



Abbildung 111: Lageplan des Linear-Collider Tunnels in Hamburg und im Kreis Pinneberg.

Voruntersuchungen zum TESLA Linear-Collider Projekt

In der internationalen Gemeinschaft der Hochenergie-Physik besteht eine breite Übereinstimmung, dass eine lineare Elektron-Positron Kollisions-Maschine im Energiebereich von etwa 500–1000 GeV als nächstes Großprojekt realisiert werden sollte. Weltweit werden seit etwa 10 Jahren intensiv die technischen Entwicklungen und Planungen für eine solche Anlage vorangetrieben, wobei von den verschiedenen Arbeitsgruppen unterschiedliche technische Konzepte verfolgt werden.

Die Besonderheit des Ansatzes von TESLA liegt in der Verwendung supraleitender Beschleunigerstrukturen. Die Vorteile gegenüber konventioneller Technologie liegen dabei in einer sehr hohen Effizienz der Strahlbeschleunigung (Verhältnis Strahlleistung zu primärer Anschlussleistung), einer exzellenten Strahlqualität sowie einer sehr vorteilhaften Zeitstruktur der Strahlpulse. Die Leistungsfähigkeit des TESLA-Colliders, gemessen an der Wechselwirkungsrate, die sogenannte Luminosität, ist höher als bei einem konventionellen Linearbeschleuniger. Die gleichen Argumente gelten bei der Anwendung eines supraleitenden Linearbeschleunigers als Treiber für eine Freie-Elektronen Röntgen-Laser (X-FEL) Anlage, mit der kohärente Strahlung extrem hoher Brillanz bis zu Wellenlängen im Angström Bereich für ein breites Spektrum wissenschaftlicher Forschung nutzbar gemacht werden kann. Bei der Planung von TESLA ist daher die Einbeziehung einer X-FEL Nutzer-Anlage als integraler Bestandteil des Projekts vorgesehen.

Im Berichtszeitraum konzentrierten sich die Arbeiten – im Rahmen einer breiten internationalen Kollaboration – auf die Fertigstellung eines Projektvorschlages (Technical Design Report, TDR), in dem das vollständige Design für die zukünftige Anlage sowie die Kosten und das benötigte Personal zusammengestellt sind. Gleichzeitig konnten an der TESLA Testanlage (TTF)

weitere Fortschritte beim Entwicklungsprogramm für die supraleitenden Beschleunigerstrukturen, beim Betrieb des Test-Linearbeschleunigers und bei der Inbetriebnahme der FEL-Testanlage erzielt werden (siehe Seite 241 und 245).

Fortschritt der Design-Arbeiten

Die Arbeiten am TDR konnten bis Ende 2000 weitgehend abgeschlossen werden, so dass das Ziel, den technischen TESLA-Projektvorschlag im Frühjahr 2001 dem Deutschen Wissenschaftsrat zur Begutachtung vorzulegen, eingehalten werden kann. Diese Begutachtung wird ein erster, wichtiger Schritt auf dem Wege zur Genehmigung von TESLA als internationalem Projekt sein.

Parallel zu den Arbeiten am technischen Design wurden die detaillierten Studien für die Möglichkeit, TESLA in der Nähe von DESY zu errichten, fortgesetzt. Die Untersuchungen bezogen die Auslegung der erforderlichen Bauten, wie Tunnel, Strahlverteilung und Experimentierhallen für die Teilchenphysik und X-FEL-Nutzer, sowie die Schätzung der damit verbundenen Kosten ein. Im Rahmen der Designarbeiten für TESLA wurden zahlreiche beschleunigerphysikalische Studien durchgeführt, auf die hier im Folgenden nur kurz und beispielhaft eingegangen werden kann.

Die theoretischen Untersuchungen für eine neuartige Elektronenquelle zur Erzeugung eines „flachen“ Strahls, wie er für den Collider benötigt wird, zeigten, dass es im Prinzip möglich sein sollte, auf einen der beiden Dämpfungsringe bei TESLA zu verzichten, was eine erhebliche Kostenersparnis und Vereinfachung der Komplexität der Anlage erbringen würde. Das bei DESY entwickelte neue strahloptische Konzept hierfür wurde im Berichtszeitraum erstmals erfolgreich in Zu-

sammenarbeit mit Mitarbeitern vom Fermilab (Batavia, USA) am dortigen A0-Testbeschleuniger experimentell bestätigt.

Die Strahldynamik in dem für den Collider- und FEL-Strahl gemeinsam benutzten Teil des TESLA Linearbeschleunigers wurde detailliert untersucht, und es konnte gezeigt werden, dass der gleichzeitige Betrieb mit sehr unterschiedlichen Strahlenergien über einen weiten Bereich problemlos möglich ist. Die Energiebandbreite des FEL-Strahlführungssystems wurde optimiert, was ein schnelles „Tuning“ der Laser-Wellenlänge in der Nutzer-Anlage erlaubt. Ferner konnte gezeigt werden, dass die Effekte durch strahlinduzierte Felder (höhere Moden) in den Beschleuniger-Strukturen weitgehend stationär sind und damit sehr effizient durch ein Feed-Forward System beseitigt werden können. Der Prototyp eines solchen Systems wurde erfolgreich an der TTF getestet.

Das Konzept zur Reduktion von Raumladungseffekten im Dämpfungsring wurde detailliert mit Computersimulationen untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass dieses potenzielle Problem im Rahmen des für TESLA vorgesehenen Bereichs von Strahlparametern keine Limitierung mehr darstellt.

Vorbereitung des Planfeststellungsverfahrens für TESLA

Der geplante TESLA-Tunnel beginnt auf dem DESY-Gelände in Hamburg-Bahrenfeld und verläuft in Richtung Nordnordwest durch den Kreis Pinneberg bis zur Gemeinde Westerhorn (Abb. 111). Er liegt also in der Freien und Hansestadt Hamburg und dem Land Schleswig-Holstein. Beide Bundesländer haben im Jahr 1998 einen Staatsvertrag für die Schaffung der planerischen Voraussetzung für die Errichtung und den Betrieb von TESLA abgeschlossen. In dem Vertrag wurde festgelegt, dass für das Projekt ein gemeinsames Planfeststellungsverfahren mit einer integrierten Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchzuführen ist. Die dafür benötigte Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) ist bereits im letzten Jahr in Auftrag gegeben worden. In der Studie wird der Einfluss der TESLA-Bauwerke und des TESLA-Betriebs auf die Natur und den Menschen untersucht. Für die Beurteilung sind an den oberirdischen Standorten Indikatorpflanzen und -tiere kar-

tiert worden, das heißt, es sind ausgewählte, die Art repräsentierende Pflanzen und Tiere gezählt worden. Diese Gutachten sind im Berichtszeitraum fertig gestellt worden.

Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsstudie wird auch das Schutzgut Wasser untersucht. DESY hat ein hydrogeologisches Fachgutachten in Auftrag gegeben. Die erste Stufe ist fertig gestellt. Bis auf eine Übergangsstrecke in Hamburg liegt die Tunnelachse einheitlich 8 m unter Normalnull. Der Baugrund im Bereich des Tunnels besteht im Wesentlichen aus quartären eiszeitlichen Ablagerungen. Überwiegend sind das wasserdurchlässige Sande und Kiese, die von wasserundurchlässigem Geschiebelehm oder -mergel abgedeckt werden. Im gesamten Bereich liegt der Tunnel im Grundwasser. Untersucht werden in dem Gutachten unter anderem der hydraulische Einfluss des Tunnels und der Hallen und der Einfluss der Wasserentnahmen auf die Grundwasserstände.

Der TESLA-Tunnel liegt mit einem Abstand von 14 m direkt unter der Rellinger Kirche. Das ist für einen im Lockergestein mit einer Bohrmaschine aufgefahrenen Tunnel ein sicherer Abstand. Trotzdem wurde das Unterfahren der Kirche von einem Gutachter untersucht. Das Gutachten kommt zu folgendem Ergebnis: „Um die Standsicherheit des Gebäudes während der Tunnelarbeiten zu gewährleisten, sind keine Maßnahmen im Vorfeld erforderlich. Die Gutachter empfehlen im Vorfeld jedoch geodätische Vermessungen in halbjährlichem Abstand und tägliche Begehungen während der Bauzeit.“ Im Jahr 2000 wurden die Ergebnisse Vertretern der Kirche vorgestellt. Im Jahr 2001 beginnt die Vermessung der Kirche.

Im Jahr 2000 ist auch die Grundlagenermittlung für das Röntgenlaserlabor in Ellerhoop von externen Bauingenieuren durchgeführt worden. Die beiden Elektronenstrahlen für den Betrieb der Röntgenlaser werden etwa 1.5 km vor dem Wechselwirkungspunkt aus dem Haupttunnel in einen eigenen Tunnel gelenkt. In einem Strahlverteilungssystem werden die Strahlen weiter aufgeteilt. In einer oberirdischen Halle mit einer Grundfläche von $200 \times 50 \text{ m}^2$ befinden sich die Messplätze für die Forschungen mit Röntgenlaserlicht. Das ganze Strahlverteilungssystem wird als Tunnelanlage geplant und liegt auf einer schiefen Ebene mit einer Neigung von etwa 10 mrad. Dadurch kann man das gegebene Gelände wesentlich besser ausnutzen.

TESLA Test Facility

Linac-Betrieb und Erweiterungen

Im Rahmen der Voruntersuchungen zum TESLA-Projekt wird bei DESY der Linearbeschleuniger der TESLA Test Facility betrieben. Gleichzeitig wird dieser TTF-Linac als Treiber für einen Freie-Elektronen Laser (FEL) genutzt (siehe Seite 245 ff).

Im Berichtszeitraum konnte der Beschleuniger in der Regel in einem 24-Stunden-Betrieb an durchschnittlich fünf Tagen pro Woche genutzt werden. Längere Betriebsperioden wurden im allgemeinen durch nur kurze Umbauphasen unterbrochen. Im Frühsommer wurden im Rahmen einer sechs Wochen dauernden Betriebsunterbrechung Erweiterungen vorgenommen, die im Folgenden gemeinsam mit den Betriebserfahrungen beschrieben werden.

Das Jahr 2000 begann mit der Optimierung des Linac-Betriebs mit dem Ziel, den Freie-Elektronen Laser in Betrieb zu nehmen. Hierzu waren Strahlpulse mit einigen wenigen Elektronenpaketen pro Puls, aber mit mindestens 1 nC Ladung bei gleichzeitig hoher Strahlqualität der beschleunigten Elektronenpakete notwendig. Raumladungs- und Strahltransport-Probleme mussten überwunden werden. Es galt, den Elektronenstrahl praktisch verlustfrei durch den Undulator des FEL zu führen und innerhalb des Undulators eine Abweichung der Strahlbahn von der magnetischen Achse von unter 100 μm einzustellen. Dies gelang Mitte Februar und erlaubte wenig später am 22. Februar erstmalig den Betrieb des Lasers. Die erreichte Photonen-Wellenlänge von 108 nm stellte einen Weltrekord dar: kein anderer FEL konnte vor diesem Zeitpunkt, basierend auf dem Prinzip der selbstverstärkten spontanen Emission (SASE), Licht im ultravioletten Bereich erzeugen (siehe Seite 245 ff).

Im Zusammenhang mit der weiteren Optimierung des FEL-Betriebs war eine Vielzahl von Messungen am Elektronenstrahl notwendig.

In sogenannten Quadrupol-Scans wurde die transversale Emittanz bestimmt, die, anschaulich beschrieben, als mathematisches Produkt von Strahlquerschnitt und -aufweitung ein Maß für die Elektronenstrahlqualität

ist. Quadrupol-Scans messen den Strahlquerschnitt mittels Leuchtschirmen oder Drähten, die durch den Strahl gefahren werden.

Ebenso wichtig wie die transversale Emittanz ist die Länge der Elektronenpakete, da sie den erreichbaren Spitzenstrom im FEL bestimmt. Nur hohe Spitzenströme erlauben einen FEL-Betrieb. Von der Elektronenquelle bis hin zum Undulator wird die Länge der Elektronenpakete verkürzt und erreicht schließlich eine Länge von deutlich unter einem halben Millimeter. Dies muss durch Messungen kontrolliert werden: das Strahlprofil längs des Elektronenpaketes wird rekonstruiert. Hierbei wurde eine unerwartete Unterteilung in einzelne, noch kürzere Pakete beobachtet, die im Weiteren ausführlich untersucht werden musste.

Neben dem FEL-Betrieb lag ein weiterer Schwerpunkt bei der Vorbereitung von verschiedenen Experimenten zum Verständnis des Betriebes supraleitender Beschleuniger. Lange Pulszüge (800 μs) mit voller Strahllast (8 mA Strom) müssen beschleunigt werden, wobei praktisch kein Strahlverlust während des Transports von der Elektronenquelle bis vor den Strahlfänger akzeptiert werden kann, weil dieser eine Zerstörung des Beschleunigervakuums und damit möglicherweise auch einiger Beschleunigerstrukturen zur Folge hätte. Es wurde ein System vorbereitet, das innerhalb von wenigen Mikrosekunden einen Strahlverlust erkennt und den Beschleuniger abschaltet.

Weitere Experimente konnten durch Umbauten im Frühsommer vorbereitet werden. Vakuumkammern für das sogenannte RAFEL Experiment (siehe Seite 246), zwei extrem schnell pulsare Magnete, sogenannte Kicker, und eine spezielle Kammer mit austauschbaren Strahlrohren unterschiedlicher Oberflächenrauigkeit wurden eingebaut. Hierfür wurden wie bisher alle neuen Vakuum-Komponenten im Reinraum mit ähnlichen Prozeduren wie die supraleitenden Cavities gereinigt, um Staub und andere Partikel zu entfernen.

Die Installation der Vakuumkammern in den Beschleuniger erfolgte mit kleinen mobilen Reinräumen. Beim Betrieb des TTF-Beschleunigers bereitete das Vakuumsystem keinerlei Probleme.

Im Bereich der Hochfrequenz-Elektronenquelle mussten wiederholt Modifikationen vorgenommen werden. Der Betrieb bei dem geforderten hohen Be-

schleunigungsfeld von 35 MV/m scheint insbesondere im Bereich der Kathode, also der eigentlichen Quelle, nicht unproblematisch. Der elektrische Kontakt zwischen Kathode und Hochfrequenzresonator muss genauer untersucht werden. Der Betrieb der Photokathoden selbst entsprach den Erwartungen. Die gelegentlich notwendige Präparation neuer Photokathoden wurde vom INFN Milano erfolgreich durchgeführt. Der für den Betrieb der Elektronenquelle erforderliche Laser (Max-Born-Institut, Berlin) erwies sich auch im zweiten Betriebsjahr als äußerst zuverlässig. Im Hinblick auf den zukünftigen FEL-Betrieb, aber auch für einige anstehende Experimente wurden Erweiterungen vorgenommen. Insbesondere kann künftig der Abstand der Elektronenpakete variiert werden.

Sowohl die unmittelbar hinter der Elektronenquelle als Einfangstruktur installierte einzelne TESLA-Beschleunigungsstruktur als auch die beiden schon im Vorjahr betriebenen Beschleunigermodule liefen problemlos. Als Standardbetrieb kann für den Berichtszeitraum ein Modulgradient von 15–20 MV/m bei einer Hochfrequenzpulslänge von etwa 1.3 ms inklusive Füllzeit genannt werden.

Die Gruppe MVA hat für den TTF-Linac einen speziellen Kollimator zur Kollimierung des Dunkelstroms konstruiert. Weiterhin wurde für einen schnellen Feedback-Kicker der Gruppe MIN ein Keramikrohr mit einer dünnen Schicht aus nichtrostendem Stahl durch Sputtern beschichtet. Zwei der mit diesen Rohren ausgerüsteten Feedback-Kicker wurden bei TTF sehr erfolgreich getestet (siehe Seite 224).

Strahldiagnose und Kontrollen

Im Berichtszeitraum wurde sowohl die Elektronenstrahldiagnose als auch die Diagnose des vom FEL erzeugten Photonenstrahls deutlich verbessert. Am TTF-Beschleuniger wurde die Auslese von bereits früher installierten Strahllagemonitoren verbessert und die Elektronik an veränderte Elektronenstrahl-Parameter angepasst, vor allem konnten aber die Strahllagemonitore im Bereich der Undulatoren in Betrieb genommen werden. Es wurde auf Anhieb eine Auflösung von 20 μm für das einzelne Elektronenpaket erreicht. Über eine Mittelwertbildung kann damit die für das „Beam-Based-Alignment“ geforderte Auflösung

von 10 μm problemlos erreicht werden. Hierbei wird die exakte Position des Monitors durch mehrfach versetzten Einschuss des Elektronenstrahls bestimmt, und die gewonnenen Korrekturen können danach für alle weiteren Messungen berücksichtigt werden.

An den Monitoren zur Bestimmung des Elektronenstrahlstroms wurde bis zum Ende des Berichtszeitraumes gearbeitet; die variable Wiederholfrequenz der Elektronenpakete (0.1–9 MHz) bereitet Schwierigkeiten. An den ersten drei Strahllagemonitoren von TTF wurden Auslese-Elektroniken von HERA-e installiert. Mit deren Hilfe konnte zusammen mit einem neuen Simulationsprogramm (TU Darmstadt) die Ausrichtung der Solenoid-Spulen und des Laser-Spots im Bereich der Elektronenquelle präzise vermessen und korrigiert werden.

Nach dem ersten Betrieb des FEL im Februar 2000 wurde während der Betriebsunterbrechung im Sommer der Bereich der Photonen-Diagnose deutlich modifiziert. Zum einen machte sich hier der schon oben erwähnte Einbau des RAFEL-Experiments stark bemerkbar, zum anderen wurden Experimentierkammern eingebaut, die im Hinblick auf den späteren Ausbau des FEL die Untersuchung von Spiegeln, aber auch ein erstes Physik-Experiment unter Verwendung des erzeugten Laserlichtes erlauben. Für das TTF-Kontrollsystem wurde der größte Teil der Magnete auf das TINE-Protokoll umgestellt. Dieses wurde in die DOOCS Libraries aufgenommen. Dadurch können jetzt wieder sämtliche TTF-Programme auf alle Magnete zugreifen. Weitere umfangreiche Arbeiten zur Weiterentwicklung des TTF-Kontrollsystems sind ausführlich im Bericht der Gruppe MVP geschildert (Seite 226).

Hochfrequenzversorgung und -regelung

Einen Meilenstein für das TESLA-Projekt stellt der erfolgreiche Test des ersten Prototyps des 10 MW Multi-beam Klystrons bei langer Pulsdauer dar. Es erreichte eine Ausgangsleistung von 10 MW bei einer Puls-länge von 1.5 ms. Die Effizienz lag bei 65%. Zum Vergleich: Mit dem bisher verwendeten konventionellen 5 MW Klystron lässt sich nur eine Effizienz von 45% erreichen. Für den TESLA Linear-Collider werden 600 der Multibeam-Klystrons benötigt. Seit Abschluß des erfolgreichen Tests wird das Multibeam-Klystron

für den TTF-Betrieb eingesetzt: Es versorgt die beiden installierten Beschleunigermodule im Routinebetrieb. In der Erweiterung der TTF Halle wurde begonnen, einen weiteren Hochspannungsmodulator, dessen Schaltungsprinzip weitgehend dem der bisher bei TTF eingesetzten Modulatoren entspricht, zu installieren. Die verschiedenen großen Untereinheiten des Modulators wurden nach DESY Vorgaben von Industriefirmen gefertigt und zum Teil von diesen auch weiterentwickelt. Hervorzuheben sind der neue Hochspannungshalbleiterschalter unter Verwendung von IGCTs, der neue Typ des Pulstransformators und das neu entwickelte Hochspannungsnetzgerät, das es ermöglicht, Rückwirkungen auf das Hauptnetz zu beseitigen, die sonst mit der Betriebsfolgefrequenz des Modulators von maximal 10 Hz auf dieses einwirken würden. Die Hochfrequenzregelung der TTF, die für die Regelung der Vektorsumme von 24 supraleitenden Resonatoren ausgelegt ist und zur Zeit die vorhandenen 16 Resonatoren ansteuert, wurde über mehrere Monate lang mit Strahl betrieben und hat sich dabei als sehr zuverlässig erwiesen.

Ein neues Konzept zur aktiven Kompensation der dynamischen Lorentzkraftverstimmung der supraleitenden Resonatoren wurde entwickelt und erfolgreich am horizontalen Teststand CHECHIA erprobt. Das Arbeitsprinzip beruht auf einem piezoelektrischen Translator. Einzelheiten hierzu finden sich in dem Bericht der Gruppe MHF-p (Seite 218).

Infrastruktur

Im Berichtszeitraum konnte die Kapazität der Anlage für die Präparation der TESLA Beschleunigungsstrukturen auf den maximal möglichen Durchsatz erweitert werden. Insgesamt wurden 14 neue Strukturen ausgeliefert, an denen 146 Chemiebehandlungen (82 Titan- und 64 Niobbeizungen) durchgeführt wurden. Durch den im Vorjahr erfolgten Umbau der Reinstwasserversorgung konnten die Hochdruckspülen und die chemischen Beizungen parallel gefahren werden. Für den Test im vertikalen Testkryostat wurden im Jahr 2000 insgesamt 62 Strukturen vorbereitet. Im horizontalen Testkryostaten CHECHIA wurden 12 vollständig bestückte Resonatoren bis zum Ende des Jahres getestet. Dies ist ein Systemtest, bei dem der Resonator horizontal in einen Testkryostaten eingebaut wird, der dem Be-

schleunigungskryostaten in der technischen Auslegung sehr ähnlich ist.

Im Berichtszeitraum wurde die Helium-Kälteversorgung der TESLA Test Facility inklusive des TTF-Linac mit seinen beiden Beschleunigermodulen gewährleistet. Der Betrieb des Linac war dabei das ganze Jahr durchgehend möglich. Die künftige Erweiterung des TTF/FEL Linac verlangt eine höhere kryogenische Anschlussleistung. Hierfür wurde die Helium-Kälteversorgung an die HERA Helium-Kälteanlage angeschlossen. Die bestehende TTF-Transferleitung wurde verlängert und an die FEL Vorkühler- und Verteilerbox herangeführt. Ein zweites Vakuumkompressorsystem für Helium, das zur Entkopplung der Kälteversorgung des TTF-Linac und des TTF-Kältelabors, aber auch zur Kapazitätserweiterung benötigt wird, wurde geliefert, aufgebaut und in Betrieb genommen. Der endgültige und vollständige Anschluss zur HERA-Kälteanlage wird in der nächsten Betriebsunterbrechung des TTF-Linac erfolgen.

Zur systematischen Untersuchung von verbesserten oder auch neuen Präparationsmethoden der Oberflächen supraleitender Resonatoren eignen sich besonders 1-zellige Resonatoren. Sie können mit kleinem apparativen Aufwand behandelt und gemessen werden. In der vorhandenen Infrastruktur für die 9-zelligen TTF-Resonatoren können solche Untersuchungen allerdings nicht durchgeführt werden, da die Produktion der Serienresonatoren nicht gestört werden sollte. Es wurde daher die vorhandene Anlage zur Präparation der 500 MHz HERA-Resonatoren so modifiziert, dass ein Messprogramm mit 1-zelligen 1.3 GHz Resonatoren durchgeführt werden kann.

Die Umbauarbeiten am Reinraum und an der Kälteanlage stehen kurz vor dem Abschluss, und mit der Inbetriebnahme kann im Frühjahr 2001 gerechnet werden.

Im Hinblick auf die Verbesserung der für TESLA eingesetzten supraleitenden Cavities wurde in der Gruppe MVA an der Entwicklung einer Elektropolitur-Einrichtung für 9-zellige Niob-Resonatoren gearbeitet. Die konstruktiven Arbeiten für eine Versuchseinrichtung sind abgeschlossen und die Fertigung des Aufbaus hat begonnen. Es ist geplant, in der ersten Jahreshälfte von 2001 einen Vorversuch in der Galvanik-Einrichtung der Lufthansa in Hamburg durchzuführen.

Weiterhin wurde im Verbund mit den Gruppen FDET und MKS ein Vorhaben zur Einrichtung einer ständigen Elektropolitur-Einrichtung bei DESY beantragt. Für systematische Untersuchungen der optimalen Schweißparameter beim Schweißen der TESLA Niob-Resonatoren wird gegenwärtig eine Elektronstrahl-Schweißanlage mit besonders anspruchsvollen Vakuumbedingungen beschafft. Es ist geplant, diese Anlage bis Ende April 2001 aufzubauen.

Superstruktur

Hierbei werden mehrere Resonatoren (7- oder 9-zellige Cavities) zu einer elektrischen Einheit verbunden und können gemeinsam mit nur einem Einkoppler betrieben werden. Die elektrischen Eigenschaften der 4×7 -zelligen und 2×9 -zelligen Superstrukturen wurden intensiv mit Simulationsprogrammen untersucht (siehe Seite 215). Für die Präparation der Superstruktur sind bei der Gruppe MKS Vorrichtungen und Adapter konstruiert und gefertigt worden. Die ersten beiden 7-zelligen Resonatoren sind an DESY ausgeliefert worden und stehen zum Test bereit. Für den Test wurde zu-

nächst eine supraleitende Ultrahochvakuum-Dichtung entwickelt. Weiterhin entstanden neue Rahmen, die die Superstruktur während der Behandlung aufnehmen.

Entwicklungsarbeiten

Die Hochfrequenz-Eigenschaften der bei DESY gefertigten zwei einzelligen nahtlosen TESLA-Resonatoren 1K2 und 1K3 wurden getestet. Die Behandlungen durch Elektropolitur dieser in hydraulischer Umformtechnik gefertigten Resonatoren sind in Zusammenarbeit mit dem Jefferson Laboratory (USA) und KEK (Japan) durchgeführt worden. Die maximale erreichte Feldstärke lag bei 43 MV/m bei hoher Güte. Dieses Ergebnis gehört zu den besten Resultaten, die überhaupt in der Geschichte von supraleitenden Resonatoren erreicht worden sind (siehe Seite 232). Eine weitere Aktivität war die Entwicklung und Konstruktion einer neuen Frequenz-Feinabstimmung für die TTF-Superstruktur, die in den Helium-Tank integriert wird und somit keine zusätzliche Beschleunigerlänge benötigt. Der Prototyp ging im Herbst in die erste Testphase, das Konzept wurde bestätigt.