

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 73 (1982)

Heft: 21

Rubrik: Im Blickpunkt = Points de mire

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: 26.01.2026

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

Energie

La MHD, un des nouveaux modes directs de conversion d'énergie

[Suivant J. Robert: Les nouveaux modes directs de conversion d'énergie. RGE(1982)5, p. 324...333]

Un convertisseur direct d'énergie électrique est un dispositif destiné à transformer une énergie incidente thermique, chimique, rayonnement, ... en énergie électrique sans nécessiter le passage par la filière classique: chaudière + turbine + alternateur. Dans ce cadre s'inscrivent les dispositifs qui dérivent de phénomènes physiques connus depuis fort longtemps tels qu'effet Seebeck, effet photovoltaïque et autres, lesquels n'ont jusqu'ici jamais été utilisés pour la production d'électricité à l'échelle industrielle et qui, par ailleurs, ont déjà fait l'objet de maints articles dans ces colonnes.

Plus récents et moins connus sont les convertisseurs magnétohydrodynamiques, connus sous le sigle MHD: Du charbon est brûlé sous une pression de 6 à 7 bar. Le gaz chaud résultant de la combustion (env. 2800 K) passe alors dans une tuyère où règne un champ magnétique intense. La température du gaz est suffisamment élevée pour qu'il en résulte un «plasma» conducteur de l'élec-

tricité (la conductivité du plasma pouvant être améliorée par un ensemencement de césium ou de potassium). L'action du champ magnétique crée dans ce «plasma» en mouvement un courant électrique qui est recueilli entre deux électrodes. On dispose ainsi d'un générateur thermo-électrique, sans pièce mécanique en mouvement. Le gaz sortant du générateur MHD va ensuite se refroidir dans une chaudière classique génératrice de vapeur pour l'entraînement d'une turbine.

Relevons encore que la MHD est une source de courant qu'il faut encore convertir en une source de tension pour permettre l'injection de l'énergie dans le réseau, ce qui, à l'échelle industrielle, n'est certainement pas le moindre des problèmes.

En février 1979, un générateur MHD a délivré 200 kW pendant 15 heures sur le réseau de la Massachusetts Electric Company. Les USA et l'URSS collaborent activement dans ce domaine et prévoient la réalisation d'un ensemble convertisseur MHD-centrale à vapeur économiquement compétitif pour la fin de cette décennie.

Bien que les perspectives de ce nouveau mode de production d'énergie électrique soient très prometteuses, on imagine aisément que les problèmes liés au confinement du «plasma» et à l'usure des électrodes posent toute une série de problèmes encore à résoudre.

M. Fromentin

Total-Energie-Anlage der BLT

Die Baselland Transport AG hat kürzlich die erste Total-Energie-Anlage (TEA) der Schweiz mit Biogas- und Abwassernutzung auf dem Areal der Kläranlage Birsig (ARA) in Therwil in Betrieb genommen. Durch Nutzung des bei der Schlammfäulung in der Kläranlage entstehenden Biogases sowie der Temperaturdifferenz zwischen dem geklärten Abwasser und dem rund 3 °C kälteren Bachwasser kann der gesamte Wärmebedarf der Kläranlage gedeckt, das Ende Jahr bezugsbereite BLT-Tramdepot geheizt und zudem in erheblichem Umfang Elektrizität erzeugt werden. Eine entsprechende Ölheizung hätte pro Jahr rund 50 000 kg Heizöl und zusätzlich noch Elektrizität für die Pumpen benötigt.

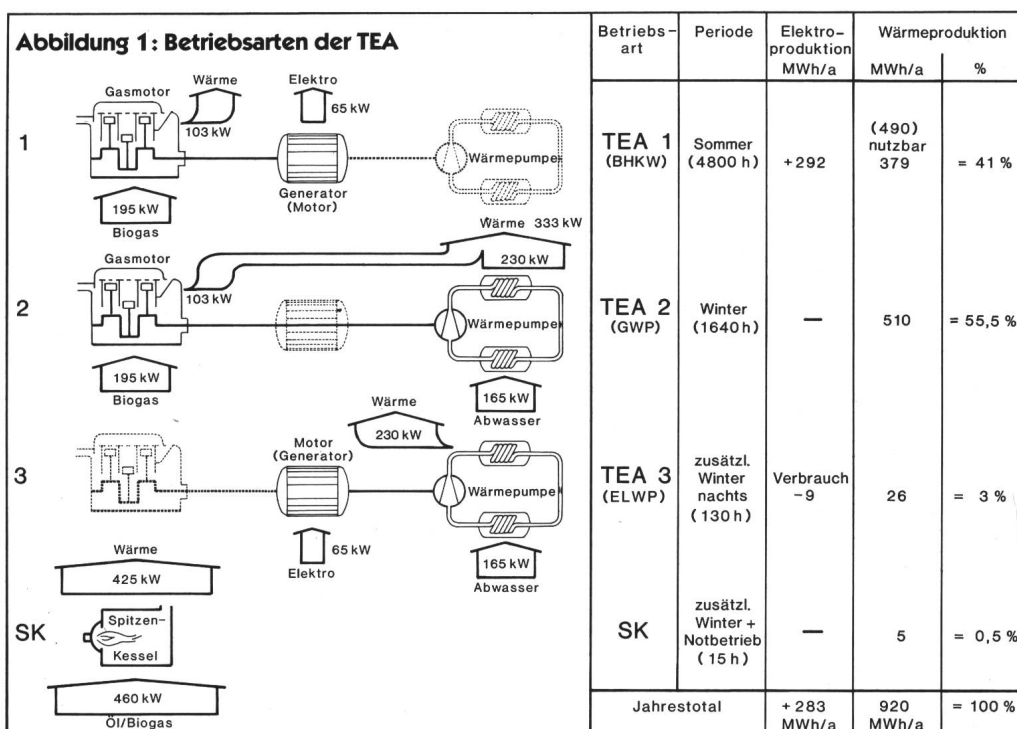
Die TEA besteht aus drei Hauptteilen:

- Ein Gasmotor für Biogas treibt entweder die Wärmepumpe oder den Generator an.

- Mit einer Wärmepumpe wird dem Abwasser Wärme entzogen und damit Heizwärme erzeugt. Diese Wärmepumpe kann mit Gasmotor oder Elektromotor betrieben werden.

- Der Generator/Elektromotor erzeugt, an den Gasmotor angeschlossen, Strom und treibt umgekehrt, mit Netzstrom gespeist, die Wärmepumpen an.

Die TEA braucht nur an kalten Wintertagen während weniger Stunden elektrische Energie für den Betrieb der Pumpen und der Wärmepumpe, produziert aber in der übrigen Zeit in beachtlichem Ausmass elektrische Energie, die sie vor allem an die ARA liefert, wodurch deren jährlicher Fremdstrombezug von 400 auf 117 MWh reduziert wird. Weiter deckt die TEA während des ganzen Jahres den Wärmebedarf der Kläranlage für Prozesswärme sowie Raumheizung und versorgt das BLT-Depot mit der nötigen Wärme für die Heizung des Verwaltungstraktes und der Serviceräume sowie



für Warmwasser. Durch die Wärmeentnahme aus dem Abwasser wird zudem die Wasserqualität des Marchbaches verbessert, in den das gereinigte Abwasser fließt.

Trotz relativ hoher Betriebskosten wird erwartet, dass die TEA pro Jahr einen Ertrag von rund 7000 Fr. erwirtschaftet, wogegen bei einer Ölheizung für das BLT-Depot ein Betriebsaufwand von 41 000 Fr. entstände. Allerdings stehen den Investitionen für eine konventionelle Ölheizung von 200 000 Fr. bei der TEA Investitionen von 1 Mio Fr. gegenüber, die zu verzinsen und zu amortisieren sind. Nach Verzinsung und Abschreibung der Investitionen liegen die Gesamtkosten der TEA bei den Energiepreisen von 1982 deshalb rund 7% über denjenigen der Variante Ölheizung. Immerhin: Bei steigenden Energiepreisen oder höherem Biogasanfall (beides ist längerfristig zu erwarten) kann sich das Rentabilitätsverhältnis rasch zugunsten der Total-Energie-Anlage verschieben.

(Mitteilung BLT)

Energietechnik - Technique de l'énergie

Hochspannungs- und Hochleistungsbedürfnisse in der Luftfahrt

[Nach F. C. Brockhurst und M. Dougherty: High Voltage/High power for Airborne Applications. IEEE Trans. AES 17(1981)6, S. 795...801]

Die Luftwaffe benötigt in ihren Flugzeugen grosse elektrische Leistungen bei hoher Spannung. Wegen zwingender Raum- und Gewichtsbeschränkungen kann die für stationäre Anlagen bewährte Technologie nicht übernommen werden. Die US Air Force leitete deshalb 1970 ein Programm zur Entwicklung von fluggerechten elektrischen Systemen ein. Wegen der recht unterschiedlichen Anforderungen für die verschiedenen Anwendungen entschloss man sich, die einzelnen Komponenten, wie Generatoren, Transformatoren, Schalter, den Anforderungen anzupassen und nicht etwa ein einziges optimiertes System zu entwerfen.

Rotierende Maschinen: Eine Entwicklung betrifft einen Generator mit 5 kV verketteter Spannung. Die Wicklung wurde mit Kapton isoliert. Isolieröl umspült die Wicklungsköpfe zur Kühlung und zur Isolation. Ein anderer Prototyp arbeitet mit rotierenden Permanentmagneten aus Samarium-Kobalt. Die Klemmenspannung beträgt 1 kV. Die Statorwicklungen sind aus lackierten Einzeldrähten zusammengesetzt und in einem Isolierschlauch verpackt, durch welchen eine Silikon-Kühlfüssigkeit zirkuliert. Das Leistungsgewicht liegt unter 45 g/kW. Schliesslich wird mit einer eisenlosen Maschine und rotierender supraleitender Feldwicklung experimentiert. Bei der verketteten Spannung von 30 kV sind ständige Corona-Entladungen nicht zu vermeiden. Laufende Versuche sollen nachweisen, dass die Isolation diese Beanspruchung während der relativ kurzen geforderten Lebensdauer aushält. Die Kühlung erfolgt durch Wasser, welches in den hohlen Leitern zirkuliert. Das Leistungsgewicht liegt bei 45 g/kW. Die Suche nach leichten, kompakten Generatoren führt zu Einbussen an Wirkungsgrad. Es zeigt sich, dass höhere Spannungen rasch zu steigenden Gewichten führen. Dieser Zusammenhang ist bei Transformatoren weniger ausgeprägt.

Transformatoren: Diese werden bei relativ niedrigen Frequenzen als Teil von Schwingkreis-Umrichtern verwendet. Ein Prototyp mit Lagenwicklung für 50 kW, 208 V/10 kV und 400 Hz mit Freonkühlung wurde zur Überprüfung eines Computerprogramms gebaut. Der Wirkungsgrad lag bei 90%, das Gewicht betrug 9,5 kg und die Abmessungen ohne Kühlsystem 100×200×250 mm. Der gleiche Transformator wurde auch mit 95 kW betrieben, der Wirkungsgrad sank dabei auf 79%. Für Leichtgewicht- Impulstransformatoren ist ebenfalls ein Entwicklungsprogramm angelaufen, mit Sekundärspannungen von 50 bis 250 kV und Impulsenergien von 10 bis 100 kJ.

Energiespeicherung: Durch verbesserte Rohstoffe und sorgfältige Fabrikation konnten Kondensatoren mit Energiedichten von 171 J/kg und 225 J/dm³ gebaut werden. Der Verlustfaktor lag bei 0,4%. Durch Glättung der Elektrodenränder sollte eine 20% höhere Energiedichte ermöglicht werden. Wenn Entladungen hoher Energie in kurzen Intervallen benötigt werden, wachsen Gewicht und Abmessungen stark an. Vielversprechend sind Versuche mit Speicher-Induktivitäten verlaufen. Stickstoffgekühlte Kupferspulen ergaben bereits brauchbare Ergebnisse. Versuche mit supraleitendem

Nb3 Sn lassen wesentliche Verbesserungen erwarten, wenn es gelingt, die entstehende Wärme rasch abzuleiten.

Schalter: Die Anforderungen an die Schalter sind so unterschiedlich, dass man keine universelle Lösung finden kann. Für das Schalten von Kondensatoren scheinen lichtgesteuerte Silikon-Thyristoren mit folgenden Charakteristiken geeignet: Vorwärts-Sperrspannung 1,6 kV, Strom > 20 kA, $dI/dt = 20 \text{ kA}/\mu\text{s}$. Ein magnetisch gesteuerter Plasmaschalter mit 4 MW Schaltleistung (5 kV, 800 As) ist für Hochleistungs-Wechselrichter vorgesehen. Eine Weiterentwicklung von Thyatronen mit Plasma-Kathode soll gestattet, aus kaltem Zustand sofort die volle Leistung einzuschalten.

Schwingkreis-Umrichter: Für Gleichstrom-Gleichstromumformungen eignen sich die Schwingkreis-Umrichter besonders gut. Eine 200-kW-Einheit mit 10 kHz Resonanzfrequenz und gesteuerten Siliziumgleichrichtern in Brückenschaltung transformiert 600 V= in 25 kV=. Das Leistungsgewicht liegt bei 1,36 kg/kW und kann wahrscheinlich auf 0,54 kg/kW reduziert werden.

Computergestützte Optimierung: Die Auswahl der bestgeeigneten Komponenten zur optimalen Stromversorgung ist wegen der Vielzahl von Lösungsmöglichkeiten recht umständlich. Hier kann der Computer wesentliche Erleichterungen bringen. Programme für die Analyse der Anforderungen und die Auswahl der Komponenten bestehen bereits. Programme für die dynamische Simulation sind in Entwicklung. lbf

Informationstechnik - Informatique

Prometheus oder Pandora: Der Einfluss der Automatisierung auf die Gesellschaft

[Nach H.A. Simon: Prometheus or Pandora: The Influence of Automation on Society. Computer Nov. 1981, S. 69...74]. Der Text entspricht einem Vortrag anlässlich der Comcon Spring 81.

In den beiden griechischen Sagen geht es um das «Wissen wie». Das «Know-how» ist für die Gesellschaft nicht immer segensreich: In vielen Fällen hilft es aber auch, technisch bedingte, negative Effekte zu korrigieren.

Die Macht der Computer ist erst im Kommen. Heute baut man wohl mächtige Grossrechner auf, aber ihr Einsatz z. B. als aufmerksame Vortragshörer ist noch nicht möglich. Die Programmierung hinkt stark hinterher.

Die Begriffe *Computer* und *Roboter* werden oft assoziiert mit «Beschäftigungslage». Viele Ökonomen sind sich aber darüber einig: Der Beschäftigungsgrad einer Gesellschaft ist vom Produktivitätsgrad unabhängig. Man kann Vollbeschäftigung in einer effizienten Gesellschaft haben, ebenso aber eine solche ohne grossen Nutzen. In den USA hat sich in 100 Jahren die Nahrungsproduktivität verzwanzigfacht. Wo sind all die Bauern geblieben? Es wird wohl einige Arbeitslose geben, aber die grosse Menge Stellenloser sind nicht Bauern.

Das Gesetz von Say sagt: Alle Kosten zur Gütererzeugung zusammengezählt ergeben genau die Geldmenge, die die Bevölkerung zur Verfügung hat. Die Volksmeinung «Automation» = «Arbeitslose» ist falsch, von Einpendelungsphasen abgesehen. Es hiess schon in den Depressionsjahren, die USA seien überproduktiv. Heute werden zwei- bis dreimal soviel Güter wie damals absorbiert.

1966 hat Präsident Johnson eine Kommission für Technik, Automatisierung und Produktivität eingesetzt. Diese stellte fest, dass ein «Nichtproblem» vorliege; es gibt mehr andere, echte Probleme als die sog. Arbeitsplatzzerstörung. Es heisst ferner, die Automatisierung vertreibe ungeschulte Leute und verlange immer mehr Spezialisten, so dass niemand mehr die «niedrige» Arbeit erledige. Auch dies stimmt nicht. Soll sich die Menschheit der Technik anpassen oder umgekehrt? Viele fortschrittliche Industriestaaten haben eine viel niedrigere Mittelschulabsbildungsquote als die USA. Ihre Technik hat sich ihrem Wissensstand angepasst! Die Automation schafft trotz der spektakulären Roboter keine solche revolutionäre Mittel wie den Ersatz der sensorischen und motorischen menschlichen Elemente; entgegen früherer Ideen wird der Collegeprofessor früher «automatisiert» werden als der Traxführer!

Zum Thema «Geistestötung am Arbeitsplatz» hat man nun nach 30 Jahren Computerumwelt gute statistische Angaben. Lang-

jährige periodische Umfragen zeigen, dass die Leute an ihrem Computer-Arbeitsplatz nicht weniger zufrieden sind als früher. Andererseits ist anzuerkennen, dass es um die Geräte herum einige Stellen gibt, die sehr langweilig bleiben!

Die Sorge um die Arbeitsplatzqualität ist nicht leicht zu nehmen. In der Tat fehlen heute weitgehend noch «menschlich» konzipierte Schnittstellen zu den Bedienern. Es fehlen entsprechend ausgebildete Ingenieure. Allerdings beginnt man hier umzudenken.

«White collar crime» gab es schon immer, heute sind lediglich die Summen grösser. Der Buchprüfer wird aber andererseits bald, ebenfalls dank dem Computer, eingreifen können – einmal ist die Waffe obenauf, einmal die Abwehr; dies trifft auch für die Privatsphäre zu, Stichwort «Datenschutz». Während dem Krieg sind ohne Computer Millionen Menschen umgebracht worden. Die Gefahr kommt nicht vom Computer.

Der Begriff «Raumschiff Erde» hat uns daran denken gelernt, dass wir Menschen nicht ausserhalb der Natur stehen, sondern einen Teil derselben darstellen. Bei der Kreation neuartiger Geräte sollte man dies stets bedenken!

O. Stürzinger

Die Bedeutung der Industrielektronik in der Schweiz

Die 180 Unternehmen des Schweizer Automatik Pool (SAP) setzten im Bereich der Industrielektronik 1981 3,7 Mia sFr. um und beschäftigten dabei 21 500 Personen. Verglichen mit dem Jahr 1979 stiegen die Umsätze gesamthaft um 14,5%, die Zahl der Beschäftigten um 1,8%. In den vergangenen zwei Jahren konnten also rund 400 Arbeitsplätze geschaffen werden.

Mehr als die Hälfte der erwähnten Firmen, namentlich die grossen Unternehmen, produzieren Industrielektronik auch selbst. Die Eigenproduktion erzielte rund 2 Mia sFr. In dieser Grössenordnung wurde auch ins Ausland exportiert.

(SAP-Pressemitteilung)

Stufentarif im Richtstrahl-Programmmzubringerdienst

Seit 1976 leiten die PTT über ihr Richtstrahlnetz Gemeinschaftsantennen-Anlagen und drahtlosen Umsetzern ausländische Radio- und TV-Programme zu. Das Netz umfasst heute Empfangsanlagen bei St. Anton (Programme aus dem deutschsprachigen Raum) und auf La Dôle (französische Programme), eine «Transport-Sammelschiene» (die einerseits bis ins Wallis und andererseits über Anlagen wie Mont Gibloux, Albis und Säntis bis ins Bündnerland reicht) und schliesslich Richtstrahl-Zubringer zu den einzelnen Programmbezüglern. Angeschlossen sind rund 100 Betriebe, welche die Signale über Kabelnetze und drahtlose Umsetzer etwa 400 000 Abonnenten übermitteln. Auf dem PTT-Netz werden sechs deutsch- und drei französischsprachige Fernsehprogramme sowie 14 UKW-Programme übertragen.

Von Beginn an haben die PTT ihre Dienstleistungen zu den gleichen Bedingungen angeboten: Die Signalbezüglern bezahlen eine monatliche Entschädigung, die sich aus einer festen Anschlussgebühr von Fr. 625.- und den Gebühren pro Teilnehmeranschluss (25 Rappen je Programm) zusammensetzen. Die Grundgebühr ist für die Finanzierung der Richtstrahlstrecke von der Verteilerstation des Basisnetzes zur Empfangsstation des Signalbezüglers bestimmt, während die 25 Rappen je Teilnehmeranschluss und Programm vor allem dem Bau, Betrieb und Unterhalt des Basisnetzes zufließen.

Heute bezieht ein Drittel der Abonnenten lediglich zwei TV-Programme aus dem Richtstrahl-Zubringernetz, ein weiteres Drittel drei oder vier Programme. Andererseits ist der vorwiegende Teil des Netzes mit Verteilern für sechs und mehr TV-Programme ausgerüstet. In Form eines Programm-Mengenrabattes wollen nun die PTT einen Anreiz zum Bezug zusätzlicher Programme bieten und so gleichzeitig eine noch bessere Ausnutzung der Übertragungsmittel erreichen. Der auf den 1. Januar 1983 in Kraft tretende Tarif sieht (bei unveränderter Grundgebühr und gleichen Taxen für die ersten beiden Programme) folgende Monatsgebühren vor: 15 Rappen je Teilnehmeranschluss für das dritte und vierte und 10 Rappen für das fünfte und jedes weitere Fernsehprogramm. Wie bisher wird für alle Programme mindestens die Gebühr für 1000 Anschlüsse erhoben. Keine Änderung erfahren auch die Gebühren für die UKW-Programme.

(Mitteilung PTT)

Zukünftige Entwicklungen in der Elektronik

[Nach O. Veilleux: Welche Entwicklungen prägen zukünftig die Elektronik? Elektronik 10/1982, S. 59...64]

Die zukünftige Entwicklung der Mikroelektronik wird von der steigenden Integrationsdichte, kleineren Halbleiterstrukturen und der Ausnutzung physikalischer Effekte, die von der traditionellen Halbleitertechnik abweichen, beeinflusst. Die Grenzen der Herstellungsverfahren im Submikrometerbereich sind heute noch nicht absehbar. Eine grundsätzliche Grenze ist dadurch gegeben, dass Metallatome auf einem Substrat dazu neigen, sich unter bestimmten Bedingungen von ihrem ursprünglichen Ort wegzubewegen. Vermutlich führt eine Bewegung der Atome im Bereich von 0,1 μm zu einer Verschlechterung der Eigenschaften der Gesamtkonfiguration. Derzeit scheint 1 μm (Durchmesser des menschlichen Haares: 62 μm) der Grenzwert für die Herstellungsverfahren in der Mikroelektronik zu sein. Eine weitergehende Miniaturisierung wird die Entwicklung von neuen Materialien und Werkzeugen erfordern. Die heute verwendete Fotolithografie ist auf Strukturen von 1 μm beschränkt; zur Erzeugung von kleineren Linien sollen die noch in Entwicklung begriffenen Elektronenstrahl- und Röntgenstrahl-Lithografie eingesetzt werden. Bei der ersteren tastet ein feiner Elektronenstrahl den Wafer ab und belichtet einen elektronenempfindlichen Resist in den gewünschten Bereichen. Der grösste Vorteil dieses noch sehr teuren Verfahrens liegt darin, integrierte Schaltungen und andere Submikrometer-Strukturen direkt ohne die Benutzung von Masken herstellen zu können. Die Röntgenstrahl-Lithografie hingegen ist eine Form von Kontakt-Fotolithografie, bei der das UV-Licht durch weiche Röntgenstrahlen ersetzt wird. Diese billige und zeitsparende Technik erlaubt grundsätzlich die Herstellung von Strukturen kleiner als 0,1 μm .

Neue Techniken ermöglichen die Herstellung völlig neuartiger Bauelemente. So hat die Anwendung von akustischen Wellen auf Oberflächen (Raleigh-Wellen) dank der Entwicklung von fingerförmigen Elektrodenstrukturen, die elektrische Signale oder Impulse in mechanische Impulse umwandeln und diese wiederum in entsprechende elektrische Signale zurückformen können, stark zugenommen. Das Zusammenwirken von akustischen Wellen und Halbleitereffekten kann zur Erzielung von Verstärkung benutzt werden. Ferner ist es damit möglich, den bei Dünnschicht-Halbleitern bekannten Fotoeffekt für die optische Modulation in Oberflächenwellen-Bauelementen auszunutzen. Auf dem Gebiet der Magnetblasenspeicher ist man daran, stabile Magnetblasen mit lediglich 0,4 μm Durchmesser herzustellen. Diese im Vergleich zu bisher achtfache Verkleinerung gestattet einen starken Kapazitätswachstum bei Magnetblasen-Speicherbausteinen, weil jede Magnetblase – unabhängig von ihren Abmessungen – ein Informationsbit enthalten kann.

Die Submikrometer-Technologien sind auch für integrierte Optiken erforderlich, deren Anwendung in Digitalrechnern bei der Übertragung grosser Datenmengen liegen wird. Ziel dieser Entwicklung ist die Realisierung von optischen Kommunikationssystemen, die viel kleiner als die heutigen Systeme sind. Weitere zukunftsreiche Gebiete der Elektronik sind CCD-Bauelemente (Halbleiterstruktur mit einer Metall- und einer Siliziumschicht, die durch eine Silizium-Dioxid-Schicht voneinander isoliert sind) sowie die Technik amorpher Festkörper. Letztere ist bedeutend für die Elektro-Fotografie (Xerography). Grosse Hoffnungen für zukünftige Computerentwicklungen setzt man schliesslich in die Josephson-Verbindung, eine supraleitende Struktur. Die Eigenschaften dieser Strukturen lassen sich wesentlich verbessern, wenn sie auf Bruchteile von 1 μm verkleinert werden. Damit wird sich die Einführung von Josephson-Verbindungen als logische und als Speicherelemente in digitalen Rechnern beschleunigen, weil sie wesentlich schneller sind und weniger Leistung benötigen als Halbleiterstrukturen.

R. Wächter