

Vorgeschichte und Konzept der Karlsruher Synchrotronstrahlungsquelle

V. Saile, IMT

Vorgeschichte

Anfang der 80iger Jahre wurden am damaligen Institut für Kernverfahrenstechnik (IKVT) Trenndüsen zur Trennung von Uranisotopen entwickelt. Die technische Herausforderung bei dieser Technologie bestand darin, feine Strukturen mit lateralen Dimensionen im Mikrometerbereich bei gleichzeitig großen Tiefen bis zu einem Millimeter herzustellen. Um diese Anforderungen erfüllen zu können, wurde eine neue Strukturierungstechnik auf der Basis von Lithographie mit hochenergetischer Röntgenstrahlung entwickelt, die heute unter dem Namen LIGA-Technik bekannt ist [1]. Geeignete Strahlung für diese Anwendung wird ausschließlich von modernen Teilchenbeschleunigern als Synchrotronstrahlung emittiert. Da schnell erkannt wurde, welches großes Potential die LIGA-Technik für die Herstellung von Mikrostrukturen hat, beschäftigte sich bereits Mitte der 80iger Jahre eine Arbeitsgruppe auf Anregung des IKVT Leiters, Prof. Dr. E. W. Becker, mit Plänen für den Bau einer Synchrotronstrahlungsquelle am Kernforschungszentrum [2]. Das Konzept für diese Maschine mit dem Namen KSSQ (Karlsruhe, Supraleitung, Synchrotronstrahlungsquelle) beruhte auf einer konsequenten Anwendung von supraleitenden Ablenkmagneten mit dem Ziel, bei einer für die LIGA-Technik optimierten Spektralverteilung sowohl die Teilchenenergie als auch den Platzbedarf für die Maschine zu minimieren. Das Ergebnis der Studie war ein sehr kompakter Speicherring (s. Abb.1) mit 27 m Umfang, 4 supraleitenden 90°-

Ablenkmagneten und einer Elektronenenergie von 1,44 GeV. Dieses innovative Konzept wurde zwar noch einige Zeit weiterverfolgt, eine Realisierung kam jedoch nicht zustande.

Von KSSQ zu ANKA

In der ersten Hälfte der 90iger Jahre wurden am Forschungszentrum Planungen für eine eigene Synchrotronstrahlungsquelle erneut aufgenommen. Diesmal wurden allerdings breitere Anwendungsbereiche ins Auge gefasst, bei denen zwar die Röntgentiefenlithographie immer noch eine wichtige Rolle spielen sollte, aber auch analytischen Anwendungen der Synchrotronstrahlung und Grundlagenforschung zum Zuge kommen sollten. Dieses Konzept hatte wichtige technische Konsequenzen: So musste Platz für eine größere Anzahl von Strahlführungssystemen vorhanden sein, die Eigenschaften des

Elektronenstrahls, die über Strahldimension und Divergenz definiert werden, mussten erheblich verbessert werden, um die Anlage auch für Anwendungen in der Analytik und Grundlagenforschung konkurrenzfähig zu gestalten, und in den Ring mussten mehrere gerade Driftstrecken für die Installation spezieller Synchrotronstrahlungsquellen, der sogenannten Insertion Devices oder Wiggler bzw. Undulatoren, integriert werden. Das Ergebnis ausführlicher Studien war ein Speicherring konventioneller Technologie mit normalleitenden Magneten, mit 110 m Umfang, einer mittleren Teilchenenergie (2,5 GeV) und einem hohen gespeicherten Elektronenstrom von 400 mA. Das Projekt sollte insgesamt einschließlich der Strahlführungssysteme mit Experimentier- bzw. Belichtungsstationen sowie des Gebäudes nicht mehr als 70 Millionen DM kosten. Im Sommer 1995 mündeten diese Überlegun-

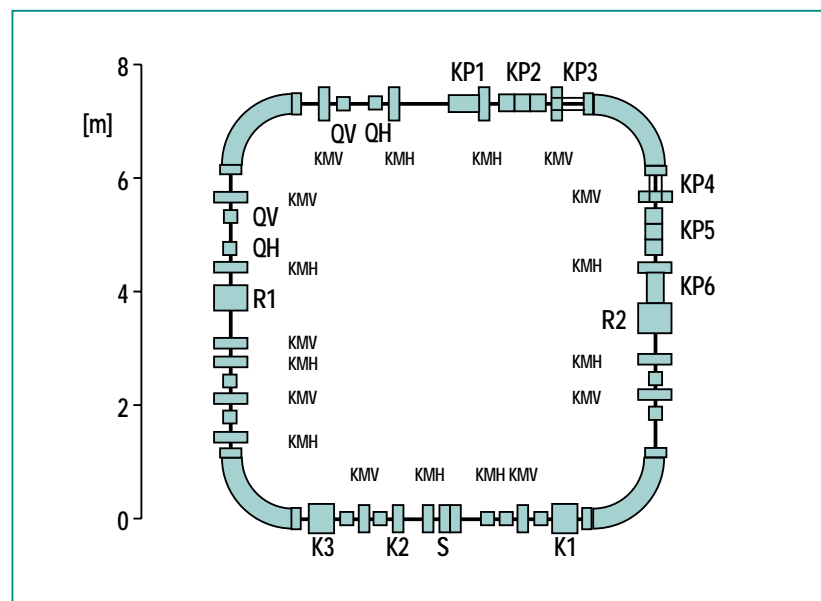


Abb.1: Anordnung der Komponenten für den KSSQ-Speicherring mit supraleitenden Ablenkmagneten.

gen in einen Vorschlag zum Bau einer Synchrotronstrahlungsquelle im Forschungszentrum [3]. Im März 1996 befürworteten die Bundesregierung und das Land Baden-Württemberg die Errichtung von ANKA, der Ängströmmquelle Karlsruhe. Eine spezielle Errichtungsgruppe (PEA, Projekt Errichtung ANKA) nahm die Arbeiten unverzüglich auf und konnte bereits im Jahr 2000 mit dem Probetrieb den Aufbau der Vorbeschleuniger und des Speicherrings erfolgreich abschließen.

Nutzung von ANKA

Bereits der Titel des ANKA-Antrags aus dem Jahre 1995 "Vorschlag zum Bau einer Synchrotronstrahlungsquelle (ANKA) im Forschungszentrum Karlsruhe zur Förderung der industriellen

Umsetzung von Mikrofertigungs- und Analytikverfahren" weist auf die Zielsetzung des Projektes hin, erstmals eine solche Synchrotronstrahlungsquelle in großem Umfang für Anwendungen in der Industrie einzusetzen. Um dies zu erleichtern, wurde auf Anregung der Geldgeber Bund und Land im November 1998 ein wirtschaftlicher Geschäftsbetrieb, die ANKA GmbH, mit den Gesellschaftern Forschungszentrum Karlsruhe und Land Baden-Württemberg gegründet. Nach der Fertigstellung der ANKA-Anlage durch das Forschungszentrum wird sie 2001 komplett der ANKA GmbH übergeben. Die ANKA GmbH wird die Anlage besitzen, sie betreiben und durch Dienstleistungen für Kunden aus Industrie, dem Forschungszentrum und anderen wissenschaftlichen Einrichtungen die Betriebskosten

erwirtschaften. Mit diesem neuartigen Konzept stellt ANKA nicht nur ein Großgerät dar, das verschiedene technische und wissenschaftliche Aktivitäten des Forschungszentrums miteinander verknüpft, sondern auch ein Service-Zentrum für Industrie und Wissenschaft insbesondere aus dem süddeutschen Raum.

Die ANKA-Anlage mit einer Grundausstattung von acht Strahlrohren ist auf Abb. 2 dargestellt. Ein neuntes Strahlrohr wird vom Max-Planck-Institut für Metallforschung in Stuttgart errichtet, das dafür einen Standplatz von der ANKA GmbH gemietet hat. Die Anwendungen lassen sich grob in zwei Bereiche einteilen:

- Die Strukturierung von Polymeren mit Röntgentiefenlithographie. Hierfür wird es an

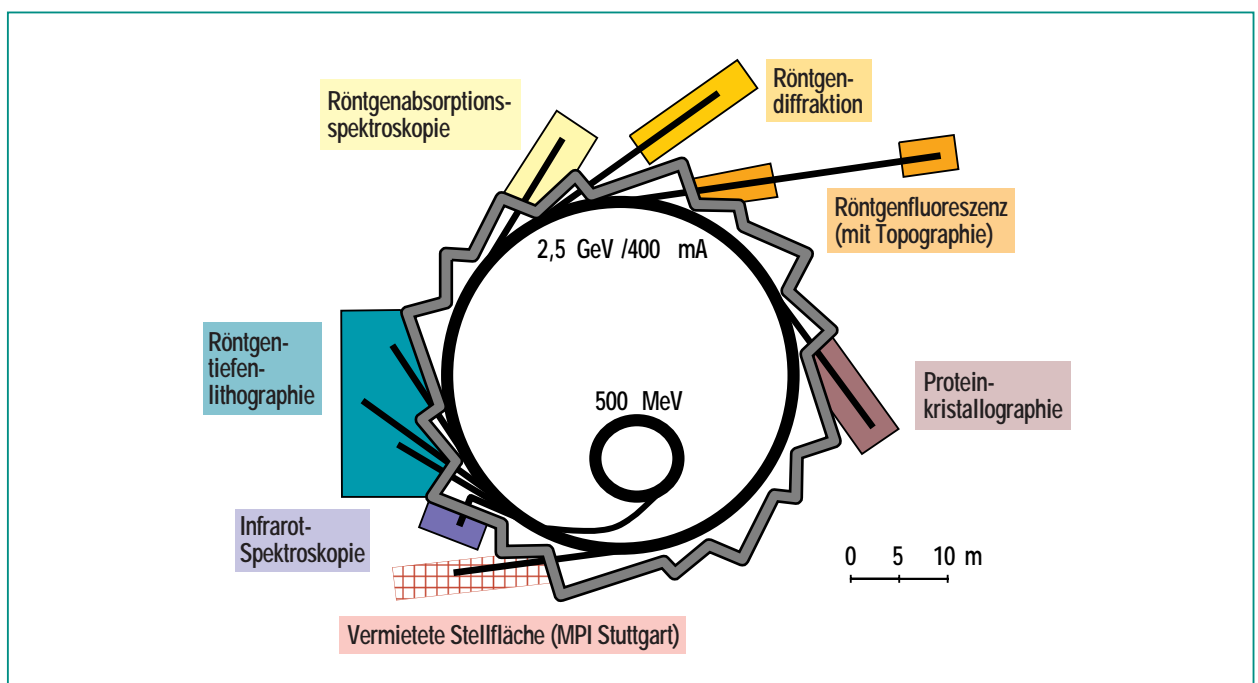


Abb. 2: Schematische Darstellung des 2,5 GeV ANKA-Speicherrings mit 500 MeV Injektor und Messplätzen.

ANKA drei Strahlrohre unterschiedlicher Charakteristik geben. Die Bestrahlungseinrichtungen sind in einem Reinraum untergebracht und werden zur Fertigung von Mikrokomponenten eingesetzt.

- Vier weitere Strahlrohre mit Messplätzen dienen der (zerstörungsfreien) Untersuchung und Charakterisierung unterschiedlichster Materialien mit Röntgenstrahlung. Typische Fragestellungen gelten der chemischen Zusammensetzung oder der Anordnung von Atomen in Kristallen und Pulvern. Diese analytischen Verfahren mit Synchrotronstrahlung sind außerordentlich leistungsstark und weit verbreitet. Sie können z.B. eingesetzt werden zur Untersuchung von Kontaminationen der Oberflächen von Wafern für die Halbleiterfertigung, zur Bestimmung der Molekülstruktur von Proteinen

oder Viren, oder der Atomanordnung in Legierungen. Die Anwendungsmöglichkeiten sind nahezu unbegrenzt und es wird die Aufgabe der ANKA GmbH sein, dieses Potenzial auch Industriefirmen zu eröffnen. Schließlich wird bei ANKA auch noch ein völlig anderer Spektralbereich, das Infrarot, genutzt. Ein spezielles Stahlrohr liefert Infrarotlicht für die Charakterisierung von Proben mit einem Interferometer oder einem Infrarotmikroskop.

ANKA bietet nicht nur zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten mit den bereits vorhandenen Anlagen, sondern kann bei Bedarf noch erheblich erweitert werden. Bisher ist etwa ein Drittel der Kapazität an Strahlrohren installiert. Weitere Anlagen zur Lösung spezieller Fragestellungen oder zur Verfolgung neuer Ideen können ohne weiteres realisiert werden,

vorausgesetzt, die finanziellen und personellen Ressourcen stehen zur Verfügung.

Mit der bevorstehenden Inbetriebnahme der ANKA-Anlage wächst auch das Interesse innerhalb des Forschungszentrums an einer Beteiligung und Nutzung. Mehrere Projekte sind bereits finanziert oder stehen kurz vor der Bewilligung, wie z.B. ein neuer Experimentierplatz zur Untersuchung der elektronischen Struktur von Festkörpern und Oberflächen (WERA) oder ein Synchrotron-Umwelt-Labor (SUL). Die enge Verflechtung von ANKA-Anwendungen mit den Programmen des Forschungszentrums ist auf Abb. 3 dargestellt. Dieses Bild macht sehr deutlich, wie das Großgerät ANKA bisher getrennte Programme und Organisationseinheiten "unter ein Dach" bringt und damit eine bedeutsame Integrationswirkung für das Forschungszentrum haben wird.

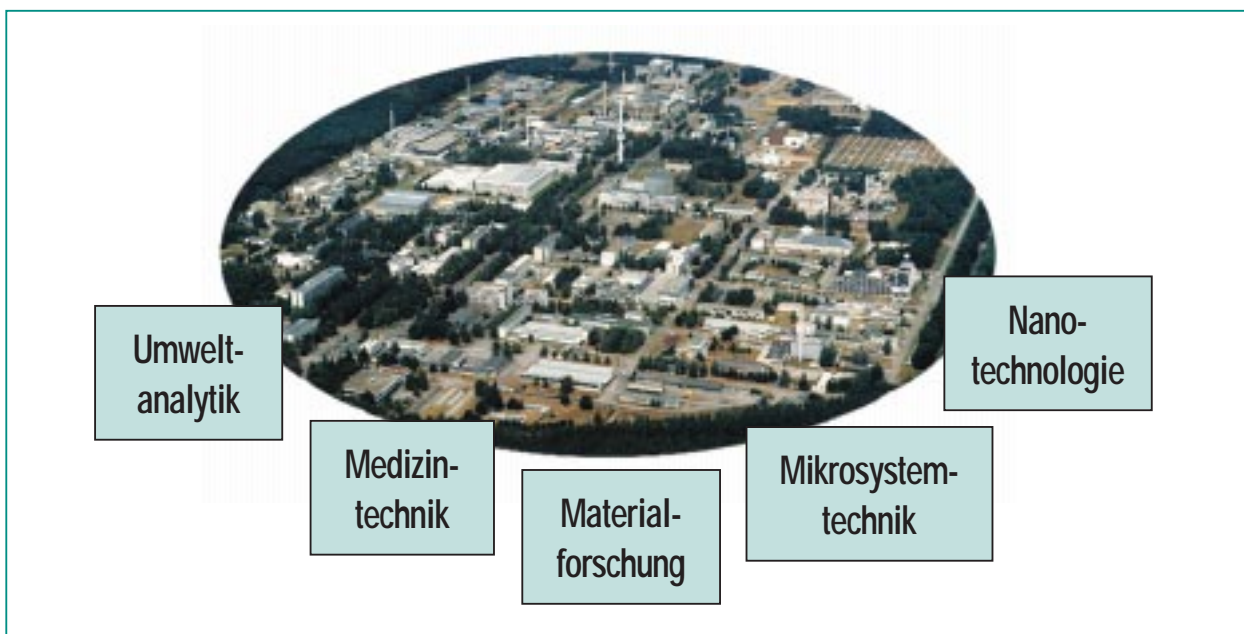


Abb. 3: Verflechtung von ANKA-Anwendungen mit Programmen des Forschungszentrums.

Zusammenfassung

Der erste Vorschlag zu einer Synchrotronstrahlungsquelle am Forschungszentrum stammt aus dem Jahr 1986. Es hat dennoch weitere 14 Jahre gedauert, bis die hochmoderne ANKA-Anlage im Jahr 2000 den Betrieb aufneh-

men konnte. ANKA wird für zwei weite Bereiche, die Fertigung von Mikrokomponenten sowie für analytische Verfahren mit Synchrotronstrahlung, zur Verfügung stehen. Die Ziele des ANKA-Konzeptes sind es, Synchrotronstrahlung auf Fragestellungen aus der Industrie anzuwenden, Program-

me und Organisationseinheiten des Forschungszentrums einzubinden sowie ein Großgerät für die Forscher aus Universitäten und anderen Einrichtungen zur Verfügung zu stellen.

Literatur

[1] E.W. Becker, W. Ehrfeld, P. Hagmann, A. Maner, D. Münchmeyer, *Microelectronics Engineering* (1986), 53-56.

[2] D. Einfeld, O.F. Hagena, G. Saxon, G. Stange, *KFK-Bericht 3976, Kernforschungszentrum Karlsruhe*, September 1985.

[3] H.O. Moser, D. Einfeld, R. Steininger, *Vorschlag zum Bau einer Synchrotronstrahlungsquelle (ANKA) im Forschungszentrum Karlsruhe zur Förderung der industriellen Umsetzung von Mikrofertigungs- und Analytikverfahren*, Forschungszentrum Karlsruhe, 12. Juni 1995