

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 91 (1973)
Heft: 8: SIA-Heft, Nr. 2/1973

Artikel: Neue Elektronenmikroskope
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-71812>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 19.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Vor fünfzig Jahren, am 16. Dezember 1922, fiel der hochbegabte Ingenieur, Professor für Wasserbauten und erster Präsident der Republik Polen, *Gabriel Narutowicz*, einem Attentat zum Opfer. Er wurde 1865 in Telsze geboren und begann 1883 das Studium an der mathematisch-physikalischen Fakultät der Universität Petersburg. Eine Lungentuberkulose zwang ihn zu einem Studienunterbruch. Er begab sich deshalb in die Schweiz und erholte sich in Davos von seinem Leiden. Narutowicz setzte nun sein Studium an der Abteilung für Bauwesen der ETH in Zürich fort und schloss es im Jahre 1891 erfolgreich ab. Nachdem ihm die damaligen zaristischen Behörden wegen der Teilnahme an einer Unabhängigkeitsbewegung die Rückkehr nach Polen verweigert hatten, blieb er lange Jahre in der Schweiz und entwickelte auf dem Gebiet des Wasserbaus und der Hydrotechnik eine intensive Tätigkeit als Ingenieur und Pädagoge.

Seine berufliche Laufbahn begann im Baubüro der SBB in St. Gallen. Später arbeitete Narutowicz im städtischen Amt für Wasserleitungen und Kanalisationen sowie als Leiter der Sektion für die Regulation des Rheins. Nachdem er 1895 das Schweizer Bürgerrecht erworben hatte, wurde er Mitinhaber des Ingenieurbüros *L. Kürsteiner*. In dieser Zeit widmete sich Narutowicz auch der Nutzung der Wasserkraft zur Erzeugung elektrischer Energie und führte einige Projekte aus, für die er 1896 in einer Ausstellung in Paris eine goldene Auszeichnung erhielt. In den folgenden Jahren schuf er zahlreiche Projekte für Wasserkraftwerke. Er leitete auch den Bau von Wasserkraftwerken, z. B. in Andelsbuch bei Bregenz, Refrain am Doubs und Monthey an der Vièze. Im Jahre 1908 wurde Narutowicz Leiter des Lehrstuhls für Wasserbauten an der ETH in Zürich, später Professor für Fundationskraftwerkbau. Ferner war Narutowicz von 1913 bis 1920 Dekan der Abteilung für Ingenieurwesen. Er genoss an der ETH grosses Ansehen – seine Vorlesungen zogen auch Studierende anderer Fakultäten an. Als Polyglott – Narutowicz beherrschte acht Sprachen – konnte er sich mit jedem Studenten, ungeachtet seiner Herkunft, verständigen. Als erfahrener Pädagoge besass er die seltene Gabe, die Praxis mit dem theoretischen Wissen zu

verknüpfen. Besondere Aufmerksamkeit schenkte er der polnischen Jugend. Seine Studenten trugen viel zu seiner Popularität bei – für sie blieb er stets der «Naruti».

Parallel zur Lehrtätigkeit an der ETH leitete Narutowicz in Zürich sein eigenes Ingenieurbüro, beteiligte sich an der Bearbeitung technisch-wissenschaftlicher Expertisen und übernahm die Bauüberwachung von Wasserkraftwerken in der Schweiz, in Italien, Spanien und anderen Ländern. Der grösste Erfolg wurde ihm beim Bau des Kraftwerkes Mühleberg an der Aare zuteil, das damals zu den grössten und modernsten Wasserkraftwerken Europas zählte. Später verblüffte er die Fachwelt mit dem kühnen Kraftwerkprojekt Oberhasli bei Meiringen, das jedoch wegen seiner Abreise nach Polen nicht verwirklicht werden konnte.

Einen Wendepunkt im Leben Narutowicz' bedeutete im Jahre 1920 die Ernennung zum Minister für öffentliche Arbeiten in der wiedergeborenen Republik Polen. Er widmete seine ganze Kraft dem wirtschaftlichen Wiederaufbau des durch die Kriegsereignisse zerstörten Landes, reorganisierte den Staatsapparat, baute Strassen, Brücken, Kraftwerke und beschleunigte die Schaffung des Wirtschaftsrechtes. Die Elektrifizierung des Landes war auf seine Initiative zurückzuführen, indem er seinem Ministerium ein selbständiges Departement für Energiefragen angliederte. Mit der Ernennung zum Aussenminister wurde seine fruchtbare Tätigkeit auf dem Gebiet der Wirtschaft unterbrochen. Am 9. Dezember 1922 wurde Narutowicz mit einer Mehrheit der Sozialdemokraten, der Zentrumsparthei und der nationalen Minoritäten zum ersten Präsidenten der Republik Polen gewählt, was scharfe Angriffe der Nationalisten auf seine Person zur Folge hatte. Wenige Tage später, am 16. Dezember 1922, erlag er einem Attentat, als er im Begriff war, in Warschau eine Ausstellung im Gebäude der Gesellschaft für schöne Künste zu eröffnen.

Gabriel Narutowicz ist nicht nur als hervorragender Pädagoge und Fachmann in die Geschichte eingegangen; er war auch ein aufrichtiger Demokrat und Patriot, der seine ganze Kraft dem Aufbau des Landes zur Verfügung stellte. Im Hauptgebäude der ETH in Zürich ist ihm eine Gedenktafel gewidmet.

Dr. K. Bizinia, Winterthur

Neue Elektronenmikroskope

DK 621.385.833

Elektronenmikroskop mit hoher Auflösung

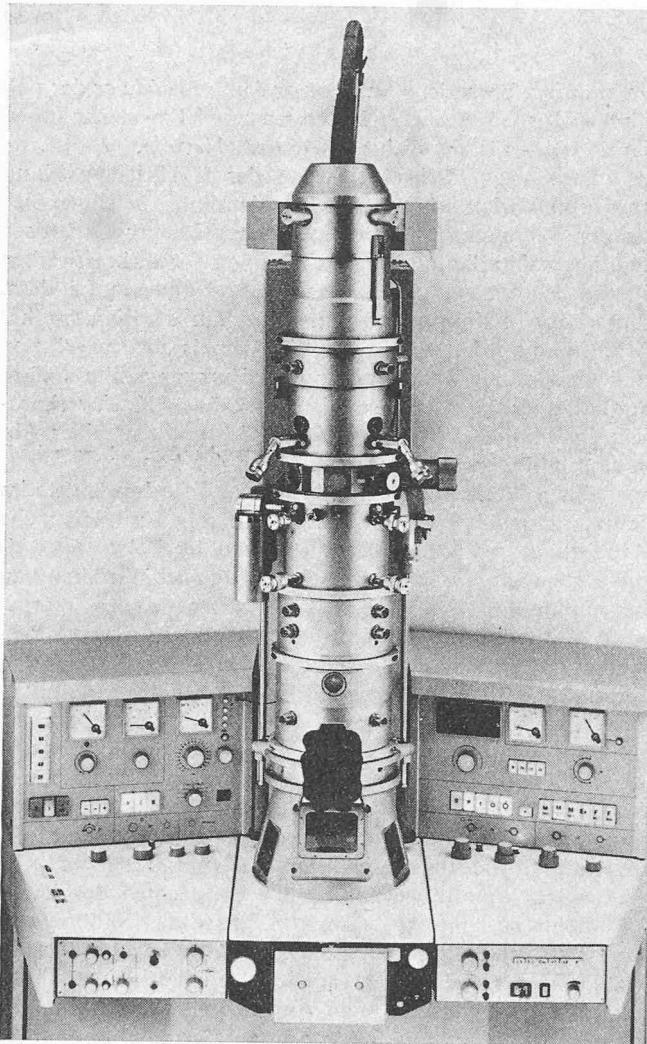
Das Elektronenmikroskop *Elmiskop 102* ist eine Weiterentwicklung des Typs Elmiskop 101, von dem es sich allerdings durch eine Reihe von Verbesserungen, elektrischen Justierhilfen und weiteren Zusatzeinrichtungen unterscheidet. Besonders beachtenswert ist die einfache Bedienung des Gerätes aufgrund der selbstdämmenden Nachführung von Bildhelligkeit und Bildschärfe sowie der automatischen Hochvakuum-Anlage. Die Beschleunigungsspannung kann in sechs Stufen zwischen 20 und 125 kV gewählt werden. Zum Feinjustieren lassen sich die Beschleunigungsspannungen wobbeln.

Die zu untersuchenden Objekte werden beim Elmiskop 102 wie üblich auf Lochblenden oder Netzen präpariert, in der evakuierten Mikroskopöhre von schnellen Elektronen durchstrahlt und mit Hilfe von elektromagnetischen Linsen verschiedener Brennweite auf einem Leuchtschirm abgebildet. Das auf diesem Projektionsschirm erscheinende Endbild kann in 33 kalibrierten Stufen in einem Bereich von 200- bis 500000facher Vergrösserung variiert werden. Dabei bleibt die

Scharfstellung im gesamten Vergrösserbereich erhalten. Auch die Bildhelligkeit wird im Vergrösserbereich von 3000:1 bis 100000:1 bei vollausgeleuchtetem Endbildschirm konstant gehalten. Mit Hilfe von Spezialblenden wird eine hohlkegelförmige Bestrahlung für intensitätsstarke Dunkelfeld-Mikroskopie erzielt.

Zum genauen Betrachten der Bildeinzelheiten ist ein lichtoptisches Binokular für neunfache Nachvergrösserung vorhanden, so dass sich bei visueller Beobachtung eine über viermillionenfache Gesamtvergrösserung ergibt. Die Abbildungen lassen sich durch direkte Belichtung von Platten und Filmen photographisch registrieren und lichtoptisch mehrfach nachvergrössern.

Die Leistungsfähigkeit eines Elektronenmikroskopes wird nicht – wie vielfach angenommen – durch seine Vergrösserung gekennzeichnet, sondern durch sein Auflösungsvermögen. Die bei diesem Gerät garantierte Grenze für die Auflösung zweier benachbarter Bildpunkte, die sogenannte Punktauflösung, beträgt 0,3 nm oder 3 Ångström. Bei der Darstel-



Hochleistungs-Elektronenmikroskop Elmiskop 102 für Strahlspannungen bis 125 kV (Werkphoto Siemens)

lung von Netzebenen kristalliner Strukturen ergibt sich eine «Strichauflösung» von 0,2 nm ($\triangleq 2 \text{ \AA}$). Das sind Abstände, die etwa der Entfernung zweier benachbarter Atome in einem Kristallgitter entsprechen. Bei allzustarker, technisch durchaus möglicher Vergrößerung bzw. lichtoptischer Nachvergrößerung der Aufnahmen (sinnvoll bis etwa zum 20millionenfachen) werden keine weiteren Objekteinzelheiten mehr sichtbar.

Neben Durchstrahlungsaufnahmen in Hellfeld- und Dunkelfeldtechnik besteht beim Elmiskop 102 auch die Möglichkeit, Beugungsaufnahmen herzustellen. Für die Feinbereichsbeugung sind sechs kalibrierte Stufen mit Beugungslängen zwischen 300 mm und 3000 mm vorhanden. Der beugende Objektbereich ist in 18 Vergrößerungsstufen mit Hilfe verschiedener Selektorenblenden wählbar. Ferner sind Kleinwinkelbeugung mit höchster Winkelauflösung, Beugung im konvergenten Strahlbündel und linsenlose Beugung möglich.

Besondere Bedeutung kommt neben dem statisch ausgewogenen, mechanisch stabilen Aufbau von Tisch und Mikroskopröhre dem elektronischen Teil für die Spannungs- und Stromversorgung zu. Bei weitgehender Verwendung von integrierten Schaltungen und Silizium-Halbleitern im Elektronikteil ergibt sich für Objektivstrom und Hochspannung eine Stabilität von besser als $2 \cdot 10^{-6}/\text{min}$ nach geringer Einlaufzeit. Die digital programmierten Stromwerte für die vier Abbildungslinsen sowie für Fokussierung und Beleuchtung werden selbsttätig nachgeregelt. Die gewünschte Vergrößerung wird mit einem Knopf eingestellt und digital angezeigt.

Die Hochvakuumanlage mit einem dreistufigen Pumpensystem (Öldiffusionspumpe, Quecksilberdampfstrahlpumpe, rotierende Vorpumpe) arbeitet automatisch mit Einknopfbedienung. Durch intensive Objektraumkühlung wird eine Objektkontamination weitgehend vermieden.

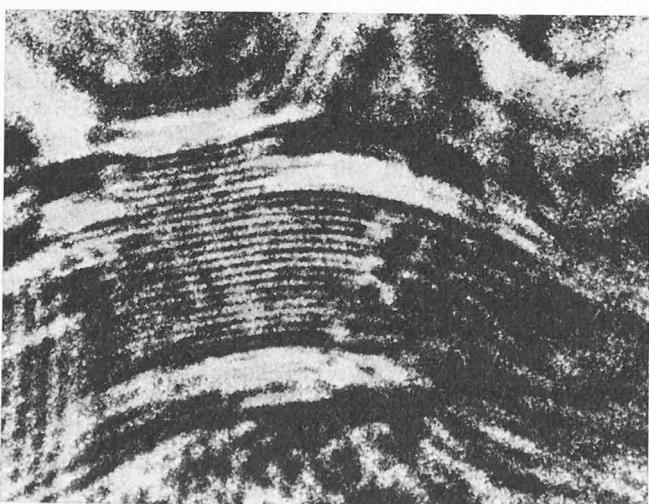
Für das Elmiskop 102 stehen zahlreiche Zusatzeinrichtungen zur Verfügung, so z.B. Bildverstärkeranlagen mit Bildspeichermöglichkeit, Einrichtungen für wellenlängen- oder energiedispersive Röntgenmikroanalysen, ferner Einrichtungen für Objektheizung und -kühlung mit oder ohne Objektkippung, außerdem eine Grosswinkel-Doppelkippeinrichtung für Objektkippungen von $\pm 45^\circ$ um zwei zueinander senkrechte Achsen in Verbindung mit einem achsial verstellbaren Objekttsisch. Zu erwähnen ist auch die Zusatzeinrichtung für Durchstrahlungs-Rastermikroskopie (STEM) bei einer Auflösung von 3 nm ($\triangleq 30 \text{ \AA}$).

Rasterelektronenmikroskop

Das Hochleistungs-Rasterelektronenmikroskop *Autoscan*, eine Entwicklung der Etec Corporation, Hayward/Kalifornien (USA), ist besonders für Untersuchungen in Biologie, Medizin und Werkstoffkunde geeignet, wenn es darum geht, verhältnismässig stark zerklüftete Oberflächen scharf abzubilden.

Bei diesem Mikroskop wird ein mittels elektromagnetischer Linsen erzeugter feingebündelter Elektronenstrahl ähnlich wie beim Fernsehen zeilenweise über die Probe geführt und damit die zu untersuchende Oberfläche Punkt für Punkt abgetastet. Die an der Probenoberfläche entstehenden Sekundärelektronen steuern nach Verstärkung in einem Photomultiplier (Multiplier) als Videosignal die Elektronenstrahlintensität einer Wiedergabebildröhre. Die Ablenkung erfolgt synchron mit dem Primärstrahl, so dass auf dem Schirm ein Bild der Probenoberfläche «im Licht» der Sekundärelektronen entsteht. Die Wiedergabebildröhre arbeitet mit einer Auflösung von 2000 Zeilen.

Durch die extreme Feinbündelung des primären Elektronenstrahls erreicht das Autoscan bei der Darstellung von Oberflächen kompakter Proben die theoretische Auflösungsgrenze von etwa 10 nm ($\triangleq 100 \text{ \AA}$). Das bedeutet,

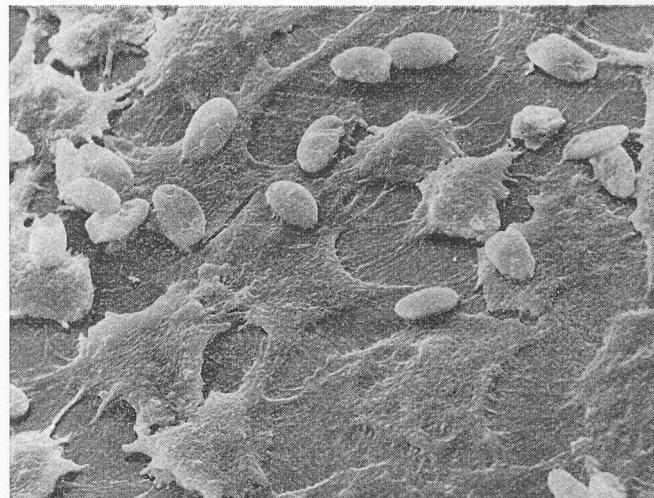


Mit dem Elmiskop 102 hergestellte Testaufnahme von graphitiertem Russ zum Nachweis des hohen Auflösungsvermögens. Der Abstand der deutlich sichtbaren Linien im kristallinen Graphitgefüge beträgt 0,17 nm (entsprechend 1,7 Ångström). Gesamtvergrößerung 6,2 Mio:1

dass sich noch zwei Bildpunkte getrennt wahrnehmen lassen, die nur 0,00001 mm voneinander entfernt sind. Mit dem Gerät sind Vergrösserungen von 7:1 bis 240000:1 möglich.

Eine besondere Einrichtung zur dynamischen Brennweitenregelung verändert während der Vertikalablenkung ständig die Brennweite der Feinstrahllinse, so dass der Elektronenstrahl an jedem Ort der gegen den Primärstrahl geneigten Probenoberfläche optimal fokussiert bleibt. Ein euzentrischer Probentisch sorgt dafür, dass der unter dem Elektronenstrahl liegende Probenebereich bei Probendrehung und -kippung nicht auswandert. Der im Autoscan vorhandene Digital-Abtastgenerator ermöglicht es, den primären Elektronenstrahl auch als programmierbares «Werkzeug» bei der Herstellung von integrierten Halbleiterschaltungen zu verwenden.

Konstruktiv ist das Autoscan nach dem Bausteinprinzip aufgebaut und daher besonders servicefreundlich und zukunftssicher. Wichtige Bedienungsfunktionen sind automatisiert. Das betrifft besonders das Einstellen der Videosignalparameter «Schwarzwert» und «Kontrast», ferner das Ändern der Linsenströme, Ablenkspannungen und der Wehneltspannung bei Hochspannungsumschaltung sowie das Betätigen und Überwachen der Vakuumventile bei einem Evakuierungszyklus nach einem Probenwechsel. Infolge dieser Automatisierung des Autoscan, das als Rasterelektronenmikroskop der zweiten Generation gilt, wird der Mikroskopiker von zeitraubender Gerätebedienung weitgehend entlastet. Für besondere Aufgaben und Arbeitsmethoden – von der Röntgen-Mikroanalyse bis zur Transmissions-Rastermikroskopie – steht eine Reihe von Zusatzeinrichtungen zur Ver-



Mit dem Rasterelektronenmikroskop Autoscan aufgenommenes Präparat von menschlichen Krebszellen (Helakultur, 4 Tage alt, 25 h nach Infektion mit Mumpsvirus und Haemadsorption von Hühner-Erythrozyten; Präparat: Dr. K. Mannweiler, Heinrich-Pette-Institut, Hamburg). Primärvergrösserung 880:1, Gesamtvergrösserung rund 960:1 (Werkphoto Siemens)

fügung. Als Ausgabegerät können Schreiber, hochauflösende Bildschirm-Photokassetten, Zusatz-Fernsehmonitoren und Videobandgeräte zur Bildspeicherung verwendet werden.

Zur Entwicklung senkrecht startender Flugzeuge

DK 629.135.001.1

Betrachtet man die heute üblichen Fluggeräte nach der Art, wie bei ihnen der Auftrieb erzeugt wird, so kann man grundsätzlich zwischen zwei Bauarten unterscheiden: Starr- und Drehflügler. Bei beiden liefert die Relativgeschwindigkeit der Tragflächen zur sie umgebenden Luft die zur Hebung des Fluggerätes nötige Auftriebskraft. Beim Starrflügler bilden Rumpf und Tragflächen eine starre Einheit; um die nötige Relativgeschwindigkeit der Flügel zur Luft herbeizuführen, muss das ganze Flugzeug beschleunigt werden. Das Verhältnis der Massenträgheitskraft, vermehrt um den Roll- und den Luftwiderstand, zur Schubkraft des Antriebes bestimmt den zurückzulegenden Weg bis zum Erreichen der Abhebe geschwindigkeit bei einem bestimmten Flügelprofil.

Beim Drehflügler sind lediglich die mit dem Antriebsaggregat verbundenen, rotierenden Tragflächen (Rotor) zu beschleunigen, deren Blätter Flügelprofil aufweisen, und die die nötige Auftriebskraft erzeugen. Somit benötigt der Drehflügler keine horizontale Geschwindigkeitskomponente zum Abheben: Er ist in der Lage, senkrecht zu starten, und benötigt daher keine Pisten. Mit solchen Geräten könnte auch der senkrechte Abhebevorgang so lange fortgesetzt werden, bis sie eine Höhe erreicht haben, aus der ihre Geräuschemissionen nicht mehr stören: Der «Lärmteppich» eines senkrecht startenden Flugzeuges könnte in äußerst engen Grenzen gehalten werden – zumindest theoretisch, wenn auch nicht wirtschaftlich –, womit einer der grössten Nachteile der Luftfahrt beträchtlich verringert würde.

Hubschrauber haben aber drei entscheidende Nachteile: die aufwendige Konstruktion der Steuerungsteile, insbesondere der Rotorblattverstellung, ferner das im Vergleich zum Flächenflugzeug ungünstigere Verhältnis zwischen Nutzlast und Antriebsleistung und nicht zuletzt seine beschränkte Geschwindigkeit. Sowohl materialtechnische Gesichtspunkte

(Fliegkraft, Festigkeit, Gewicht) wie auch die Umfangsgeschwindigkeit der Rotorblatt spitzen (Schallgeschwindigkeit) stellen der Fluggeschwindigkeit dieser Geräte verhältnismässig enge Grenzen. Bei der Bewegung der Rotorblätter in Flugrichtung setzt sich nämlich die Geschwindigkeit der Blatt spitzen zur Luft aus den zwei sich addierenden Komponenten Umfangsgeschwindigkeit und Fortbewegungsgeschwindigkeit des Fluggerätes zusammen.

Diese Nachteile liessen schon lange den Wunsch auftreten, beide Arten der Auftriebserzeugung zu verbinden, um ein Fluggerät zu konstruieren, das einerseits keine oder nur kurze Rollbahnen benötigt, anderseits aber keinen Geschwindigkeitsbeschränkungen (ausser solchen, die von der Aerodynamik bzw. von der Antriebsleistung herrühren) unterworfen ist.

Im Laufe der Zeit entstanden mehrere Konstruktionsvorschläge für Fluggeräte, die diese Forderungen mindestens teilweise zu erfüllen versprachen. Darunter befinden sich solche, die das Herkömmliche abwandeln, wie Hubschrauber mit zusätzlichen, starren Tragflächen (eine sinnvolle Weiterentwicklung des Autogiros von La Cierva) bzw. Flächenflugzeuge mit zusätzlichen Rotoren. Beispielsweise blieb Sikorsky beim normalen Hubschrauber, den er mit verhältnismässig kleinen Flügeln versah. Bei zunehmender Fluggeschwindigkeit übernehmen diese einen immer grösseren Teil der Auftriebserzeugung. Die Aufteilung des Auftriebes zwischen Rotor und Flügel ermöglichte kleinere Rotordurchmesser, was wiederum eine erhebliche Steigerung der Fluggeschwindigkeit zuliesse. Diese Ausführung ist praktisch serienreif. Bei einem anderen Vorschlag – der sich allerdings erst auf dem Papier befindet – ist vorgesehen, ein Flächenflugzeug normaler Bauart mit einem zusätzlichen Rotor zu versehen. Dieser übernimmt beim Start die Auftriebserzeugung. Sodann wird das