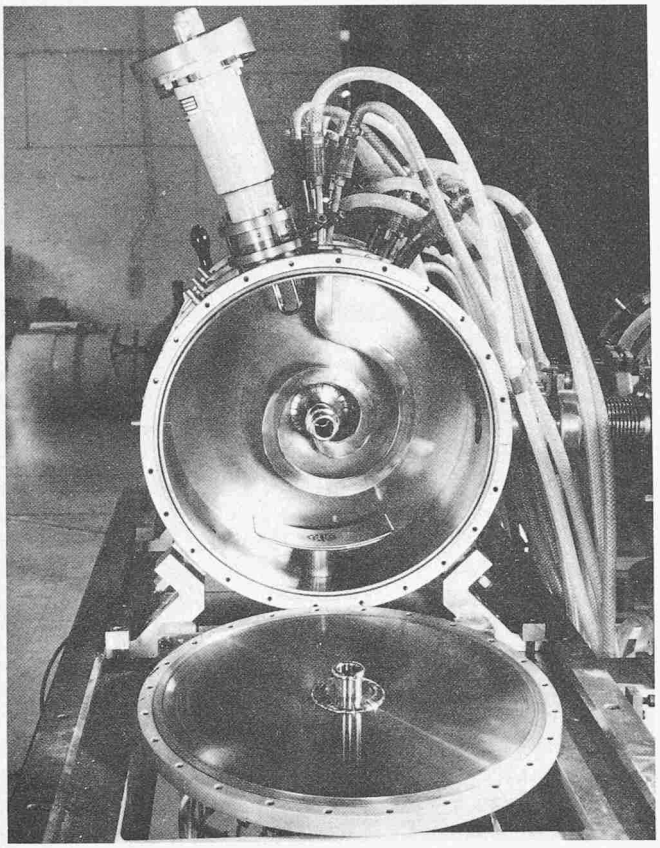
Weder Belauschen der Natur noch intensives Nachdenken helfen weiter: Will man etwas über die Kräfte erfahren, welche die kleinsten Bausteine unserer Welt zusammenhalten, ist man auf Experimente angewiesen. Strahlen von energiereichen Teilchen bieten die einzige Möglichkeit, Atomkerne «anzuschauen». Die dort ausgelösten Reaktionen zwischen den Teilchen und die dabei freiwerdende Strahlung liefern den Wissenschaftlern Hinweise über den Aufbau der Materie.

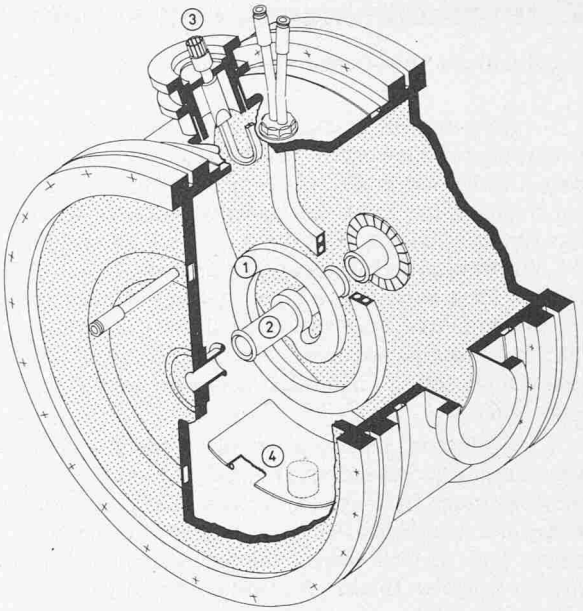
Nach aussen hin sind die Atome normalerweise elektrisch neutral. Innerhalb der grossräumigen Hülle aus elektrisch negativen Elektronen jedoch macht sich ein seltsames Phänomen bemerkbar: Der *Coulomb-Wall,* eine unsichtbare elektrische Barriere um Atomkerne. Sie wirkt, weil gleichartige elektrische Ladungen sich voneinander abstossen, um so stärker, je grösser die Zahl der Ladungen ist und je mehr sich diese einander nähern. Das erkannte der französische Physiker Charles Auguste Coulomb (1736–1806) als erster. Je mehr elektrisch positiv geladene Protonen ein Atomkern enthält (und ihn schwerer machen), desto höher ist also die Coulomb-Schwelle für elektrisch positive Teilchen.

Um diesen Wall künftig auch beim Beschuss mit schweren Atomkernen überwinden zu können, entwickelten die Heidelberger Kernphysiker die Nachbeschleunigungsstrecke. Denn um in einen Atomkern einzudringen, sind gewaltige Kräfte notwendig: Liesse man Atome von einem 20 Meter hohen Turm in einem luftleer gepumpten Rohr frei fallen, schlügen sie mit etwa 72 Kilometer je Stunde (km/h) Geschwindigkeit am Boden auf. Ein Artillerie-Geschoss verlässt mit ungefähr 3000 km/h den Geschützlauf. Soll jedoch ein Atomkern den Coulomb-Wall zum Beispiel eines Uran-Kerns durchdringen, muss er mindestens 120 Millionen km/h schnell sein; das entspricht etwa einem Zehntel der Lichtgeschwindigkeit. Teilchen, die langsamer sind, prallen am

Nachbeschleunigungsstrecke für schwere Ionen mit 10 der insgesamt 30 vorgesehenen Resonatoren. Mit dieser voraussichtlich Ende nächsten Jahres kompletten Zusatzeinrichtung – einem Hochfrequenz Linearbeschleuniger – lässt sich wahlweise die Leistung des vorhandenen Tandem-van-de-Graaff-Beschleunigers mehr als verdoppeln







Geöffneter Spiralresonator. Das von der Werkstatt des Max-Planck-Instituts für Kernphysik gebaute Einzelelement – insgesamt 30 davon sollen eingesetzt werden – beschleunigt mit Hilfe von elektrischen Hochfrequenz-Feldern schwere Ionen und steigert damit die Leistung des vorhandenen Tandem-van-de-Graaff-Beschleunigers um mehr als das Doppelte. Der im Innern 35 Zentimeter im Durchmesser grosse Resonator besteht aus der Spirale (1), dem Drift-Rohr (2), der Einkopplungsschleife für die Hochfrequenz (3) und der Abstimmplatte (4)

Coulomb-Wall ab und haben nicht die geringste Chance, am Kern auch nur «anzuklopfen».

Angriff auf Atomkerne

Für den Angriff auf Atomkerne nutzen die Heidelberger Wissenschaftler ebenfalls einen elektrostatischen Effekt: Ungleiche elektrische Ladungen ziehen sich an. Legt man an eine Platte eine elektrische Spannung von plus einem Volt, so zieht sie ein elektrisch negatives Teilchen, zum Beispiel ein Elektron, an. Durchfliegt das Elektron dieses elektrische Feld, hat es am Ende der Strecke die Energie von einem Elektronenvolt (eV). Allerdings lässt sich die elektrische Spannung zwischen zwei Polen nicht beliebig steigern: Wird sie zu gross, springt ein Funke über und gleicht die unterschiedlichen Ladungen aus. Immerhin schafften es die Heidelberger Kernphysiker nach einem umfangreichen Umbauprogramm unter Leitung von *Roland Repnow,* die routinemässig erreichbare Beschleunigungsspannung auf 12 Millionen Volt zu steigern.

Durch einige Tricks nutzt man die 12 Millionen Volt in der Heidelberger Maschine – sie arbeitet nach dem 1931 von dem holländischen Physiker *Robert van de Graaff* entwickelten Prinzip – gleich mehrfach aus. Dazu werden im einfachsten Fall die aus einer heissen Gasentladung stammenden Atome zuerst negativ aufgeladen. «Wir heften ihnen also ein zusätzliches Elektron an und lassen sie auf den mit 12 Millionen Volt geladenen Pluspol in der Mitte des Beschleunigers los», sagt *Eberhard Jaeschke.* Am Ende der ersten Beschleunigerstrecke haben die Ionen also 12 Millionen Elektronenvolt (MeV) Energie. Dann erwartet sie der «Stripper»: Das ist eine dünne Folie aus Kohlenstoff. Beim Flug durch dieses Hindernis werden von den Ionen Elektronen abgestreift – um so mehr, je schneller sie fliegen und je schwerer sie sind. Dem Chlor zum Beispiel reisst der Stripper ausser dem einen zusätzlich mitgegebenen sieben weitere Elektronen aus der Atomhülle: Es entsteht also ein siebenfach elektrisch positives Chlor-Ion. Dieses rast nun in einem zweiten Beschleunigungsvorgang – er gab dem Tandem seinen Namen – auf das wieder auf Erde, also null Volt, liegende Ende des Beschleunigers zu – wegen der siebenfachen Ladung diesmal jedoch mit siebenfachem Energiegewinn. Das zuerst auf 12 MeV beschleunigte Chlor-Ion erreicht also nach dem Elektronen-Striptease in der Stripper-Folie weitere sieben mal 12 MeV und verlässt dann die Heidelberger Tandem-van-de-Graaff-Maschine mit insgesamt 96 MeV Energie.

Mit dieser Doppel-Beschleunigungsmethode gelingt es, noch Sauerstoff-Atomkerne (8 Protonen, 8 bis 10 Neutronen) so zu beschleunigen, dass sie die Coulomb-Schwelle des schwersten natürlichen Elements, des Urans (92 Protonen), überwinden.

Dieses Prinzip liegt auch dem neuen Booster zugrunde: «Weil wir verpflichtet sind», so betont Brix, «die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit unseres Instituts immer wieder auf den neuesten Stand zu bringen, begann Eberhard Jaeschke gemeinsam mit Roland Repnow und Thomas Walcher 1973, eine Nachbeschleunigungsstrecke zu planen und die dazu notwendigen verschiedenen Komponenten zu entwickeln und zu erproben.».

Elektrischer Fusstritt

Die Idee war, den aus dem vorhandenen Tandem-van-de-Graaff-Gerät kommenden Strahl elektrisch positiver Ionen erneut zu strippen und durch ein schnelles Wechselspiel zwischen elektrostatischer Anziehung und Abstossung weiter zu beschleunigen. Nach dem zweiten «Strippen» ist zum Beispiel Chlor 14fach positiv geladen. Diese Ionen fliegen dann in der Nachbeschleunigungsstrecke durch sogenannte Driftrohre. Solange das positiv geladene Ion sich nähert, herrscht dort negative Spannung: Das Teilchen wird also elektrostatisch angezogen. Kaum hat es jedoch diesen Bereich passiert, wechselt die Spannung blitzschnell auf positiv um.

Das positive Teilchen wird nun abgestossen, es bekommt also einen elektrischen Tritt. Auch beim Flug durch diese «Resonator» genannten Beschleuniger-Elemente wird also die elektrische Spannung doppelt genutzt. Dadurch erreicht das 14fach positive Chlor-Ion beim Flug durch sämtliche vorgesehenen 30 Resonatoren der Nachbeschleunigungsstrecke insgesamt 239 MeV Energie.

Die Kunst dieser «Hochfrequenz-Nachbeschleunigung» besteht darin, den richtigen «Takt» zu finden –das ist um so schwieriger, weil verschieden schwere Ionen unterschiedlich schnell fliegen und alle Nachbeschleuniger-Resonatoren dieser Teilchengeschwindigkeit exakt angepasst werden müssen. Diese Aufgabe wurde einem speziell dafür ausgerüsteten Klein-Computer übertragen, der die ca. 60 notwendigen Grössen innerhalb weniger Sekunden vorausberechnen kann. Anschliessend können auf Knopfdruck die notwendigen Werte direkt vom Rechner so eingestellt werden, dass die unabhängig phasengesteuerten Spiralresonatoren der Nachbeschleunigungsstrecke dem Geschwindigkeitsprofil des Teilchenstrahls optimal angepasst sind.

Silber gegen Uran

Die erforderliche Wechselspannung für die Nachbeschleunigungsstrecke liefern gewöhnliche *Ultrakurzwellen-Radiosender*. Sie arbeiten bei 108 Millionen Hertz (MHz) Frequenz. Die ersten Sender konnten in den USA «von der Stange weg» gekauft werden. Trotzdem sind sie der teuerste Teil des Projekts: Während die Werkstatt des Max-Planck-Instituts die einzelnen Resonatoren konstruierte und zum Teil selbst herstellt, finanziert das *Bundesministerium für Forschung und Technologie* den Kauf weiterer UKW-Sender von einer deutschen Firma mit insgesamt 2,31 Millionen Mark.

Inzwischen arbeiten 10 Resonatoren der Nachbeschleunigungsstrecke. «Wir waren selbst überrascht, doch der Testbetrieb funktionierte auf Anhieb», stellt *Hartwig Ingwersen* fest. Jetzt können bereits Schwefelkerne (16 Protonen, 16 Neutronen) mit Uran-Atomkernen reagieren. Bis Mitte nächsten Jahres sollen weitere 20 Resonatoren und damit die gesamte, nur knapp 13 Meter lange Heidelberger Nachbeschleunigungsstrecke mit insgesamt 30 Resonatoren betriebsbereit sein. Dann können Atomkerne bis zum Silber (47 Protonen, 60 oder 62 Neutronen) den Coulomb-Wall des Urans durchdringen.

Damit schliesst die Heidelberger Anlage eine Lücke: Der kürzlich im *Hahn-Meitner-Institut für Kernforschung in Berlin* in Betrieb genommene *Schwerionen-Beschleuniger* «VICKSI» – eine zweistufige, aus einem *Van-de-Graaff-Generator* und einem *Isochron-Zyklotron* bestehende Anlage – arbeitet mit den Ionen der 18 leichtesten Elemente, vom Wasserstoff bis zum Edelgas Argon. Mit den mittelschweren Atomkernen experimentiert dann das Heidelberger Max-Planck-Institut für Kernphysik, während die schwereren Atomkerne bis zum Uran dem seit April 1976 einsatzbereiten UNILAC *(Universal Linear Accelerator)* der *Gesellschaft für Schwerionenforschung* (GSI) in *Darmstadt* vorbehalten bleiben.

Nach der Zertrümmerung die Synthese

Die jetzt betriebsbereiten Schwerionen-Beschleuniger eröffnen nach Meinung von Brix ein «neues Kapitel der Kernphysik in voller Breite: Sie fügen der Kernzertrümmerung und Kernspaltung nun die Kernsynthese hinzu.» Das grosse Feld der Reaktionen zwischen schweren Atomkernen ist mit den chemischen Reaktionen zwischen Molekülen vergleichbar. Aus zwei leichten Atomkernen kann ein schwerer Atomkern aufgebaut werden.

Die mit Schwerionen-Beschleunigern mögliche Verschmelzung leichterer zu schwereren Atomkernen hat bisher nicht zu der Erzeugung sogenannter superschwerer Elemente geführt, über die viel spekuliert wird. Überlegungen der Kerntheoretiker zeigen nämlich, dass möglicherweise Atomkerne stabil bleiben, die aus viel mehr Protonen und Neutronen bestehen als Uran, das schwerste in der Natur vorkommende Element. Aber auch die Suche nach solchen überschweren Elementen in der Natur blieb bisher erfolglos.

Die Heidelberger Kernforscher des Max-Planck-Instituts haben zwar keine superschweren Atomkerne, jedoch jetzt für winzige Momente *superschwere Atome* hergestellt. Thomas Walcher schildert das so: «Die Nachbeschleunigungsstrecke lässt sich so fein regulieren, dass – dicht unterhalb der Coulomb-Schwelle – zwei Atomkerne nebeneinander bleiben, ohne sich zu berühren und sich dabei die beiden Kerne und Elektronenhüllen zu einem ‚superschweren Quasiatom' vereinen – allerdings nur 10^{-20} Sekunden lang. Trotz dieser unvorstellbar kurzen Zeit können daraus Schlüsse über das grundsätzliche Verhalten dieser Atome gezogen werden.» Die Wissenschaftler sind jetzt dabei, solche Quasiatome mit ihren präzisen Messverfahren genau zu untersuchen. (MPG)

Erster Spatenstich für das Technorama der Schweiz in Winterthur

Am 15. November wurde mit dem ersten Spatenstich für das Technorama der Schweiz in *Winterthur* eine neue Etappe in der sehr dornenreichen Geschichte eines *Schweizer Technik-Museums* eingeleitet. Die zahlreichen an der Feier anwesenden Freunde des Technoramas bezeugten, indem sie zum selbst mitgebrachten Spaten griffen, ihre Sympathie zum kommenden Museum und zu seinen unermüdlichen Förderern, dem Winterthurer Stadtpräsidenten *Urs Widmer* und dem Geschäftsführer der Stiftung, *Alfred Frischknecht*. Somit dürfte die Schweiz als letzte Industrienation zu ihrem technischen Museum kommen, zu einer Stätte, in der wichtige Dokumente unserer Zivilisation gesammelt und ausgestellt werden. Das Technorama soll aber nicht nur Ort der Rückschau werden, sondern es will zur Auseinandersetzung mit der Technik und den Problemen, die von ihr aufgeworfen werden, anregen.

15 Jahre Planung

Der nun entstehende Bau ist das Resultat 15jähriger Planungsarbeiten. Während dieses Prozesses mussten oft Kompromisse eingegangen und Ziele zurückgesteckt werden, vor allem im Blick auf die Schwierigkeiten der Geldbeschaffung. So ist der entstehende Bau als erste Etappe auf dem Weg zu einer umfassenden Informationsstätte für Wissenschaft und Technik aufzufassen, doch dürften die rund 6000 m² Ausstellungsfläche genügend Beachtung finden, um die Institution lebensfähig zu machen.

Es ist heute kaum mehr feststellbar, seit wann sich in Winterthur ein Personenkreis zusammengefunden hat, der sich für die Erstellung eines schweizerischen technischen Museums in der Industriestadt einsetzte. Aus der Vorgeschichte deshalb nur einige wenige Jahreszahlen:

1947 Gründung eines Vereins für ein schweizerisches technisches Museum

1962 Bau der Lagerhalle in Oberwinterthur

1966 Planungskredit von Kanton Zürich und Stadt Winterthur

1969 Gründung der Stiftung Technorama der Schweiz