



Abbildung 99: Übersicht einer Speicherringanlage für KEDSA.

## Studie eines Elektronen Speicherringes für koronare Angiographie – ARI

Seit 1981 entwickelt eine Gruppe am HASYLAB das System NIKOS zur Anwendung der nichtinvasiven Koronar-Angiographie. Wie bei den bisher üblichen Verfahren zur Untersuchung der Herzkranzgefäße wird Jod als Kontrastmittel verwendet. Durch digitale Subtraktion zweier Aufnahmen, die mit Photon-Energien oberhalb und unterhalb der K-Absorptionskante des Jods belichtet wurden, kann die Konzentration des Jods bei gleichem Kontrast wesentlich geringer sein. Damit wird es möglich, das Kontrastmittel in eine Vene zu injizieren. Die Notwendigkeit eines Herzkatheters entfällt damit, was das Risiko der Untersuchung erheblich verringert. Die Anwendung der KEDSA („K-Edge Digital Subtraction Coronary Angiography“) erfordert eine Qualität der Röntgenstrahlung, wie sie auf absehbare Zeit nur Elektronen-Speicherringe liefern können. Eine Feldstudie bei DORIS mit etwa 300 Patienten wurde kürzlich abgeschlossen und die Qualität der Aufnahmen wird zur Zeit von unabhängigen Gutachtern beurteilt.

Zeigt diese Studie, dass die Methode in der medizinischen Praxis Anwendung finden soll, so stellt sich die Frage, wie eine entsprechende Speicherringanlage aussehen würde. Die Anlage sollte möglichst kompakt und preiswert sein, aber mindestens so gute Resultate wie NIKOS bei DORIS liefern. Mit dieser Zielsetzung wurde eine detaillierte Studie erstellt, in der eine solche

Anlage mit dem Arbeitsnamen ARI entworfen wurde. Es zeigt sich, dass eine Reduzierung der Energie von 4.5 GeV auf 1.6 GeV möglich ist, wenn gleichzeitig der Strom von 70 mA auf 380 mA und das Wigglerfeld von 1.2 Tesla auf 6 Tesla erhöht werden. Die Qualität der Aufnahmen sollte bei dieser Anlage in jeder Beziehung gleich oder etwas besser sein als bei den bisherigen Aufnahmen bei DORIS. Eine weitere Verbesserung der Bildqualität würde eine Erhöhung der Strahlenbelastung der Patienten bedeuten und verbietet sich aus diesem Grunde.

Der Speicherring speichert bis zu 500 mA Elektronen mit einer Energie pro Teilchen von 1.6 GeV. In zwei supraleitenden Wigglerfeldern wird die Synchrotronstrahlung der erforderlichen Qualität für die zwei Angiographieplätze erzeugt. Die Strahlung des Speicherringes wird abgeschirmt durch die umgebende Betonmauer. Außerhalb dieser Mauer befinden sich die Behandlungszimmer sowie Räume für die Kontrolle der Beschleunigeranlage und der Messplätze, für technische Anlagen, Verwaltung usw. (Abb. 99). Innerhalb des Speicherringes befinden sich die Teilchenquelle und die Vorbeschleuniger. Ein 100 MeV Linac und ein 1.6 GeV Synchrotron erlauben eine schnelle Füllung des Speicherringes bei Sollenergie. In Tabelle 6 wurden die Hauptparameter der Anlage zusammengefasst.

<b>Speicherring ARI</b>		
Strahlenergie	1.6	GeV
Strahlstrom	500	mA
Füllzeit	$\simeq 1$	min
Strahllebensdauer	5	h
Vakuumdruck	$2.5 \cdot 10^{-9}$	mbar
Apertur der elliptischen Kammer: 2w · 2h	56 · 23	mm
Anzahl der Wiggler	2	
Umfang	69.6	m
Umlauf-Frequenz	4.3074	MHz
Harmonischenzahl	116	
horizontale Emittanz	0.0587	mmrad · mm
Kopplung	10	%
momentum compaction	0.0340	
HF-Frequenz	499.65	MHz
Anzahl der Kavitäten	3	
Energieverlust pro Umlauf	214	keV
Umfangsspannung	1.55	MV
HF-Leistung	225	kW
Summe der Synchrotronstrahlungsleistung	107	kW
Anzahl der Dipole (vertikal fokussierend)	16	
Ablenkradius	3.565	m
Anzahl der Quadrupole	36	
Anzahl der Sextupole	12	
<b>Supraleitende Wiggler</b>		
maximales Feld	6	Tesla
Anzahl der Pole (+Anpassung)	7 + 2	
Periodenlänge	120	mm
vertikaler Abstand der Pole	25	mm
<b>Photonenstrahl</b>		
Photonenflussdichte vor dem Patienten	$2.7 \cdot 10^{-11}$	/sec/mm <sup>2</sup>
Leistung des Photonen-Strahls bei 500 mA	12.3	kW
Energiebreite	164	eV
Anteil der 3. Harmonischen (99.6 keV)	0.24	%
Intensität am Rand gegenüber Zentrum	91	%

Tabelle 6: Parameter des Speicherringes ARI und der supraleitenden Wiggler.