

TESLA COLLABORATION

Transparencies from the

**Workshop on Cavity R&D, Haus Rissen, Hamburg,
December 2, 2002**



December 2002, TESLA 2002-13

Inhaltsverzeichnis TESLA Report 2002-13

Zusammenfassung der Statusberichte - <i>D. Proch, D. Reschke</i>	1
Tuner I - <i>G. Weichert</i>	7
Tuner II - <i>H.P. Peters</i>	17
Mech. Eigenschaften der Neunzeller - <i>H.P. Peters</i>	25
Zeitplanung für die EP-Anlage - <i>A. Matheisen</i>	33
Zeitplanung für die Elektronenstrahlschweißanlage - <i>J. Tiessen</i>	44
Status der CTA in der Petra Halle NO + CO ₂ -Reinigung - <i>A. Brinkmann</i>	45
SQUID-Untersuchungen von Nb-Blechen + Hydroforming von Resonatoren - <i>W. Singer</i>	56
Magnetisierungsmessungen an Nb-Proben - <i>B. Steffen</i>	73
Gleichspannungs-Feldemissionsuntersuchungen an CO ₂ -gereinigten Nb-Proben - <i>G. Müller*</i>	85
Status der HOM-Absorber für TESLA - <i>M. Dohlus</i>	99
Hochleistungspulsmessungen am Einzeller 1B9 in Cornell - <i>B. Steffen</i>	110
Status der Einzellermessungen - <i>D. Reschke</i>	113
Results on EP nine-cells - <i>L. Lilje</i>	126
Future nine-cell program - <i>L. Lilje</i>	150
Piezo-Tuner - <i>S. Simrock</i> (Der Vortrag wurde gehalten, es liegen keine Folien vor)	

R & D Workshop im Haus Rissen am 02.12.2002

- Zusammenfassung der Statusberichte (D. Proch, D. Reschke)

Inhaltsverzeichnis

- Tuner I (G. Weichert)
- Tuner II (H.P. Peters)
- Piezo-Tuner (S. Simrock)
- Mech. Eigenschaften der Neunzeller (H.P. Peters)
- Zeitplanung für die EP-Anlage (Teil 1, Teil 2, Teil 3) (A. Matheisen)
- Zeitplanung für die Elektronenstrahlschweißanlage (J. Tiessen)
- Status der CTA in der Petra Halle NO + CO₂-Reinigung (A. Brinkmann)
- SQUID-Untersuchungen von Nb-Blechen + Hydroforming von Resonatoren (W. Singer)
- Magnetisierungsmessungen an Nb-Proben (B. Steffen)
- Gleichspannungs-Feldemissionsuntersuchungen an CO₂-gereinigten Nb-Proben (G. Müller, Uni Wuppertal)
- Status der HOM-Absorber für TESLA (M. Dohlus)
- Hochleistungspulsmessungen am Einzeller 1B9 in Cornell (B. Steffen)
- Status der Einzelmessungen (D. Reschke)

Die Beiträge von L. Lilje "Results on EP nine-cells" und "Future nine-cell program" konnten krankheitshalber nicht gehalten werden, sind aber elektronisch abrufbar.

1. Tuner I (G. Weichert)

Der überarbeitete Tuner weist vereinfachte Tuning-Elemente auf. Er verfügt jetzt über 8 eingeschweißte „Bonbon“ Typ Elemente statt 24 aus einem Rohr gefrästen Elementen. Der Montagering ist geteilt, und es wird die komplette französische Antriebseinheit verwendet. Die Antriebseinheit wird von R. Lange zur Verfügung gestellt. Die Lieferung der Tuningeinheit wird für die 51. Woche 2002 erwartet. Warme Tests sind ab Januar 03 für 6 Wochen geplant. Für den Kalttest muss ein noch zu bestimmendes Cavity eingeschweißt werden (Ti-Tank wird von MPL beigestellt). Der Kalttest könnte bei Verfügbarkeit der notwendigen Infrastruktur (Reinraum, CHECHIA, Klystron) gegen Ostern 2003 erfolgen.

Leider ist es aus geometrischen Gründen nicht möglich die Tuner I und Tuner II (Peters) auf den gleichen Tank zu montieren, so daß für einen nachfolgenden Test des Tuner I ein weiteres Cavity mit dem zum Tuner I gehörenden He-Tank verschweißt werden muss.

Im Vergleich der beiden Tuner zeigt der Tuner I eine höhere Steifigkeit (siehe Tabelle Vortrag Peters); der Tuner II hat hingegen bereits eine erfolgreiche Erprobung (4 Einheiten für den Test der Superstruktur) im Beschleunigerbetrieb erfahren. Eine Entscheidung über die Selektion des endgültigen Tuners könnte nach dem Vergleich der kalten Messungen und der Abschätzung der Fertigungskosten im Sommer 2003 erfolgen.

Die Piezo-Einheit wird in den Tuner-Antrieb integriert und ist Bestandteil beider Tunerentwürfe.. **Es wurde entschieden, daß diese Einheit aus zwei Piezo Elementen bestehen wird (siehe Simrock Vortrag).**

2. Tuner II (H.P. Peters)

Der Tuner II ist in vierfacher Ausführung beim Strahltest der Superstruktur erfolgreich eingesetzt worden (Tuner II benutzt Motor und Getriebe des französischen Antriebs; Antriebsmechanik ist in Konstruktion). Allerdings besitzt er im Vergleich zum Tuner I eine geringere Steifigkeit. Es wurde das Gesamtsystem bestehend aus Cavity und parallelem Zweig mit Bordscheibe, Ti-Tank, Tuning-Element und Tuningantrieb berechnet. Das schwächste Element ist das Cavity selber. Die Tuningeinheit ist das nächste schwache Glied, was zum einen am Tuningrohr selbst und zum anderen an der Antriebsmechanik liegt. Die Steifigkeit des Tuningrohres kann durch Verkürzung der Anschweißenden erhöht werden. Der Antriebsmechanismus wird z.Zt überarbeitet. Bedingt durch die Verlagerung des Tuners vom Ende des Cavities auf den He-Tank können steifere Bordscheiben eingesetzt werden (kein Längenausgleichsring mehr erforderlich). Bei der ‚compressed-version‘ führt das zu einer Erhöhung der Steifigkeit von 30% gegenüber der jetzigen Version, beim Doppelpneuzeller von 65%.

Details sind im Diagramm dargestellt. Im Anhang ist ein weiteres Diagramm beigefügt (wurde nicht im Meeting gezeigt), das den Vergleich beider Tuner jeweils als Gesamtsystem zeigt. **Zum endgültigen Design des Tuners ist ein minimaler Wert der Steifigkeit festzulegen.**

1. Piezo-Tuner (S. Simrock)

Langzeittests mit einem Piezo-Tuner haben keine Strahlungsschäden gezeigt. Ein Problem stellt die Empfindlichkeit der Piezo Elemente gegen Feuchtigkeit dar. Falls Wasser auf einem „kalten“ Piezo Tuner ausfällt, wird dieser zerstört. Kritisch in Bezug auf die Lebensdauer ist die Einstellung der richtigen Vorspannung. Hier fehlt ein eleganter mechanischer Design. Es wurde vorgeschlagen, Dehnungsmeßstreifen wie bei der mechanischen Analyse von supraleitenden Magneten einzusetzen. **Es wird festgelegt, daß im Tuner zwei Piezo Elemente eingebaut werden:** ein Element dient als Treiber, das zweite kann als Weggeber für ein Feedback/Feedforward eingesetzt werden. Außerdem dient das zweite Element als Ersatz bei einem Ausfall des primären Treibers. Weiterhin soll die Möglichkeit von magnetostriktiven Elementen untersucht werden (ist bei SNS in Entwicklung; zeigt hohe Kosten).

2. Mech. Eigenschaften der Neuzeller (H.P. Peters)

Es wurde eine Zusammenstellung aller mechanischen Daten des Cavities zusammengetragen. Diese Daten sind zum Teil nicht neu, sollen aber als Referenz für weitere Rechnungen dienen. Die Angabe der Verstimmung von 420 kHz/mm 9-Zeller muss aber noch mit den Meßwerten von Herrn Kreps 316 kHz/mm abgestimmt werden. Auch muß noch verifiziert werden, ob das Cavity bei 2K und Nullstellung unter Zug oder unter Druck steht (wie nach dem Saclay Design).

Nachtrag vom 12.12.02: Eine erneute Messung der Verstimmung bei Raumtemperatur von G. Kreps hat den Wert von 316 kHz/mm. **Sobald wie möglich muß die Messung im kalten Zustand wiederholt und die Daten abgeglichen werden.**

Die beobachteten Verstimmungen einiger Cavities (Feldflachheit) nach diversen Behandlungsschritten wirft die Frage auf, ob es nicht doch notwendig ist, eine Unterstützung des 9-Zellers im Le Tank zu spezifizieren. So haben die Rossendorf-Neuzeller eine Mittelstütze im Tank.

3. Zeitplanung für die EP-Anlage (A. Matheisen)

Der Arbeitsaufwand in den nächsten 8 Monaten im Reinraumkomplex ist erheblich. Details sind in den

Diagrammen zu sehen. Es gibt einen zeitlichen Konflikt zwischen den Modulmontagen einerseits und der Entwicklung der EP sowie der Behandlung von 1- und 9-Zellern andererseits. Der dargestellte Arbeitsablauf schließt eine gleichzeitige Arbeit aus beiden Reinraumbereichen aus. Dies wird aller Wahrscheinlichkeit nach zu einer weiteren Verzögerung des Einsatzes der EP führen. Im günstigsten Fall kann nur in den Monaten Januar und Februar ein Zeitraum von 2 Wochen für EP an 1- oder 9-Zellern erwartet werden (Wechselbetrieb mit Modul 2*). **Wegen der dringlichen Notwendigkeit die EP Anlage in Betrieb zu nehmen, sollen die Engpässe (Personal oder Einrichtungen??) analysiert werden und nach Möglichkeiten gesucht werden, die Arbeiten im Reinraum effizienter zu gestalten. Ebenso muß die Priorität der Modulmontagen gegenüber der EP-Aktivitäten überdacht werden. Für Einzeller besteht die Möglichkeit, durch intensiveren Einsatz der Firma Henkel die EP voranzutreiben.**

4. Zeitplanung für die Elektronenstrahlschweißanlage (J. Tiessen)

Die Parameter zur EB-Schweißung von Einzellern konnten in den letzten Monaten fixiert werden. Als schwierig erwies sich vor allem das vollständige Durchschweißen der äquatorschweißnaht an Hoch-RRR Niob. Es wurde mittlerweile ein Einzeller geschweißt.

Auch konnte eine modifizierte Schweißtechnik zwischen dem Nb-Strahlrohr und dem NbTi-Flansch erfolgreich getestet werden. Dabei ist der NbTi-Flansch u.U. nicht mehr vollständig gegen die Einwirkung der Säure während der Oberflächenpräparation geschützt. Die Folgen hieraus müssen untersucht werden (A. Matheisen).

Bis Ende Dezember sollen noch 2 Einzeller aus vorhandenen Dornier-Schalen geschweißt werden, um die Parameterwahl schweißtechnisch zu bestätigen. Im März/April 03 sollen 3 + ca. 7 Einzeller gefertigt werden. Dazu werden in den nächsten Wochen ca. 25 Bleche aus aktuellem Niobmaterial ausgesucht und anschließend bei Zanon zu Schalen gedrückt. Die ersten drei Resonatoren sollen möglichst schnell einer bewährten Oberflächenpräparation (EP, falls qualifiziert, sonst BCP) unterzogen werden, um die Qualifikation der Schweißparameter durch die HF-Messung zu erhalten. Weiterhin sind Teile für den Dunkelstrommonitor zur Schweißung vorgesehen.

Für weitere hydrogeformte 1 – 3-Zeller von W. Singer sind Schweißungen der NbTi-Flansche an die Niobrohre erforderlich.

5. Status der CTA in der Petra Halle NO + CO₂-Reinigung (A. Brinkmann)

In der „Cavity Test Anlage“ CTA wurde im Laufe des Jahres 2002 ein Routinebetrieb auch für die Kalttests erreicht. Nachteilig macht sich noch das Fehlen eines Thermometersystems für die Einzeller bemerkbar. Dies kann erst nach der Herstellung und Einbau einer neuen magn. Abschirmung, die den gesamten Heliumraum des Kryostaten umfasst, in den Messeinsatz integriert werden. Die Arbeiten sollen bis zum Frühjahr 03 abgeschlossen sein und erfordern eine Betriebsunterbrechung von etwa 3 Wochen.

Zur Erprobung der CO₂-Trockeneisreinigung wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut IPA ein Düsenkopf zur Reinigung der Cavityinnenseite entwickelt. Im Sept. 02 erfolgte die Erprobung beim IPA an drei einzelligen Resonatoren. Der Güte bei niedrigen Feldstärken war bei allen Resonatoren vor und nach der Reinigung vergleichbar, so daß eine grundlegende Schädigung der Nb-Oberfläche ausgeschlossen werden kann. Bedingt durch Feldemission war bei zwei Resonatoren die erreichbare Feldstärke nach der Reinigung geringer. Bei einem Resonator konnte eine etwas geringere Feldemissionsbelastung und damit höhere erreichbare Feldstärke gemessen werden.

Da die Versuchsbedingungen (Transport vom IPA, zusätzliche Montagen, etc.) nicht optimal waren und die Gleichspannungs-Feldemissionsmessungen (siehe G. Müller) widersprechende Ergebnisse zeigen, ist im Verlauf 2003 der Aufbau einer CO₂-Trockeneisreinigung für 1 – 3-zellige Resonatoren im Reinraum in der Halle NO geplant.

6. SQUID-Untersuchungen von Nb-Blechen + Hydroforming von Resonatoren (W. Singer)

Alle neuen Bleche für die 4 Resonatorproduktion (600 Stück) werden sowohl mit der „alten“ Eddy Current Scanning Apparatur als auch mit einer neuen Squid Scanning Anlage überprüft. Dieses Konzept benutzt als Detektor der Eddy Ströme ein Squid Element. Eine solche Apparatur ist von der Firma WSK insbesondere zur Untersuchung von Sputter Targets entwickelt worden. Nach Auswertung der Ergebnisse soll über den Nachbau der Squid Anlage entschieden werden. Die Empfindlichkeit konnte von 200µm (eddy current) auf 50µm (Squid) gesteigert werden.

Hydroforming: Die fertiggestellten zwei 2-zelligen und zwei 3-zelligen Resonatoren benötigen die Oberflächenpräparation als Vorbereitung für den HF-Test. Je ein Resonator soll zu K. Saito, KEK geschickt werden. Die restlichen zwei Resonatoren sollen trotz der Engpässe in der Infrastruktur zur Oberflächenabtragung bei DESY behandelt werden. Die Handhabung ist vergleichbar zu Einzellern (nur Strahlrohrflansche, keine HOM, Pick-up) Halterahmen sind vorhanden und können in den nächsten Tagen angepasst werden. Hochdruckspüle, Montage und Evakuieren können im Reinraum in der Halle NO erfolgen.

7. Magnetisierungsmessungen an Nb-Proben (B. Steffen)

Die Untersuchungen konzentrieren sich auf den Einfluß verschiedener Heizparameter auf H_{c2} und H_{c3} an gebeizten und elektropolierten Niobproben. Insgesamt steigt H_{c2} einer Oberflächenschicht an chemisch- und elektropolierten Proben durch die Heizbehandlung im Vergleich zu nicht-geheizten Proben deutlich an. Elektropolierte Proben zeigen im ungeheizten Zustand ein höheres H_{c2} als chemisch polierte Proben und zusätzlich einen größeren Effekt des Ausheizens. Bei BCP-Proben wurde nach 48 h bei 120 C noch keine Sättigung erreicht. Bei 144 C wird nach 48 h der max. H_{c2} -Wert erreicht; nach 96 h nimmt er bereits wieder ab.

8. Gleichspannungs-Feldemissionsuntersuchungen an CO₂-gereinigten Nb-Proben (G. Müller, Uni Wuppertal)

DC FE Messungen an Proben mit künstlicher Kontamination zeigen nach CO₂-Trockeneisreinigung (DIC) einen zum Hochdruckwasserspülen vergleichbaren Reinigungseffekt. Die Kontamination erfolgte am wirksamsten durch Cu- und Fe-Partikel. Es konnten keine negativen Effekte (Aktivierung oder Entstehen von Kohlenstoffemittern) durch die CO₂-Reinigung selbst beobachtet werden. Auch waren weder im optischen Mikroskop noch im Elektronenmikroskop mechanische Beschädigungen der Oberfläche (Erosion, etc.) zu finden.

Zukünftig sind weitere Untersuchungen an künstlichen Verunreinigungen auf nasschemisch bzw. elektropolierten Niobproben geplant. Dabei sollen relevante Partikelarten (Fe, Cu, C, etc.) auf voruntersuchten Proben in wässriger Lösung kontrolliert aufgebracht werden. Die resultierenden Emitter sollen dann detailliert mittels Feldemissionsrastermikroskop und SEM charakterisiert werden. Dabei soll auch der Einfluss von Temperaturen im Bereich von 100 - 400°C sowie von Hochstrom-Pulsbetrieb auf die Stärke und Stabilität der FE untersucht werden. Schließlich sollen diese Proben mittels Hochdruckwasserspülen und/oder DIC gereinigt und nochmals getestet werden. Hierbei können dann auch Einflüsse des Reinigungsabstands und des Reinigungswinkels untersucht werden.

9. Status der HOM-Absorber für TESLA (M. Dohlus)

Die eingebrachte Leistung durch Single-Passage-Verluste beträgt für TESLA 500 ca 23 W pro zwölf 9-Zeller, davon ca. 13 Watt im Frequenzbereich oberhalb von 10 GHz. Die resonanten Felder und die transienten (Single-Passage) Verluste müssen bedämpft bzw. absorbiert werden, um die Strahlqualität zu sichern und die kryogenische Anlage (2K) zu entlasten. Dies ist im TDR vorausgesetzt. Im GHz-Bereich wird ein Teil dieser Leistung durch die HOM Koppler an den Cavities ausgekoppelt. Die Absorption resonanter Verluste im unteren GHz Bereich erfolgt ebenfalls über die HOM Koppler. Diese Koppler sind für höhere Frequenzen nicht mehr effektiv (Kopplungsmechanismus, Kabelverluste). Deswegen sind bei höheren Frequenzen zusätzliche HOM Absorber auf 70K Temperaturniveau zwischen den Modulen notwendig. Die Funktionsweise der Absorber beruht auf dem höheren kryogenischen Wirkungsgrad bei 70K und der Ausbreitung von Feldern durch viele Cavities. Zusätzlich wird vorausgesetzt, dass alle normalleitenden 2K Oberflächen verkupfert sind (z.B. Cavity-Monitor). Eine sichere Vorhersage der Absorption pro Fläche ist nicht möglich. Da die Propagation der hohen Frequenzen durch mehrere Module erfolgt, kann der Absorptionsmechanismus nur im String mehrerer Module mit kalten Strahlrohren detailliert vermessen werden. Die spezifische Absorption des Absorbermaterials kann allerdings an kleinen Versuchsaufbauten im Linac gewonnen werden.

Die Auswahl des Absorbermaterials erfolgt primär nach geringer Reflektion und guter Dämpfung bei mittleren Frequenzen (~10GHz). Nach derzeitigen Untersuchungen bei Raumtemperatur und ersten kalten Messungen in einem X-Band Hohlleitersaufbau scheinen mehrere Materialien geeignet zu sein: Unipress (ALCOA Al₂O₃ powder, 25% Mo), CERADYNE (ZR10CB5, ZR20CB5, Z7YL). Ein einfacher Testabsorber aus ZR10CB5 wurde im Module mit der Superstruktur erprobt. Allerdings sind weitere Eigenschaften wie ausreichende thermische und elektrische Leitfähigkeit, Strahlungsbeständigkeit sowie Vakuumtauglichkeit zu fordern. Desweiteren müssen konstruktive und kryotechnische Entwicklungsarbeiten geleistet werden. Zur Weiterführung der HOM-Absorberentwicklung ist es notwendig ein Team aus Experten der Bereiche Materialeigenschaften, Vakuum- und Kryostatendesign zu bilden.

10. Hochleistungspulsmessungen am Einzeller 1B9 in Cornell (B. Steffen)

Der Einzeller 1B9 wurde nach dem cw-Vertikalttest bei DESY (Eacc = 35 MV/m) in Cornell sowohl cw (Eacc = 39 MV/m) als auch gepulst (HPP) gemessen. Im Pulstest wurden bei 4.2K etwa 40 MV/m, bei 1.6 K etwa 42 MV/m erreicht. Letzteres Ergebnis bleibt hinter den Erwartungen zurück. Mögliche Ursache ist der – trotz erfolgter 120C Heizbehandlung – ungewöhnlich starke Güteabfall bei hohen Feldstärken.

13. Status der Einzellermessungen (D. Reschke)

Die vorläufige Auswertung der Ergebnisse an elektropolierten ein- und neunzelligen Resonatoren zeigt, daß bereits ein naßchemischer Abtrag (BCP) von mehr als (10 – 15) µm die Eigenschaften eines elektropolierten Resonators signifikant verschlechtert. Ausgehend von einer gebeizten Resonatoroberfläche ist eine Elektropolitur von mindestens 80 µm notwendig, um die Eigenschaften eines elektropolierten Resonators zu erreichen.

An insgesamt 3 Resonatoren wurde der Einfluß einer Lagerung an Reinraumluft (2 Cavities) bzw. Stickstoff (1 Cavity) über einen Zeitraum von bis zu 15 Monaten untersucht. Während an den luftausgesetzten Resonatoren im Rahmen des Meßfehlers keine Degradation zu beobachten war, ist das Ergebnis für den stickstoffgelagerten Resonator nicht eindeutig.

An zwei Resonatoren konnten nach einer mechanischen Abtragung der Oberfläche von etwa 150 µm

TESLA 2002-13

sowie zusätzlicher naßchemischer Abtragung (40 µm) und Elektropolitur (80 µm) Feldstärken von über 35 MV/m bei hohen Güten erzielt werden. An einem weiteren Resonator soll nun untersucht werden, welcher minimale Elektropoliturabtrag nach der mechanischen Abtragung erforderlich ist.

In nächster Zeit werden vor allem die Parameter des Niedertemperatursausheizens sowie der Güteabfall bei hohen Feldstärken ohne Feldemission untersucht. Daneben sollen die ersten bei DESY geschweißten Einzeller zur Qualifizierung der Schweißparameter gemessen und alternative Herstellungsverfahren und Niobmaterialien qualifiziert werden.

Status Tunerentwicklung

1) Geschichte:

Alter franz. Tuner weich, hatte Hysterese.

Federkonstante: Gerechnet 5,4 μ /kN, gemessen 26,7 μ /kN (Faktor 5),

Ge.Meyer gerechnet 14,6 μ /kN.

Die äußeren Teile, wie Rohre, Anschlußscheiben usw. haben ca. 8 μ /kN.

Warum steif?

Änderung der Frequenz bei inneren u. äußeren Kräften.

Innere Kräfte durch Änderung der magnetischen u. elektrischen Felder.

2) Tuner 0 / H.Kaiser, Ge.Meyer -MPL-

Deshalb wurde ein neues Konzept überlegt.

Dieses Konzept sollte die Steifigkeit erhöhen, und es entstand der Vorschlag, die Verstelleinheit als Tunerrohr "überzustülpen", im Gegensatz zum "zwischengefügt" franz. Tuner. Dadurch wird Einbaulänge am gesamte Cy-System gespart. Vorgaben für Verstellung am 9-Zeller: 20 μ m/Step entspr. 10 HZ

Konstruktionsprinzip:

Fischgräten (Kniehebel-Prinzip), keine beweglichen Lager in der ersten Übersetzung, sondern Biegeelenke.

Die zweite Übersetzung war zunächst eine Druckschraube, die von einem Stepmotor angetrieben wurde und den Mittelring des Tunerrohrs um seine Achse drehte.

Tests:

Gemessen wurde eine Federkonstante zwischen 4 und 8 μ /kN, belastet wurde mit 2 kN.

Probleme: Abrieb am Gewinde und am Druckstück (weil wegen Vakuum und Kälte keine Schmierung),

Beschichtung, passender Motor (Phytron), Montage über das Innenrohr, Einstellung mit Gewinding.

Daraufhin wurde die Konstruktion ergänzt durch eine zusätzliche Übersetzung

(Exzenterhebel).

Der Verstellweg eines Systems ändert sich linear mit der Übersetzung, die Steifigkeit jedoch quadratisch, und man konnte hier Kugellager für die Achsen vorsehen. Vorgesehen waren jetzt Kalttests, die aber wegen der Wartezeiten nicht mehr durchgeführt wurden.

3) Tuner 1 / Ge.Meyer -MPL-

Die gesammelten Erfahrungen sollten für einen zweiten Tuner genutzt werden, und die Konstruktion wurde neu überdacht, ergänzt und geändert. Änderungen:

Geteilte Ausführung (Halbschalen): Leichtere Montage, die Stützrollen können von innen eingesetzt werden, der Tuner muß nicht über das gesamte Innenrohr mit allen Anschlußstutzen usw. geschoben werden. Die Wandstärke kann stärker sein.

Die gesamte Einheit kann jetzt vorher geschweißt werden, nicht erst nach der Montage des Tuners (Demontage möglich).

Voreinstellung der Länge über Schrauben, die Innenrohr und Tunerrohr zueinander fixieren, nicht mehr über einen Gewinding.

8 Stützrollen wurden beibehalten, sie verhindern das seitliche Ausweichen des Mittelrings und fangen die exzentrische Justierkraft auf.

8er-Teilung der Fischgrätenstruktur (alte Ausführung 24er-Teilung):

Material Titan 5 o.ä.ä. nur noch für die "Knochen" erforderlich, nicht mehr für den gesamten Tuner. Materialersparnis, weil die Knochen separat hergestellt werden, sie können jetzt eingeschweißt werden (vorher aus Platzgründen kaum möglich).

Franz. Antrieb (Harmonic Drive) wurde übernommen. Gründe:

Erprobung inzwischen abgeschlossen, Aufnahme der Axialkräfte durch Kugellager günstiger als über Links- und Rechtsgewinde und Faltenbalg bei Tuner 0 und Tuner 1, Programmierung für den Step-Motor zur Steuerung des Verstellweges erfolgreich getestet.

Übersetzung: Stopmotor 200 Steps/Umdr., Getriebe 88:1, Tunerrohr 3:1 (Mittelwert), Exzenterhebel 25:4, Steigung der Antriebsspindel 1,5 mm.

Hieraus Verstellweg am Cy=4,5 µm/Step, gefordert 20 µm/Step. Max. Verstellweg 1,33 mm am Cy.

4) Piezo-Element für schnelle Verstellung im µm-Bereich

Nachträglicher Einbau: Die Zugstange wird aufgetrennt und das Piezo-Element mit entspr. Aufnahme wird aufgeschweißt.

Das angebotene Element ist verhältnismäßig weich, die Federkonstante ist etwa so groß wie vom gesamten übrigen System, so daß dieses insgesamt etwa doppelt so weich wird.

5) Grundsätzliche Probleme:

Die Cy sind axial sehr steif, die Federrate ist ca. 4 kN/mm.

Hieraus sehr große Kräfte auf das Justiersystem, wenn die ungespannte Länge der CY von der Arbeitslänge im Kalten abweicht. Man muß versuchen, die Cy-Länge im warmen Zustand möglichst gut anzupassen, so daß die Justierkräfte im kalten Zustand niedrig sind.

Das Innenrohr der Justiervorrichtung wurde zunächst für die 7-zellige Superstruktur ausgelegt. Im September 02 kam die Vorgabe für den Betrieb mit einem 9-zelligen Cy. Da es keine freien 9-Zeller mehr gibt soll das Cy aus dem Tank des Prototyps Tuner 0 herausgetrennt werden und in den Tank des Tuners 1 geschweißt werden.

6) Termine

Absprache nötig mit H. Dicke -ZM2- und R.Lange -MKS- bezüglich Trenn- und Schweißarbeiten und Tests mit neuer Vorrichtung.

Termine: Jan. 03 warm, März 03 kalt ? (Absprache mit R.Lange)

7) Datenblatt für Tuner-System

Feinabstimmung: 1 Hz entspr. 2nm Längenänderung

Die Abstimmung soll in Schritten von 10 Hz entspr. 20 µm möglich sein.

Verstellbereich der Fischgräten insgesamt: 10,5° ... 8°

Übersetzung: Stepmotor 200 Steps/Umdr., Getriebe 88:1, Tunerrohr 3:1 (Mittelwert),

Exzenterhebel 25:4, Steigung der Antriebsspindel 1,5 mm.

Hieraus Verstellweg am Cy (gefordert 20 µm/Step) 4,5 µm/Step,

Max. Verstellweg am Cy 1,33 mm

Verstellweg am Umfang: 4 mm

Verstellweg an der Zugstange: 25 mm

Federkonstante des Cy 4 kN/mm *

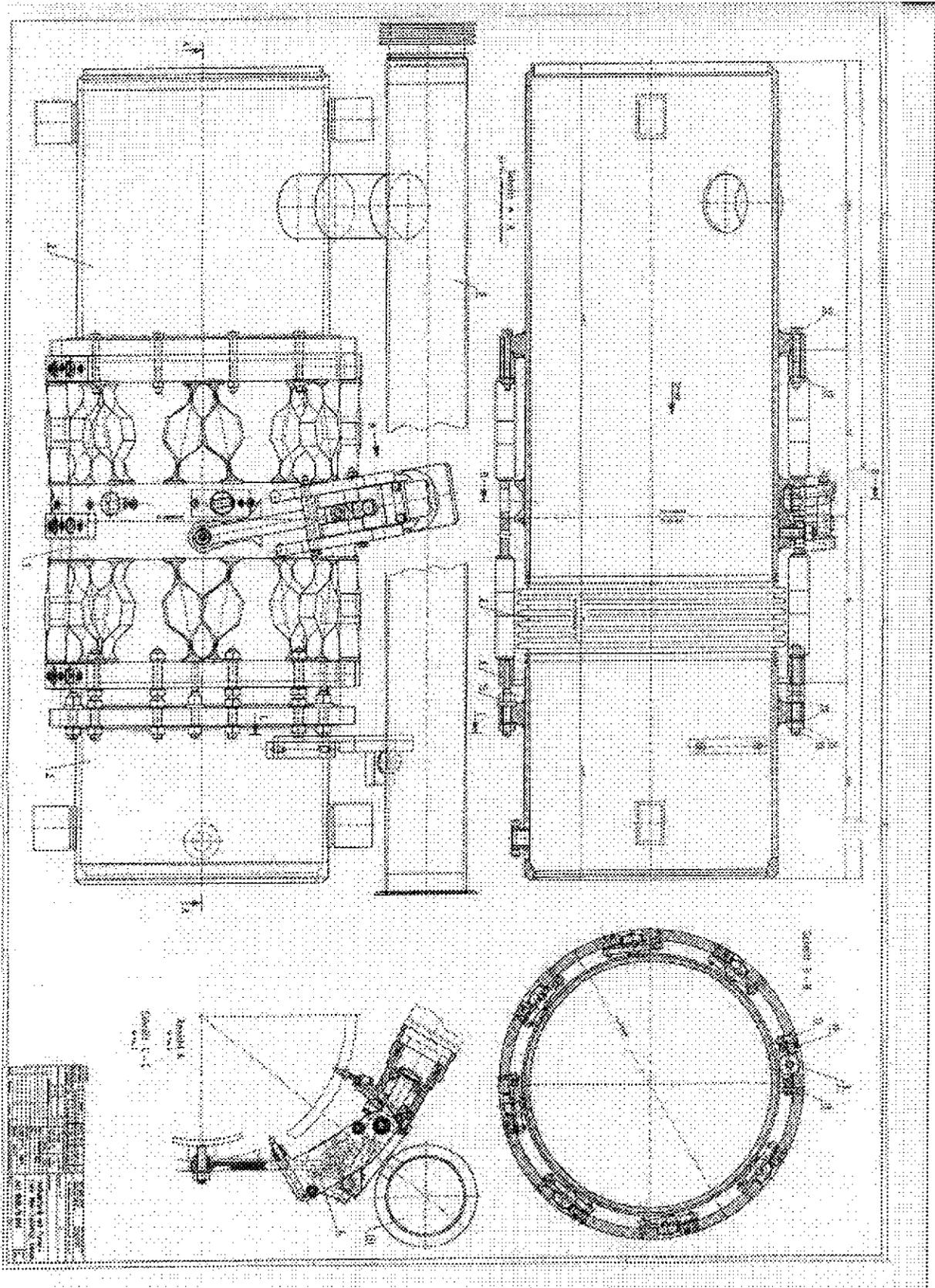
*angeblich gemessen (H.Kaiser, H.Kreps ?). Aus den FEM-Rechnungen von H.B.Peters würden sich für den 7-Zeller 3,69 kN/mm ergeben.

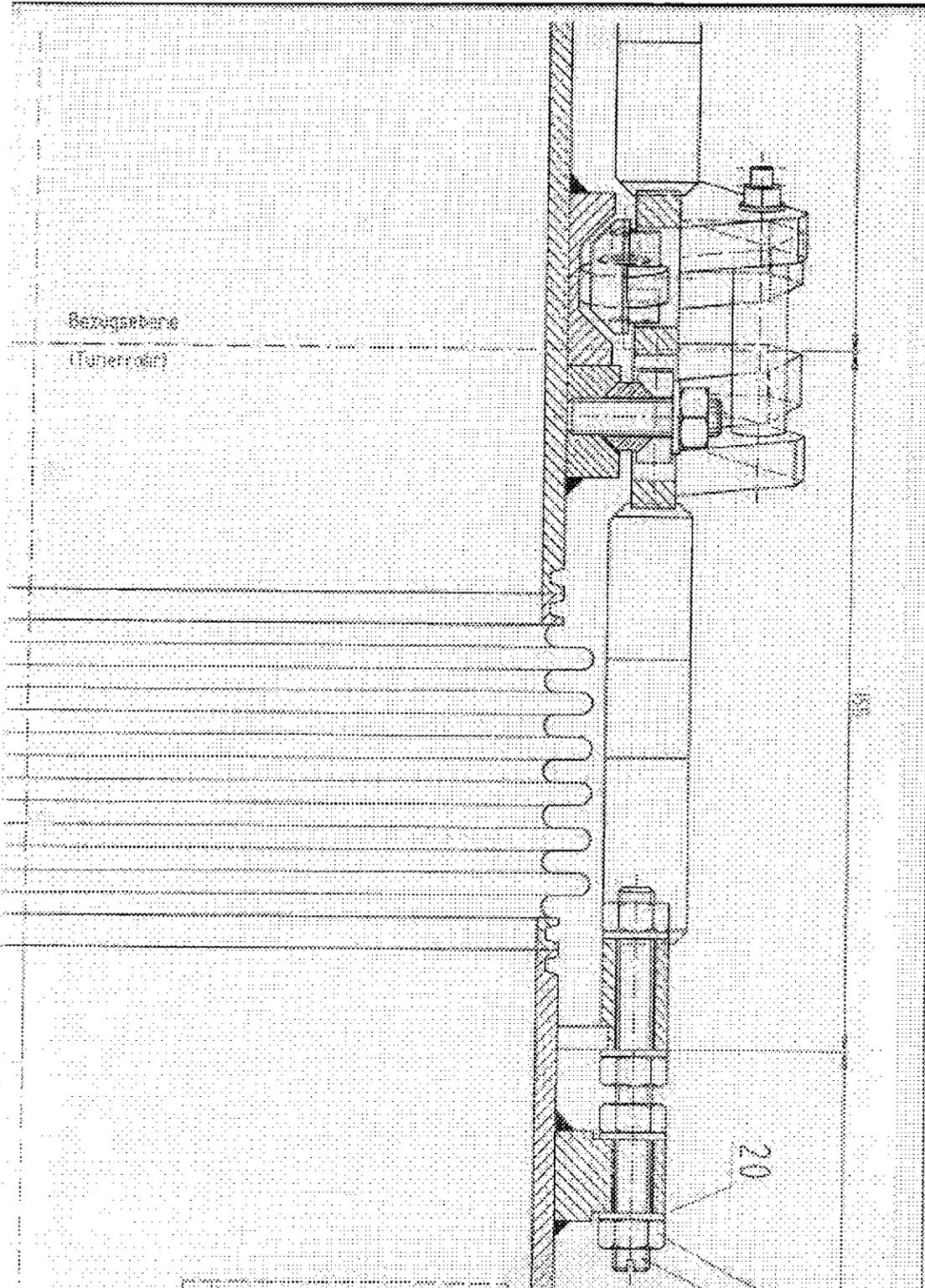
8) Auftrag an Firma Graevon, Fertigung des Tanks und des Tunerrohrs

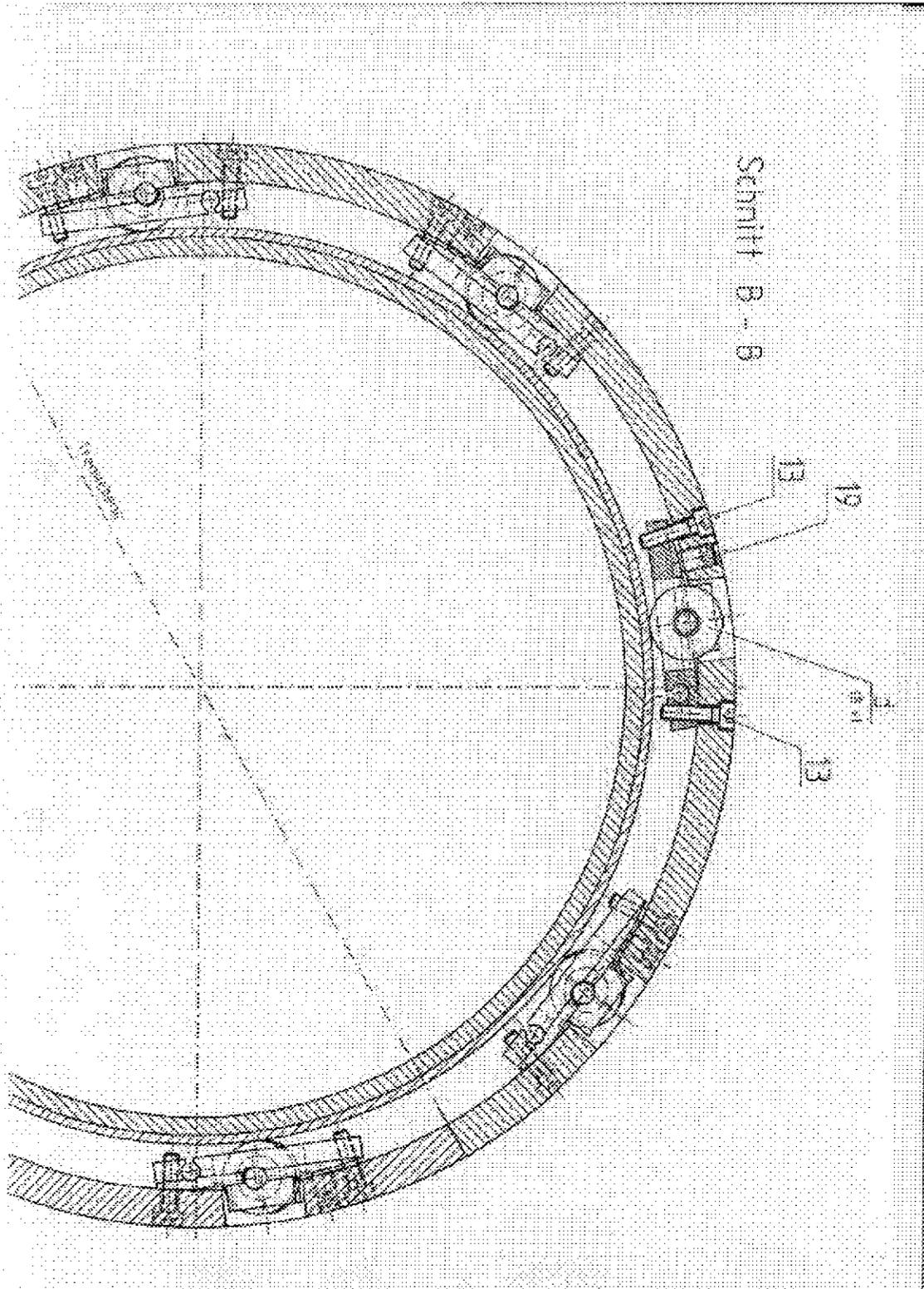
Fa. Graeven hat inzwischen die Knochen gefertigt (Wasserstrahlschneiden und an den schmalen Stegen nachfräsen), das Tankrohr auf 9-Zeller-Länge gebracht und die Einheit zum Schweißen fixiert.

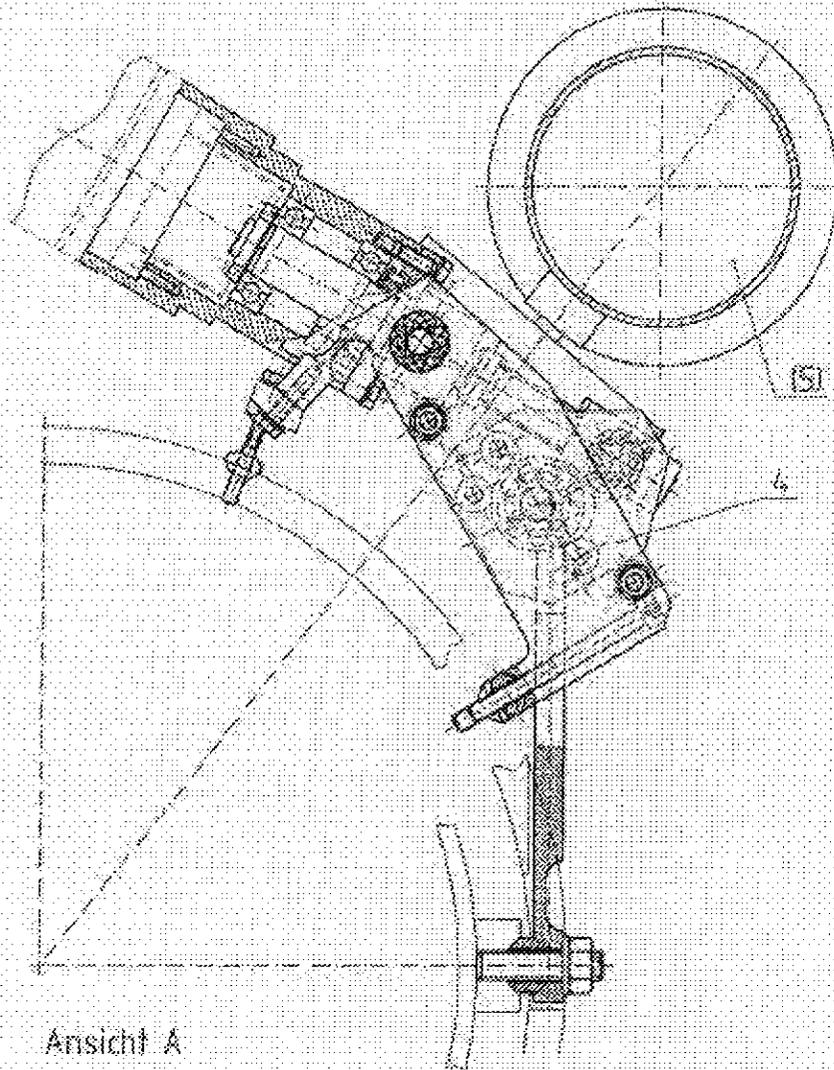
Die mechanische Bearbeitung der Tunerflansche erfolgt 48./49. KW.

Die Antriebseinheit wurde anderweitig vergeben, desgl. die beschichteten Kugellager. Lieferung von Fa. Graeven: 50./51. KW



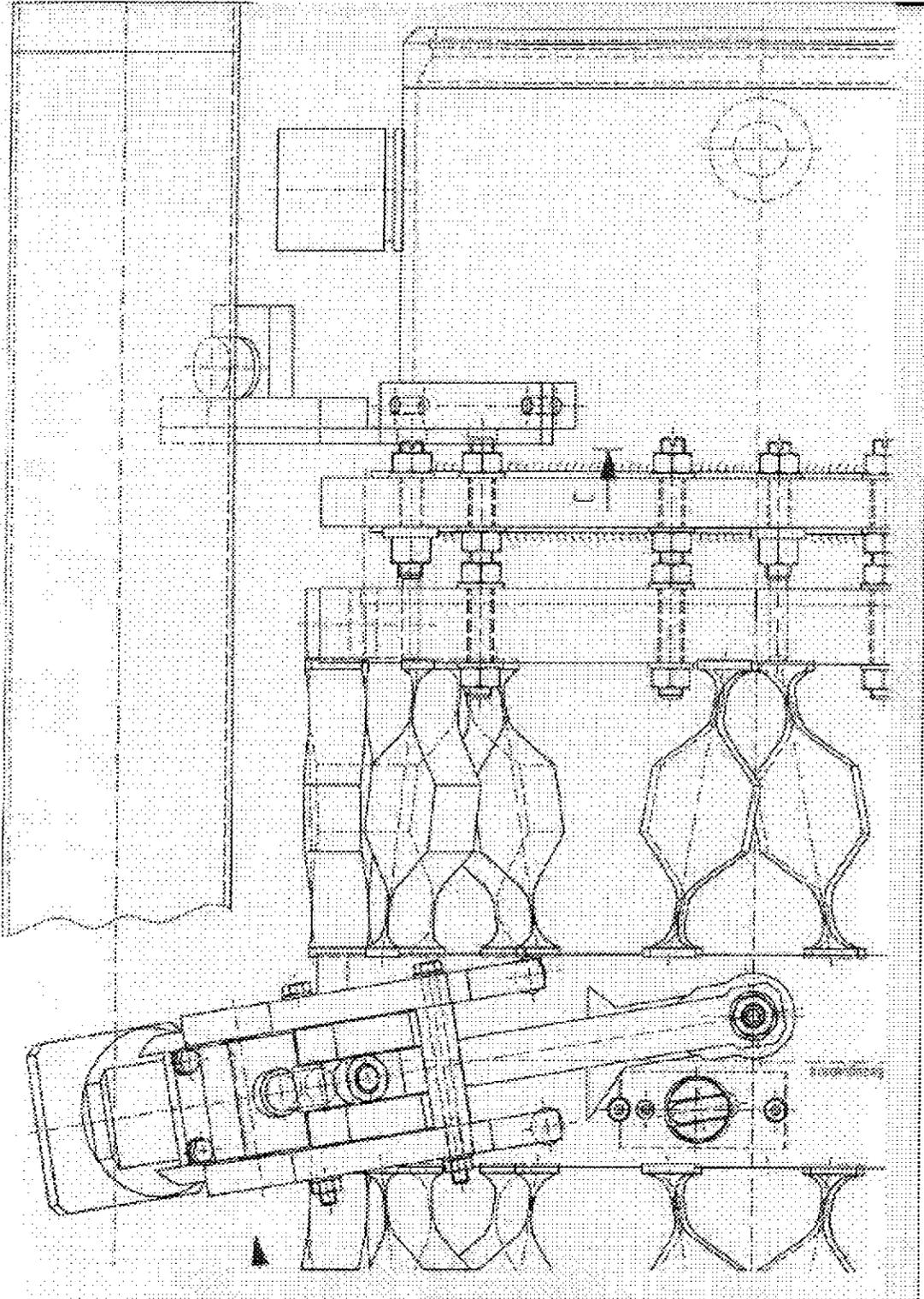


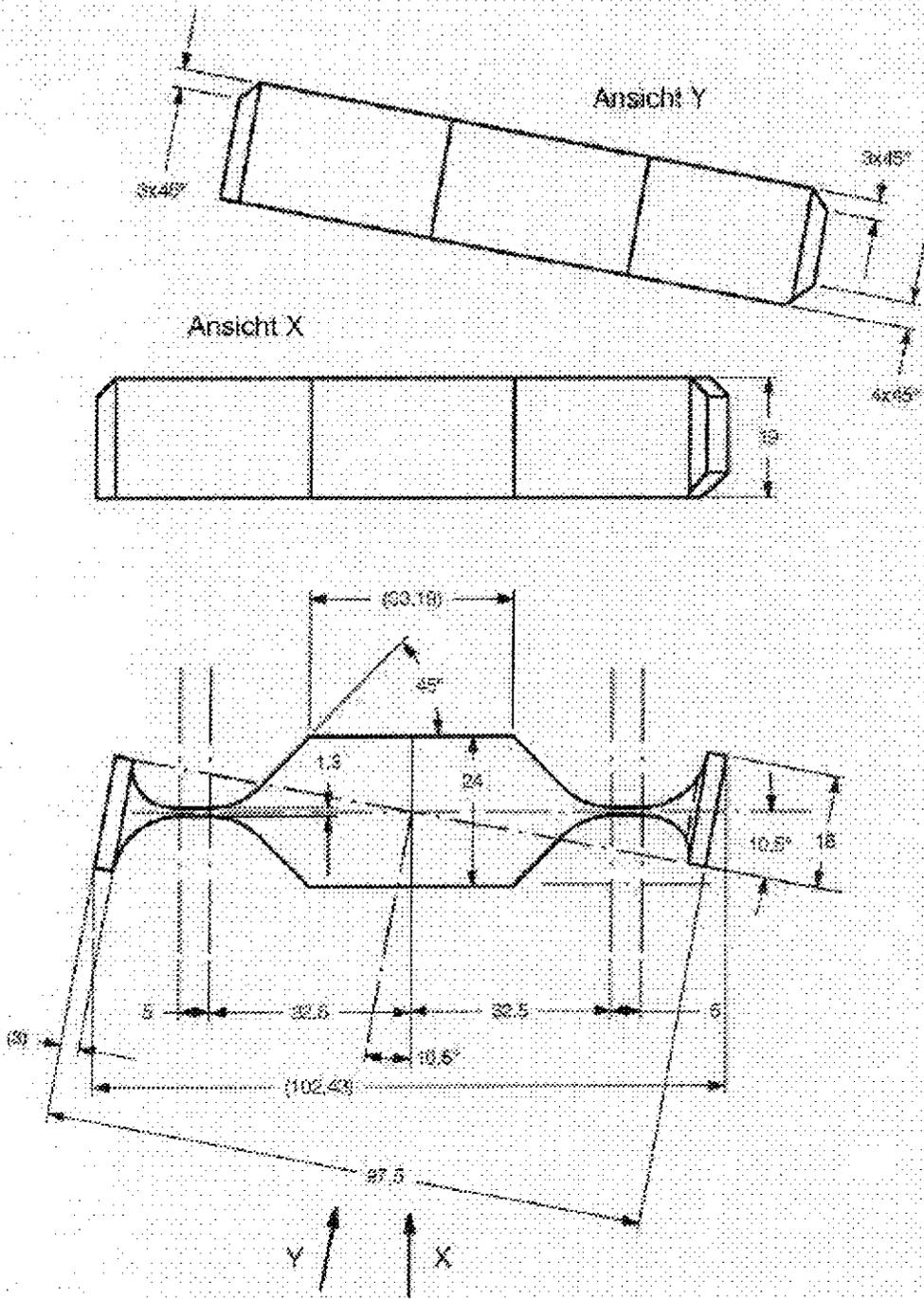




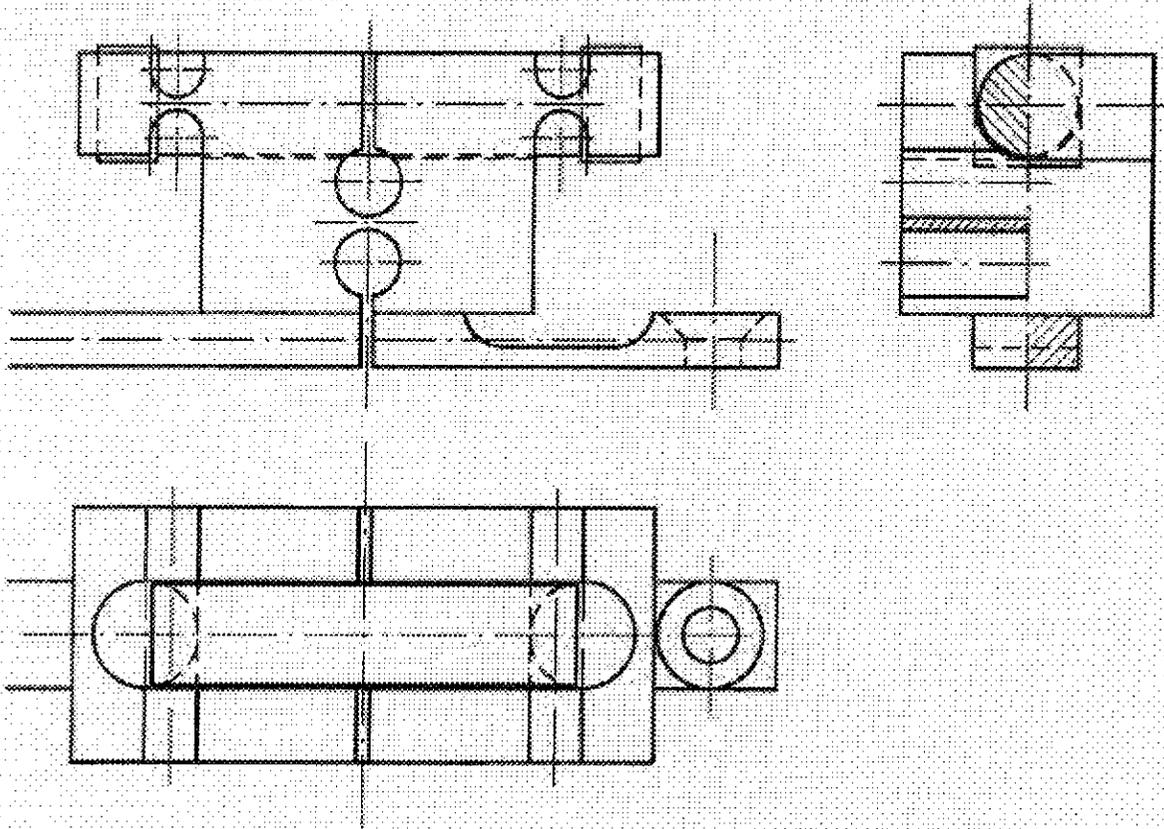
Ansicht A

Gr. Pos. 1





Piezoaufnahme

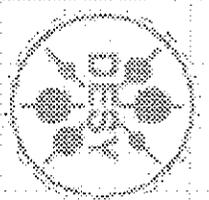


z.B. für:
 Piezo-Element PSt 150/10/600 VS15
 Durchmesser 15 x 64

Vorspannung ca. 400 N
 Belastung 4000 N max (entspr. 12 kN am Cy)
 Hub 80/60 μm max (entspr. 20 μm entspr. 10 kHz am Cy)
 Hub kalt 6 μm max (entspr. 2 μm entspr. 1 kHz am Cy)
 Steifigkeit 35 N/ μm (entspr. 3,2 $\mu\text{m}/\text{kN}$ am Cy)

ACHTUNG: Piezoelement noch nicht endgültig festgelegt!

Tuner II

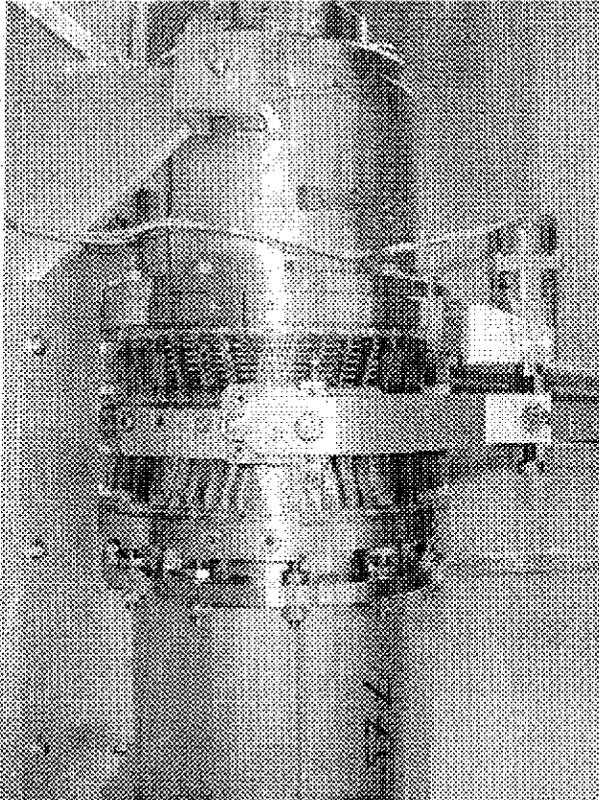
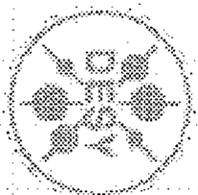


Stand;

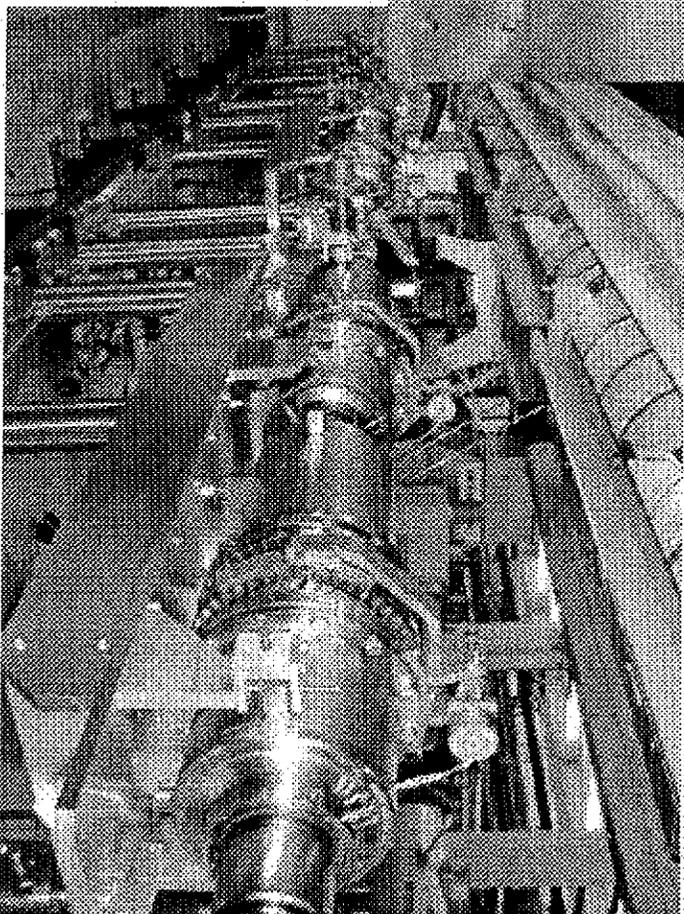
Betrachtungen zur Steifigkeit

Cavity R&D-Meeting „Haus Rissen“
2.12.02

Tuner II

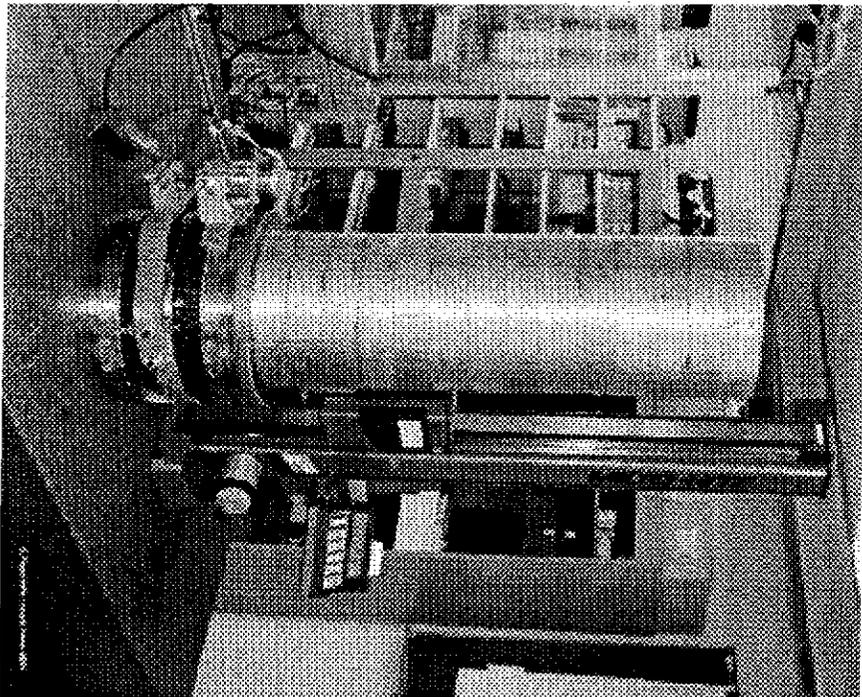
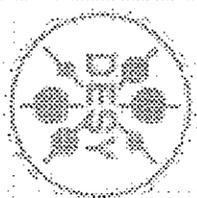


Tuner in Mittelposition
(0,5mm vorgespannt)



Viermal in Superstruktur
eingebaut

Messung der Turnersteifigkeit



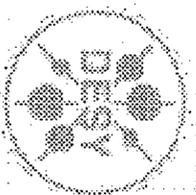
Ergebnis der Messung:

	c	1/c
Ohne Antrieb*	89	11,2
Mit Antrieb	25	40

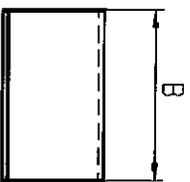
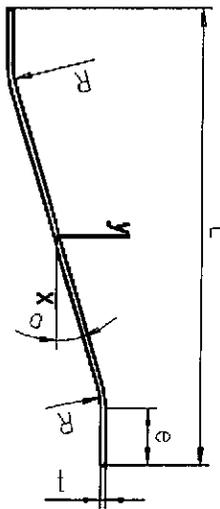
* Antriebshalbringe kurzgeschlossen

Federelement („Blade“)

Möglichkeit zur Erhöhung der Längssteifigkeit

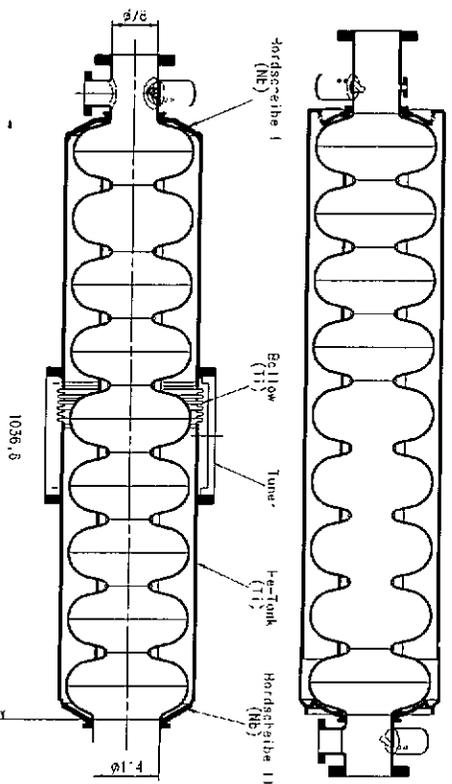
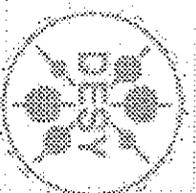


Geometrie



	a	R	B	t	L	e	Anz.	c	1/c
	Grad	mm	mm	mm	mm	mm	Stck	kN/mm	μ /kN
Aktuell	15	2	15	0,5	40	5	92	166	6,0
Modifiziert	15	2	15	0,5	40	2	92	700	1,4

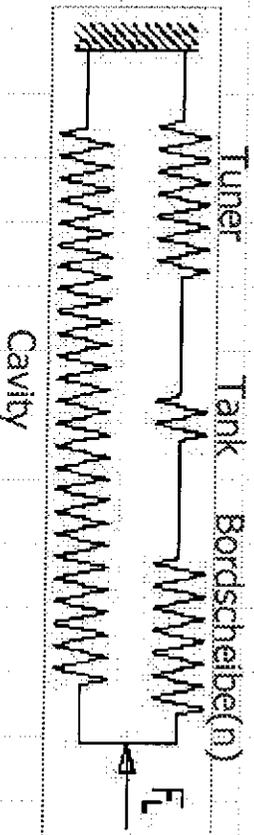
Federsystem Cavity/He-Tank/Tuner



Standard-Neunzeller

Doppel-Neunzeller

Federschema: Tank, Tuner und Bordscheibe liegen in Reihe, das Cavity parallel dazu:



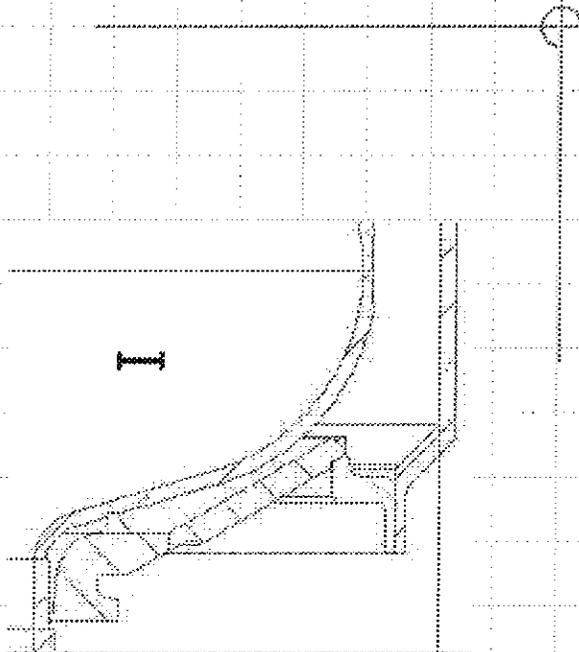
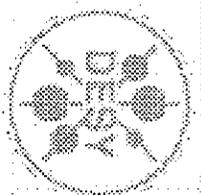
Lorentzkraft:
 $F_L = 30\text{N}$

$$C_{\text{Cavity}} = 3\text{KN/mm}$$

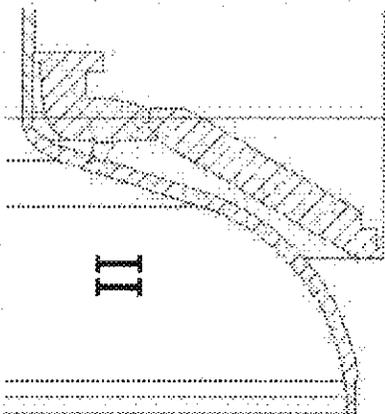
$$C_{\text{Tank}} = 400\text{KN/mm}$$

Bordscheibenformen

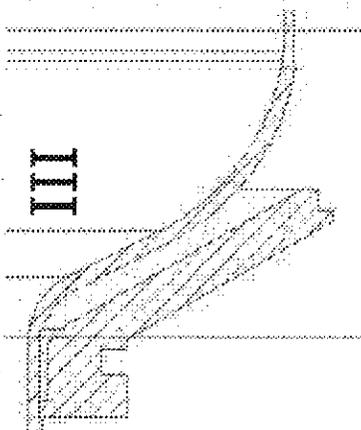
und deren longitudinale Steifigkeiten



t	c	1/c
mm	KN/mm	μ /KN
5	48	21
6,5	56	18



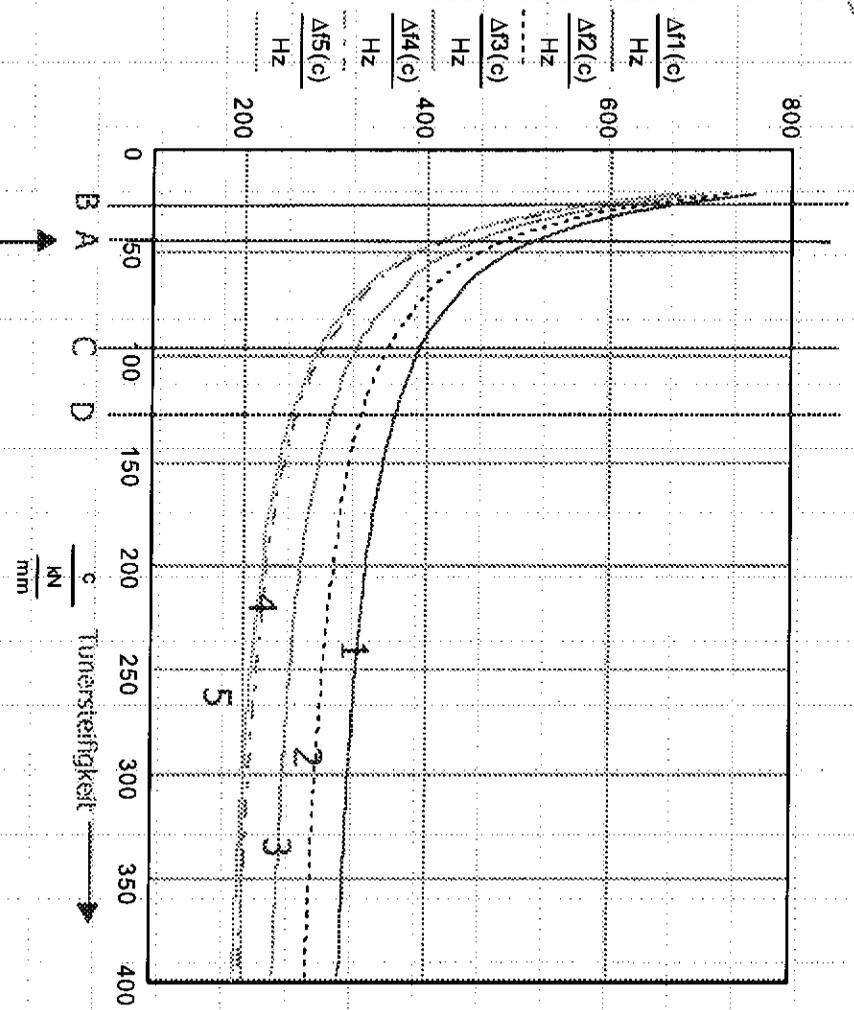
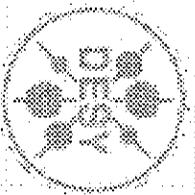
t	c	1/c
mm	KN/mm	μ /KN
6,5	131	7,6
8,0	136	7,4



t	c	1/c
mm	KN/mm	μ /KN
6,5	266	3,8
8,0	286	3,5

Frequenzverschiebung in Abhängigkeit der Tunersteifigkeit

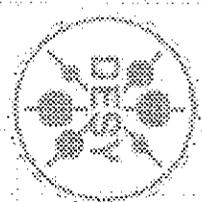
(bei verschiedenen Steifigkeiten des Systems Tank/Bordscheiben/Cavity (Kurven 1-5))



Saclay-Tuner

Berechnung basiert auf eine Frequenzänderung von 420KHz pro mm Cavity-Längenänderung
 Verstimmung durch Zellendeformation ist hier nicht enthalten

- A Saclay-Tuner
- B Tuner II (Bladetuner) mit Antriebseinheit (gemessen)
- C Wie B, jedoch ohne Antriebseinheit
- D Tuner I (MFI), Wert aus Messungen des ersten Prototypen skaliert
- 1 Aktuelle Ausführung (BS-Typ I), Bordscheibendicke=5mm
- 2 Wie 1, Bordscheibendicke=6,5mm
- 3 Neunzeller mit Tuner in der Mitte, d.h. 2 Bordscheiben vorn Typ II, 8mm dick
- 4 Doppelneunzeller, Bordscheiben Typ I und II, 6,5mm dick
- 5 Doppelneunzeller, Bordscheiben Typ I und II, 8mm dick



Die nächsten Schritte

- ◆ Festlegung der Mindeststeifigkeit des Tuner
- ◆ Überarbeitung des Antriebs
- ◆ Serientaugliche Anbindung an He-Tank

Tesla-Cavity

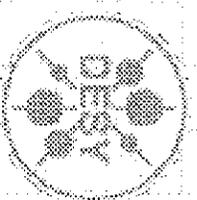
Mechanische Eigenschaften

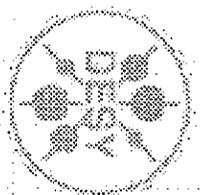
Geometrie,

Kräfte, Spannungen,....

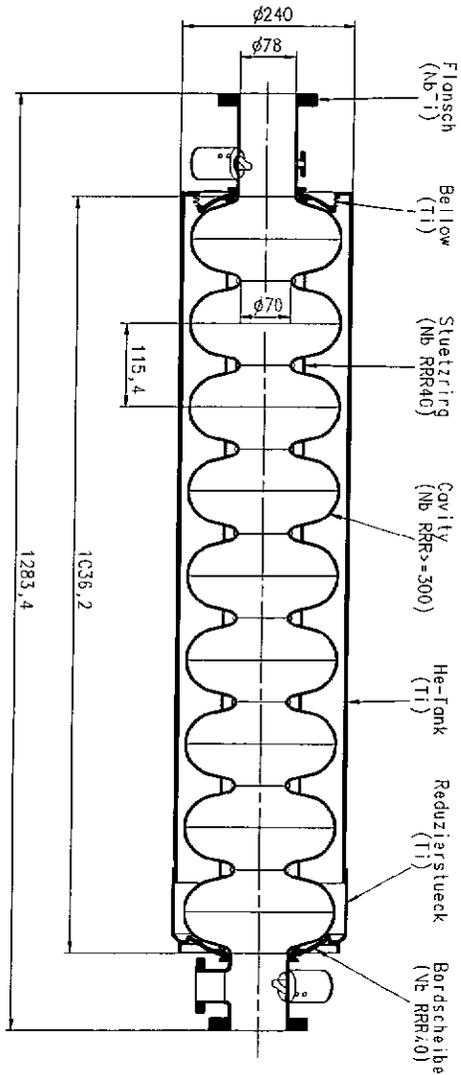
Veranstaltung „Haus Rissen“

2.12.02





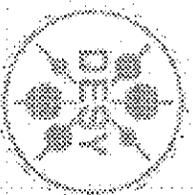
Geometrie, Volumina, Gewicht



Material	kg
Nb RRR >= 300	22
Nb RRR >= 40	4,2
NbTi	2,5
Ti 2	17

Volumen	l
Vakuum (nur Zellen)	23
Helium	18

Werkstoffeigenschaften Niob

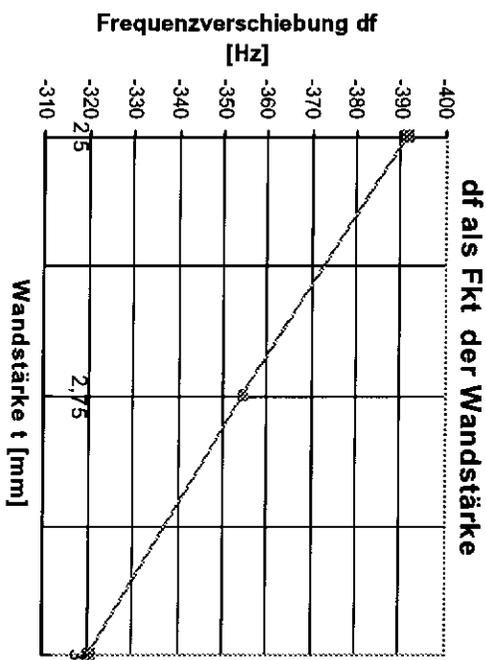
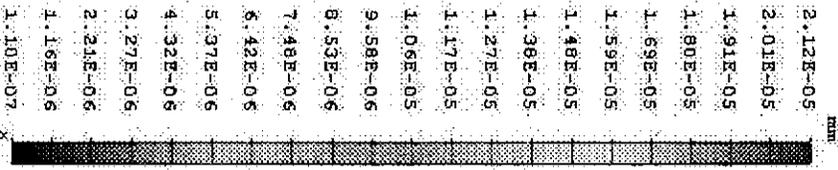
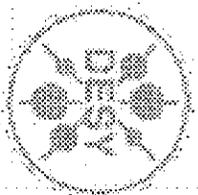


Für die folgenden Berechnungen und spannungsmäßige Bewertung relevanten Werkstoffeigenschaften:

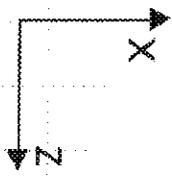
	Lieferzustand	Geglüht (1400°C)	
		RT	1,8K
E-Modul N/mm ²	104000	104000	(110000)
Streckgrenze N/mm ²	55	10	>100

78

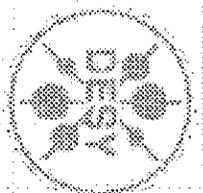
Normalhalbzelle $t=2,5\text{mm}$ Lorentzkraftverstimmung



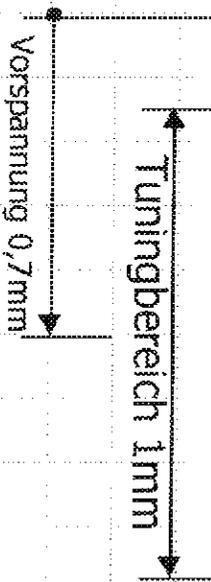
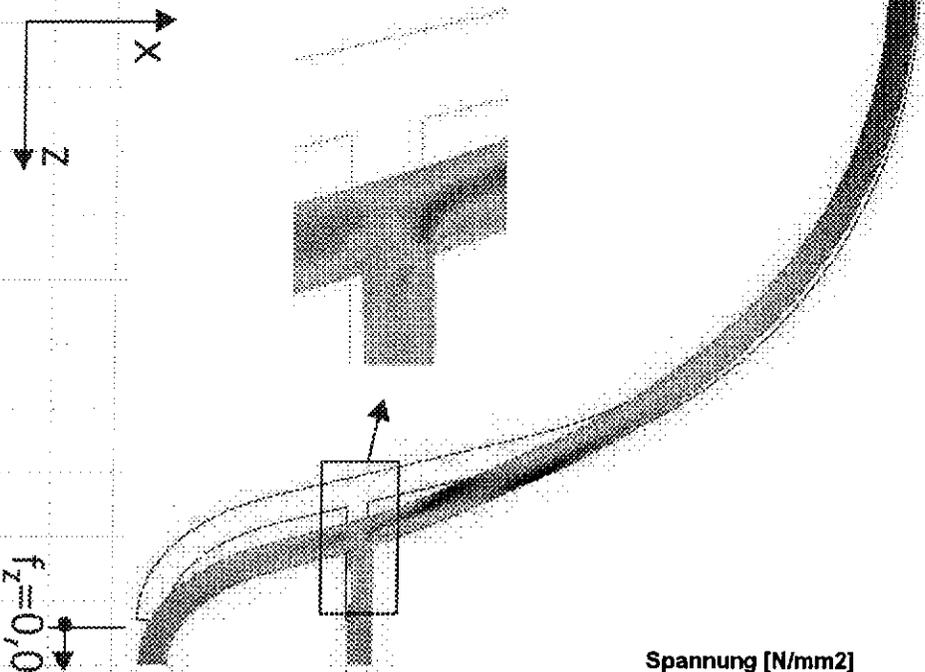
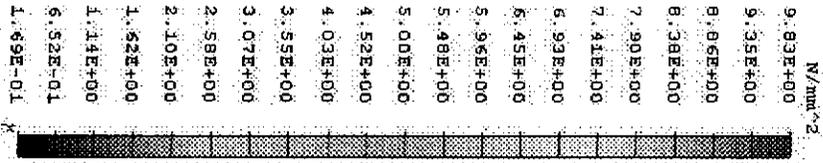
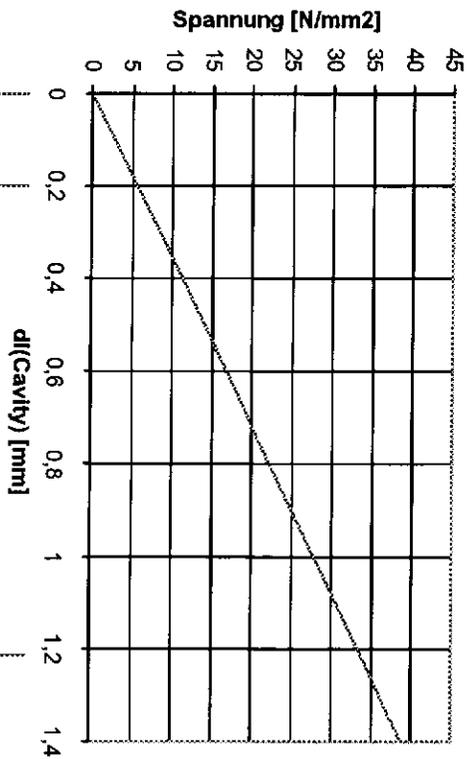
Stützkraft in Irissebene:
 $F_z = 30\text{N}$



Normalhalbzelle Tuning („kalt“)



Spannungen beim Tuning

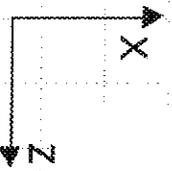
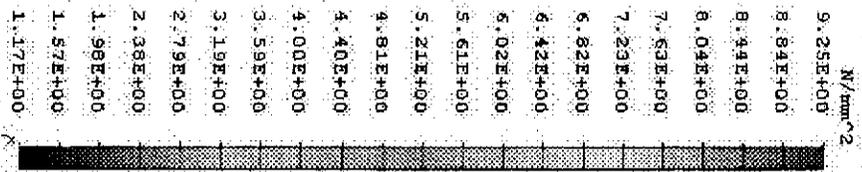
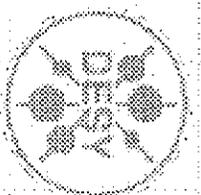


$f_z = 0,01 \text{ mm}$

68

Normalhalbzelle

2bar Aussendruck



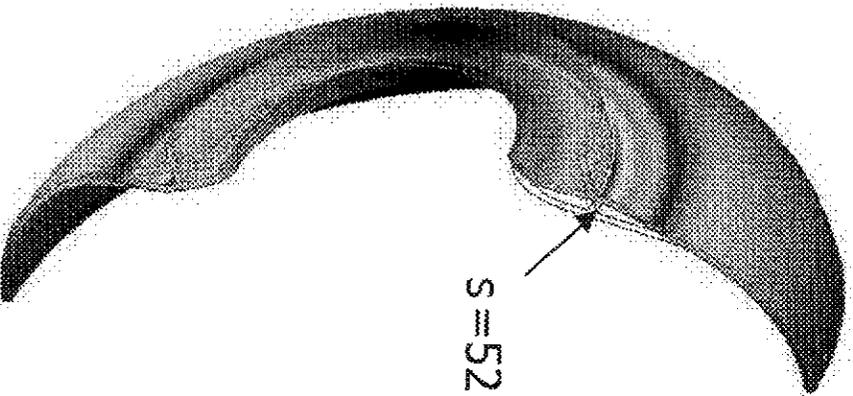
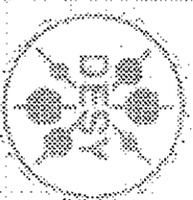
Max. Spannung:
9,2 N/mm²

Max. Deformation:
 $f_{abs} = 0,005\text{mm}$

Stützkraft:
 $F_z = 1400\text{N}$

Biegesteifigkeit der Halbzelle $t=2,5\text{mm}$

Ersatzträgheitsmoment



$$s = 52 \text{ N/mm}^2$$

Ermittlung des Ersatzträgheitsmoments durch Kippung der Iris um 1 mrad und Berechnung des hierfür erforderlichen Moments.

$$I_{\text{Ersatz}} := \frac{M \cdot l}{\tan(\phi) \cdot E}$$

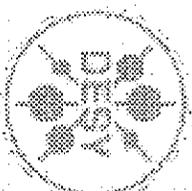
Aus FEM-Rechnung:

$$M = 1 \times 10^5 \text{ Nmm}$$

Damit:

$$I_{\text{Ersatz}} = 5,5 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

Einspannmomente und Durchbiegung

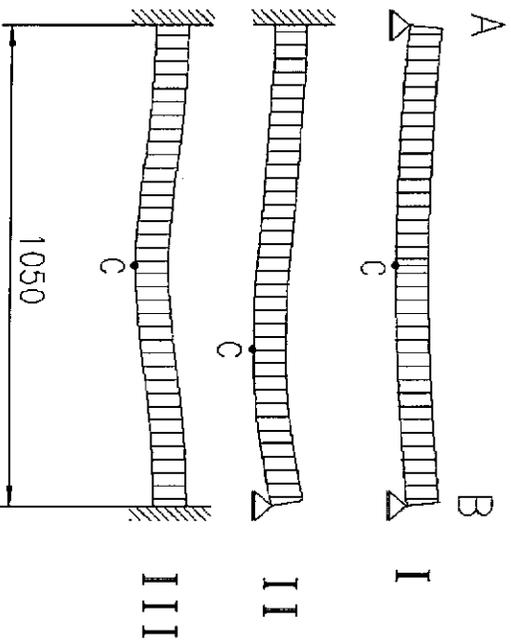


Einspannfälle: A,B=Position der Bordscheiben

Fall I: Handling

Fall II: Cavity mit Tuner am Ende

Fall III: Cavity mit Tuner in der Mitte



Fall	M	S	f
	Nm	N/mm ²	mm
I	23 (C)	12	0,47
II	23 (A)	12	0,2
III	16 (A,B)	8	0,1

Status Elektropolitur bei DESY

Es war versprochen worden das bis 20.12.02 die ersten Cavities bei DESY poliert werden

Zustand EP Anlage Hardware

Setup für Ein-und Mehrzeller → fertig gestellt (Oktober 02)

„ cold „ Commissioning → beendet 15.11.02

TÜV Abnahme → 1te Teilabnahme September 02 (Systemtest ohne Säure)

≈

→ Endabnahme ????? (im laufenden Betrieb mit Säure)

TÜV Auflagen →

- o Mechanik erledigt!
- o Elektrik Schaltschrank 90 % erledigt
- o Notstrom UV 5.1 im Aufbau /

kann aber erst im Shut Down Reimraum installiert werden (CP und EP wird vom der selben UV versorgt)

- o redundante Sensorik Im Aufbau Fertig bis Ende 02

Säure → Im Hause seit 5.11.02

Bisherige Planung

Modul 3stern Austausch 2er Cavities

Beseitigung Leckagen ERLEDIGT am 15.11.02

Shut down Reinraum 15.11.02 – 21.11.02

Start Test EP mit Säure 21.11.02

EP und Präparation Modul 2*

ab 21.11.02 in Wochen Rhythmus

1 Woche BCP für Modul 2*

1 Woche EP

Es hätte wie versprochen losgehen können aber

Alle Testläufe an der EP mit Säure auf weiteres verschoben

um Module 3 * zu „fertigen“

Module 2 * und 1 * (welche Priorität)

A.Matheisen--MKS3 ~~Siehe~~ ~~Zeit~~ ~~plan~~ ~~schedule~~ A.Matheisen

ID	Vorgangsname	Duration	Qtr 4, 2002			Qtr 1, 2003			Qtr 2, 2003			Qtr 3, 2003		
			Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
1	Shut down 1 Reinstaum	5 dys												
2	reinigung	5 dys												
3	3ter Pumpstand	5 dys												
4	Shut down 2 Reinstaum +HD	20 dys?												
5	Hydromat new SPS	20 dys												
6	Umbau	5 dys												
7	Abfahren + Abnahme	15 dys												
8	renew valvebox (made 1993)	15 dys												
9	change box	5 dys												
10	testrun	10 dys												
11	Reinstwasseranlage +HD	20 dys												
12	Reinigung und Filter	5 dys												
13	Qualifizierung	15 dys												
14	RR Reinigung	1 dy?												
15	Chiller installation beforzittf 2 RUN II	5 dys												
16														
17	HERA SHUT DOWN	25 dys												
18	KGS	5 dys												
19	VFSP	15 dys												
20														
21	Modul 3*	16 dys?												
22	Cavities nachbehandeln	1 dy?												
23	Modulmontage RR	5 dys												
24														
25	EP Activities	21 dys?												
26	Umbau UV	5 dys												
27	EP Run 1 zeller	9 dys?												
28	EP test	2 dys												
29	Ep real	2 dys												

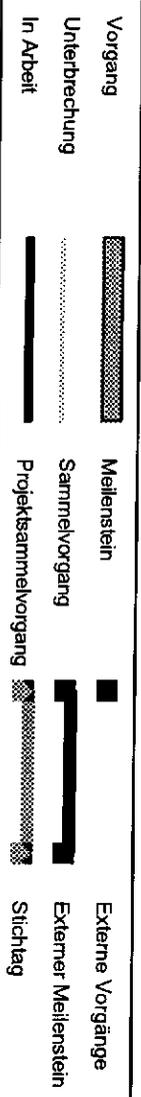
Projekt: zukunfmit 1stem
Datum: Tue 07.01.03

Vorgang
Unterbrechung
In Arbeit

Mellenstein
Sammelvorgang
Projektsammelvorgang

Externe Vorgänge
Externer Mellenstein
Stichtag

ID	Vorgangsname	Duration	Qtr 4, 2002			Qtr 1, 2003			Qtr 2, 2003			Qtr 3, 2003		
			Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
30	HD spülen HNO	1 dy?												
31	Montage HNO	1 dy?												
32	2te HD HNO	1 dy?												
33	3te HD HNO	1 dy?												
34	4te HD HNO	1 dy?												
35	Test HNO	3 dys												
36														
37	Ep run 9 Zeller	12 dys?												
38	EP test	3 dys												
39	Ep real	2 dys												
40	HD spülen	1 dy?												
41	Montage	1 dy?												
42	2te HD	1 dy?												
43	3te HD	1 dy?												
44	4te HD	1 dy?												
45	Montage Antenne	1 dy?												
46	Test	4 dys												
47	Modul 2*	88,5 dys?												
48	D37 aus Tank ausbauen	76,83 dys?												
68	D42 Aus Tank ausbauen	81,33 dys?												
88	Z49 Nachtest 26701/22,5	29,17 dys?												
106	D39 Nachtest 140998/25,2	32,8 dys?												
124	D42 Nachtest 60199/24,4	33,5 dys?												
142	AC69 10802/25,8	11 dys?												
152	C47 17090/22,5	9,5 dys?												
162	S35 28060/22,5,6	14,67 dys?												
172	Z53 21002/22,5	12,67 dys?												
182	Z51 Im Tank fertig 21600/20,6	16,79 dys?												
192	MODUL MONTAGE	5 dys												



- Melienstein
- Sammelvorgang
- Projektammelvorgang
- Externe Vorgänge
- Externer Melienstein
- Stichtag

Projekt: zukunfrnrl 1stem
Datum: Tue 07.01.03

36

ID	Vorgangname	Duration	Qtr 4, 2002			Qtr 1, 2003			Qtr 2, 2003			Qtr 3, 2003		
			Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
193	Vorgangname Modul 1*	63 dys?												
194	back assembly	31 dys?												
199	Cavity repair	34,83 dys?												
215	forward assembly	28 dys?												
216	in Reinraum	5 dys												
217	in Halle 3	22 dys												
218	einbau in Linac	1 dy?												

Projekt: zukunfrit 1.stern
Datum: Tue 07.01.03

Vorgang		Meilenstein		Externe Vorgänge	
Unterbrechung		Sammelvorgang		Externer Meilenstein	
In Arbeit		Projektsammelvorgang		Stichtag	

Kann man eine Terminplanung für die nächsten Monate machen ?
 (einigermaßen realistisch!!)

Gibt es noch mehr als das was hier vorgelegt ist
 um eine Planung zu machen

Für diese Gebiete wurden bisher keine Planungen vorgelegt
 (Zahlen Aktivitäten Planungen bitte abgeben!!)

o Programm Einzeller BCP EP

(Laut Meeting Rissen keine Parameterfindung durch Ep mit Einzellern)
 Einzeller EP in Kooperation mit Henkel behandeln

o Programm 9 Zeller EP

Nachbehandlungen / Neubehandlungen
 Sequenzen Nur EP /oder 1400 C heizen BCP Test EP

3

Notwendige Parameter Infrastruktur

3ter Pumpstand fertig stellen (Hardware vorhanden)

Einbindung in Argon Leitung und Spülen 1 Woche

Reinraum shut down nach jeder Modul Montage (siehe Rissen meeting)

Valve box Chemie (Ventile haben Lebensdauer deutlich überschritten!)

Neue Box seit 4 Monaten im Hause

Umbau 1 Woche Testreihen und TÜV Abnahmen 2-3 Wochen

Neutralisation (10 Jahre alt keine Ersatzteile mehr)

Hardware vorhanden Software getestet

Umbau 1 Wochen 2 Woche Einfahren

Jährliche Wartung Reinstwasseranlage

Arbeitsaufwand 1 Woche +1 Woche Qualifizierung

IID Spüle Lager überholen

Arbeitsaufwand 1 Woche + Qualifizierung 2-10 Wochen

Module

Modul 3 stern fertig stellen →

Modulmontage im RR ab KW 2 03

Präparation (22 Arbeitstage bei optimalem Verlauf)

Modul 2 stern

- o Nachtest Cavities 2 Stück (+2 nach Demontage Tank)
- o Demontage Tanks 2 Cavities (Fertig 15.12.02)
- o Tank schweißen 7 Cavities (Cavities noch nicht definiert)
- o Cavity Endbehandlung 7 Cavities

15 AT (wenn kein anderen Aktivitäten im RR stattfinden!)

Modulmontage im RR 5 AT / Präparation 22 AT (siehe oben)

Modul 1 stern ???

- o Ausbau aus Linac Start 31.5.03
- o Demontage Linac 10 AT
- o Ausbau aus Tank 15 AT
- o Programm ??? Tausch und Reparatur von 2 Cavities + Leckagen

Realistischer Neubehandlung aller Cavities

siehe Modul 3 stern (25 AT +22 AT)

(wenn kein Mithrasen-Akrisyrisen önn RR stattfinden!)

Cavities

Zu beachten: Behandlungszeit EP und BCP ist unabhängig von Zellenzahl

Nur Montage und HID Zeiten sind anders

EP Einfahren (Basis Rissen Meeting)

Einzelller **1** Systemtest + **1** Qualifikation

Neunzeller **1** Systemtest+ **1** Qualifikation

EP Cavities für Chechia test

2 o tunen +Tankschweißen voraussichtlich bis KW3.03

o 10 AT (Endbehandlung 4-6 mal HID +EK Montage)

3

EP Cavities nachbehandeln

5 Neunzeller

EP Cavities 1400 C heizen

3 Stück BCP +EP

HERA Shut down ab 3.3.03

Aktivitäten MKS3 Personal und Werkstatt

Demontage kalte gerades Stück

1 Woche (ca 15.3.03) 4 Mitarbeiter

Montage very forward spektrometer

2 Wochen ca. April 03 6 Mitarbeiter

Reparaturen kalte Magnete Stromzuführungen

im Windschatten 2 Mitarbeiter

In Diskussion Demontage/ Montage an GO Magneten

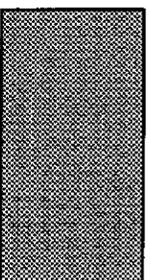
42

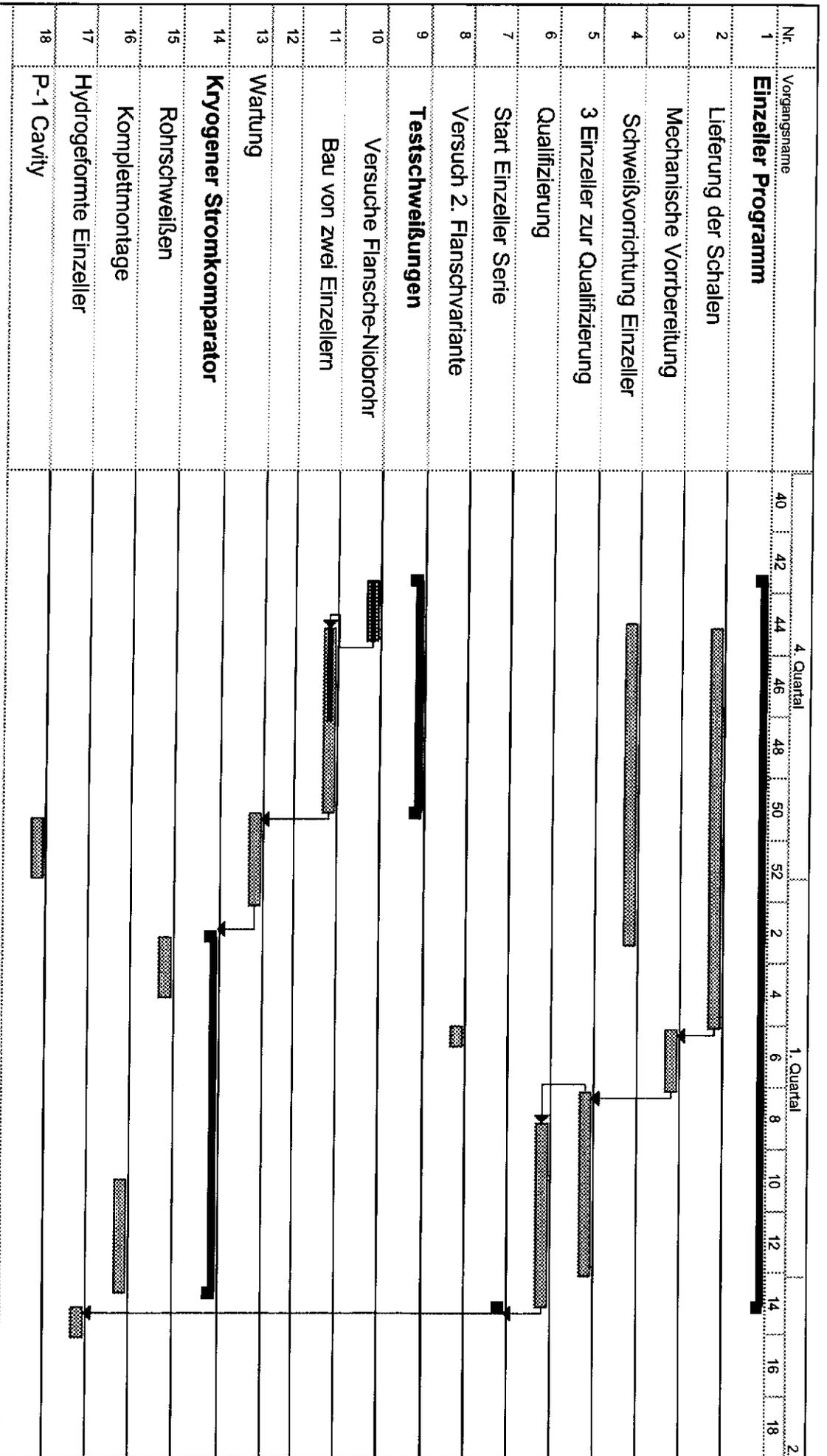
Input Cavities

Neue Cavities 30* 9Zeller in Produktion +x unerwartete

X Einzeller aus EB Anlage und Testreihen

Terminplan mit EP im Windschatten





Projekt: Ende2002
 Datum: Do 05.12.02

Vorgang		Rollup: Vorgang		Externe Vorgänge	
In Arbeit		Rollup: Meilenstein		Projektsammelvorgang	
Meilenstein		Rollup: In Arbeit		Gruppenkopf	
Sammelvorgang		Untertreibung			

74

- Status CTA PETRA HALLE NO

- CO₂-Reinigungsverfahren an 1-cell Cavities

5



CTA PETRA HALLE NO

1. Status

Anlage ist seit ca. 1 Jahr im Routine-Betrieb
1 Cav.-Test/Woche
Bisher 27 Cavity-Tests insgesamt

2. Zukünftiges

- T-Map komplett im Januar 03
 - Leiterplatten -> Prüffeld
 - Kabel konfektionieren
- Magnetfeldabschirmung im Kryostaten Februar 03
 - Abschirmung z.Zt. nur lokal am Cavity
 - Füll und – Pumprohre werden gekürzt
 - My-Metall schweißen, glühen etc...
 - Einbau



CO₂-Reinigung am Fraunhofer Institut Stuttgart

- Warum CO₂ – Reinigung
- Wirkungsweise
- Aufbau der CO₂- Spüle
- Test an 1B3, 1B8, 1AC1
- Probleme
- Zukunft

17



Warum CO₂- Reinigung

- Trockener Reinigungsprozess
- Kohlendioxid ist in flüssiger Form Lösungsmittel
- Rückstandsfreie Reinigung

48



Wirkungsweise

CO₂-Schnee trifft mit hoher Geschwindigkeit und dadurch hohem Impuls auf Verunreinigungen

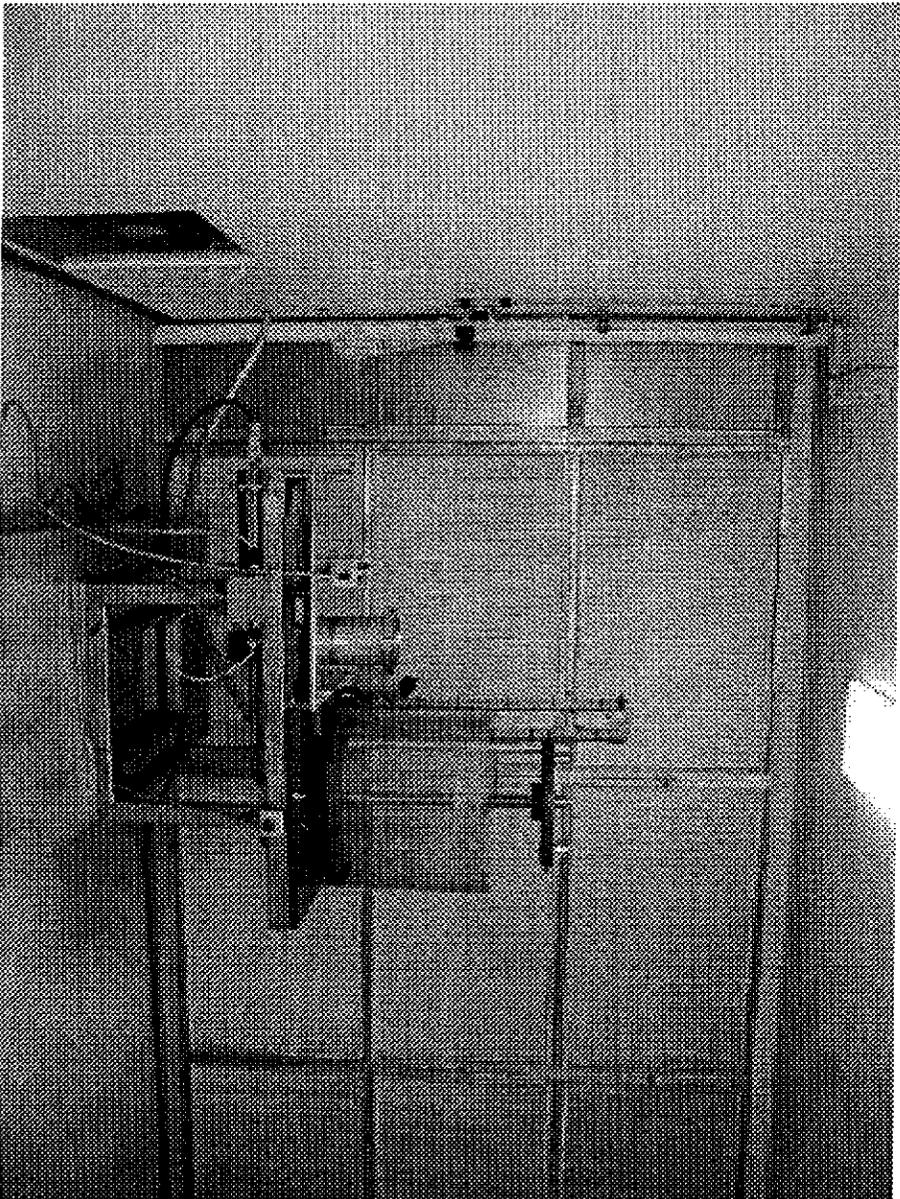
5

Versprödung und Aufplatzen von Verunreinigungen durch Schockgefrieren

Durch hohen Impuls Vertilgung der Schneekristalle auf der Oberfläche. Lösung von Kohlenwasserstoffen und Silikone



Aufbau der CO₂-Spüle



50



Aufbau CO₂-Spüle

Flüssiges Kohlendioxid (60 bar) entspannt in einer Venturidüse zu CO₂-Gas und –Schnee und kühlt auf –80° C ab.

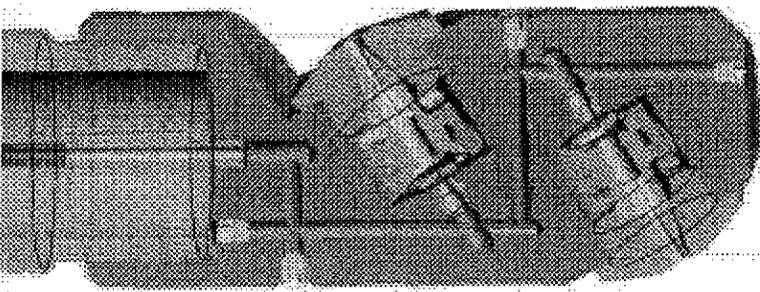
Zusätzlich wird N₂-Gas ringförmig um den CO₂-Strahl zugefügt.

Ausbildung eines überschallschnellen Mantelstrahls der den Schnee bündelt und beschleunigt.

Stickstoff verhindert Zuströmen von Umgebungsluft an der Reinigungsstelle und verhindert so eine Kondensation von Luftfeuchtigkeit.



Aufbau der CO₂-Spüle



Düsenkopf

17-Dec-02 A.Brinkmann



Test an 1B3, 1B8, 1AC1

1B3: Test vor Stuttgart am 03.09.02

$$E_{acc} = 28.3\text{MV/m} \quad T = 1.8\text{K} \quad Q_0 = 4.9 \times 10^8$$

Test nach Stuttgart am 30.10.02

$$E_{acc} = 29.5\text{MV/m} \quad T = 1.8\text{K} \quad Q_0 = 1.3 \times 10^9$$

1B8: Test vor Stuttgart am 28.08.02

$$E_{acc} = 27.1\text{MV/m} \quad T = 1.8\text{K} \quad Q_0 = 2.8 \times 10^9$$

Test nach Stuttgart am 16.10.02

$$E_{acc} = 20.1\text{MV/m} \quad T = 1.8\text{K} \quad Q_0 = 7.0 \times 10^8$$

1AC1: Test vor Stuttgart am 15.08.02

$$E_{acc} = 31.8\text{MV/m} \quad T = 1.8\text{K} \quad Q_0 = 2.4 \times 10^9$$

Test nach Stuttgart am 23.10.02

$$E_{acc} = 16.8\text{MV/m} \quad T = 1.8\text{K} \quad Q_0 = 4.3 \times 10^8$$



Probleme

Transport der Cavities schwierig

Kein genügend grosses DT vorhanden (Cavity muss besser geheizt werden)

Einfrieren der Kohlendioxid-Flasche
(CO₂ nicht immer vorhanden)

Gas- Absaugung muss verbessert werden



Zukunft

Aufbau der CO₂-Anlage in der Halle NO (2002 ?)



Cavity R&D Meeting, 2.12.02

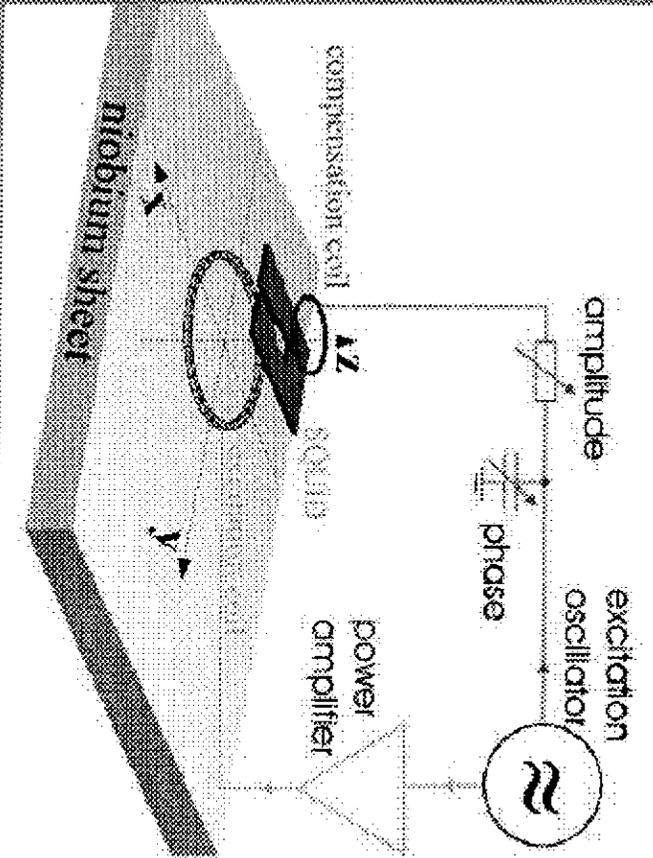
W. Singer

- Qualitätskontrolle und Lieferungen von Nb für neue 30 Resonatoren
 - Tuner
- Entwicklung einer Scanning - Apparatur auf SQUID- Basis
 - Hydroforming
- Materialuntersuchungen an Proben geschweißt bei DESY, FNAL, FZ Jülich
- Qualität der Cu - Beschichtung auf VA für Kopplerteile

Development of a Nondestructive Testing System of Niobium Sheets on a SQUID Basis

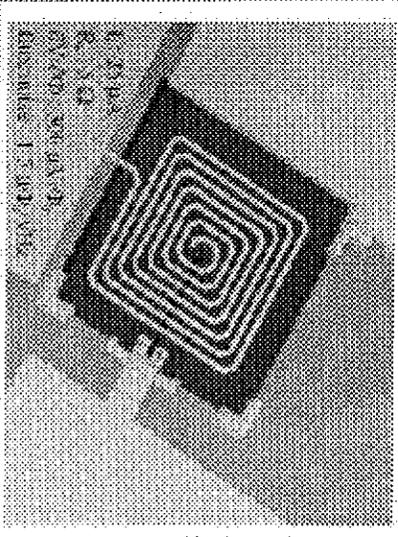
Collaboration of

Institute of Applied Physics, Universität Gießen,
WSK Meßtechnik GmbH,
DESY, Hamburg, Germany

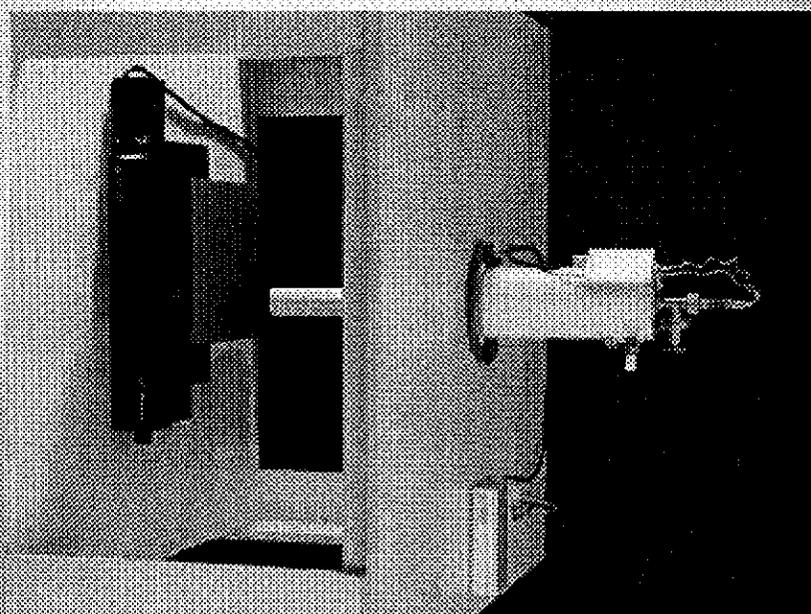


Measurement configuration used for eddy-current testing of niobium sheets. An excitation coil produces eddy currents in the sample, whose magnetic field is detected by the SQUID. A compensation coil close to the SQUID cancels the excitation field at the SQUID.

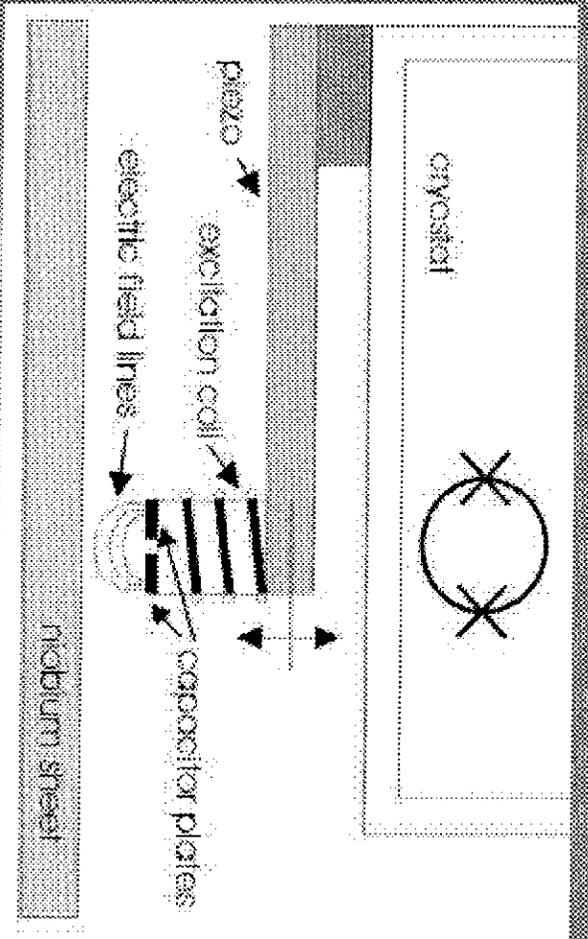
Photograph of Nb dc SQUID employed in the NDE system



Low T_c superconducting SQUID system for eddy current testing of niobium sheets is developed



Photograph of SQUID-based NDE system used for testing niobium sheets.



Schematic drawing of the configuration used to measure the stand-off distance between excitation coil and sample with a capacitor, and to keep it constant by using a piezoelectric actuator to move the excitation coil up or down with respect to the sample.

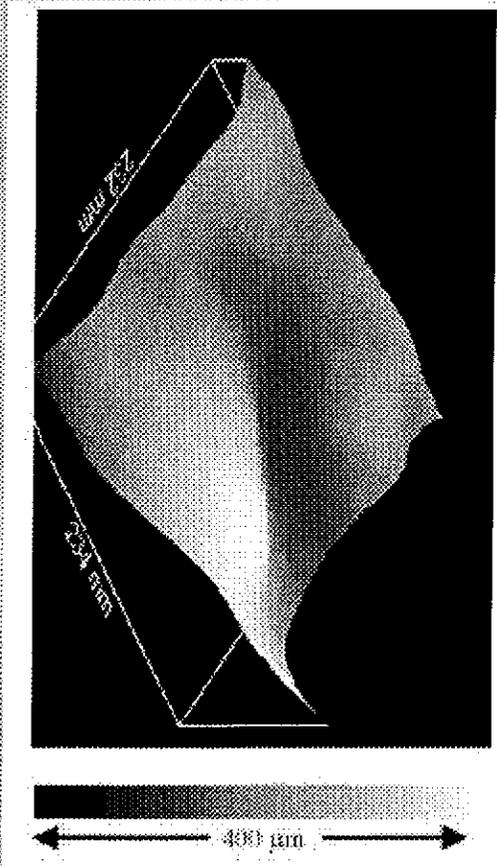
More details:

Michael Mueck@ap.physik.uni-giessen.de

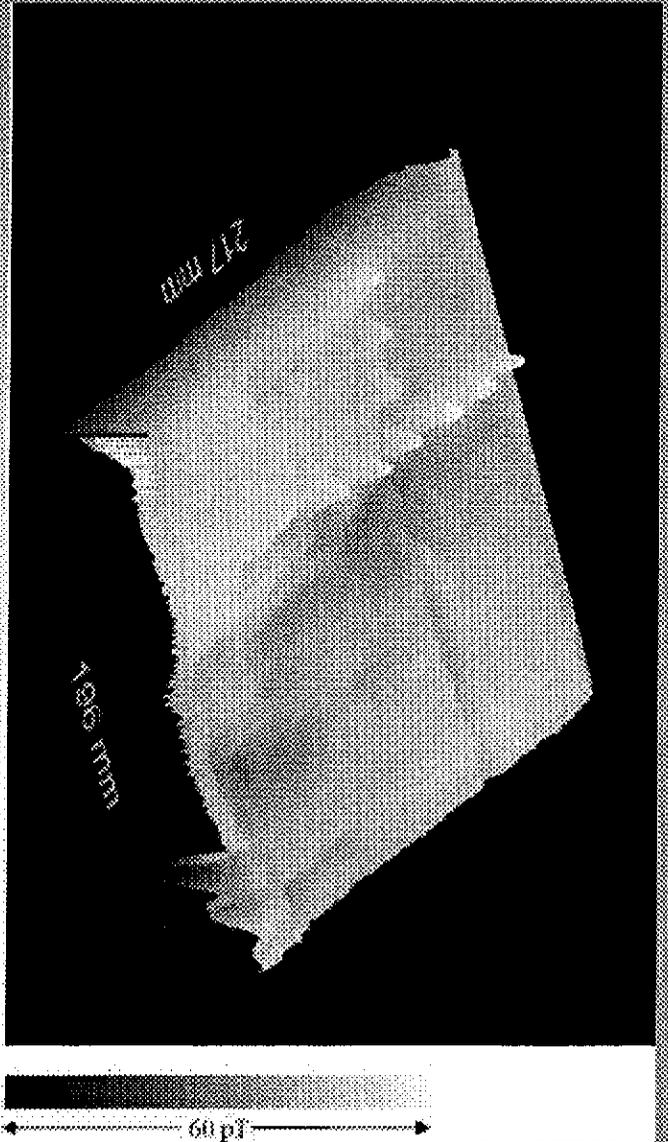
Friedhold Schötz@heraeus.com

A.Farr@WSK.de

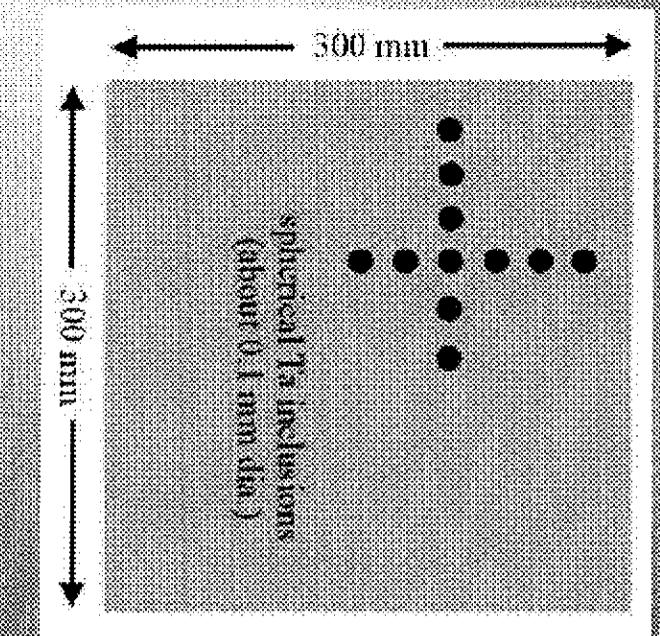
Due to the relatively high frequency of the eddy currents of up to 100 kHz, the system—although employing a magnetometer—can be operated in an unshielded environment.



Surface topography of a niobium sheet measured with the capacitive sensor

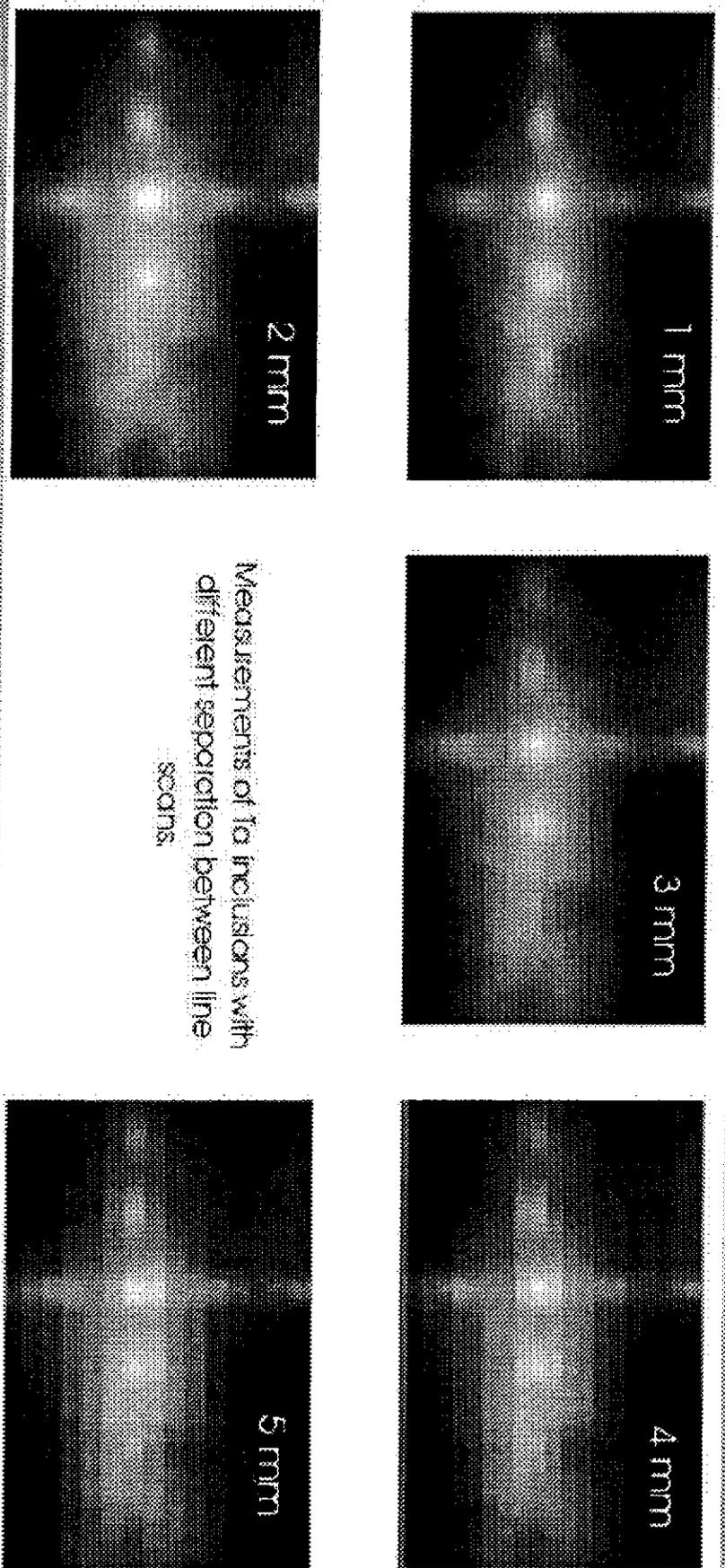


Two-dimensional distribution of the eddy-current field above the niobium test sample. The excitation field generated by a 3-mm diameter coil was about 0.6 mT peak-to-peak; the eddy-current frequency was 10 KHz. The eleven embedded Ta inclusions are clearly detected.

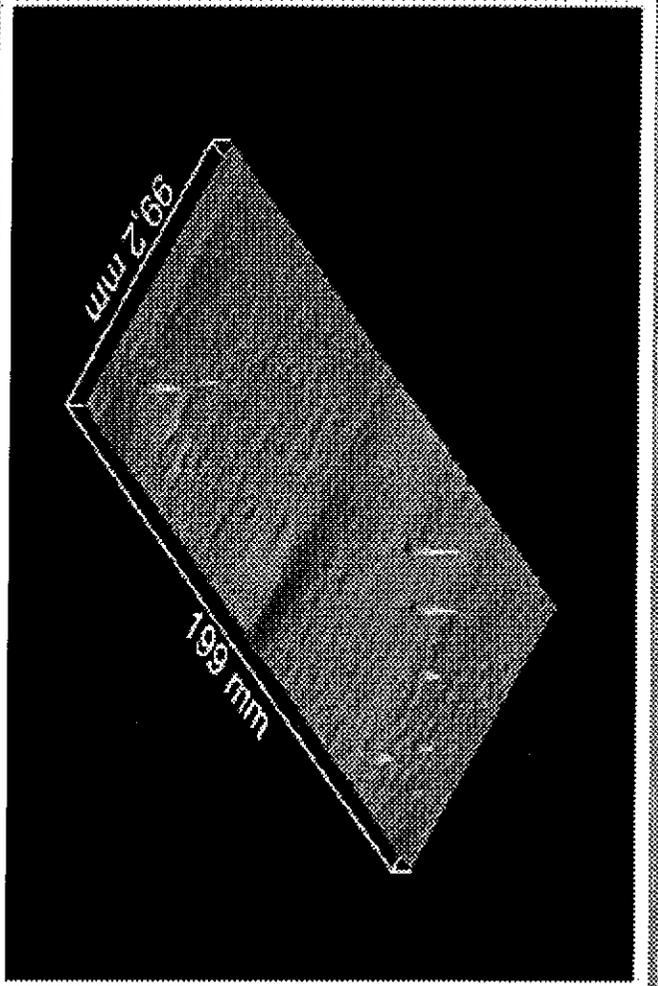


Sketch of the test sample used in measurements. Eleven Ta spheres with diameters of about 0.1 mm were embedded into a 30 x 30 cm² niobium sheet by electron-beam melting of the surface.

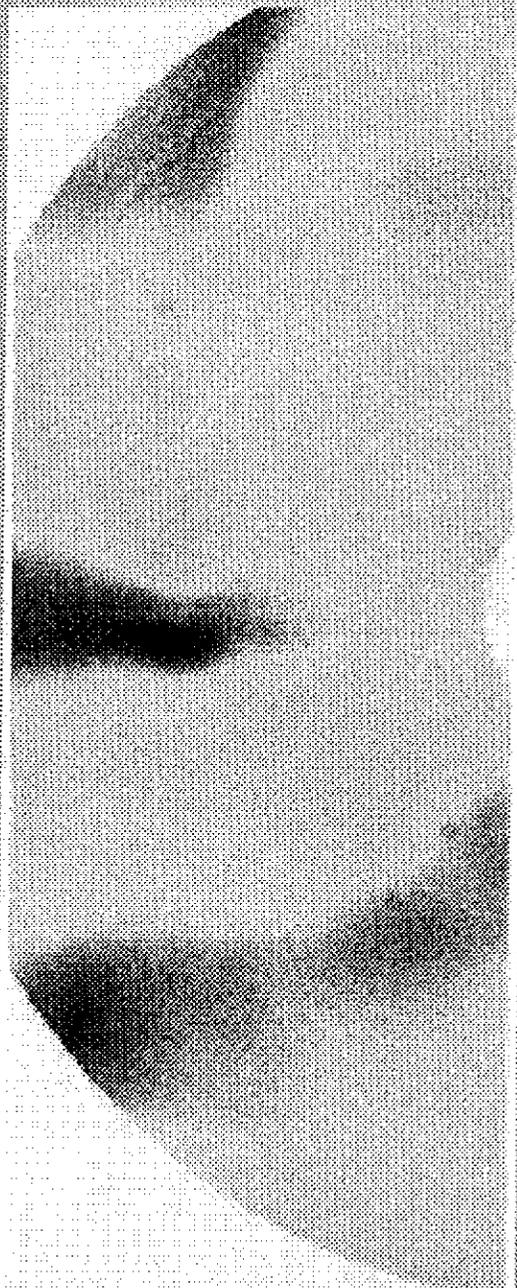
Two-dimensional distribution of the eddy-current field above the niobium test sample with different separation (shown as inset in the figures) between line scans using a 5-mm diameter excitation coil. The separation between the line scans can be 3 - 5 mm without reducing the probability of detection for the Ta inclusions substantially.



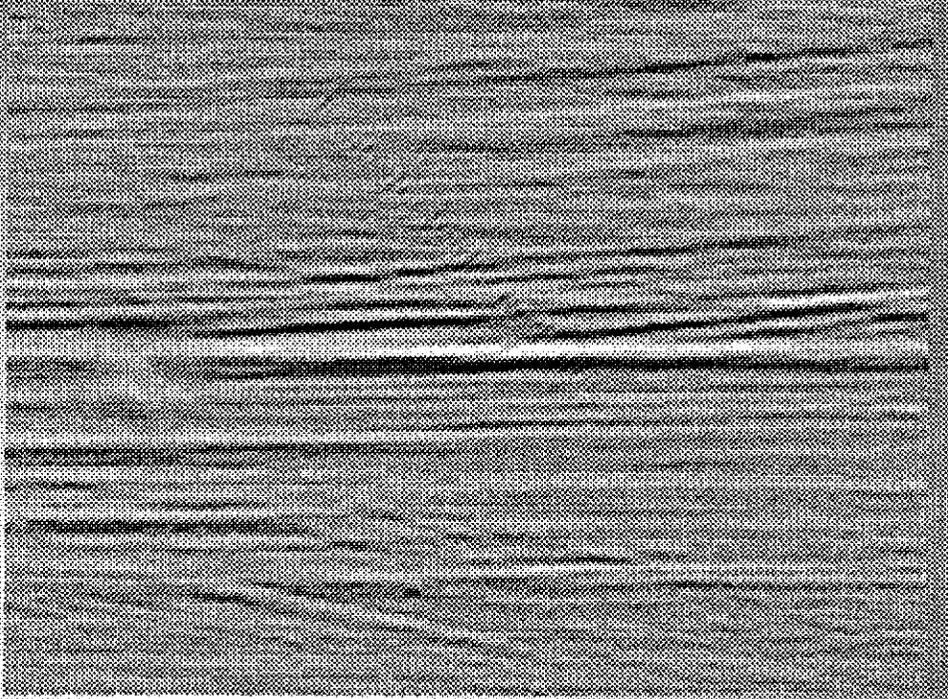
Measurements of Ta inclusions with different separation between line scans.



Two-dimensional distribution of the eddy-current field above a test sample containing a number of surface flaws (tantalum inclusions of size 0,05-0,2 mm close to surface), measured with SQUID system. Eddy current frequency 110 kHz, diameter of the excitation coil 3 mm.



Same sample, however, measured by the conventional eddy current system



Surface Irregularities detected in Nb sheet by SQUID scanning system (front side scanning)

Summary

LTS SQUID system for eddy current testing of niobium sheets is developed by Institute of Applied Physics, Justus-Liebig Universität Gießen, and WSK Meßtechnik GmbH. The system can detect relevant surface damage or inclusions of foreign material having a volume of as small as 0.05 mm in a test

sample made from high-purity niobium.

Due to the relatively

high frequency of the eddy currents of up to 100 KHZ, the system

—although employing a magnetometer— can be operated in an unshielded environment.

The 600 Nb sheets for new 30 cavities will be tested by SQUID as well as by conventional eddy current system

Hydroforming

- Bulk Niobium
- NbCu bimetallic cavities

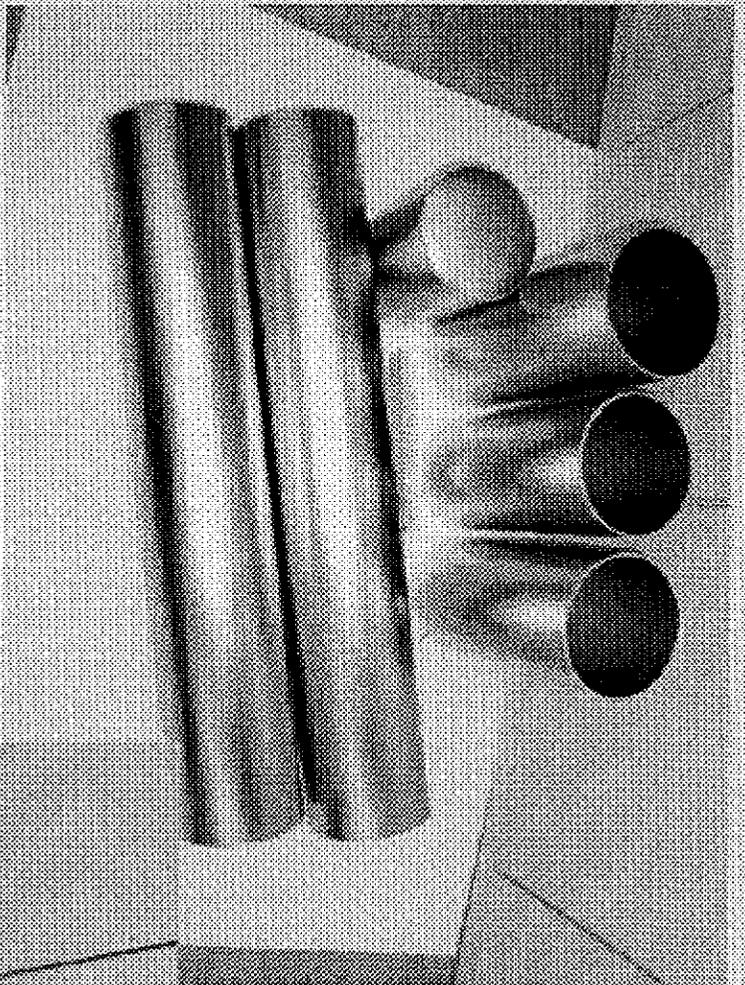
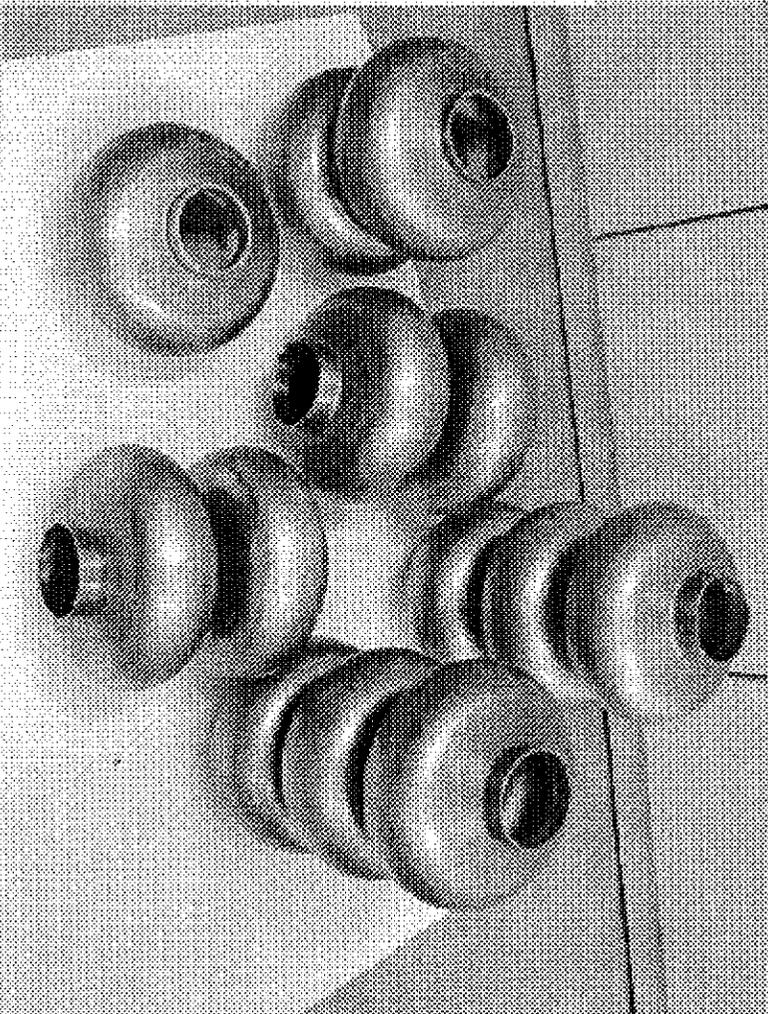
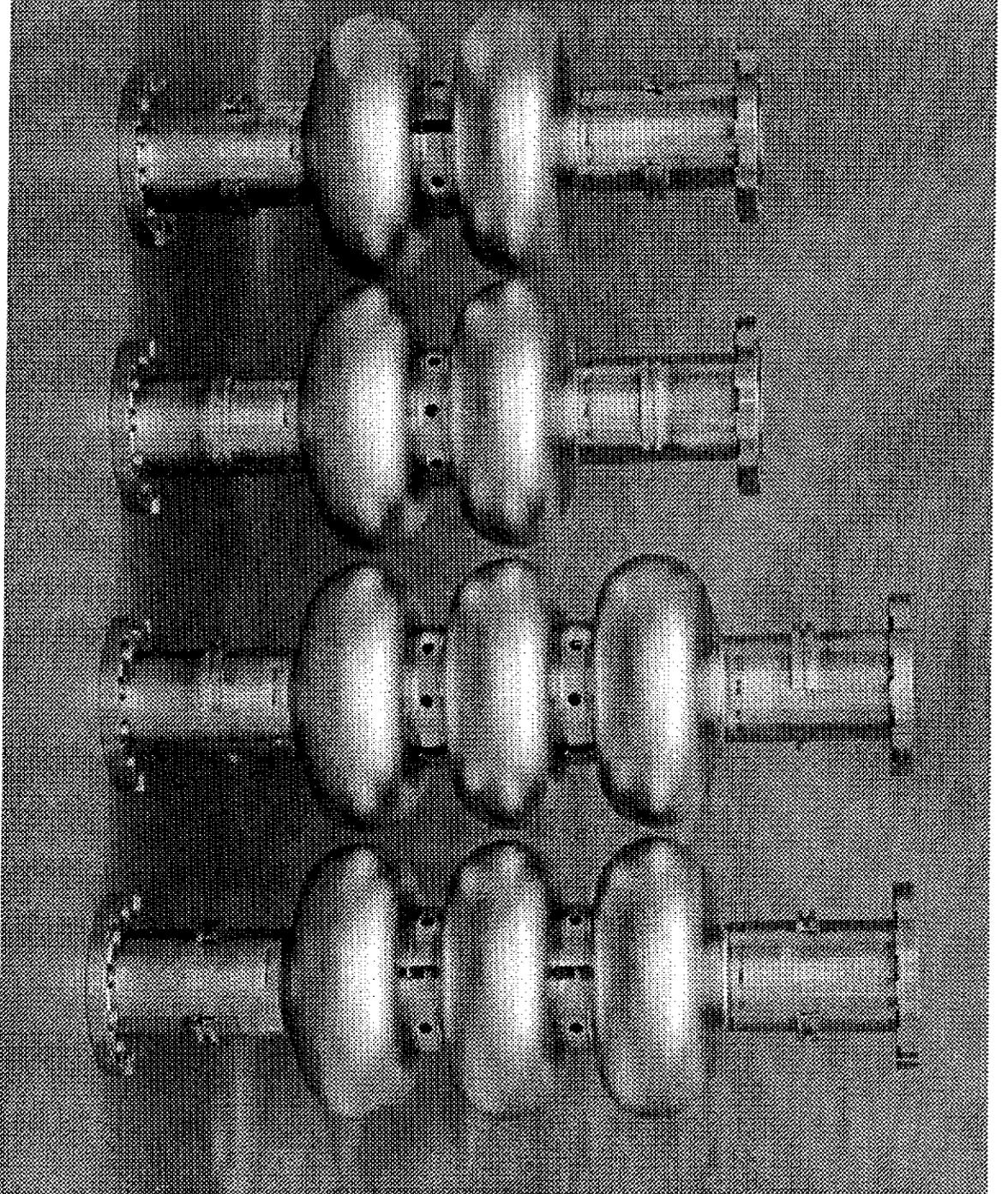


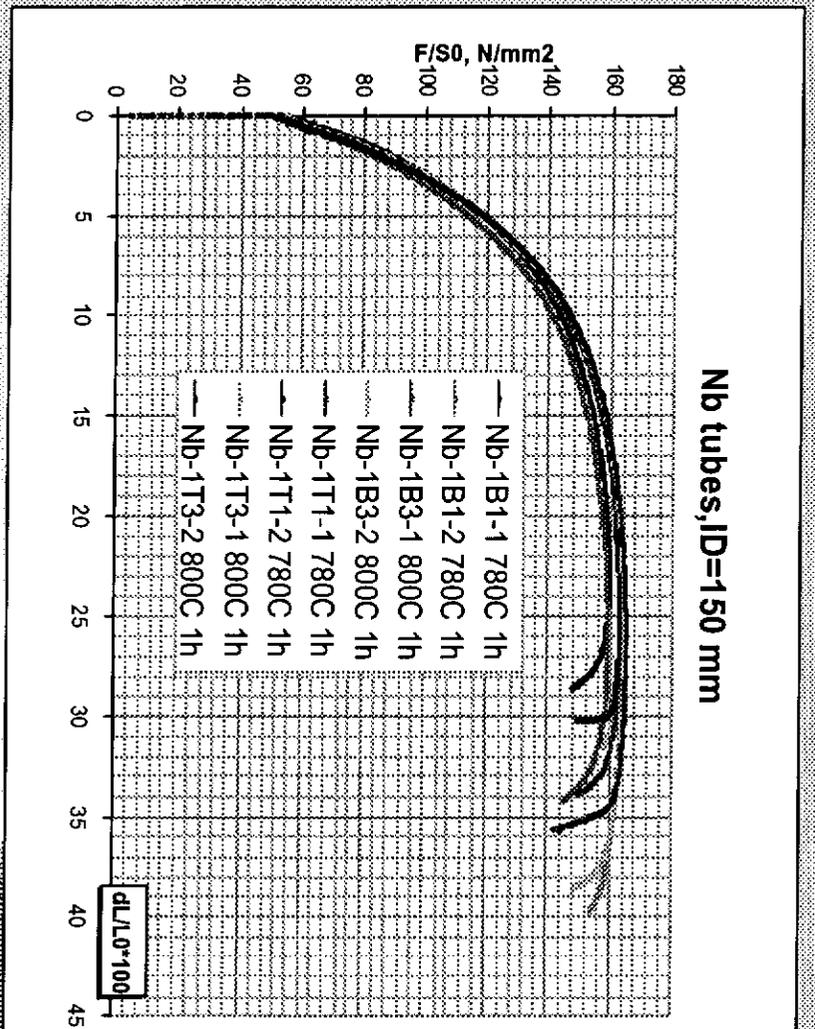
Fig.1
Nb tubes fabricated
by combination of
spinning and flow
forming

Single-cell and multi-
cell cavities produced
from Nb tubes of Fig. 1



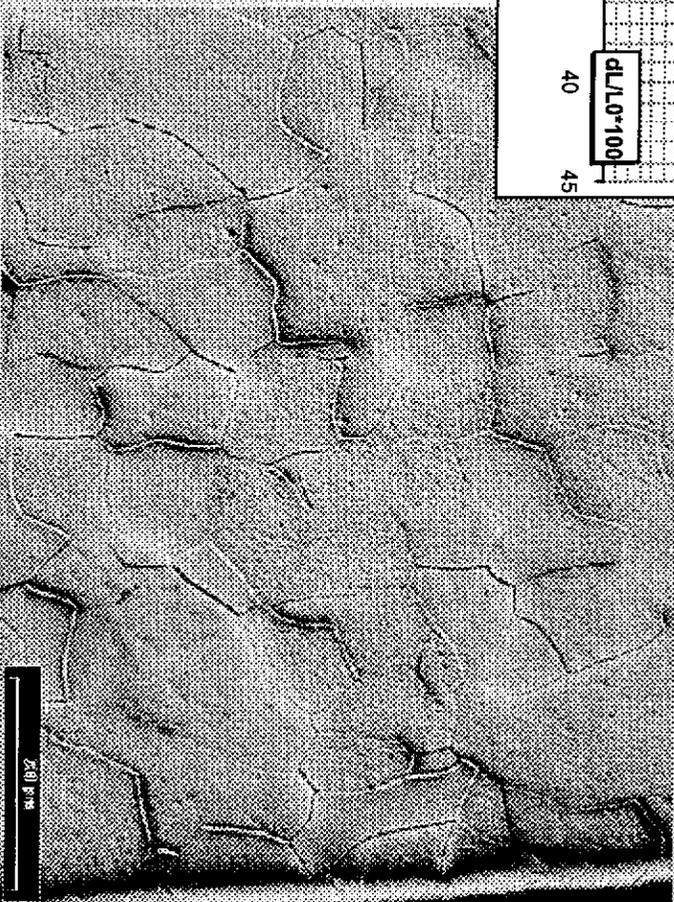


Two and tree cell hydroformed cavities welded at ACCCEL on 26.11.02



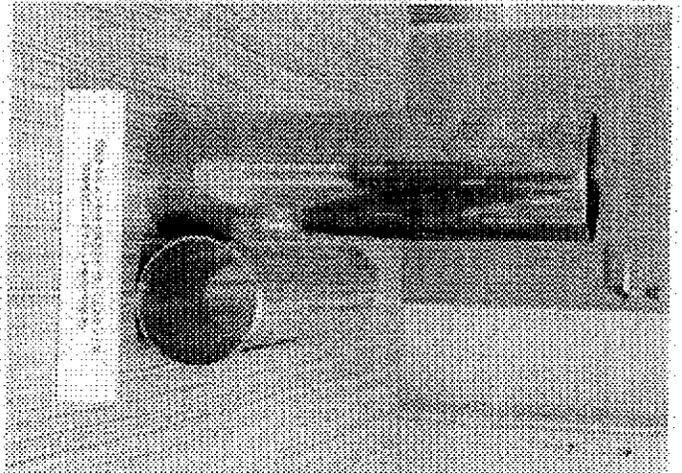
Stress-Strain curve of Nb tubes produced by combination of spinning and flow forming. Tensile tests done in circumferential direction

Microstructure of Nb tubes produced by combination of spinning and flow forming.

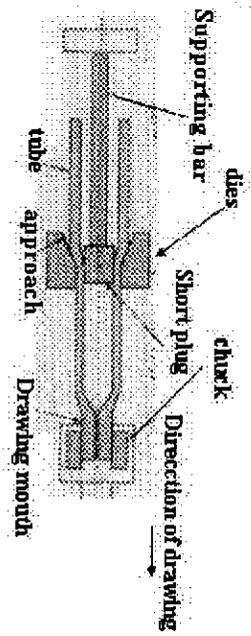


Next steps

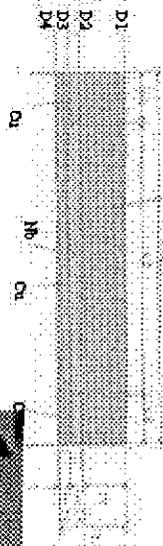
- Welding of end tubes, flanges, stiffening rings (Fa. ACCCEL has a big delay it time schedule)
- Post purification annealing with Ti at DESY
- Tumbling and electropolishing at KEK and DESY
- HF tests



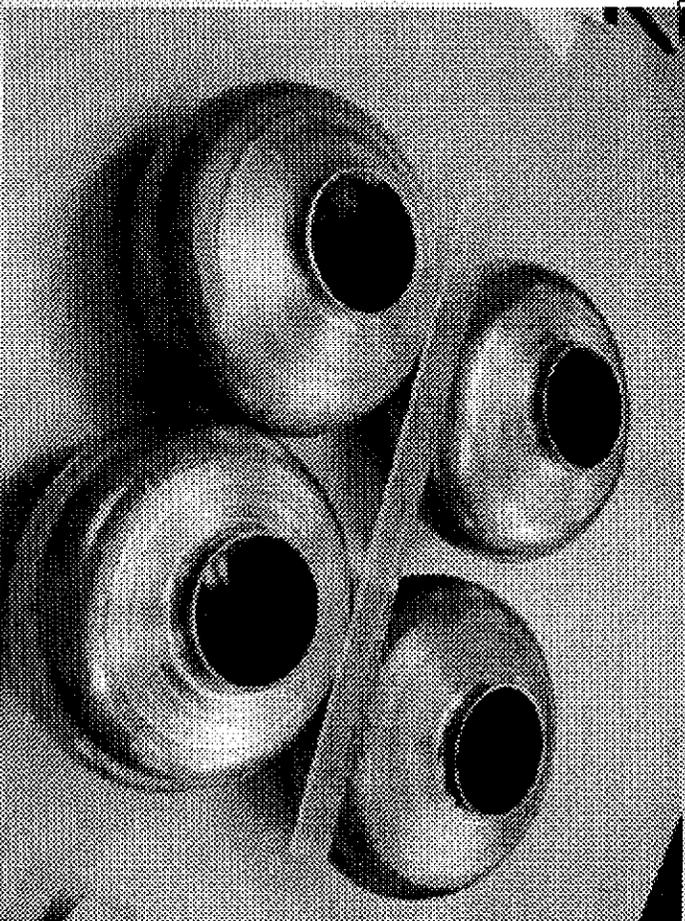
Cu-Nb-Cu Sandwiched Tubes (KEK)



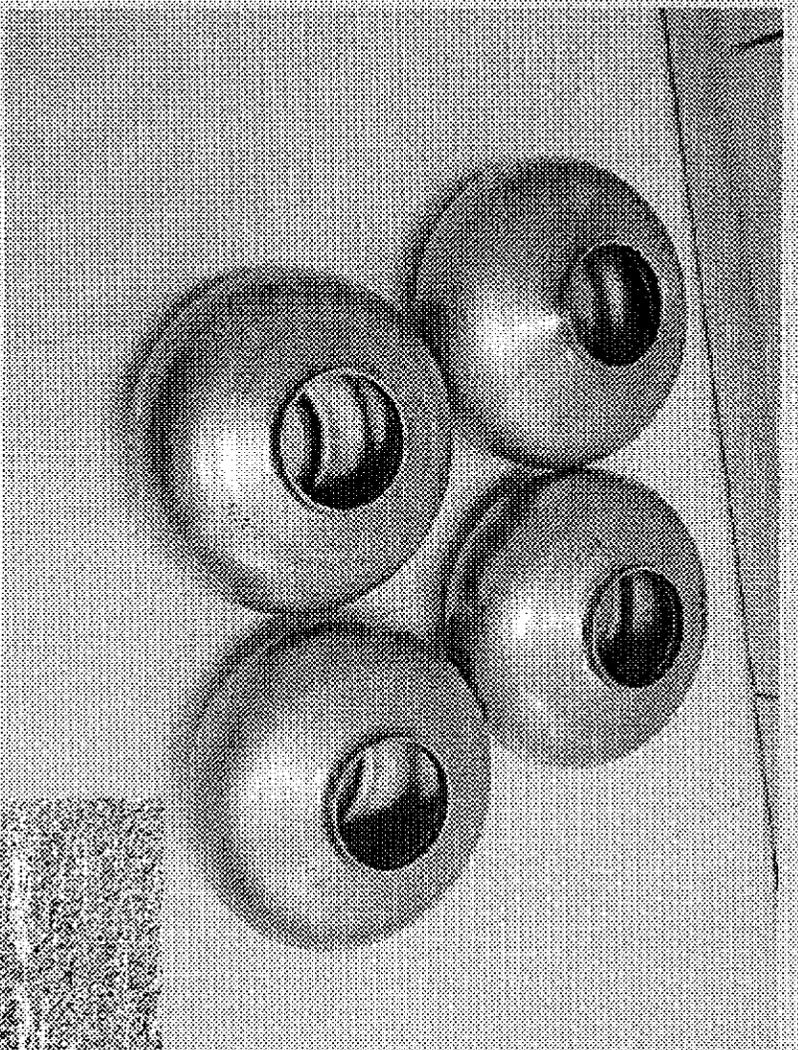
Principle of the tube drawing technology



Fabrication principle of sandwiched Cu-Nb-Cu tube

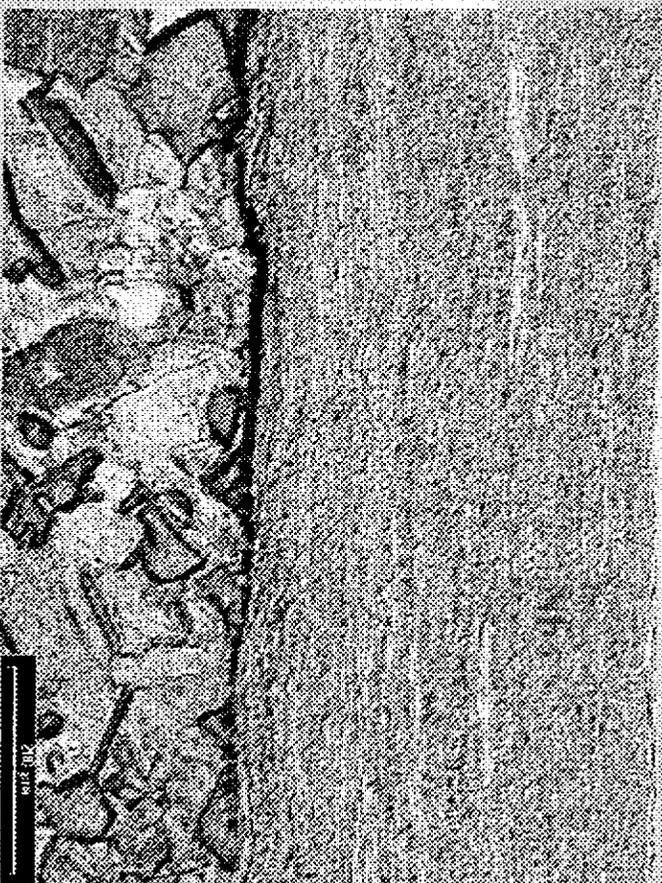


Single cell NbCu cavities produced at DESY from KEK sandwiched tube



Single cell NbCu cavities produced at DESY by hydroforming from coextruded NbCu tubes. Cavities in the test at KEK

Microstructure of Cu and Nb after annealing at 560°C for 2 hours. Nb is not recrystallised, what can produce cracks during hydroforming. Very good bonding quality.



Further aim of Hydroforming:

- 9-cell cavities as option 3x3 with two welds at iris from bulk Nb (plates for tubes are produced)
- New fabrication of a co extruded NbCu tube and hydroforming of single cell cavities (tube will be ordered at the beginning of 2003)

Nb- and Flangematerial for 30 new 9-cell TESLA cavity
 2 December 2002
 W. Singer

Tests:

RRR

Microstructure

Metallic impurities

Gas analysis

Hardness, HV

Yield strength

Tensile strength

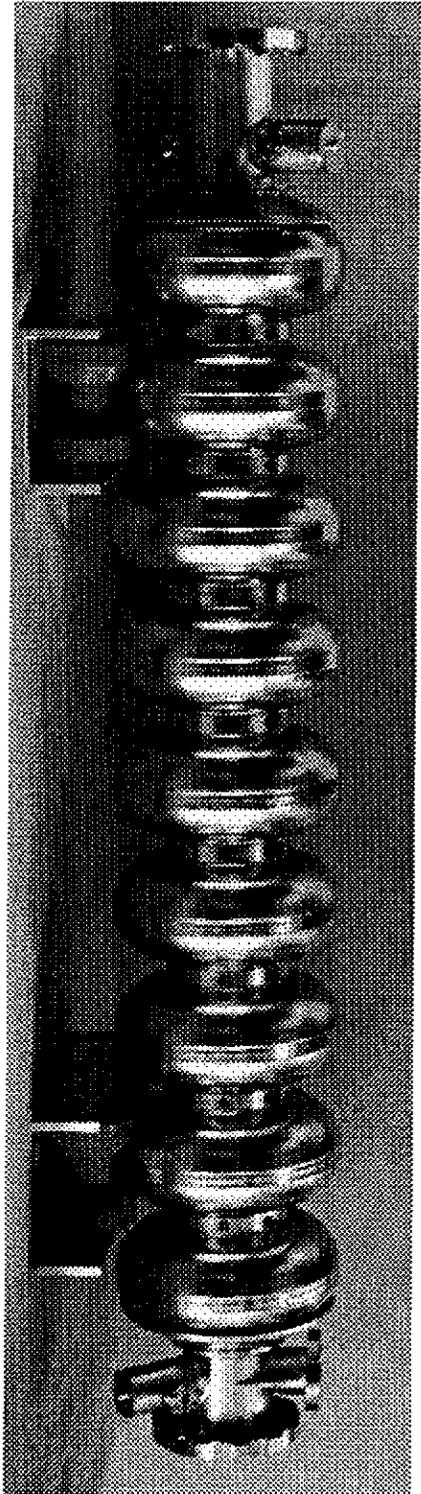
Elongation

Surface quality

Deep drawing test

Tolerances

Nb- Quality	Part	application	demand for 30 cavities +10%	With Chang 15.11.02	Heraeus	Tokyo Denki 29.11.02	Cabot
RRR 300	Nb sheet 285 x 285 x 2.8 mm	half cell	297	Commissioned 15.11.02		Commissioned 29.11.02	
RRR 300	Nb sheet 285 x 285 x 2.8 mm	half cell	297				
RRR 40	Nb sheet 340, 15 x 580 x length (>500) mm	scaffolding ring	8600 mm				
RRR 200	Nb sheet 500 x 300 x 0.5 40.2 mm	inner part, coupler	3 sheets 500x300 mm			Commissioned 29.11.02	
RRR 40	Nb rod Ø 20 x 700 mm	forged bar (between neck)	3 pieces				
RRR 300	seam less Nb-tube ID 78 ± 0.2 x 3 x 0.3 x 105 mm	rod tube right	45		Arriving at DESY RW4B		
RRR 300	seam less Nb-tube ID 78 ± 0.2 x 3 x 0.3 x 140 mm	rod tube left	33		Arriving at DESY RW4B		
RRR 300	seamless Nb-tube ID40 ± 0.15 x 2.5 x 0.15 x 55 mm	main coupler part	33		Arriving at DESY RW4B		
RRR 300	forged Nb ring 135 x 75 x 27 mm.	connecting flange, type "D"	68	Commissioned 15.11.02			
RRR 300	Nb part, DESY drawing, MAP. 303.4417(0.001)	coupler housing	68		Arriving at DESY RW4B		
Nb55%Ti	rod Nb-55%Ti, D147 ± 1.47mm, length 1000±0.35- 0 mm, forged, annealed, surface treated	beam pipe, input coupler, KCM part, pick up antenna	2 rods				
		delivered ordered					



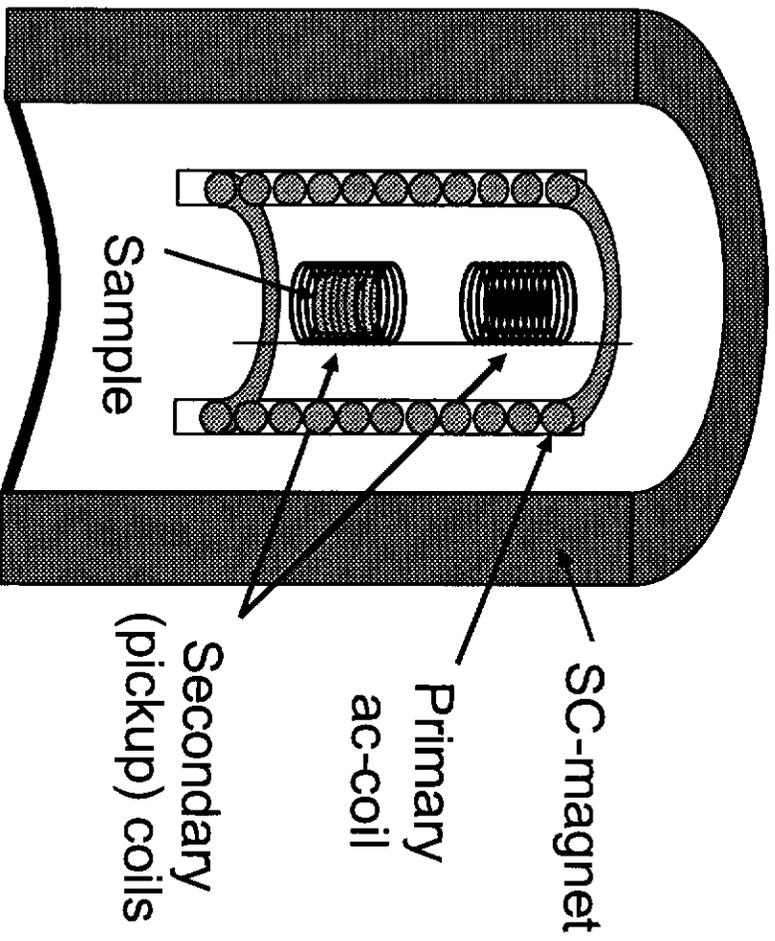
Susceptibility Measurements on
Niobium for TESLA Cavities

Bernd Steffen

Universität Würzburg, DESY



Mutual Induction ac-Susceptibility Measurements



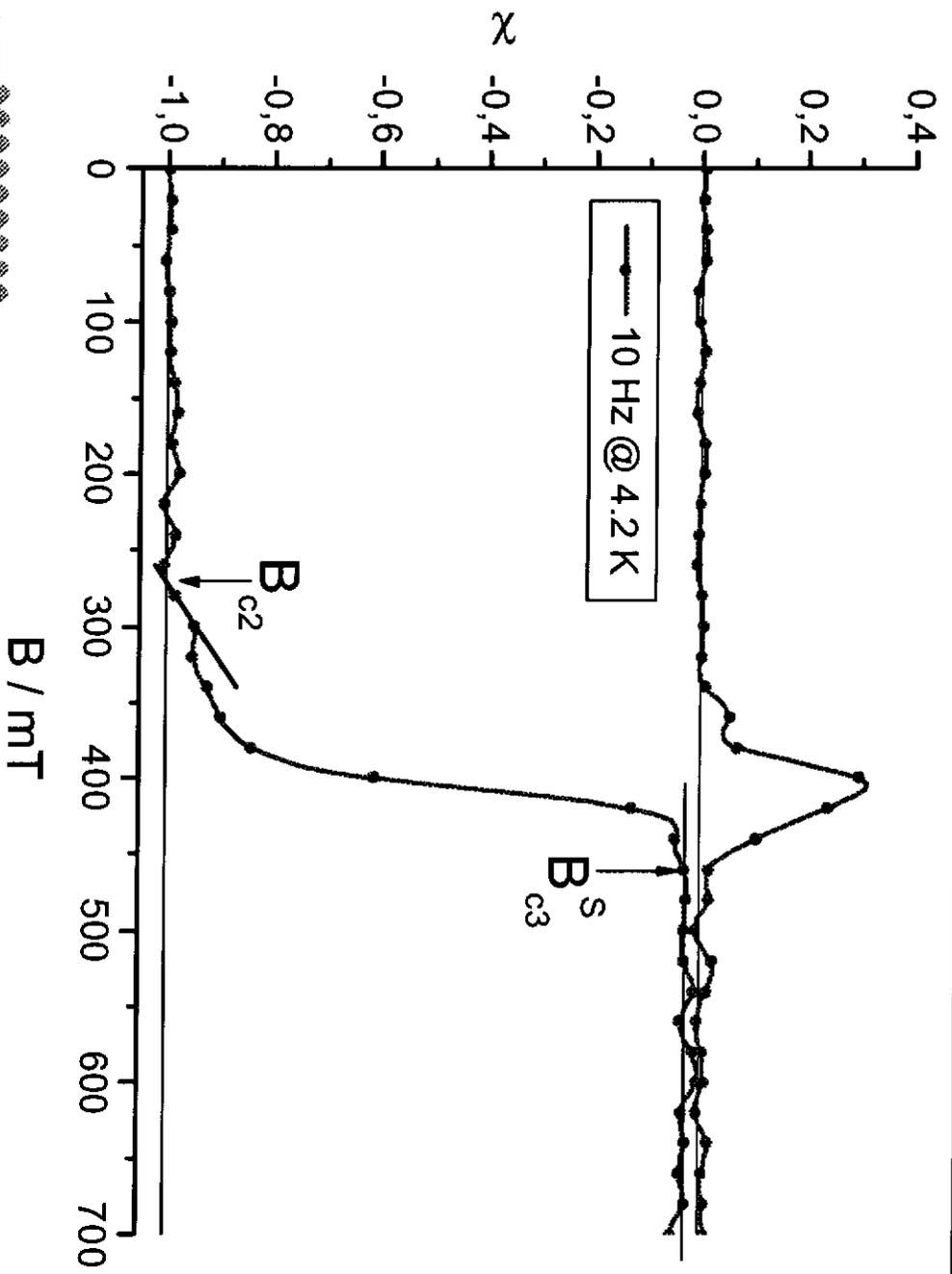
- The in-phase U' and out-of-phase part U'' of the induced signal is measured with a lock-in amplifier
- χ' and χ'' are calculated from these values :

$$\chi' \propto U''/\omega$$

$$\chi'' \propto U'/\omega$$

57

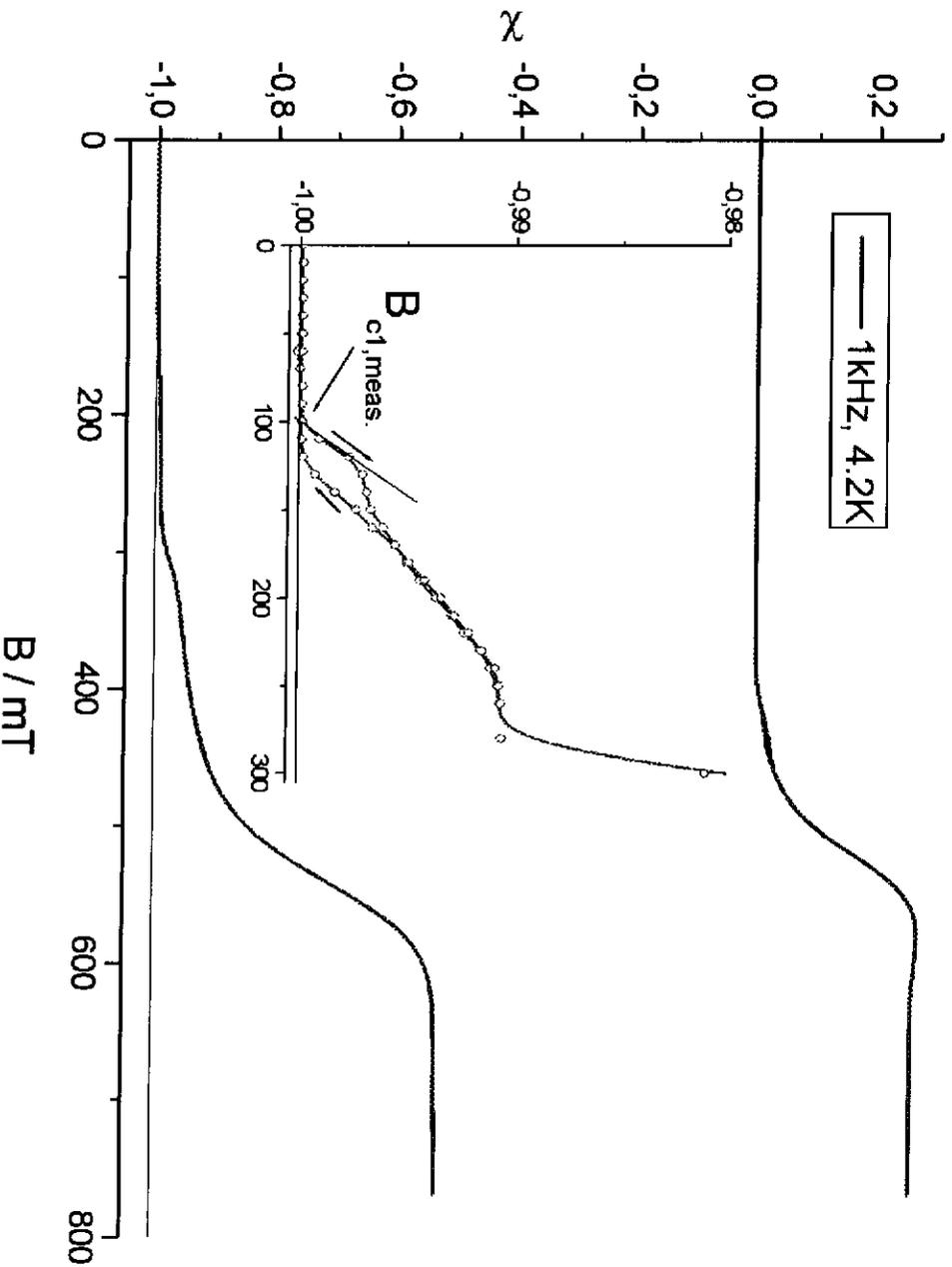
Mutual Induction ac-Susceptibility Measurements



- B_{c2} : Lower critical field of the bulk
- B_{c3}^S : Surface field of the surface layer

75

Mutual Induction ac-Susceptibility Measurements



- $B_{c1} = B_{c1, meas.} / (1-N)$
- $N=0.34$ (Demagnetisation-factor)

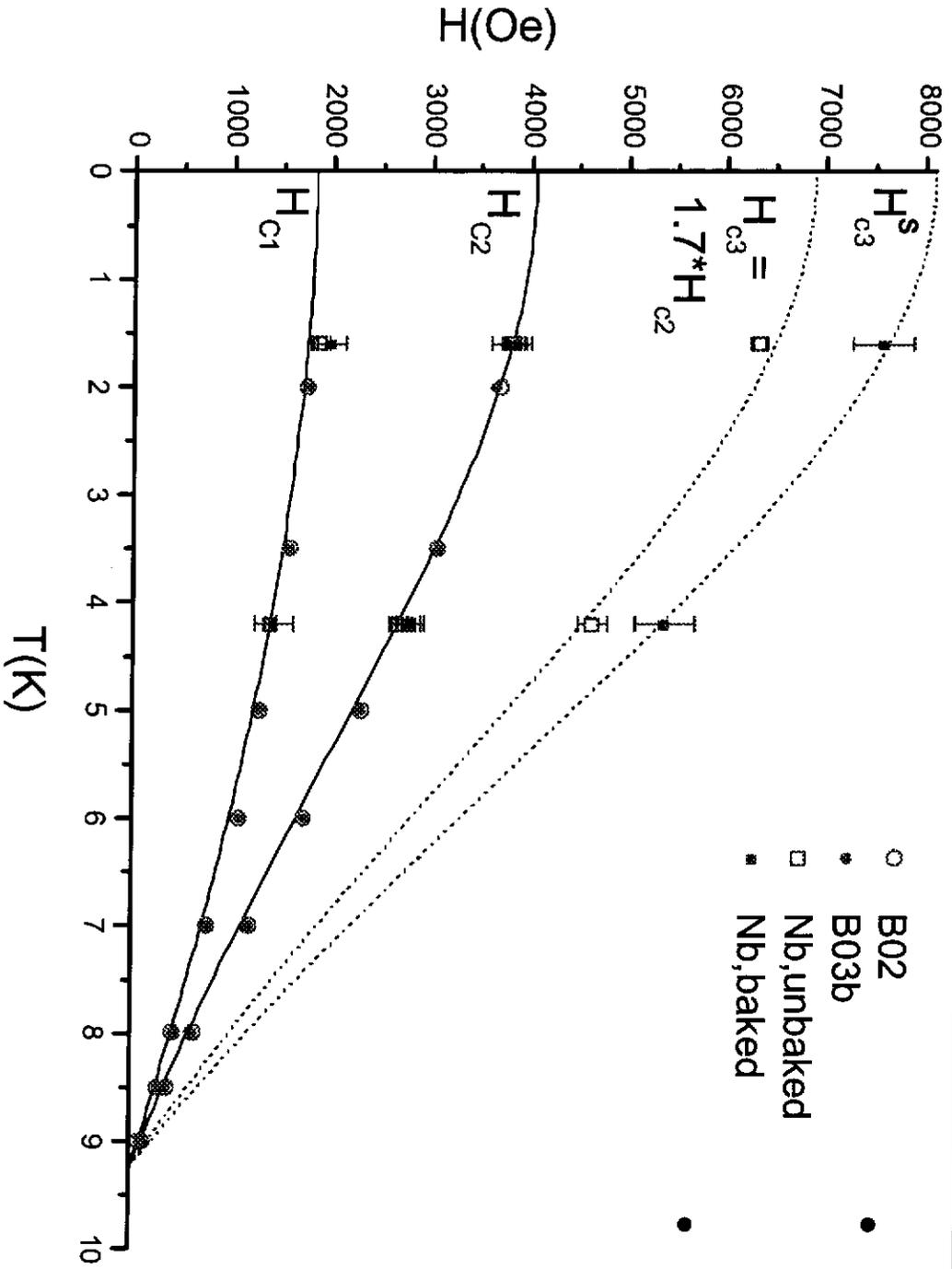
76

Sample preparation

- Cylinders, $\varnothing=2.7$ mm, $h=2.7$ mm electro-eroded from Nb sheets for cavity production
- ~ 20 μm BCP
- 800°C annealing in vacuum for 2 hours
- ~ 20 μm BCP
- Baked samples:
48 hours at $\sim 120^\circ\text{C}$ in vacuum
($< 5 \cdot 10^{-7}$ mbar)

FB

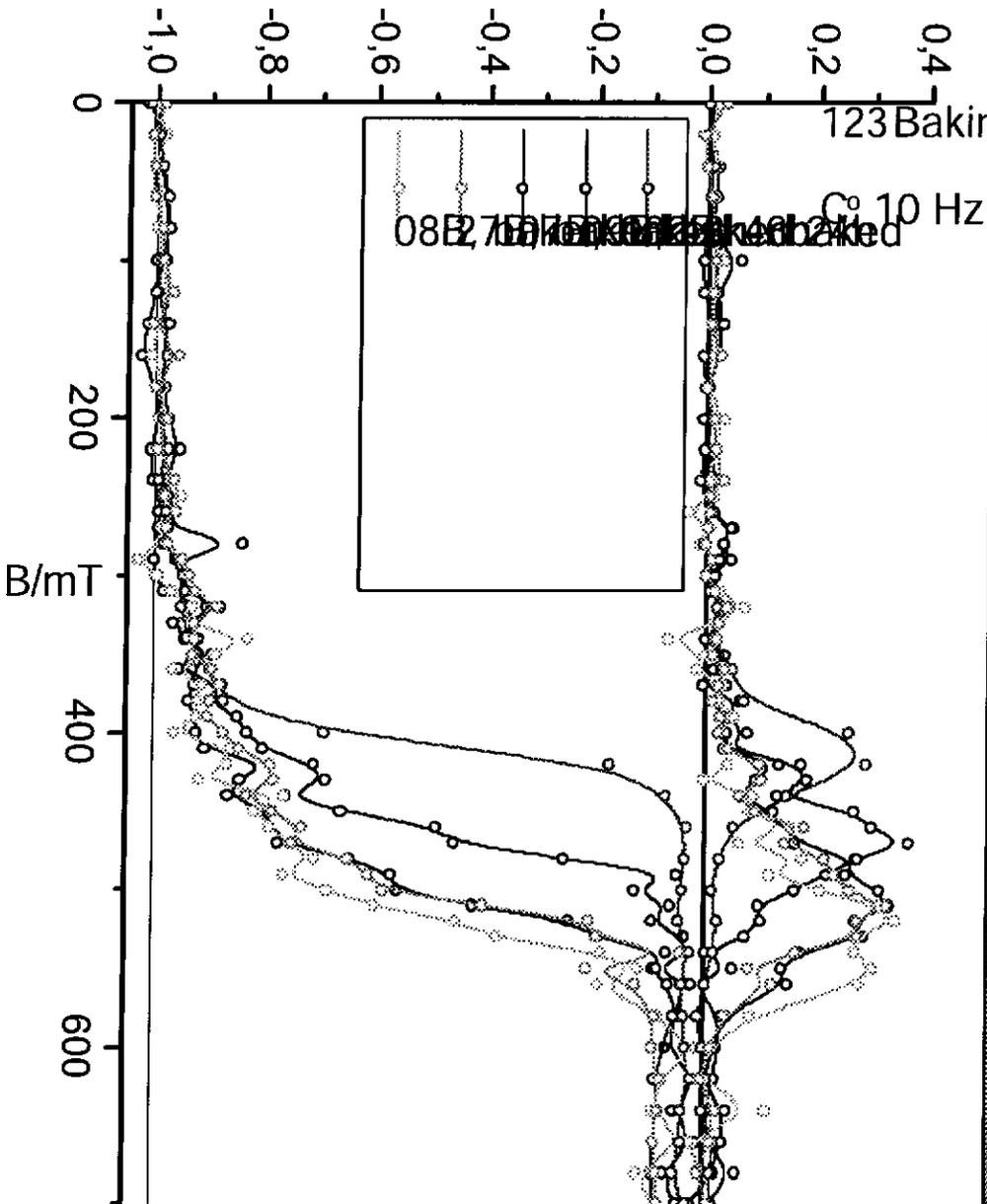
Unbaked / ~120°C baked



- Unbaked
- $B_{c2} = 267 \text{ mT}$
- After 120°C bake

Calculated:
 $B_{c2}^S = 316 \text{ mT}$

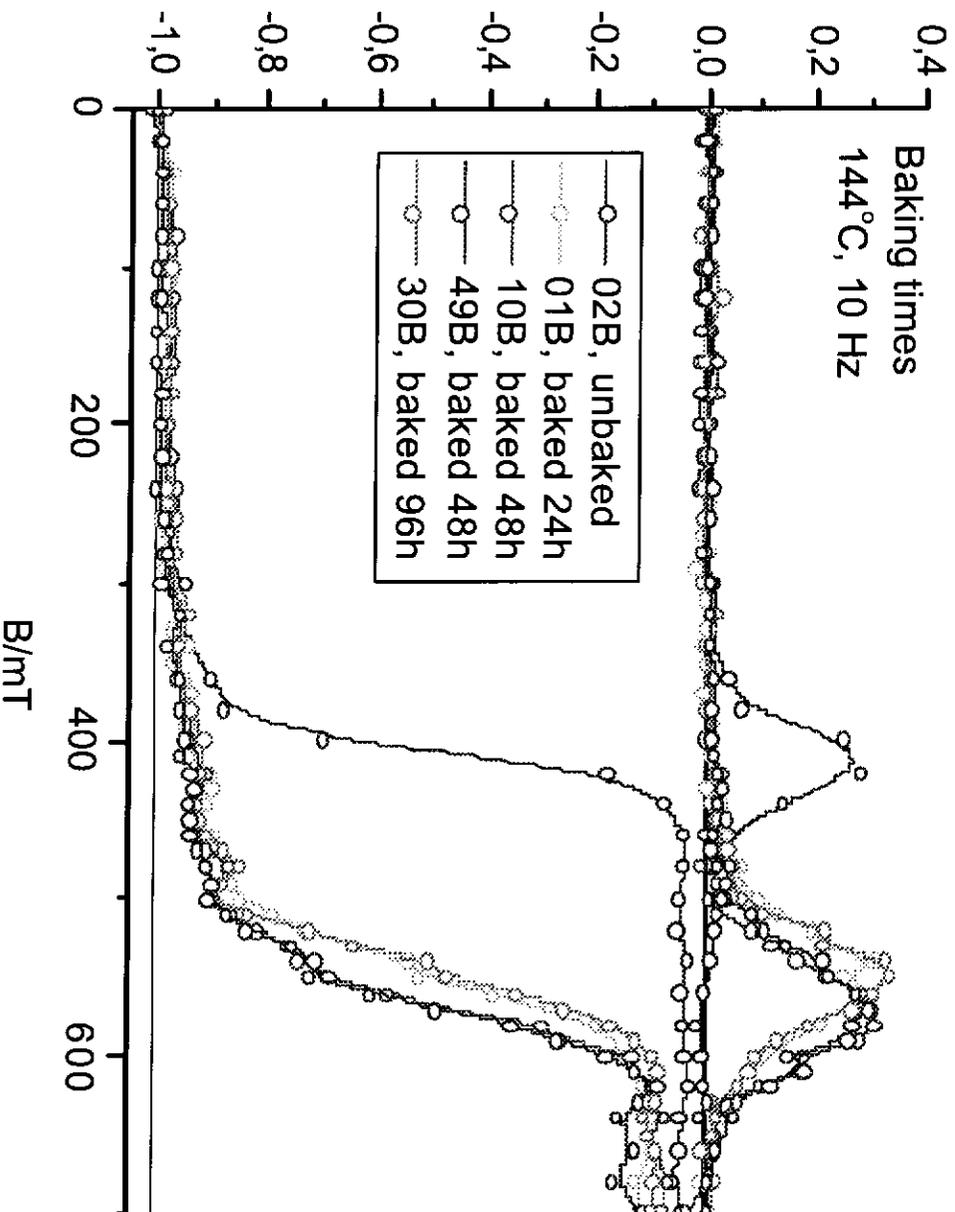
Variation of baking parameters



- Baking time:
24, 48, 96 hours
- Temperature:
100°C, 123°C,
144°C

79

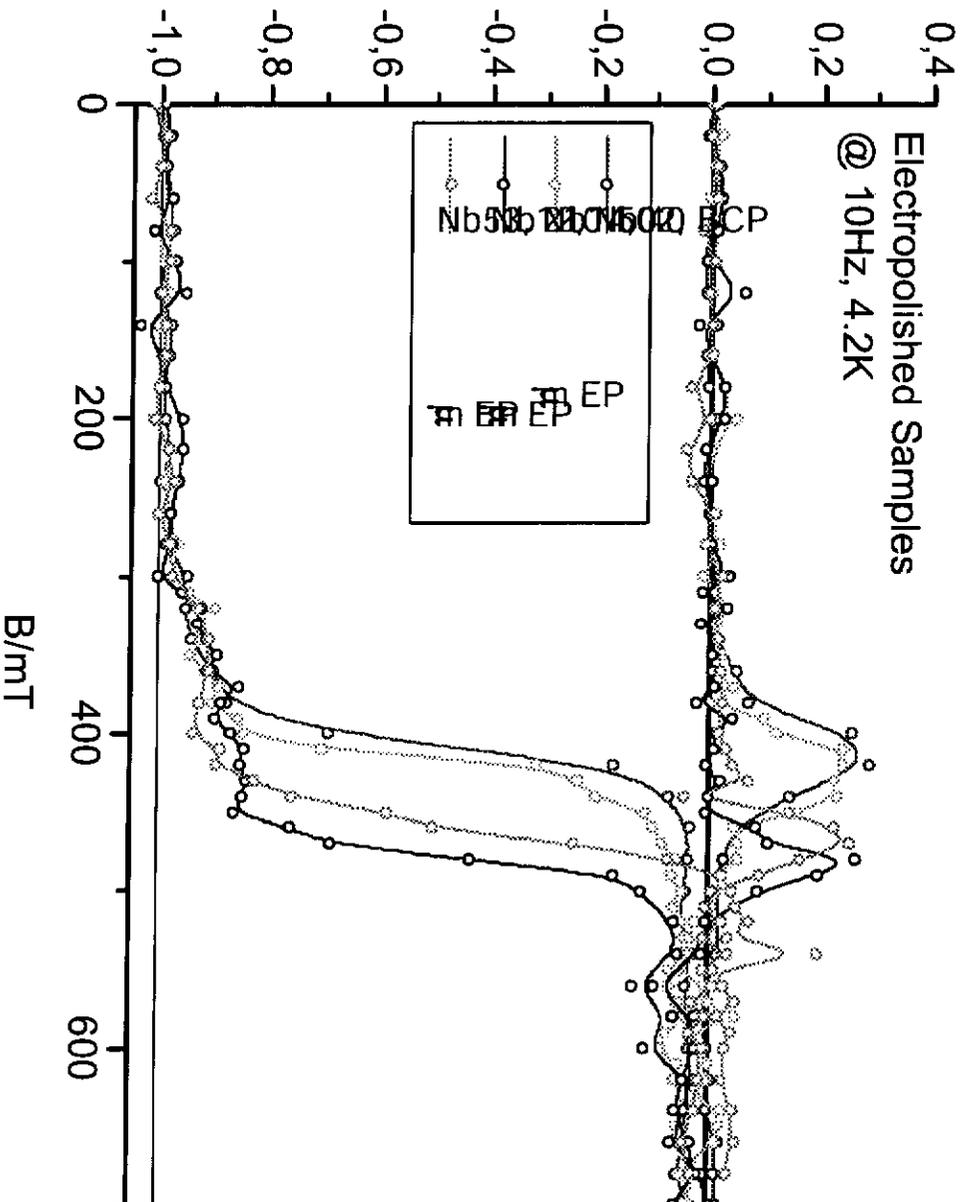
Variation of baking parameters



- Saturation after 48 to 96 hours
- or even a reduction of B_{c3}^S ?

88

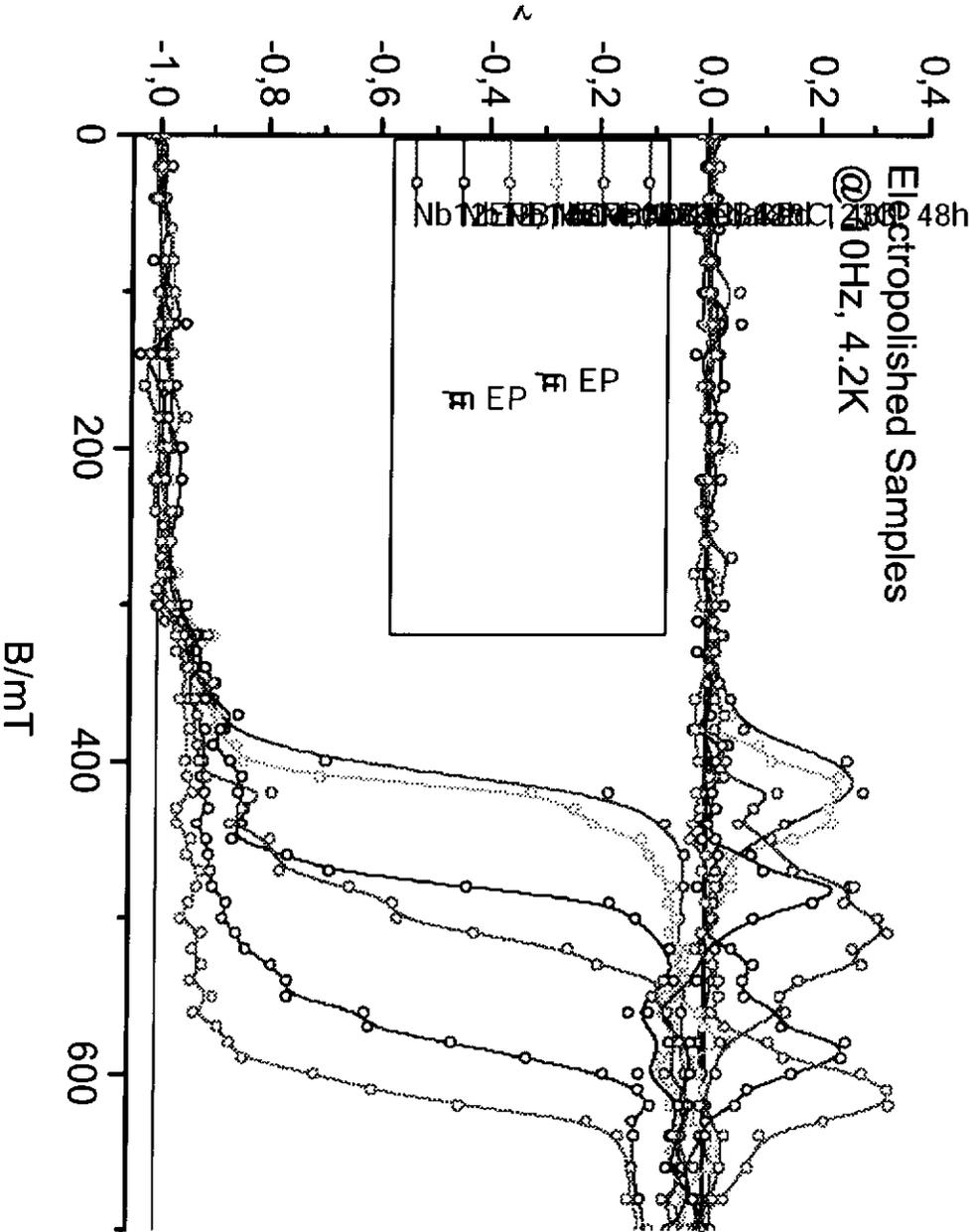
Electropolished samples



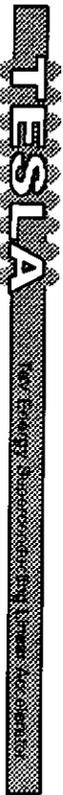
- Preliminary results of first measurements!
- No significant difference after a light EP (40 μm)
 - Large rise of B_{c2}^s to 306 mT after 150 μm EP

81

Baked, electropolished samples



- Large rise of B_{c2}^S after baking
- from 306 mT to 365 mT (150 μm EP)
- and from 282 mT to 388 mT (40 μm EP)



Bernd Steffen

DESY -FDET-

12/4/2002

10

Oxygen content of the surface layer

- To the oxygen content of Nb+O alloys (with < 1 at% O) applies the empirical formula (from the data of Koch et al. 1974):

$$X \text{ (in at\% O)} = (B_{c2} - 276mT) 10^{-3}/mT$$

	Bc3S/mT	Bc2S/mT	at%O
BCP unbaked	464	273	0.00
baked 123C, 48h	560	329	0.05
baked 144C, 48h	625	368	0.09
150µm EP unbaked	520	306	0.03
baked 123C, 48h	620	365	0.09
40µm EP unbaked	480	282	0.01
baked 123C, 48h	660	388	0.11

83

Acknowledgments

Thanks to Lutz Lilje (DESY) and
Sara Casalbuni and Lars von Sawilski (Uni
Hamburg) for a lot of help

84



Bernd Steffen

DESY -FDET-

12/4/2002

12

DC-Feldemissionsuntersuchungen an Nb Proben

B. Günther, F. Kaldasch, D. Lysenkov, G. Müller

Fachbereich 8 Physik, Bergische Universität Wuppertal

Haus Rissen, 2. Dezember 2002

- Feldemissionstrastermikroskop und Messverfahren
- Messergebnisse zur Trockeneisreinigung (DIC)
 - 1. Probenserie (s. SRF-Workshop)
 - 2. Probenserie mit Fe- und Cu- Partikeln
- Planung weiterer Messungen

58

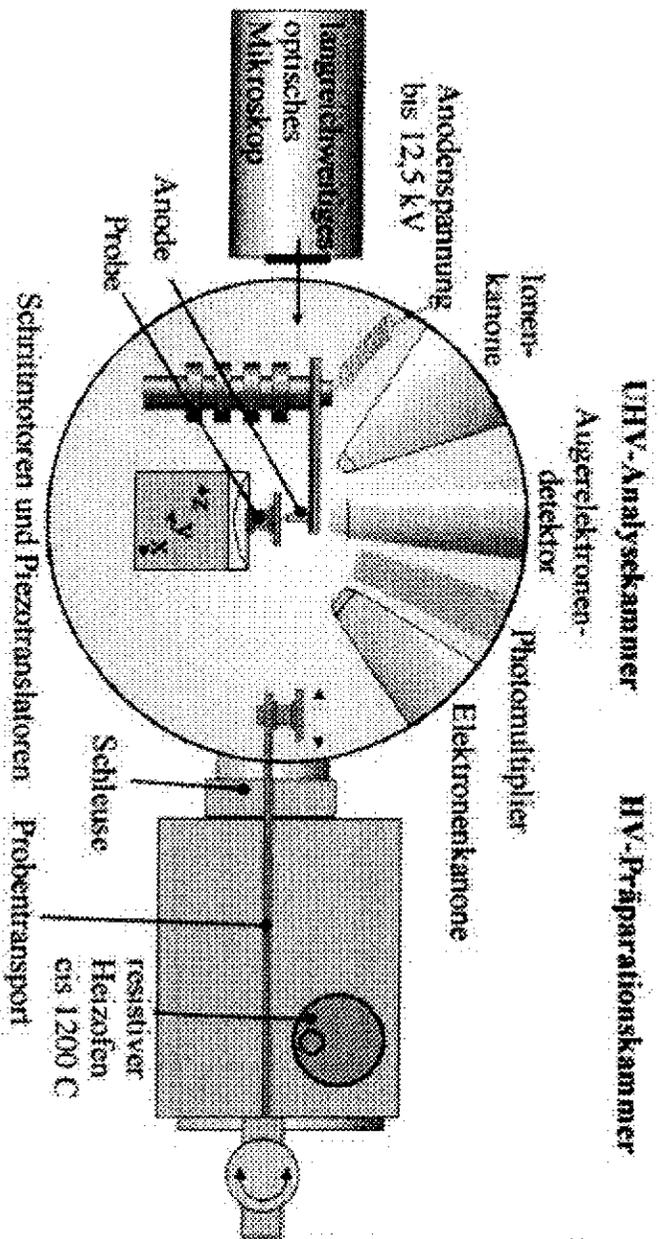
Förderung durch DESY



Bergische Universität Wuppertal



Feldemissionsrastermikroskop (FERM) und Messverfahren

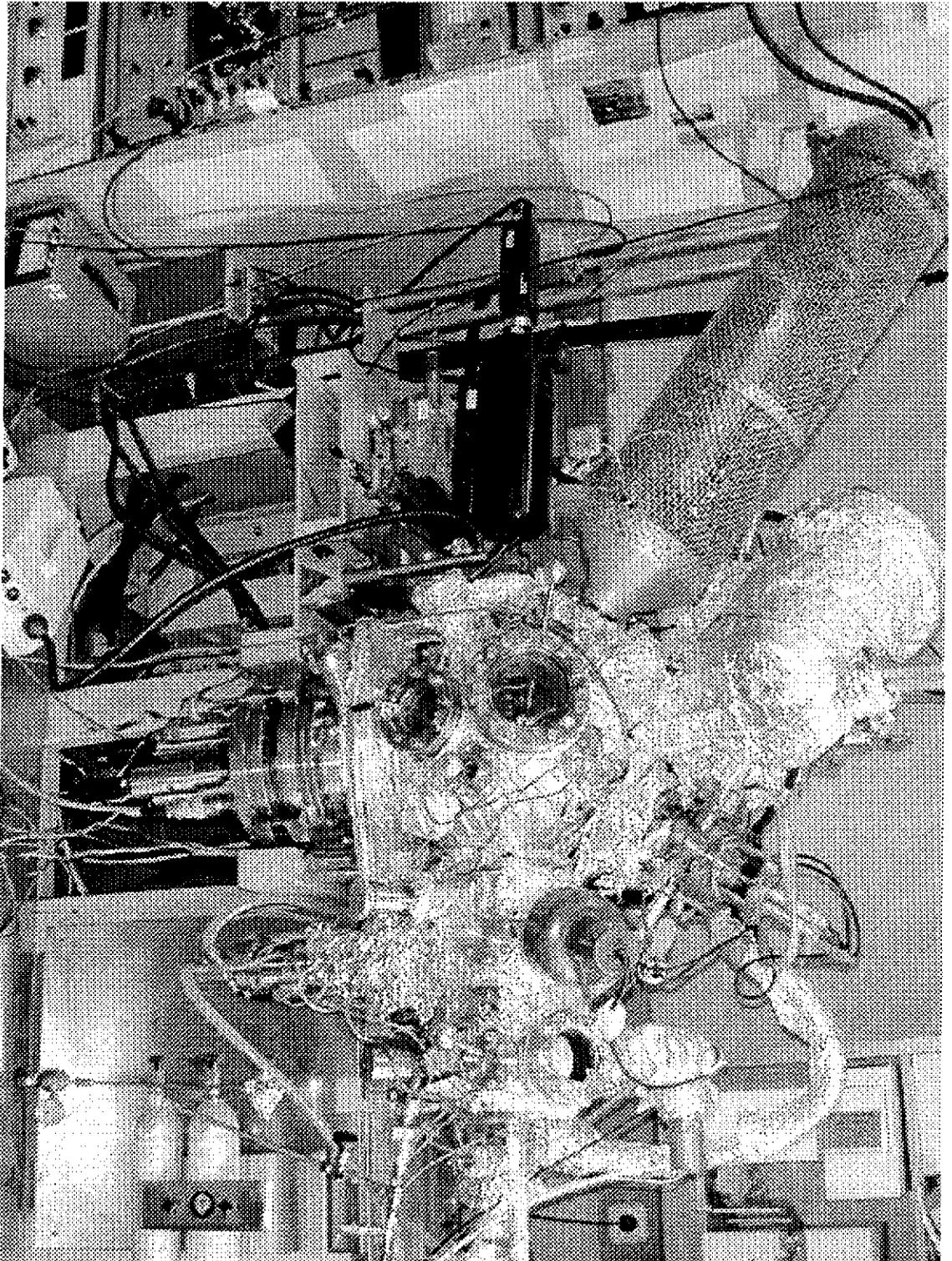


Basisdruck 10^{-10} mbar
 Probengröße bis \varnothing 30 mm
 W-Flachanoden \varnothing 0.1-1 mm
 austauschbare W-Spitzen
 mit Apex- \varnothing 20 nm - 20 μ m

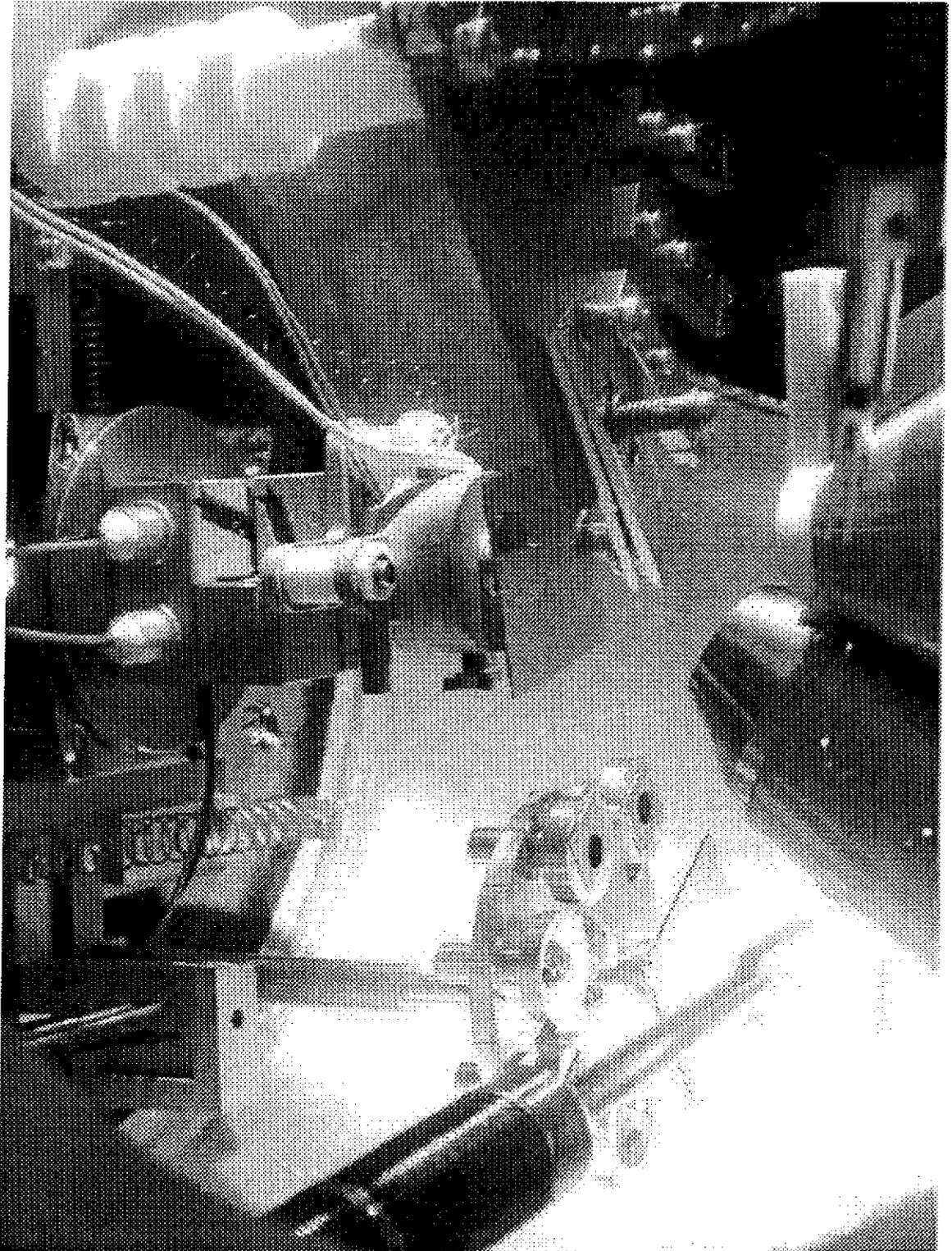
- Spannungsscans $U(x,y)$ für einen vorgegebenen Maximalstrom bei konstantem Abstand mit schneller Spannungsregelung zur Vermeidung von Überschlägen
- Stromscans $I(x,y)$ für eine vorgebene Spannung bei konstantem Abstand
- Abstandsscans $\Delta z(x,y)$ mit Piezoregelung für vorgebene Spannung und Maximalstrom
- hochauflösende Messung der Feldemissionseigenschaften einzelner Emittor (I/V-Kurven, Strombelastbarkeit, Stabilität, Fluktuationen)
- Emittor - Identifizierung mittels in-situ SEM ($> 0.5 \mu\text{m}$) + Auger-Elektronen-Spektroskopie
- Emittor - Konditionierung durch in-situ Ionenbeschuss oder resist. Heizofen bis 1200 °C



UHV-Oberflächenanalyzesystem mit FERMI

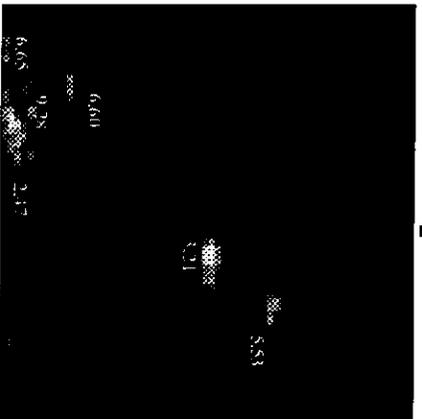


Blick ins Zentrum des FERMI



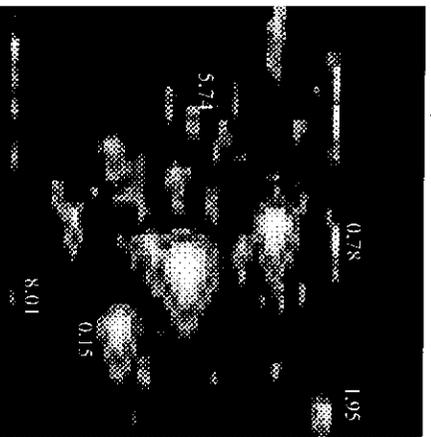
Spannungsscans an 6 verunreinigten Nb Proben (1. Serie)

#1, UPWR + N₂-Trocknung



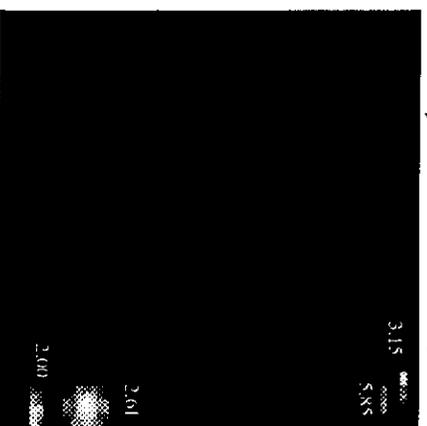
12.5 Emitter/cm²

#7, Stahl-Partikel



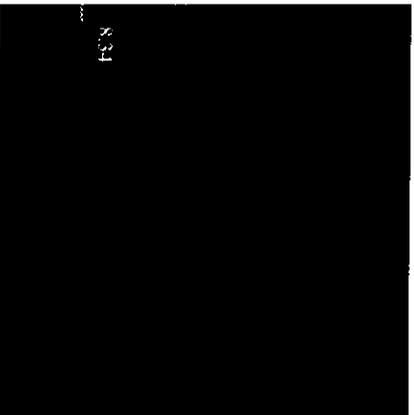
70.3 Emitter/cm²

#0, Stahl-Partikel



6.25 Emitter/cm²

#2, UPWR + N₂-Trocknung



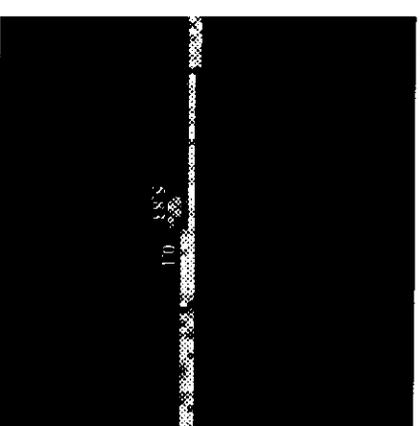
1 Emitter/cm²

#4, Latex und Metalloxid



0 Emitter/cm²

#5, Latex und Metalloxid



2-3 Emitter/cm²

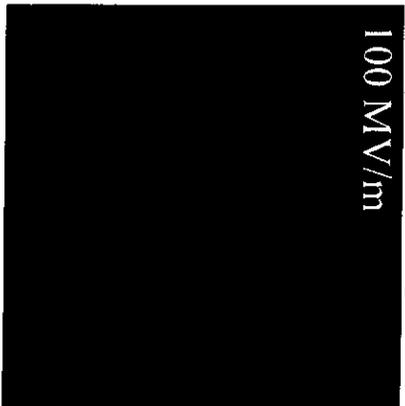
- Proben #1+#2 in Resonator mitbehandelt ohne HPWR ⇒ einige Emitter bis 100 MV/m
- Fe-Partikel erzeugen sehr viele Emitter bei E < 100 MV/m auf Probe #7, wenige auf #0
- Latex- und Metalloxid-Partikel auf Probe #4 + #5 verursachen kaum FE bis 100 MV/m



Reduzierte FE der Nb Proben (1. Serie) nach DIC

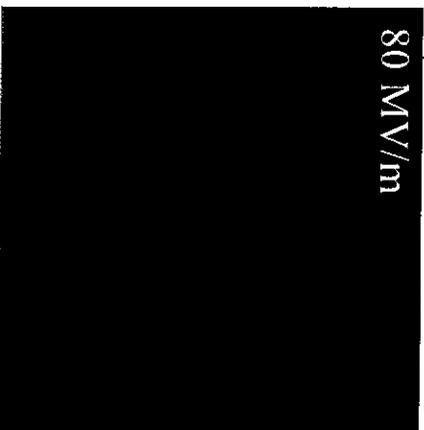
#1, N₂-Trocknung + DIC

100 MV/m



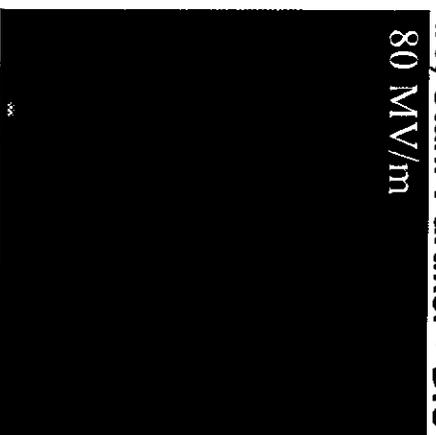
#7, Stahl-Partikel + DIC

80 MV/m

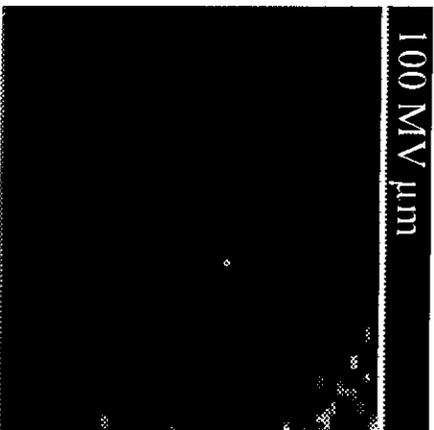


#0, Stahl-Partikel + DIC

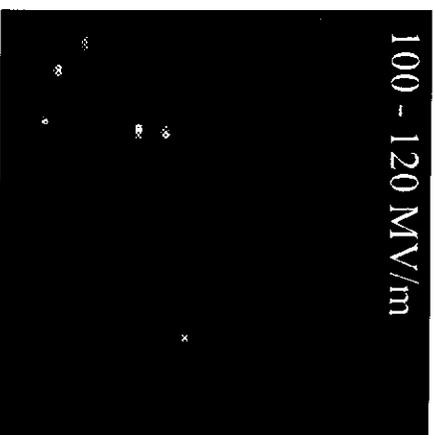
80 MV/m



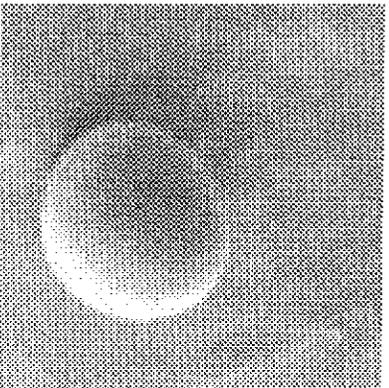
100 MV μ m



100 - 120 MV/m



SEM-Bild eines Stahl-Partikels
(\varnothing 50 μ m) auf #7 vor DIC



- 0 - 1 Emitter/cm² bei 80 MV/m \Rightarrow deutlicher Reinigungseffekt durch DIC
- 4 - 10 Emitter/cm² bei 100 MV/m \Rightarrow DIC - Verfahren noch nicht optimiert
- im SEM keine Schäden durch DIC (Kratzer etc.) auf Nb Oberflächen gefunden

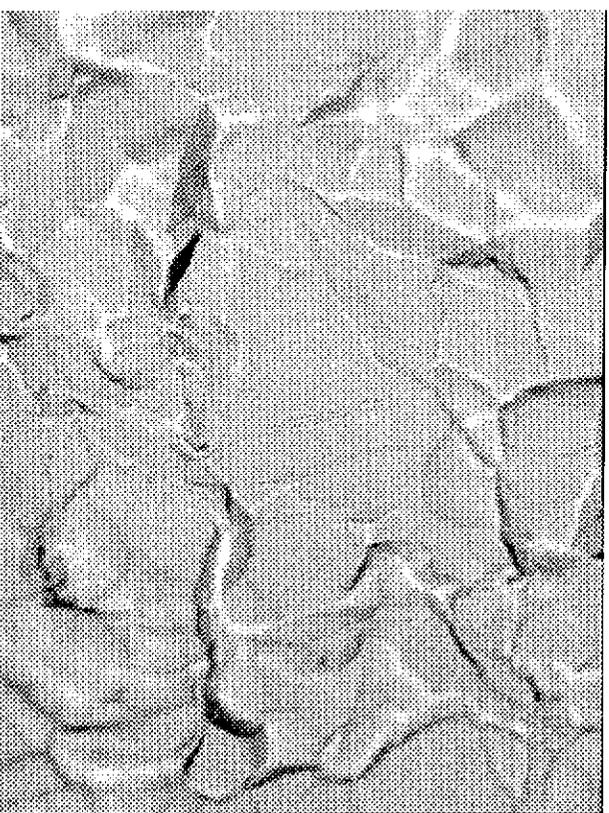
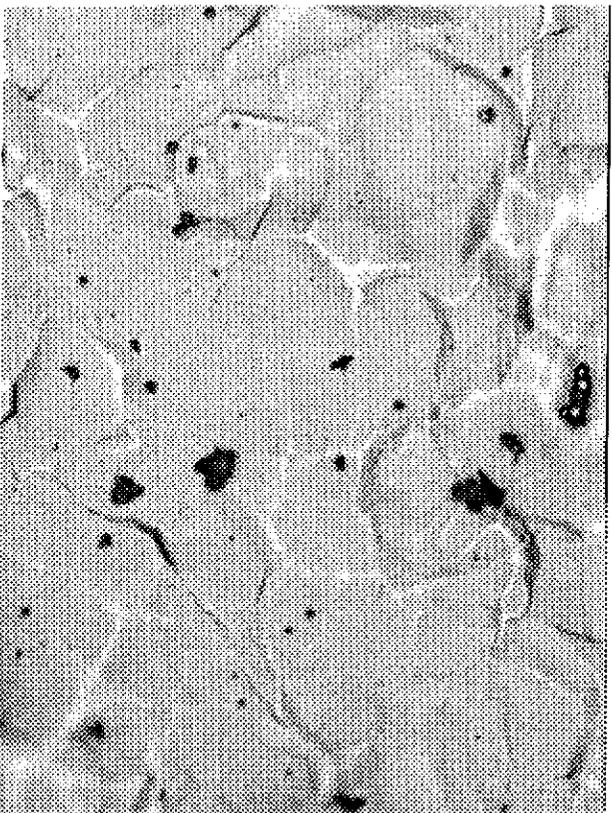


2. Probenserie mit Fe- und Cu- Partikeln

präpariert bei DESY von Detlef Reschke und gereinigt am IPA in Stuttgart (DIC)

10 µm BCP 1:1:2 und VE-Wasserspülen
Reinstwasserspülen im RR Klasse 10000
dort verunreinigt mit Fe und Cu Partikeln
in einer Suspension aus Wasser/Alkohol
Abspülen mit 4 bar Reinstwasser und
Trocknen mit Stickstoff und Versand

Trockeneisreinigung - Parameter:
Druck: 55 bar CO₂- und 12 bar N₂
Strahl Ø 3 mm senkrecht zur Oberfläche
Reinigungsabstand: 20 mm
Zeilengeschwindigkeit: 5 mm/s
abschl. Trocknen mit N₂-Strahl



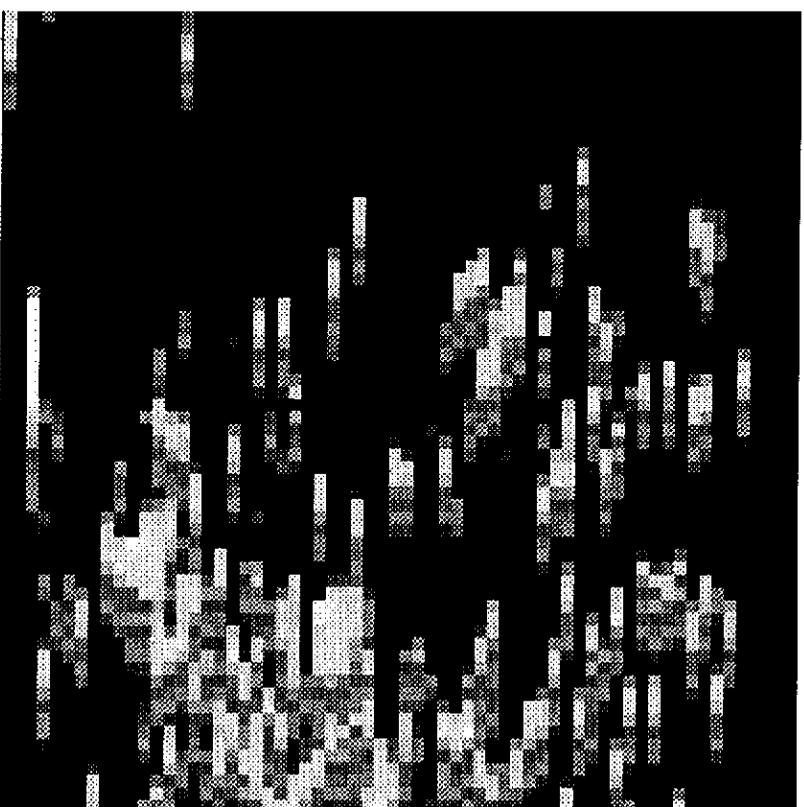
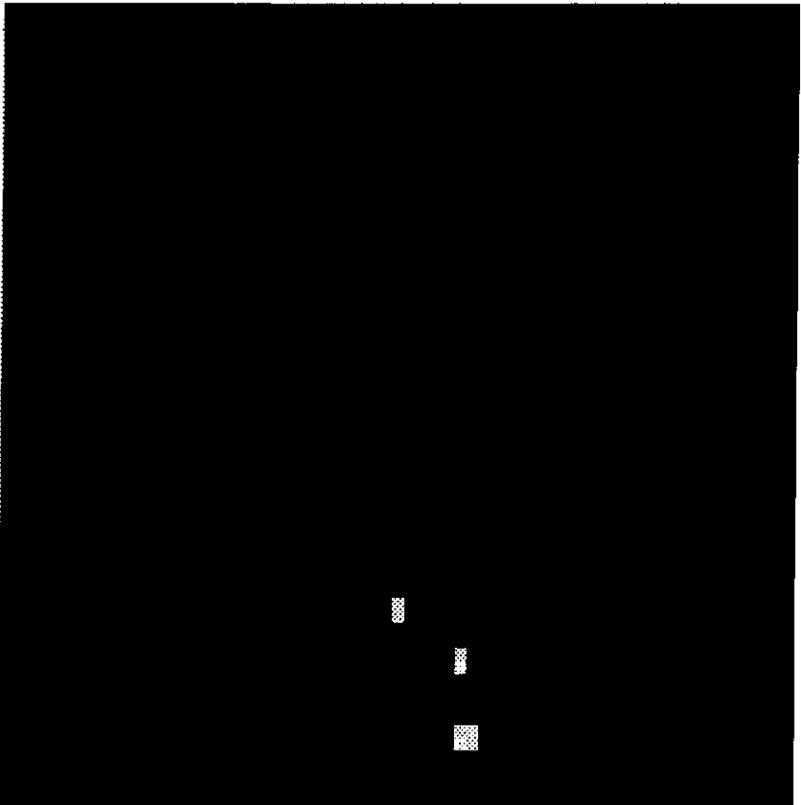
optische Mikroskopaufnahmen von 240 x 180 µm Bereich (500-fache Vergrößerung)

viele Partikel im Größenbereich 1 - 20 µm, werden bis auf wenige (< 3 µm) entfernt
⇒ deutlicher Reinigungseffekt durch DIC, keine mechanische Schädigung der OF



Spannungsscans an Probe #5 vor DIC

Scanbereich 10 x 10 mm \varnothing 100 μ m Anode Abstand d = 50 - 75 μ m
 Umax = 2.5 kV I = 5 nA Umax = 4 kV I = 0.5 nA



3 Emitter bei E < 50 MV/m

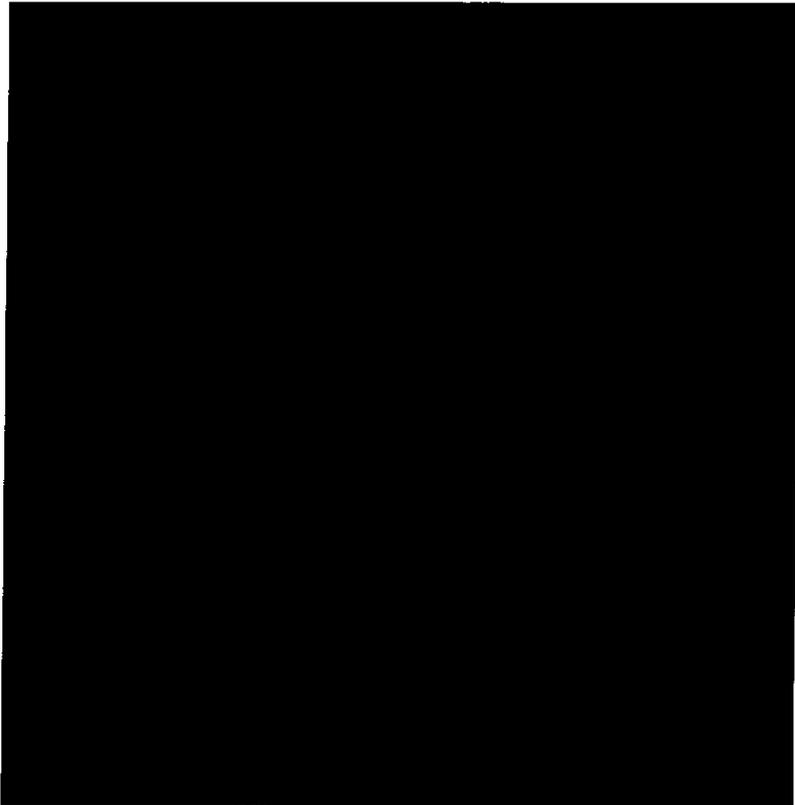
101 Emitter bei E < 80 MV/m

- bei 4 kV erhöhte Überschlagstendenz \Rightarrow Senkung des Stromgrenzwertes
- „längliche“ Emitter durch kapazitiven Ladeeffekt bei der Strommessung

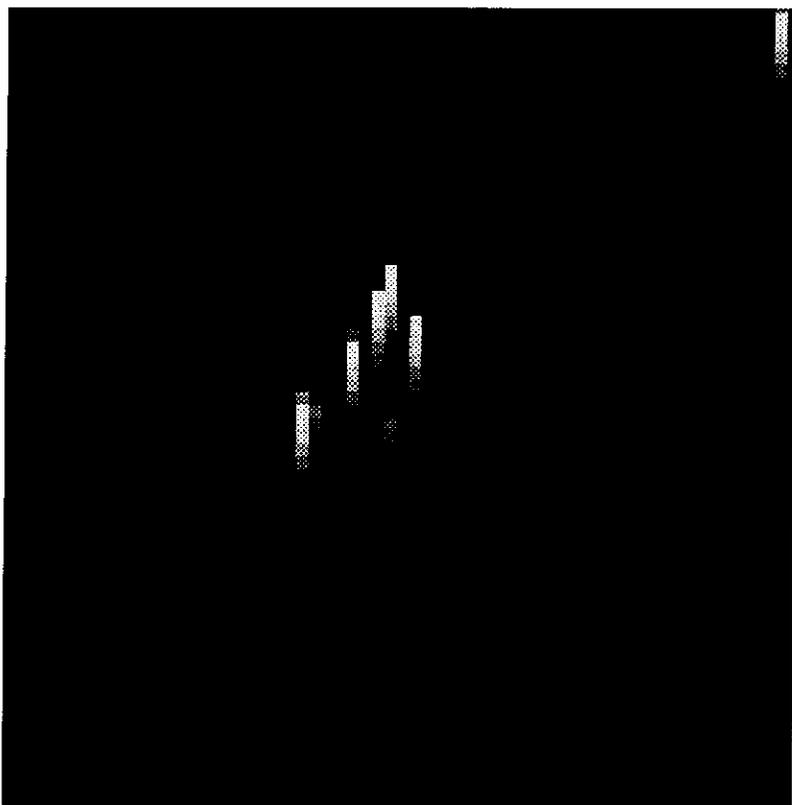


Spannungsscans an Probe #5 nach DIC

Scanbereich 6.3 x 6.3 mm Ø100 µm Anode Umax = 2.4 kV I = 5 nA
Abstand d = 50 - 70 µm Abstand d = 35 - 55 µm



0 Emitter bei E < 48 MV/m

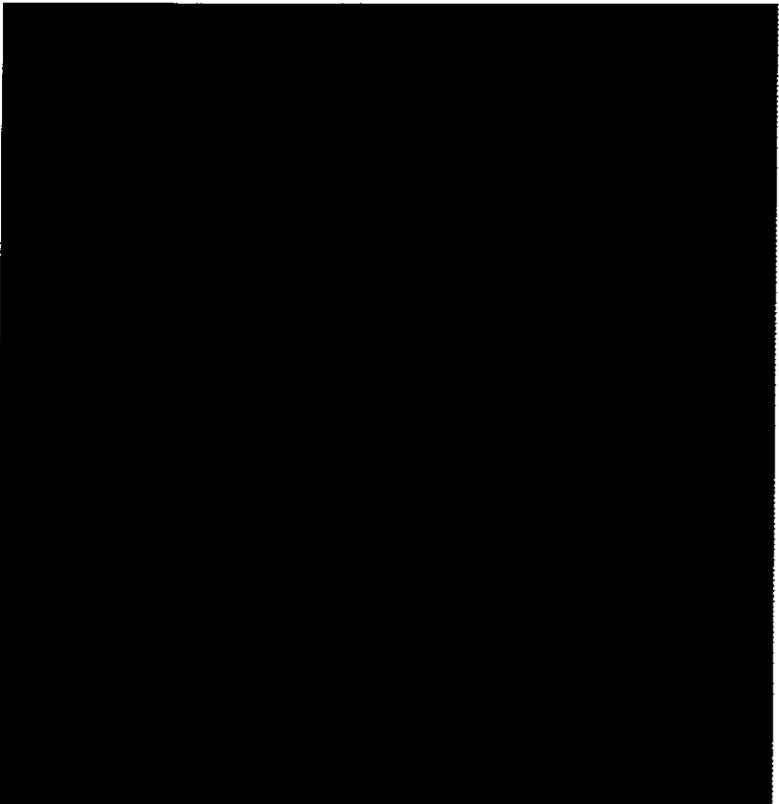


7 Emitter bei E < 69 MV/m

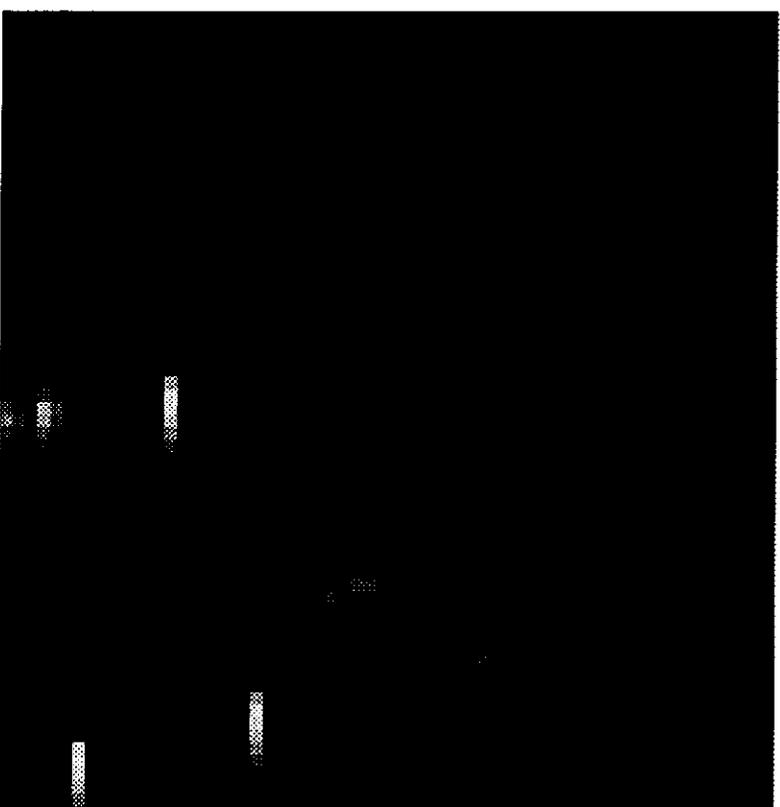
- deutlicher Reinigungseffekt durch DIC,
- einige lose Partikel durch Messung entfernbbar

Spannungsscans an Probe #3 vor DIC

Scanbereich $6.3 \times 6.3 \text{ mm}$ $\varnothing 100 \text{ }\mu\text{m}$ Anode $U_{\text{max}} = 2.4 \text{ kV}$ $I = 0.5 \text{ nA}$
 Abstand $d = 60 - 90 \text{ }\mu\text{m}$ Abstand $d = 35 - 65 \text{ }\mu\text{m}$



0 Emittor bei $E < 40 \text{ MV/m}$



11 Emittor bei $E < 69 \text{ MV/m}$

- Probenkrümmung \Rightarrow Bestimmung der Feldstärke $E(l)$ erfordert lokale Messung
- Emittordetektion in mehr als einer Zeile \Rightarrow gute Haftung an der Oberfläche



Spannungsscans an Probe #3 nach DIC

Scanbereich 6 x 6 mm

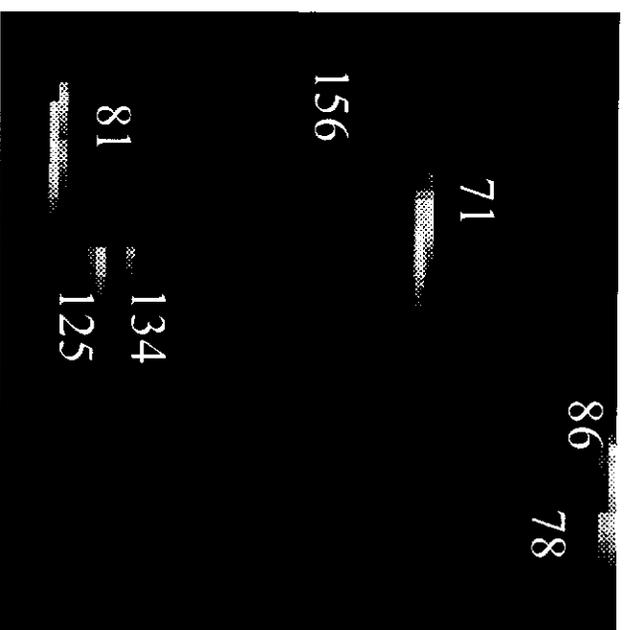
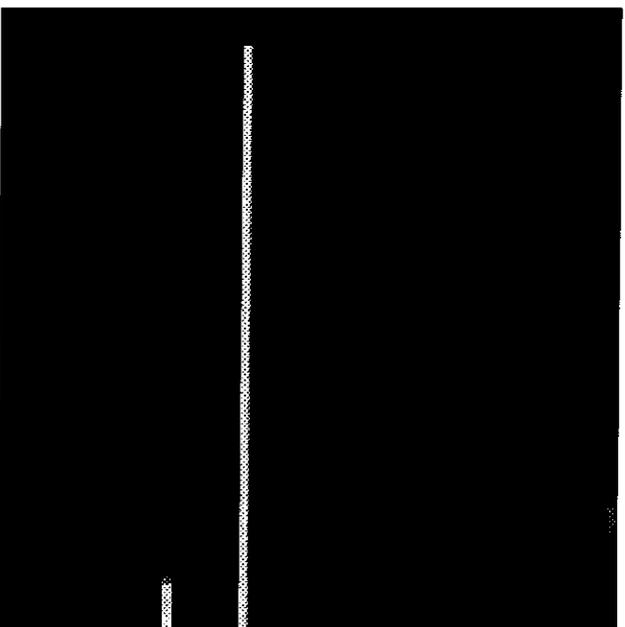
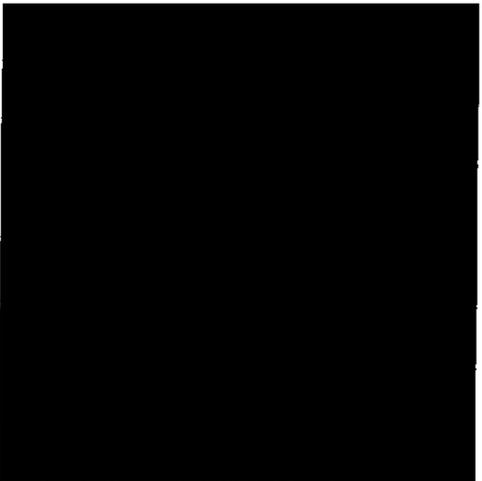
Ø100 µm Anode

Abstand d = 70 ± 10 µm

U_{max} = 10 kV I = 0.7 nA

U_{max} = 12 kV I = 0.7 nA

4 Scans bei U_{max} =
2.35, 4, 6 und 8 kV



0 Emitter bis 114 MV/m 2 Emitter bei E < 143 MV/m 7 Emitter bei E < 171 MV/m

- langer Strich in mittlerem Bild ist Messartefakt (Ausfall der Spannungsquelle)
- 1 Emitter von mittlerem Bild ist rechts verschwunden ⇒ loses Partikel entfernt
- Zahlen in rechtem Bild geben die Einsatzfeldstärke E(I) der Emitter an
- zunächst keine Emitter bis 114 MV/m ⇒ exzellenter Reinigungsseffekt durch DIC
- Emitteraktivierung bei 171 MV/m ⇒ verstärkte Emitter ab 71 MV/m („switch on“)



Bergische Universität Wuppertal



Spannungsscans an Probe #4 vor DIC

Scanbereich $6 \times 6 \text{ mm}$

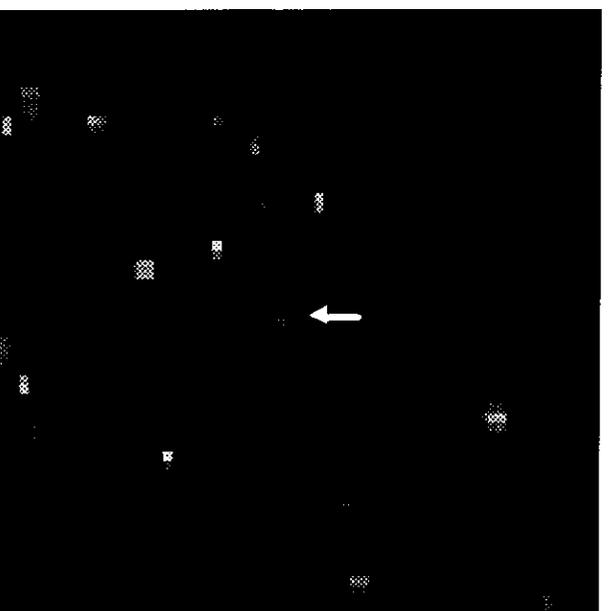
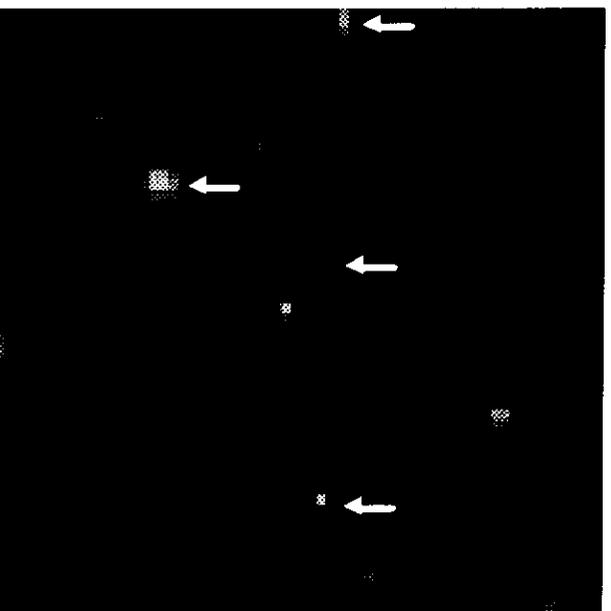
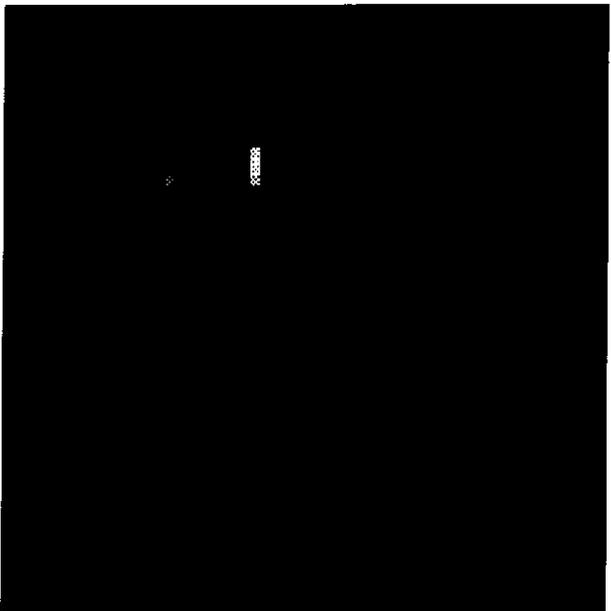
$\varnothing 100 \text{ }\mu\text{m}$ Anode

Abstand $d \approx 50 - 70 \text{ }\mu\text{m}$

$U_{\text{max}} = 2.4 \text{ kV}$ $I = 1 \text{ nA}$

$U_{\text{max}} = 4 \text{ kV}$ $I = 4 \text{ nA}$

$U_{\text{max}} = 6 \text{ kV}$ $I = 4 \text{ nA}$



2 Emittter bei $E < 48 \text{ MV/m}$

11 Emittter bei $E < 80 \text{ MV/m}$

30 Emittter bei $E < 120 \text{ MV/m}$

- starker Emittter im linken Bild verursacht kurzen Spannungsausfall und verschwindet
- zweiter Emittter im linken Bild bleibt zunächst (mitte) und verschwindet erst rechts
 - ⇒ kein loses Partikel, sondern erfolgreiche Stromkonditionierung
- im rechten Bild sind noch 7 der 11 Emittter (mitte) vorhanden, aber 4 (s. Pfeile) sind weg und 1 Emittter rechts (s. Pfeil) ist abgeschwächt
 - ⇒ die meisten Emittter bleiben trotz hoher Feldstärke stabil



Spannungsscans an Probe #4 nach DIC

Scanbereich $6 \times 6 \text{ mm}$

$\varnothing 100 \text{ } \mu\text{m}$ Anode

Abstand $d = 75 \pm 10 \text{ } \mu\text{m}$

Es wurden 4 Scans mit $I = 5 \text{ nA}$ durchgeführt bei

$U_{\text{max}} = 6 \text{ kV}$

$\Rightarrow 0 \text{ Emitter bei } E < 92 \text{ MV/m}$

8 kV

$< 123 \text{ MV/m}$

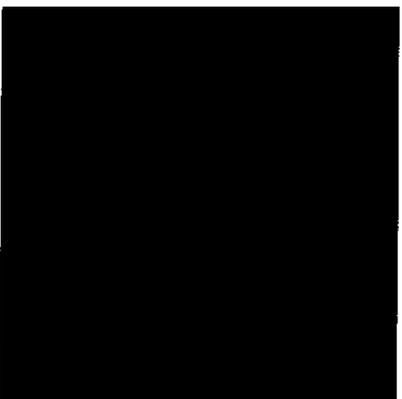
10 kV

$< 153 \text{ MV/m}$

12 kV

Kriechströme bei $E < 184 \text{ MV/m}$

\Rightarrow exzellenter Reinigungseffekt durch DIC



Zusammenfassung der Messergebnisse an 2. Probenserie

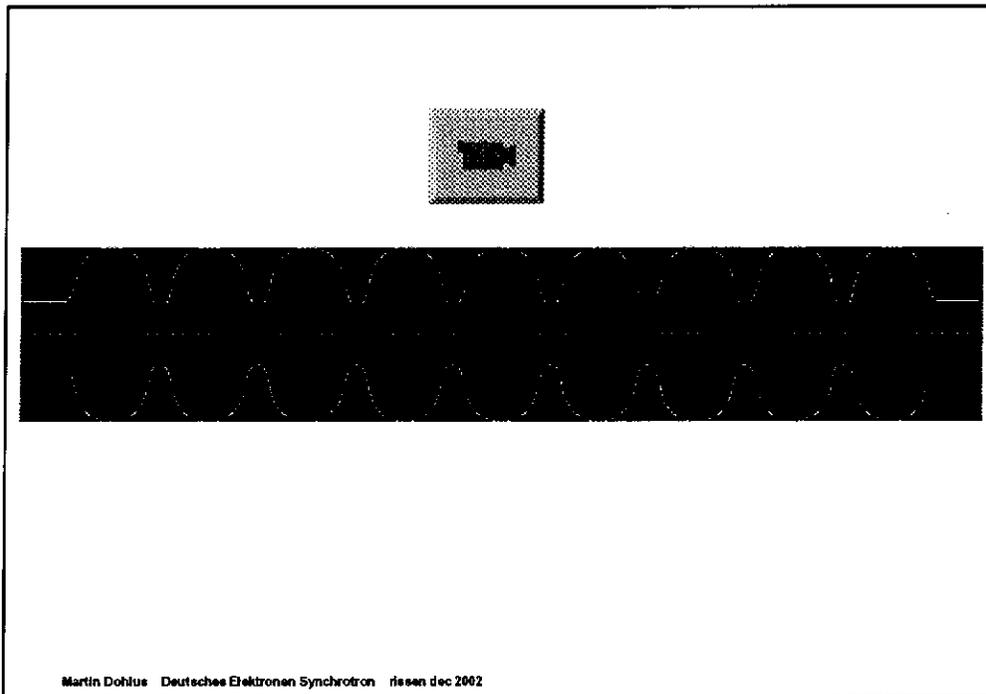
FD

- Die Anzahl von Emittlern auf BCP Nb-Proben wird durch DIC deutlich reduziert
 - \Rightarrow aufgebrauchte Fe und Cu Partikel werden weitgehend entfernt
 - \Rightarrow DIC verursacht keine Oberflächenschäden (z. B. Kratzer) auf Nb
- Verbleibende Emittler werden manchmal durch Stromkonditionierung abgeschwächt, oft aber erst durch hohe Feldstärken aktiviert und bleiben dann meist stabil
 - \Rightarrow zur Aufklärung sind detaillierte Messungen an solchen Emittlern erforderlich
- 2 von 3 Proben zeigen nach DIC keine FE bis zu Feldstärken $E > 120/150 \text{ MV/m}$
 - \Rightarrow DIC kann ähnlich gut gegen FE wie Hochdruckwasserspülung wirken
 - \Rightarrow DIC sollte zur Reduktion der FE in TESLA-Resonatoren getestet werden



Planung weiterer DC-Feldemissionsmessungen

- **Qualitätskontrolle von bewährten oder neuen Reinigungsverfahren**
- **Kontrollierte Probenkontamination mit relevanten Partikeln**
 - Fe- und Cu- Partikel in wässriger (alkoholischer) Lösung
 - Kohlenstoffhaltige und organische Partikel
 - Trocknungsrückstände aus Laborluft oder Filtern
 - Entwicklung von Drucktechniken für definierte Punktarays
- **Vergleichende Untersuchungen an elektropolierten Niobproben und Auswirkung von Temperung bei 200 - 400 °C auf die DC-FE**
- **Detaillierte Messungen an starken, charakteristischen Emittlern**
 - in-situ SEM und HRSEM - Untersuchungen
 - Messung der Emittlerstabilität (Strombelastung und Rauschen)
 - Zerstörung der Emittler mit gepulstem Netzgerät (5 kV, 1 ms, 50 mA), Lieferung im Januar



monopole single passage losses

$$f_{rep} = 5 \text{ Hz}$$

$$T_{HF} = 0.95 \text{ ms}$$

a) Collider (500GeV) losses per module (12x9cells):

$$\sigma_{bunch} = 400 \text{ } \mu\text{m}$$

$$N_{bunch} = 2820$$

$$q_{bunch} = 3.2 \text{ nC (9.5 mA)}$$

$$P = 23.3 \text{ W}$$

$$P'(f > 5 \text{ GHz}) = 17.4 \text{ W}$$

$$P'(f > 10 \text{ GHz}) = 12.7 \text{ W}$$

$$P'(f > 20 \text{ GHz}) = 8.1 \text{ W}$$

$$P'(f > 50 \text{ GHz}) = 3.0 \text{ W}$$

$$P'(f > 100 \text{ GHz}) = 0.7 \text{ W}$$

b) FEL

$$\sigma_{bunch} = 25 \text{ } \mu\text{m}$$

$$N_{bunch} = 11315$$

$$q_{bunch} = 1.0 \text{ nC (12 mA)}$$

losses per module (12x9cells):

$$P' = 14.2 \text{ W}$$

$$P'(f > 5 \text{ GHz}) = 11.5 \text{ W}$$

$$P'(f > 10 \text{ GHz}) = 9.3 \text{ W}$$

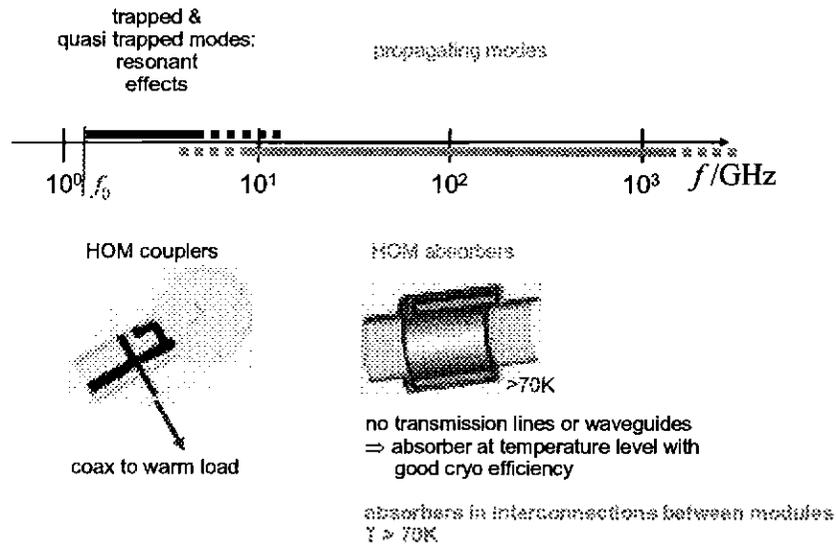
$$P'(f > 20 \text{ GHz}) = 7.1 \text{ W}$$

$$P'(f > 50 \text{ GHz}) = 4.7 \text{ W}$$

$$P'(f > 100 \text{ GHz}) = 3.1 \text{ W}$$

Martin Dohlus Deutsches Elektronen Synchrotron rissen dec 2002

what is a hom absorber ?



Martin Dohlus Deutsches Elektronen Synchrotron rissen dec 2002

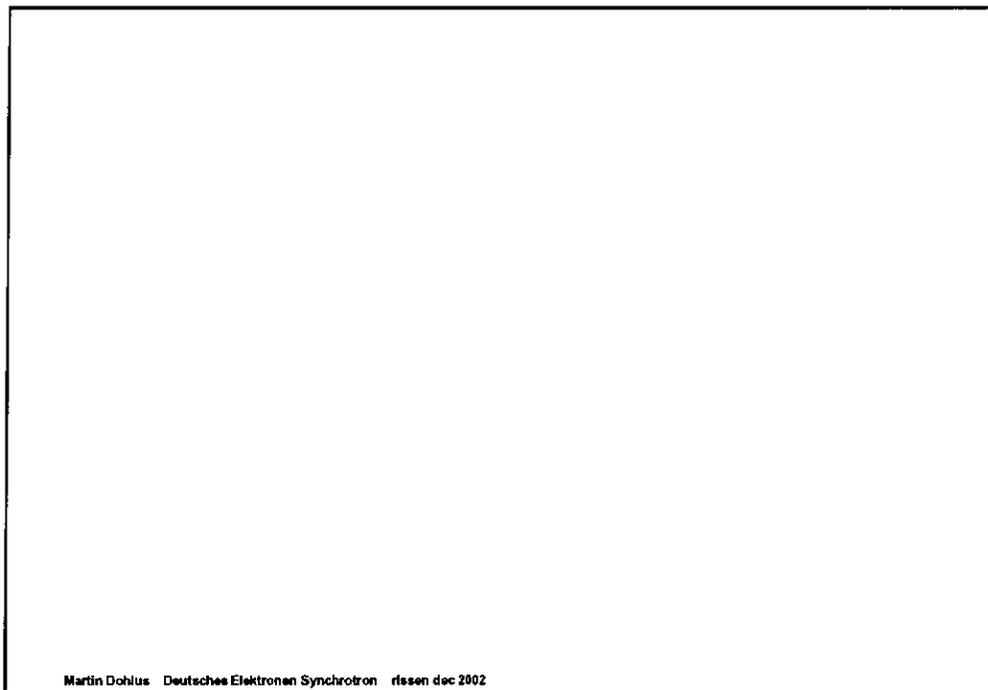
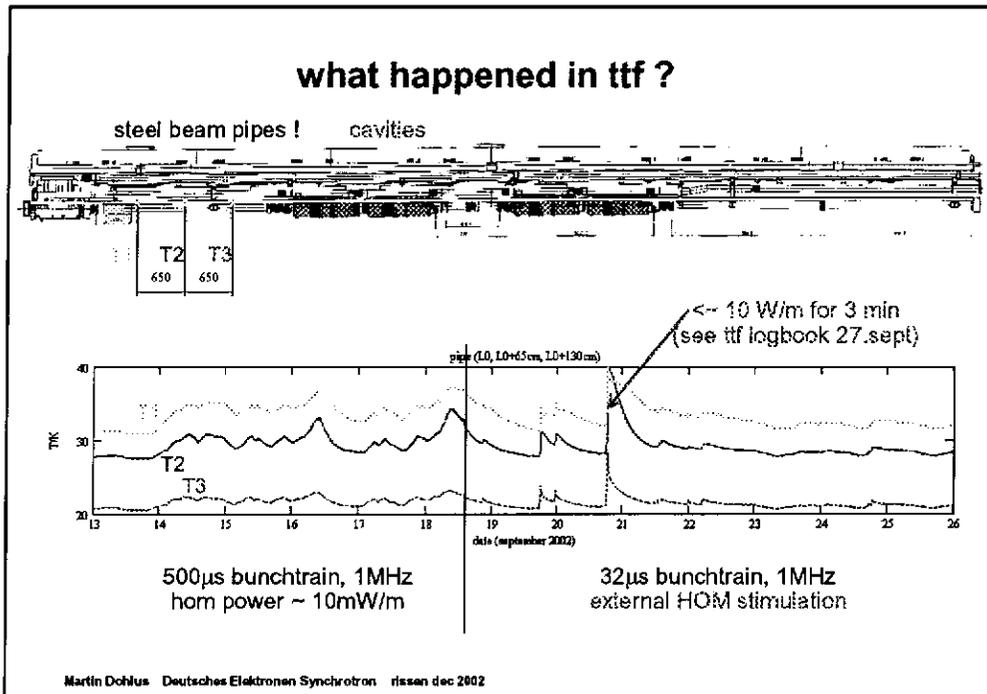
foreseen in tdr

The short bunches in TESLA excite wake fields in a very wide frequency range which will be absorbed in the structure walls and therefore contribute to the cryogenic losses.

3.3.2 Table 3.3.2 shows the single bunch losses calculated from the monopole short range wake [1, 2]. The effect of losses in a frequency range beyond the threshold for Cooper pair breakup (about 750 GHz) in superconducting niobium has been investigated in [3]: in a quasi-periodic string of 9-cell cavities the temperature rise of the inner cavity surface and the resulting Q_0 drop are negligible.

Most losses occur at lower frequencies where the conductivity of the superconducting surfaces is several orders higher than that of normal conducting walls. Part of this power is extracted by input- and HOM-couplers, but high frequency fields will propagate along the structure and be reflected at normal and superconducting surfaces [3]. In order to reduce the losses at normal conducting surfaces at 2K and 4K, a special HOM absorber is foreseen which operates at 70K, where the cooling efficiency is much higher. The absorber basically consists of a pipe of absorbing material mounted in a cavity-like shielding, and integrated into the connection between two modules. As the inner surface area of this absorber (about 280 cm²) is small compared to that of all the normal conductors in one cryomodule, the absorber has to absorb a significant part of all the RF power incident upon it. In field propagation studies, which assume a gas-like behaviour for photons, it has been shown that an absorber with a reflectivity below 50% is sufficient [3]. Theoretical and experimental studies have suggested that the required absorption may be obtained with ceramics like MACOR [3, 4] or with artificial dielectrics [5].

Martin Dohlus Deutsches Elektronen Synchrotron rissen dec 2002



what is assumed in the tdr?

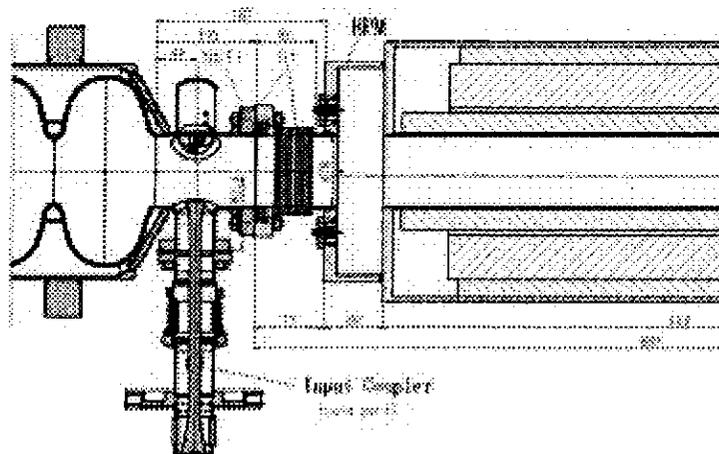
- no normal conducting steel surfaces @ 2K
(surfaces are copper plated)
- cavity bpm is copper plated
- anomalous skin effect not considered yet
- no cable losses (single passage homs)
- hom absorbers in all interconnections @ 70K
- >~ 90% of the single passage hom power is drained
by the hom absorbers 70K

Martin Dohlus Deutsches Elektronen Synchrotron rissen dec 2002

avoid normal conducting
surfaces; especially:
avoid steel surfaces !!!

3.2.6.5 Beam position monitor

The BPM is of the pill box type, and is attached to the end plate of the helium vessel. It is copper plated on the inside and equipped with two antennas for each transverse direction (x and y). The beam position measurement resolution is 10 μm and the installation tolerance with respect to the quadrupole axis is 0.1 mm.



Martin Dohlus Deutsches Elektronen Synchrotron rissen dec 2002

anomalous skin effect: When the skin depth becomes less than the mean free path of the electrons, the above relations no longer hold. In the extreme, the surface resistivity becomes independent of temperature and frequency. In the case of pure Cu at very low temperature, the improvement in dc resistivity with respect to that at room temperature might be 100 while the improvement in surface resistivity at microwave frequencies will be limited to about a factor of 6 [10].

still better than steel !!!

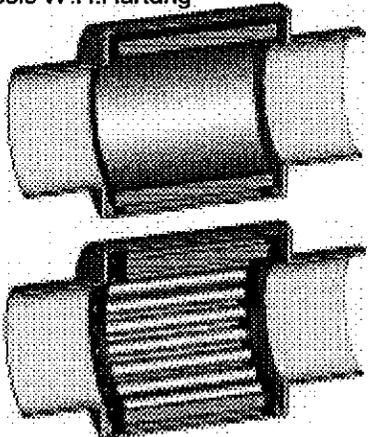
under investigation: S.Ratschow, TEMF TUD

Martin Dohlus Deutsches Elektronen Synchrotron rissen dec 2002

Martin Dohlus Deutsches Elektronen Synchrotron rissen dec 2002

absorber materials

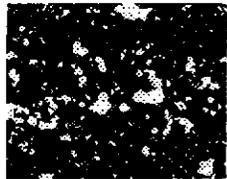
- artificial dielectrics:
UNIPRESS: AlO&Mo
CERADYN: AlN&carbon ZR10CB5
- ferrites:
PhD thesis W.H.Hartung



Martin Dohlus Deutsches Elektronen Synchrotron Hssen dec 2002

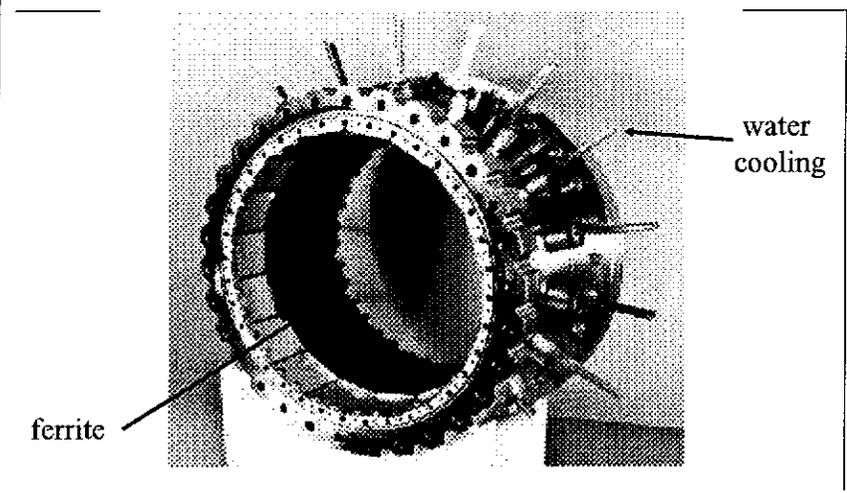


CERADYNE
B.Mikijelj



artificial dielectrics

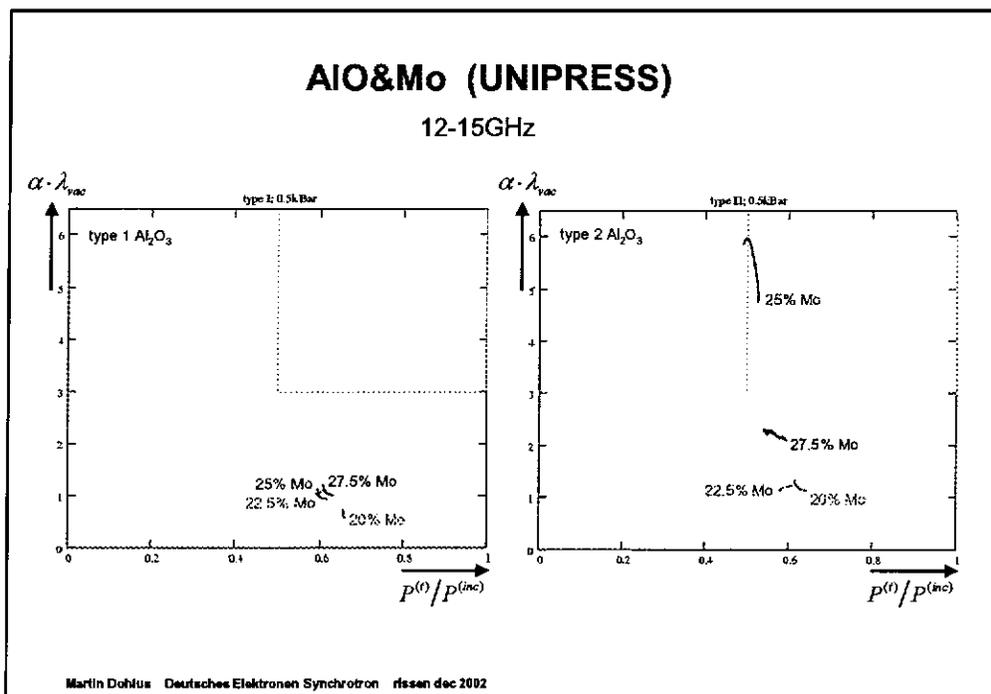
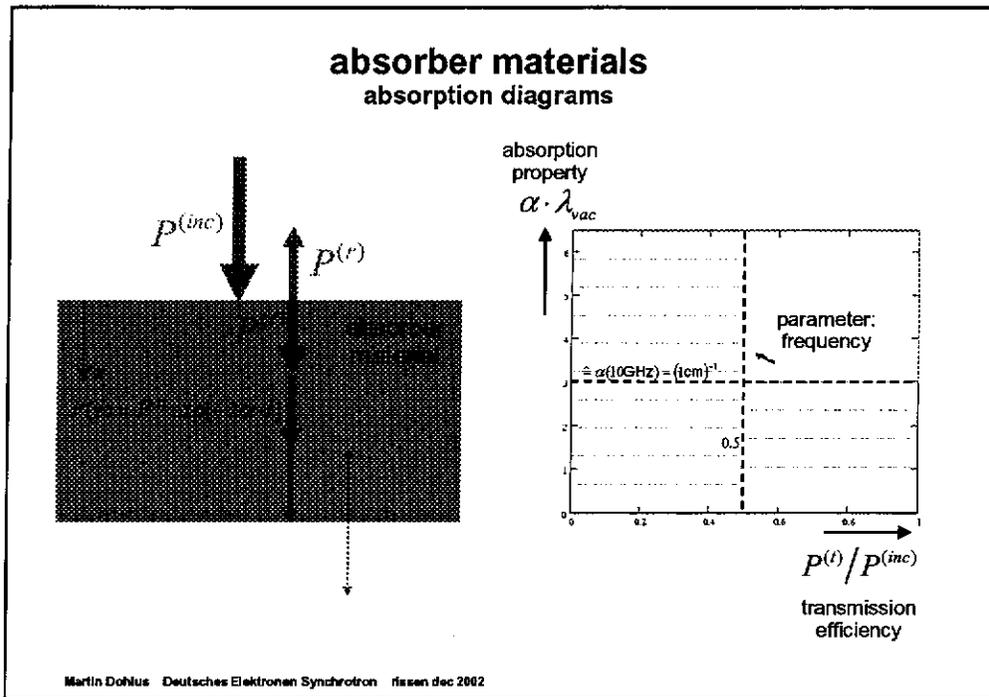
Example: CESR HOM Ferrite Absorber

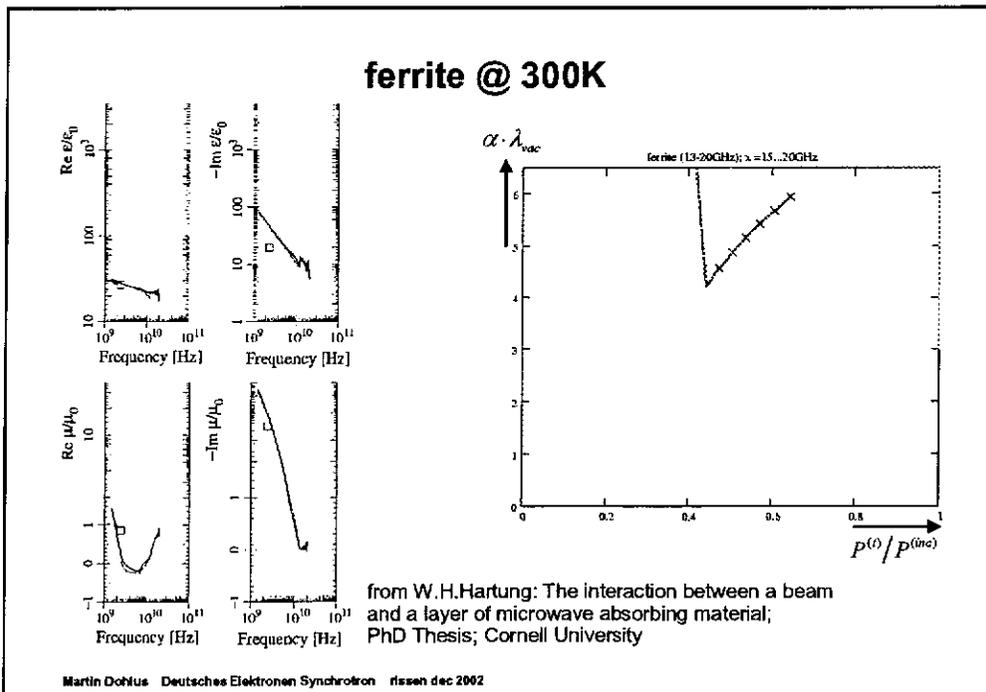
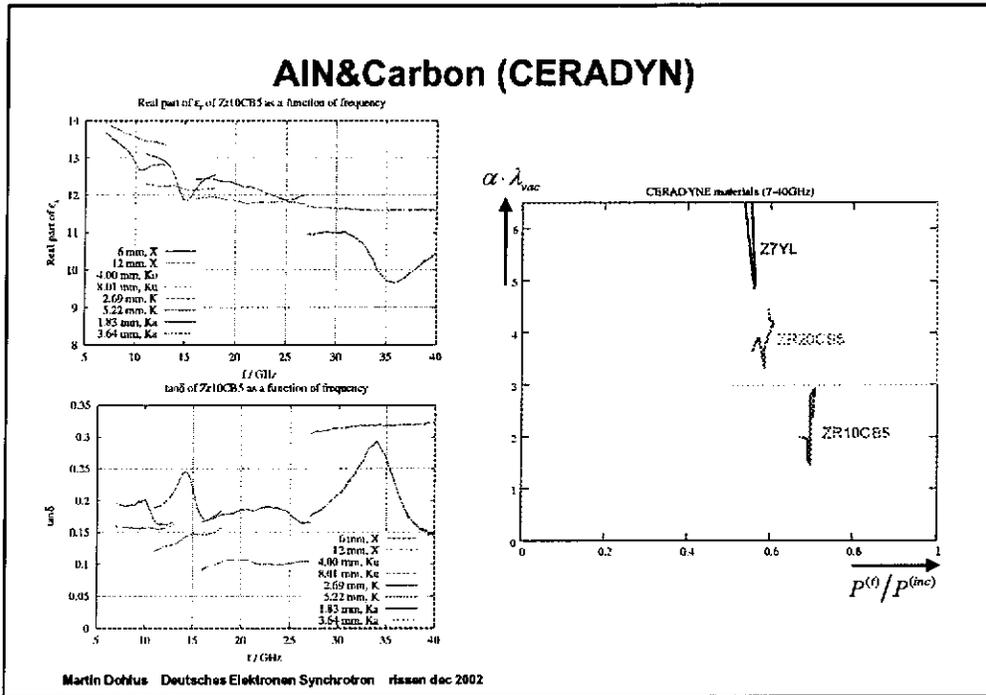


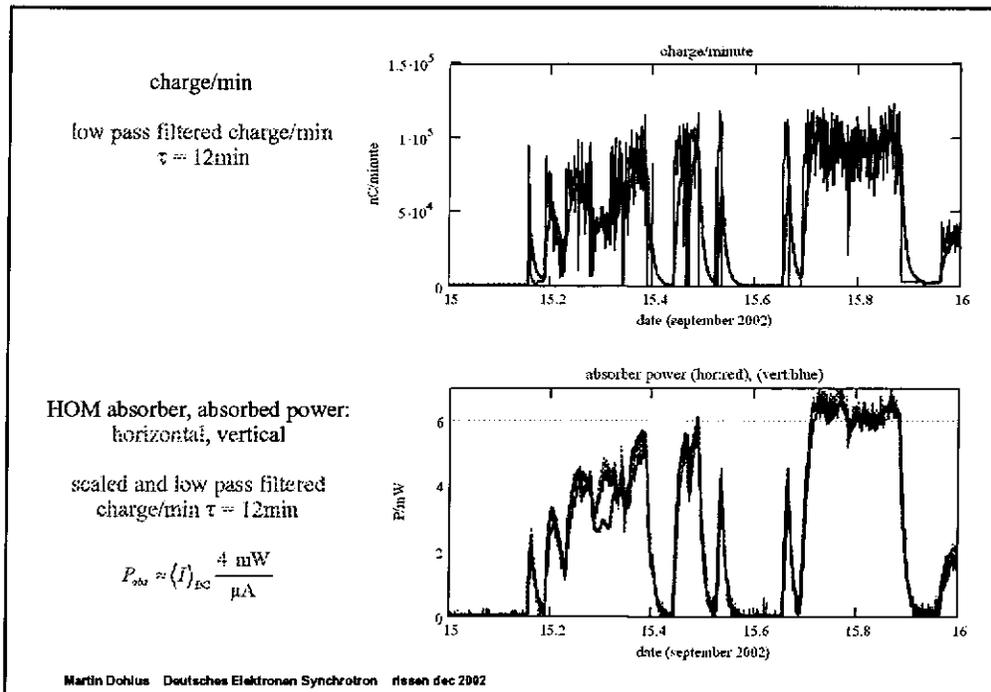
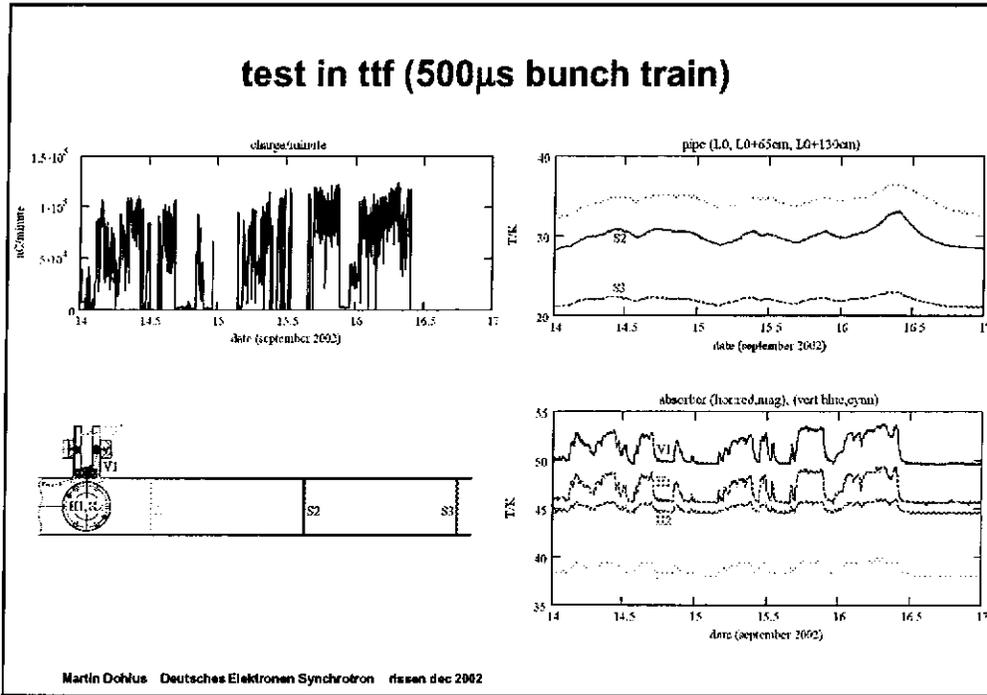
ferrite

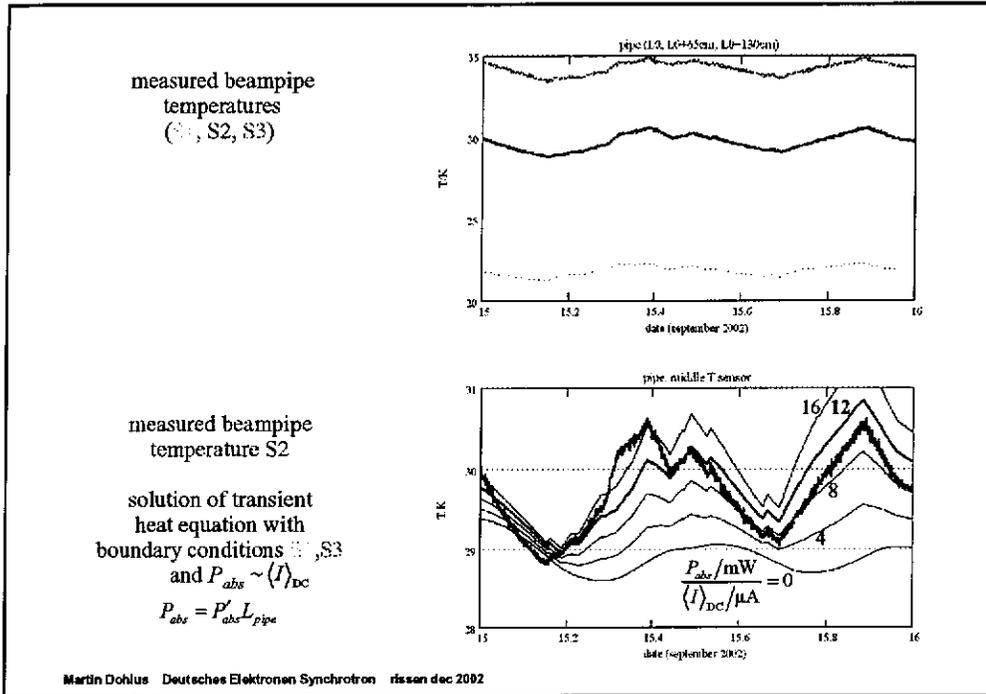
water cooling

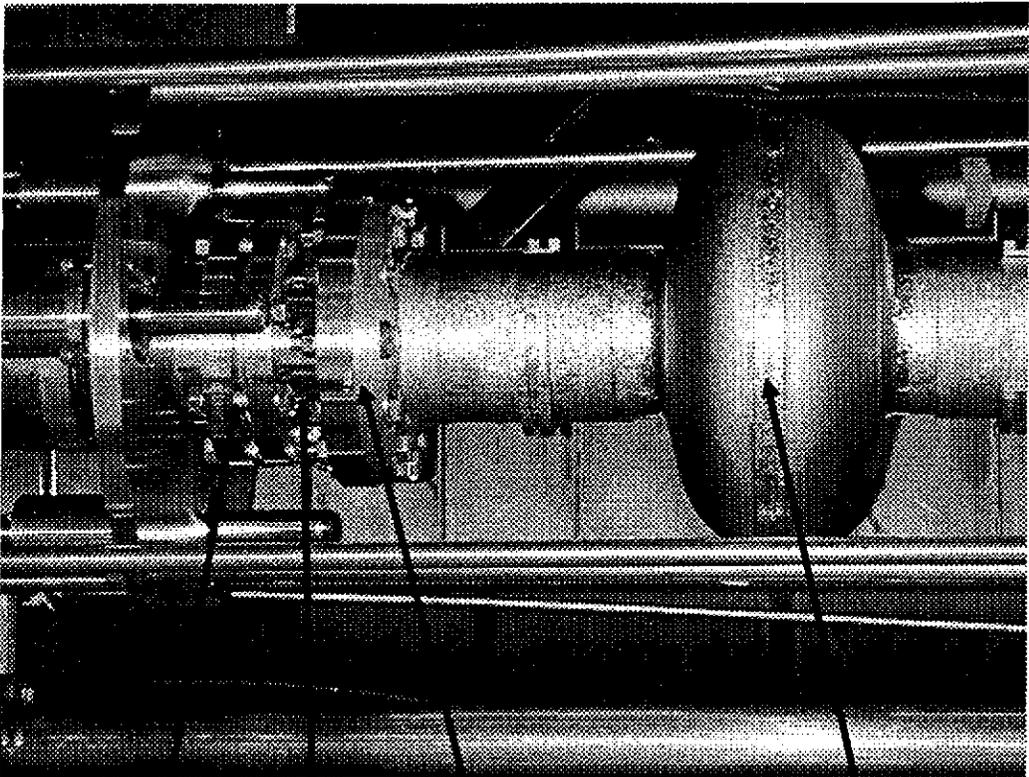
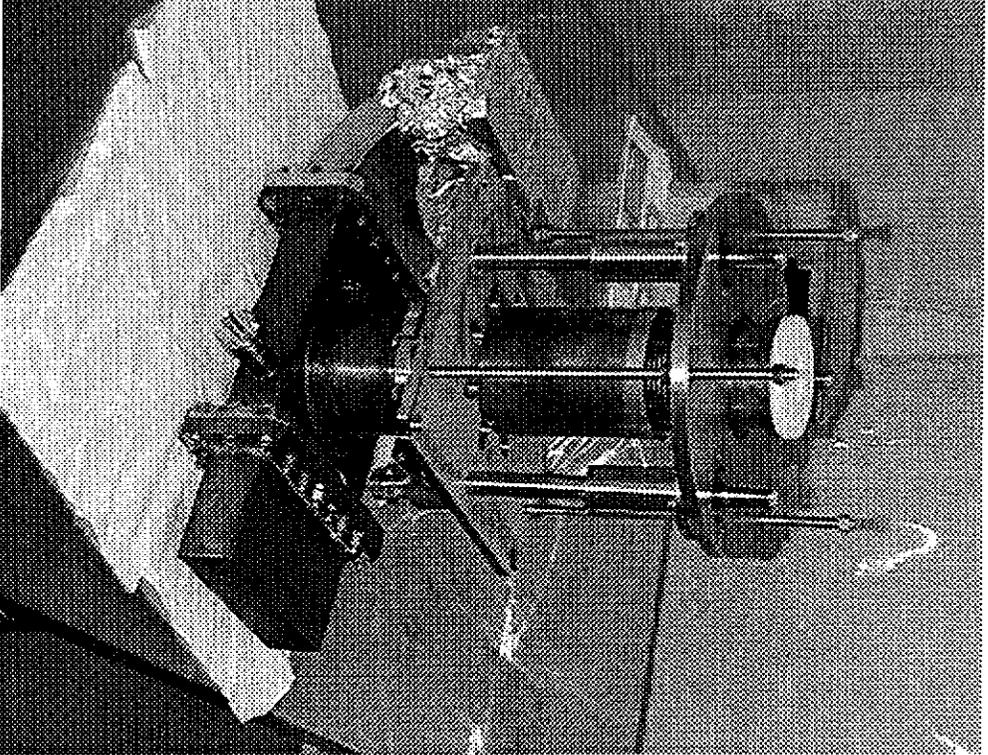
Martin Dohlus Deutsches Elektronen Synchrotron Hssen dec 2002 Original: Matthias Liepe





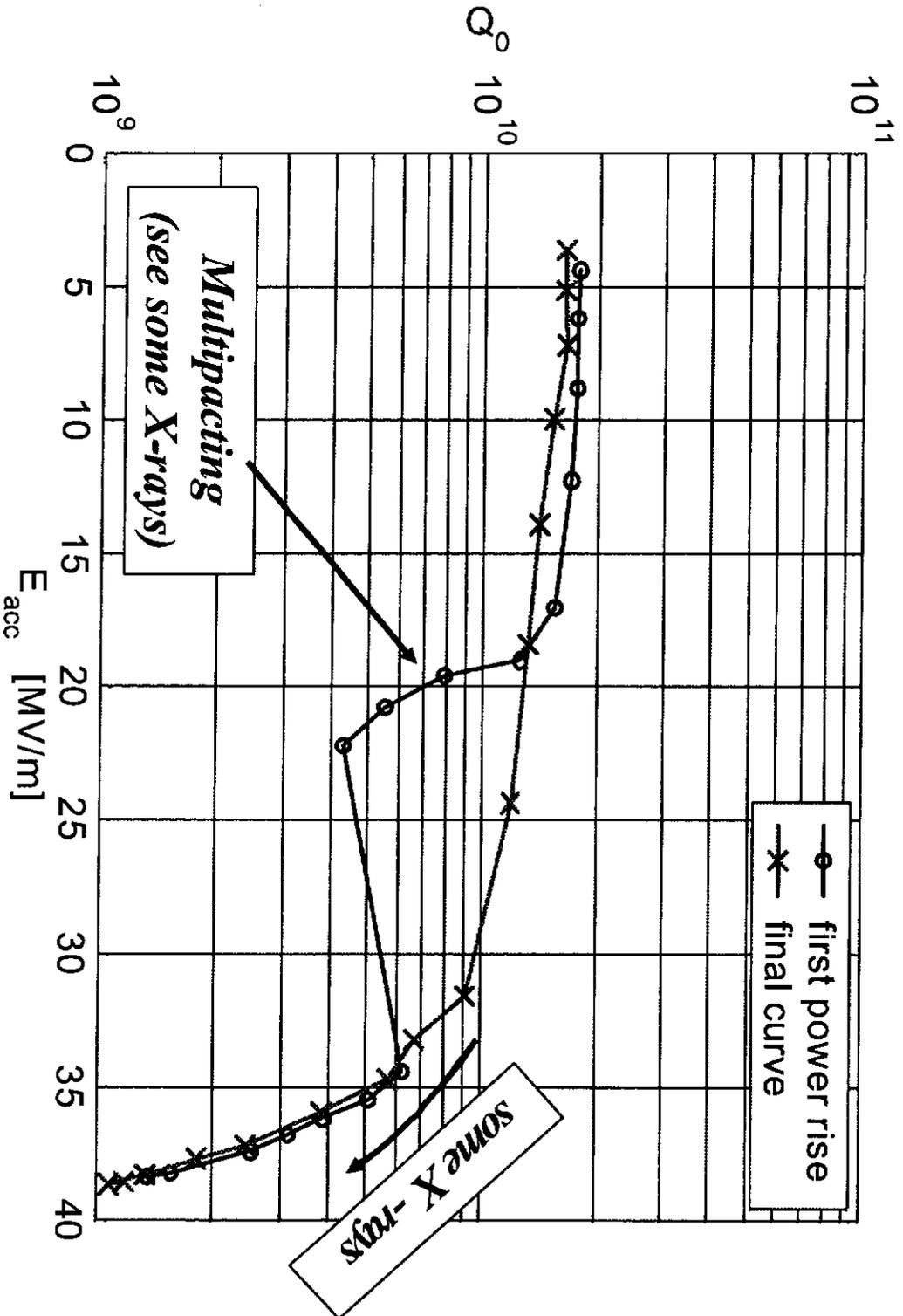


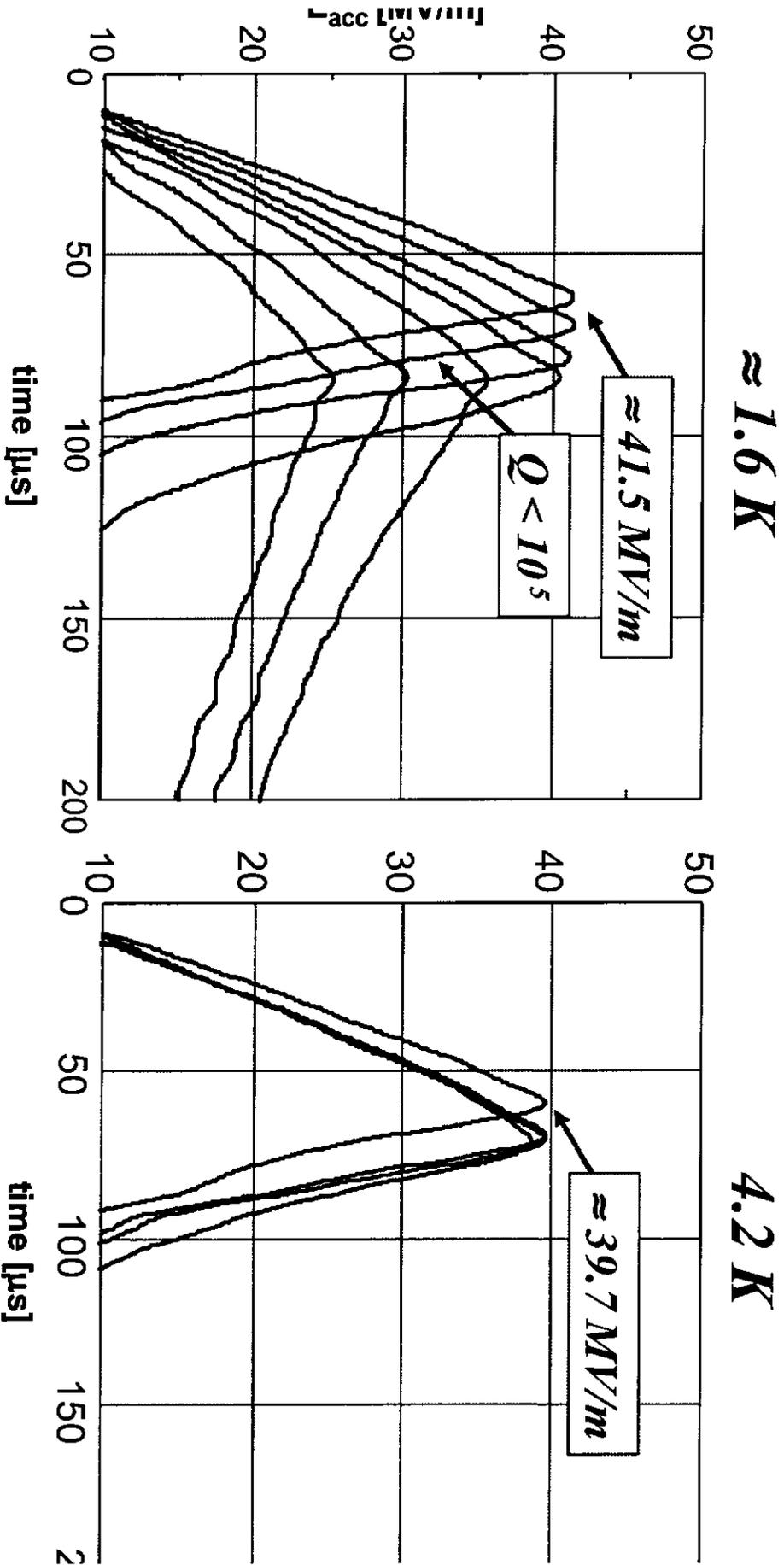
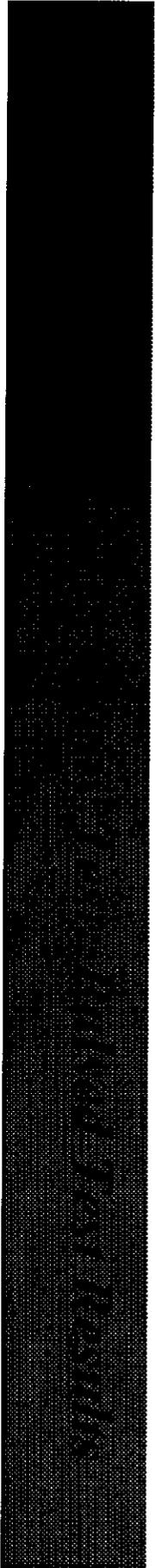




DESY cavity
DESY flange
transition tube
Cornell flange

110





A12

R & D on single cell cavities

Detlef Reschke

- How much BCP removal tolerates an EP-cavity?
- Influence of air and N₂ on the cavity performance
- Tumbled cavities
- Cavity R & D

113



How much BCP-removal tolerates an EP-cavity?

- Preliminary analysis of single- and nine-cell data:
 - a BCP cavity needs 80 μm EP for full "EP-performance"
 - an EP cavity tolerates max. (10 - 15) μm BCP removal before performance degradation
- Detailed analysis under preparation

114



Influence of air and N_2 on the cavity performance

- Negative effect of long-term air or nitrogen exposure on the cavity performance ?
(especially stability of the “baking effect”)

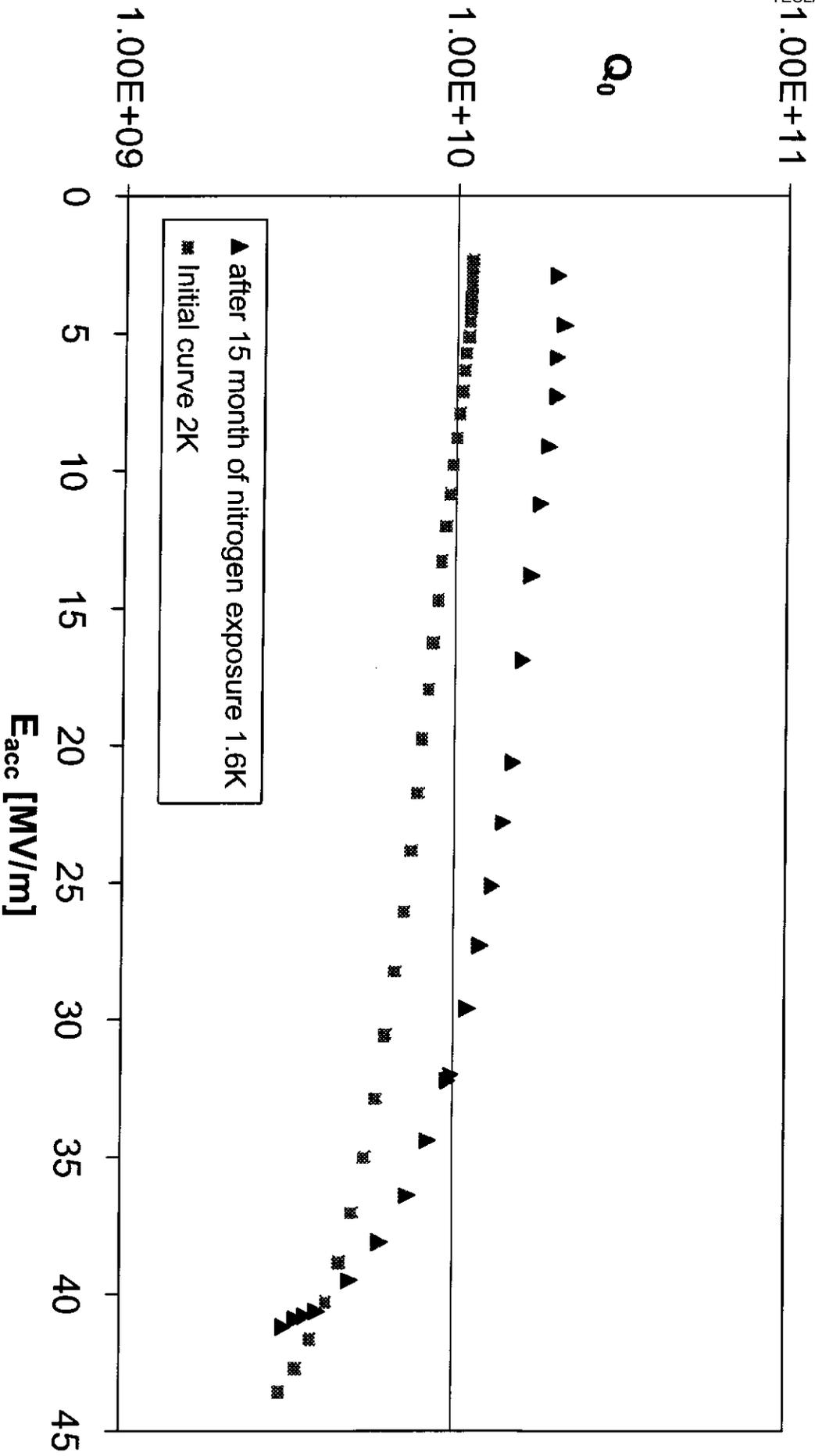
=> contradicting results during the last 10 years
(e.g. DESY, KEK, Saclay, Wuppertal, ...)

115

- high risk of misleading results due to contamination during cavity preparation
- test series with two cavities after air exposure + one cavity after N_2 exposure still ongoing
- experimental:
storage → assembly → HPR → antenna assembly → pumping → test



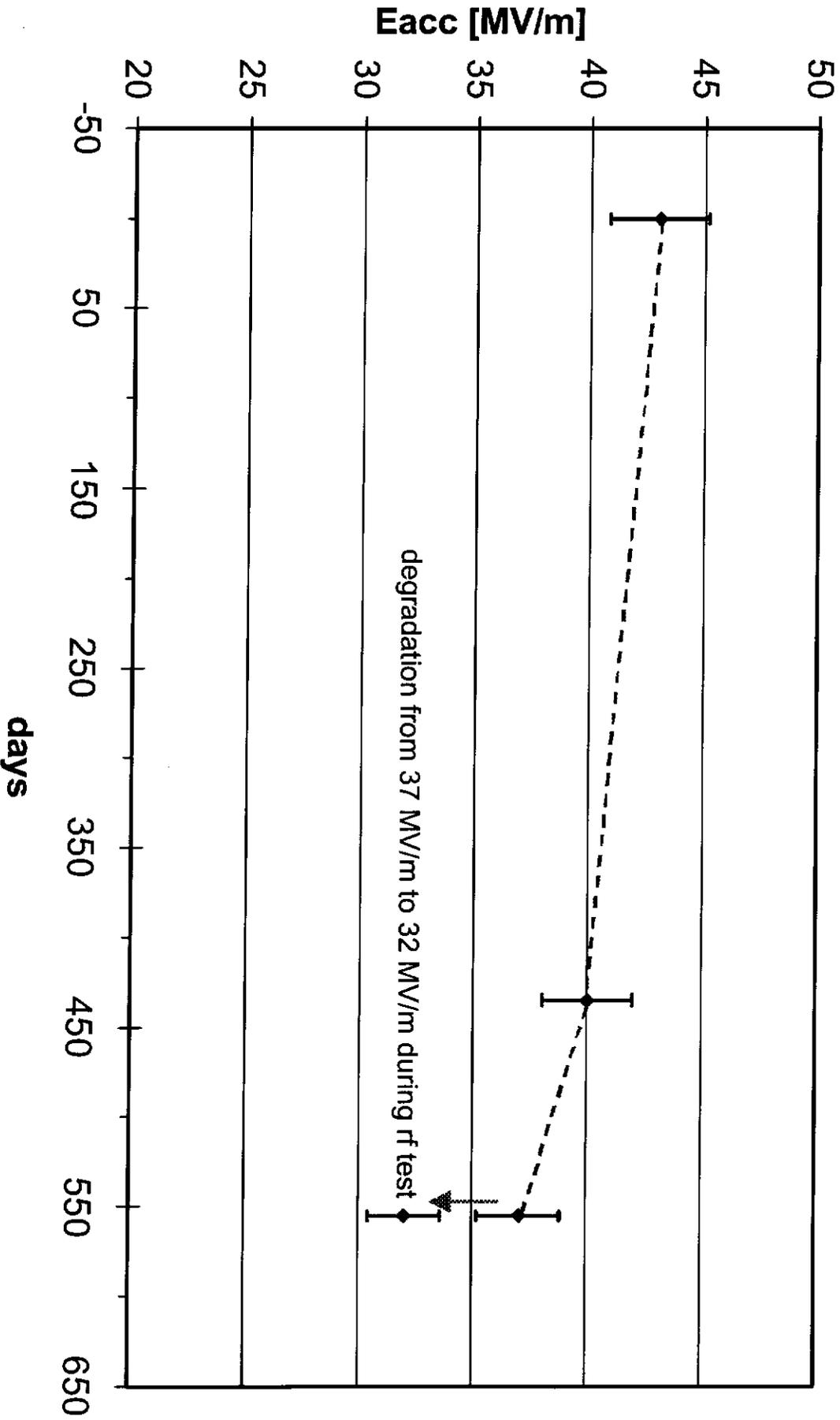
1B9: exposure to N₂



M6



1B9: exposure to N₂



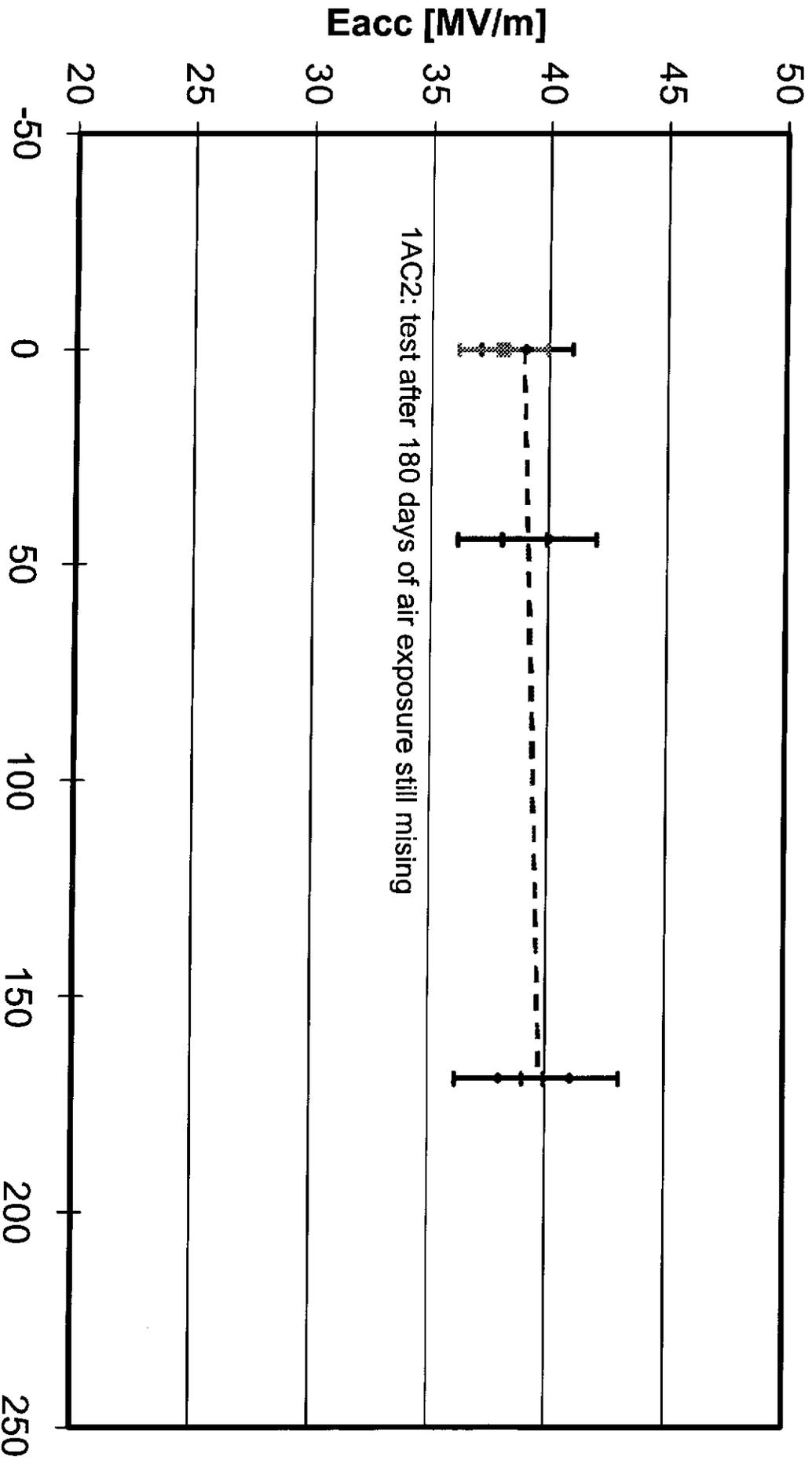
FW

Detlef Reschke



05-Dec-02

1B5 + 1AC2: exposure to air



Detlef Reschke

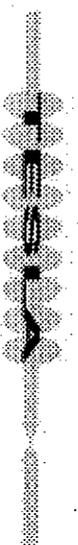
days

05-Dec-02

Influence of air and N₂ on the cavity performance II

- Preliminary result:
 - air and nitrogen do not harm the gradient on a level of 35 MV/m to 40 MV/m
 - detailed analysis of residual resistance still missing

119



Tumbled single-cell cavities I

- Development of tumbling machine and parameters on single-cell 1K1
- Standard production of two single-cell cavities by deep drawing and e-beam welding (1AC1, 1AC2)
- Tumbling (140 μm - 160 μm); 20 μm etching; 800°C firing; 20 μm final etching + HPR:
 - $E_{\text{acc}} = 28 \text{ MV/m}$; strong Q-slope above 17 MV/m
- EP (80 μm), HPR, (add. for 1AC1: flange remachining + HPR):
 - 1AC1: $E_{\text{acc}} = 36,7 \text{ MV/m}$ @ $Q_0 = 8 \cdot 10^8$
 - 1AC2: $E_{\text{acc}} = 32,9 \text{ MV/m}$ @ $Q_0 = 5 \cdot 10^8$
- bake at 125 C, 50 h (add. for 1AC1: dry-ice cleaning + HPR):
 - 1AC1: $E_{\text{acc}} = 31,7 \text{ MV/m}$ @ $Q_0 = 1,1 \cdot 10^{10}$ \Rightarrow -5 MV/m !
 - 1AC2: $E_{\text{acc}} = 37 \text{ MV/m}$ @ $Q_0 = 2 \cdot 10^{10}$ \Rightarrow high Q !!

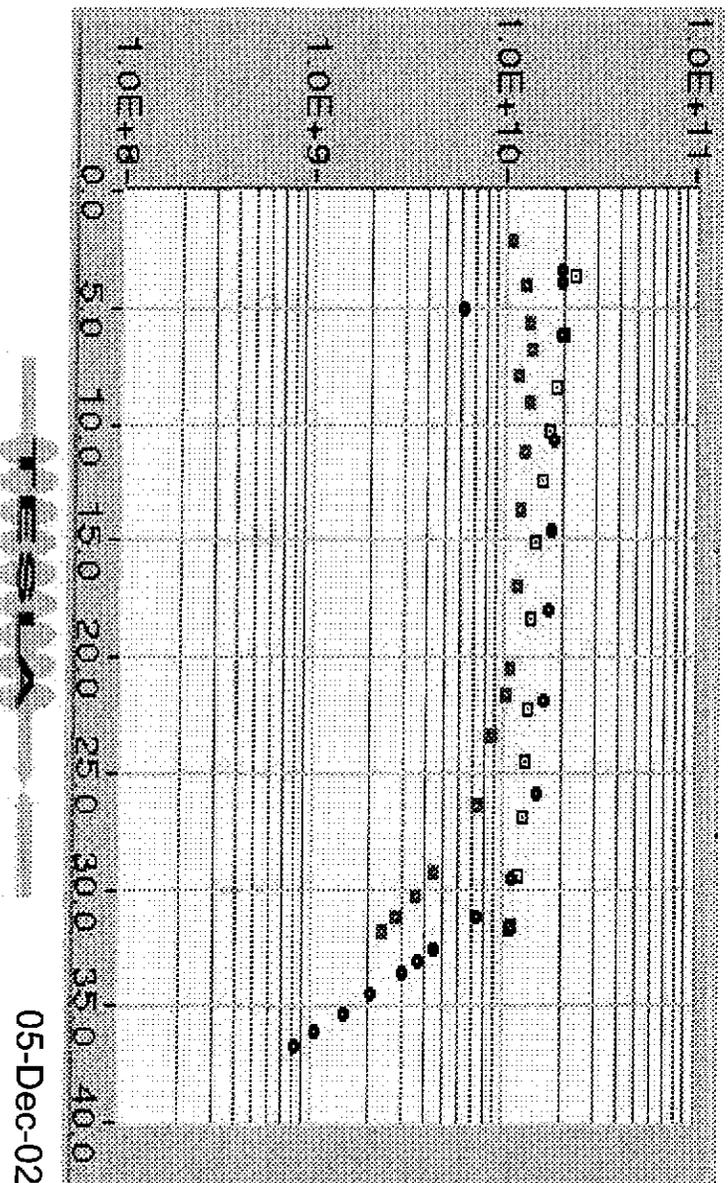
120



1AC1

- test after 80 μ m EP:
 - $E_{acc} = 36,7 \text{ MV/m} @ Q_0 = 8 \cdot 10^8$
 - FE-onset = 30 MV/m; limited by quench
- baking at 120C:
 - $E_{acc} = 31,8 \text{ MV/m} @ Q_0 = 2,4 \cdot 10^9$
 - strong FE > 23 MV/m; limited by quench
- dry-ice cleaning + HPR:
 - $E_{acc} = 31,7 \text{ MV/m} @ Q_0 = 1,1 \cdot 10^{10}$
 - no field emission; limited by quench

21



Detlef Reschke

05-Dec-02

1ACC2

- 2. test after 80 μm EP

$$E_{\text{acc}} = 32,9 \text{ MV/m @ } Q_0 = 5 \cdot 10^8 (T = 2 \text{ K})$$

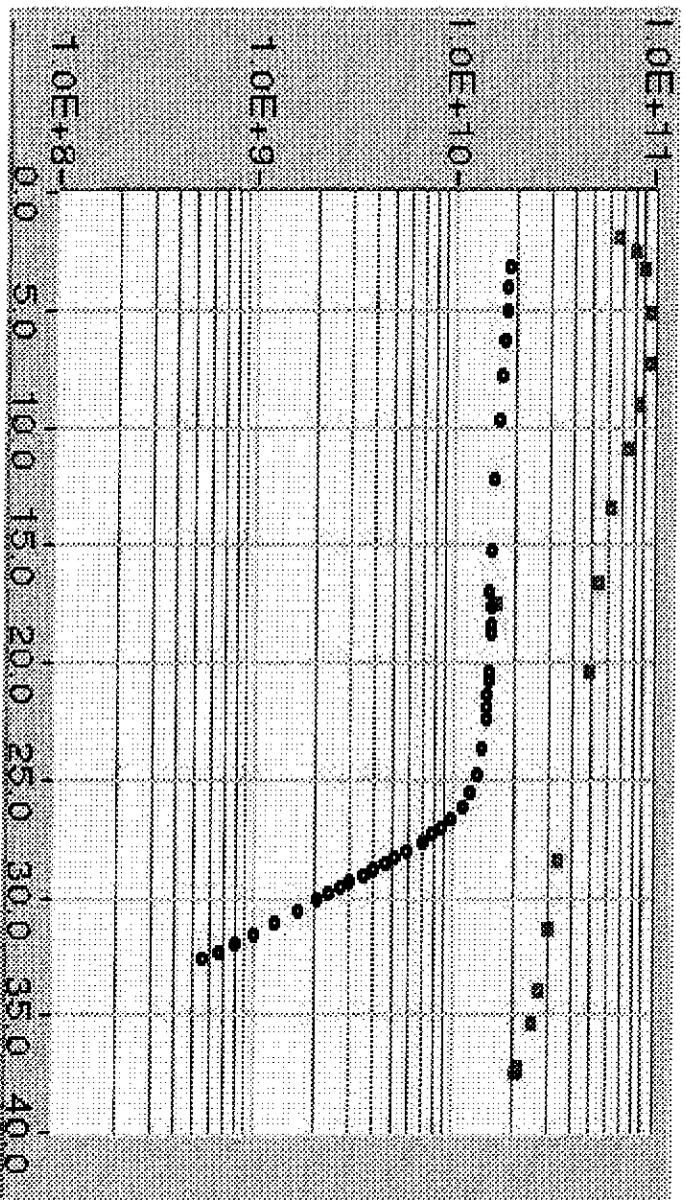
no field emission; limited by power

- baking at 120C:

$$E_{\text{acc}} = 37 \text{ MV/m @ } Q_0 = 2 \cdot 10^{10} (T = 1,8 \text{ K})$$

no field emission; limited by quench

22



Dietlef Reschke



05-Dec-02

10

Tumbled single-cell cavities II

Future work on single-cell cavities

- next single-cell 1B1:
tumbling 130 μm , BCP 10 μm , 800C firing
waiting for EP since Sep 02
- 2 cavities (DESY or CERN production ??) under preparation
=> fixing of final parameter set + fixing of minimal EP removal

123

Plans for multi-cell cavities

- new tumbling machine for multi-cell cavities under preparation
=> removal of "damage-layer" by tumbling
+ final surface treatment by EP



Cavity R & D

- detailed analysis of effects of 100C bake on BCP- and EP-cavities under way
- systematic study of baking parameters still missing
- study of the Q-slope (incl. anodizing, oxipolishing)
- working EP-facility needed for further experiments urgently
- T-mapping in hall NE still under preparation
- cavities of new material suppliers
- hydroformed and spun cavities

124



First summary:

Cavities under test and preparation:

- 9 + 3 (untested) cavities of B- and S - production for EP (incl. BCP after EP)
- 1 cavity of B- and S- production for BCP
(+ results of 4 cavities of B- production before EP)
- 2 cavities of AC-production for tumbling
- 3 + 6 (untested) spun cavities
- 3 (untested) cavities of low RRR-material
- ___ Nb clad copper cavities
- ___ hydroformed cavities
- ___ cavities of DESY fabrication (under preparation)

125



Results of EP nine-cells

Haus Rissen 2.12.2002

Lutz Lilje

DESY -MPY-

Lutz.Lilje@desy.de

- Full cavity measurement: A reminder
- Mode measurements
 - EP vs. BCP
 - Unbaked vs. Baked
- Conclusion



Thank you!

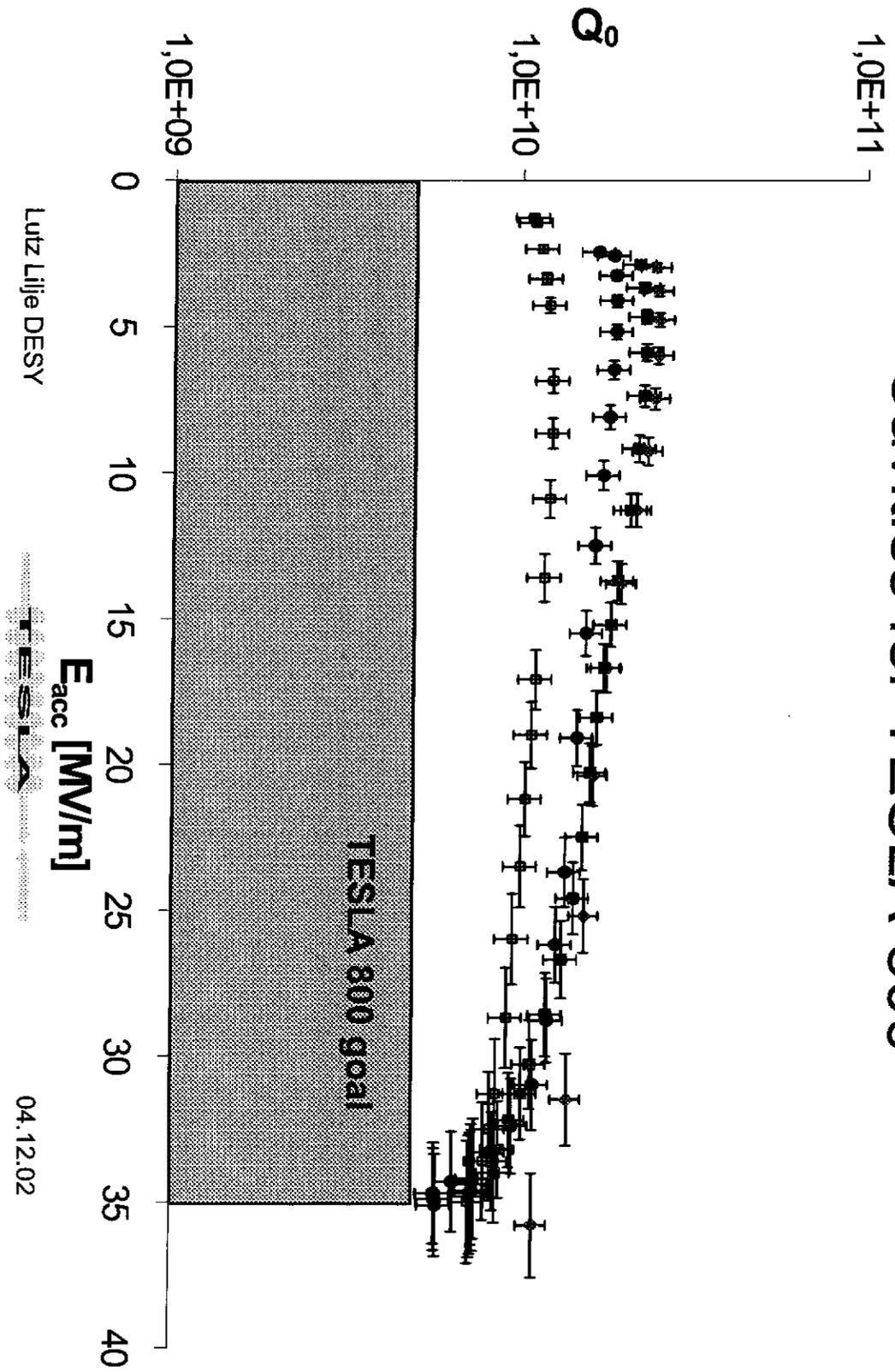
- For all people from the TESLA collaboration who provided me with help in preparation and measurements of cavities, information, plots and data
- To E. Kako and K. Saito from KEK for the EP of the nine-cell cavities

FTV

Electropolished cavities: Full cavity tests

- Transfer of high accelerating gradients from one-cell cavities to nine-cells underway in collaboration with KEK
 - 35 MV/m achieved in three cavities
 - achieved 35 MV/m with $Q=1,1 \cdot 10^{10}$
 - achieved 35 MV/m in a cavity without titanisation
 - fourth cavity at 34 MV/m
- More details...

Cavities for TESLA-800



Lutz Lilje DESY



04.12.02

Overview of EP-cavities

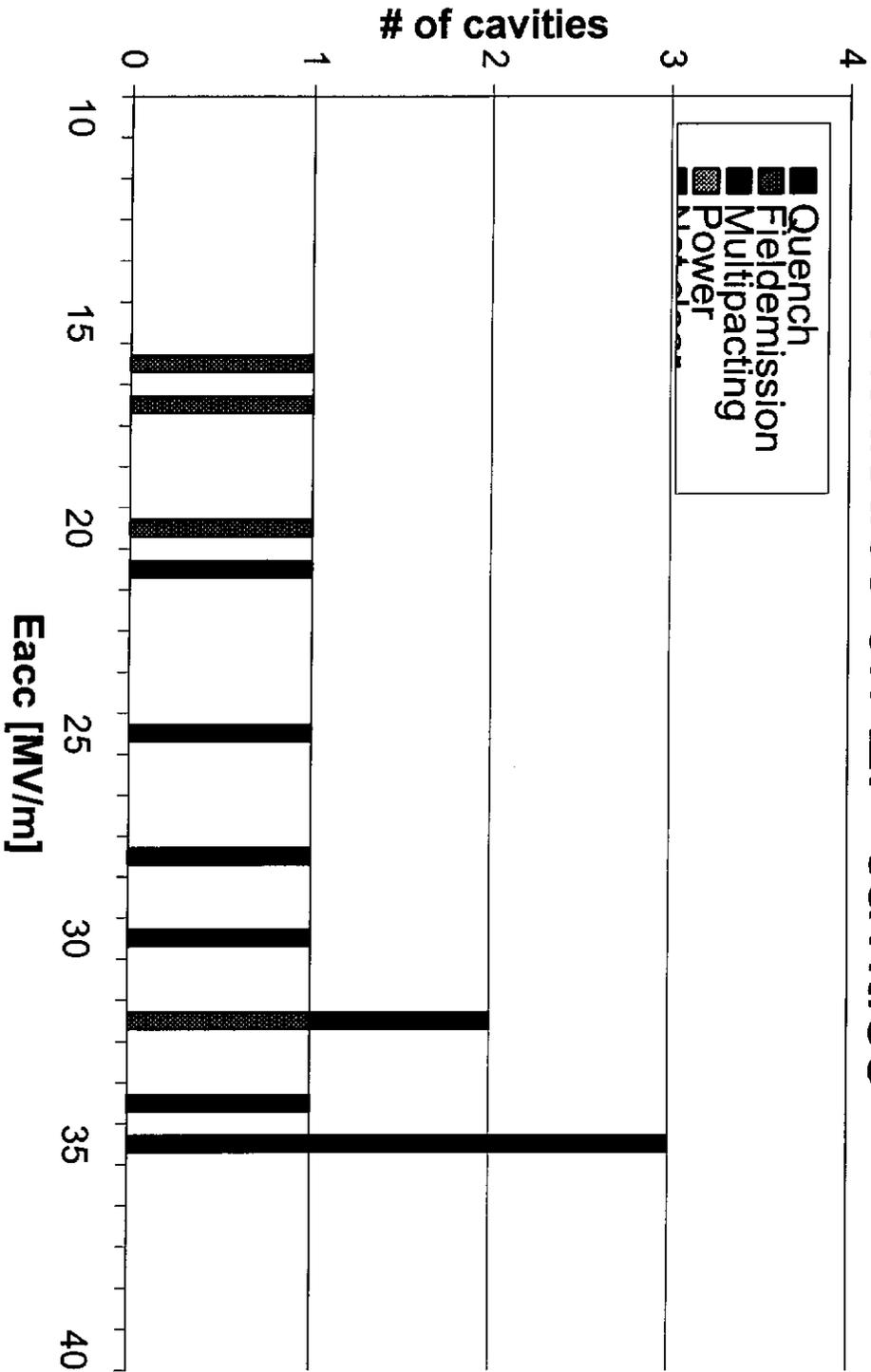
- What has been done?
 - Pre-Series: 5 older cavities electropolished(1400°C fired)
 - P-1, A16, Z50, S35
 - Z49 not tested due to acid leak at HOM port
 - 3rd production: 9 cavities electropolished
 - AC63, AC70, AC71, AC74, AC76 (800°C firing)
 - AC72, AC73, AC75, AC78 (1400°C firing)
- Preparation:
 - EP + first HPR at Nomura Plating (Company) and KEK
 - check of field profile, assembly, short etch (in some cases) and repeated HPR at DESY

Results of vertical test:

- 7 cavities with $E_{acc} \geq 30\text{MV/m}$
- 3 cavities show early and strong field emission despite HPR e.g. AC74
- 2 older cavities limited by quench (Z50 - likely material problem) or multipacting (P-1)
- Preliminary: From T-maps done so far indicate that the quenches are not located at the equator

131

Statistics on EP-cavities



Lutz Lilje DESY

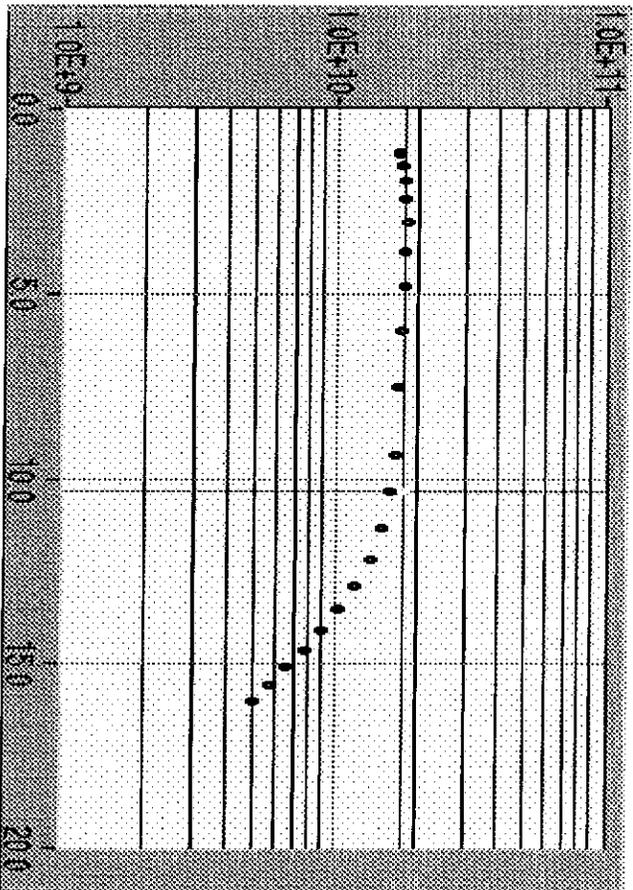


04.12.02

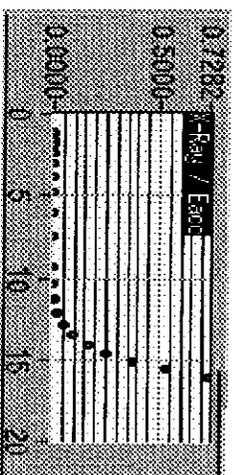
132

Example: EP cavity with strong Fieldemission

- Final $Q(E)$ of AC74 after EP + HPR limited by strong field emission



X-rays vs. E_{acc}

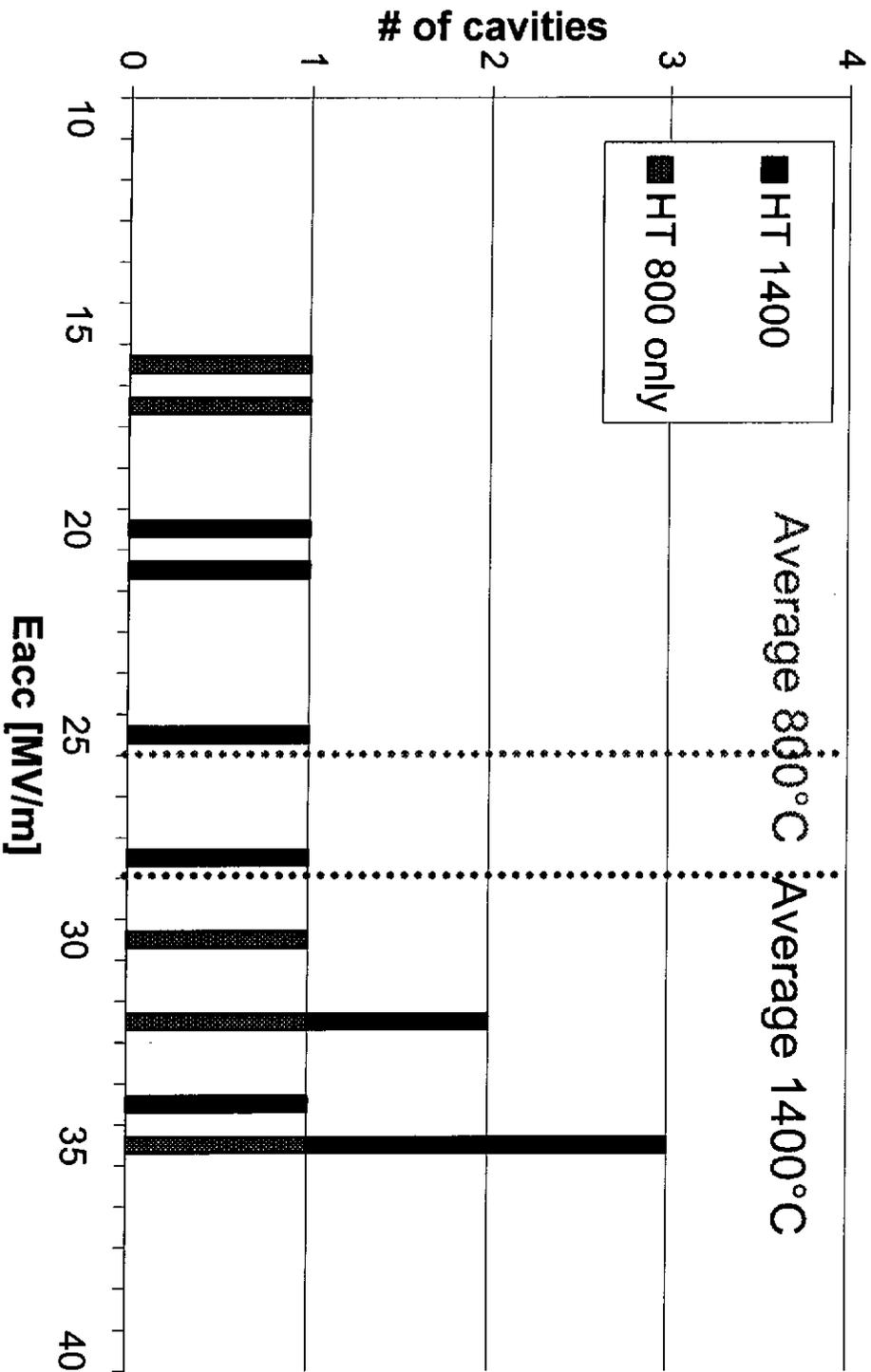


Lutz Lilje DESY



04.12.02

Statistics on EP-cavities

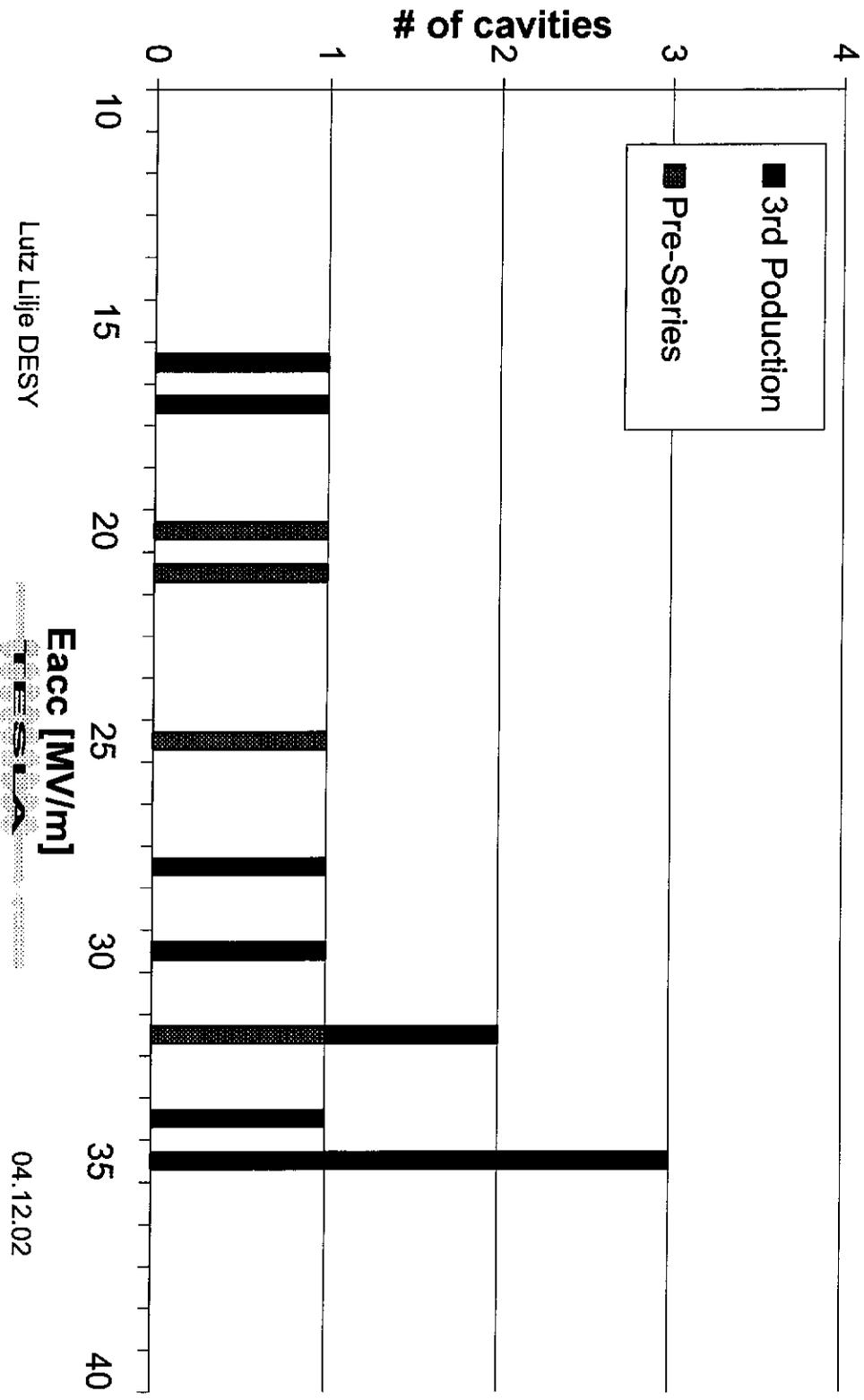


Lutz Lilje DESY



04.12.02

Statistics on EP-cavities

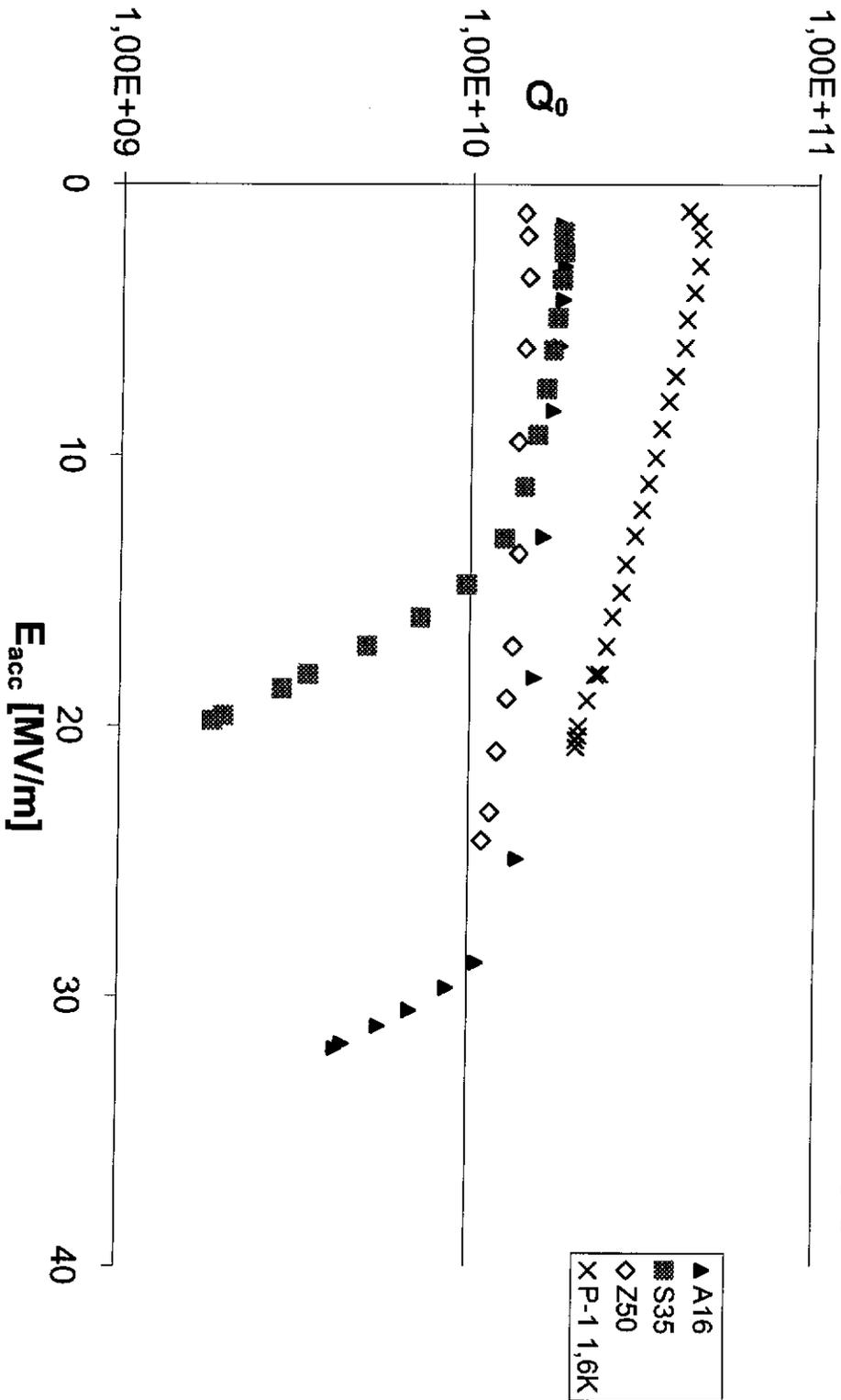


Lutz Lijie DESY



04.12.02

Status of EP-cavities - Pre-Series



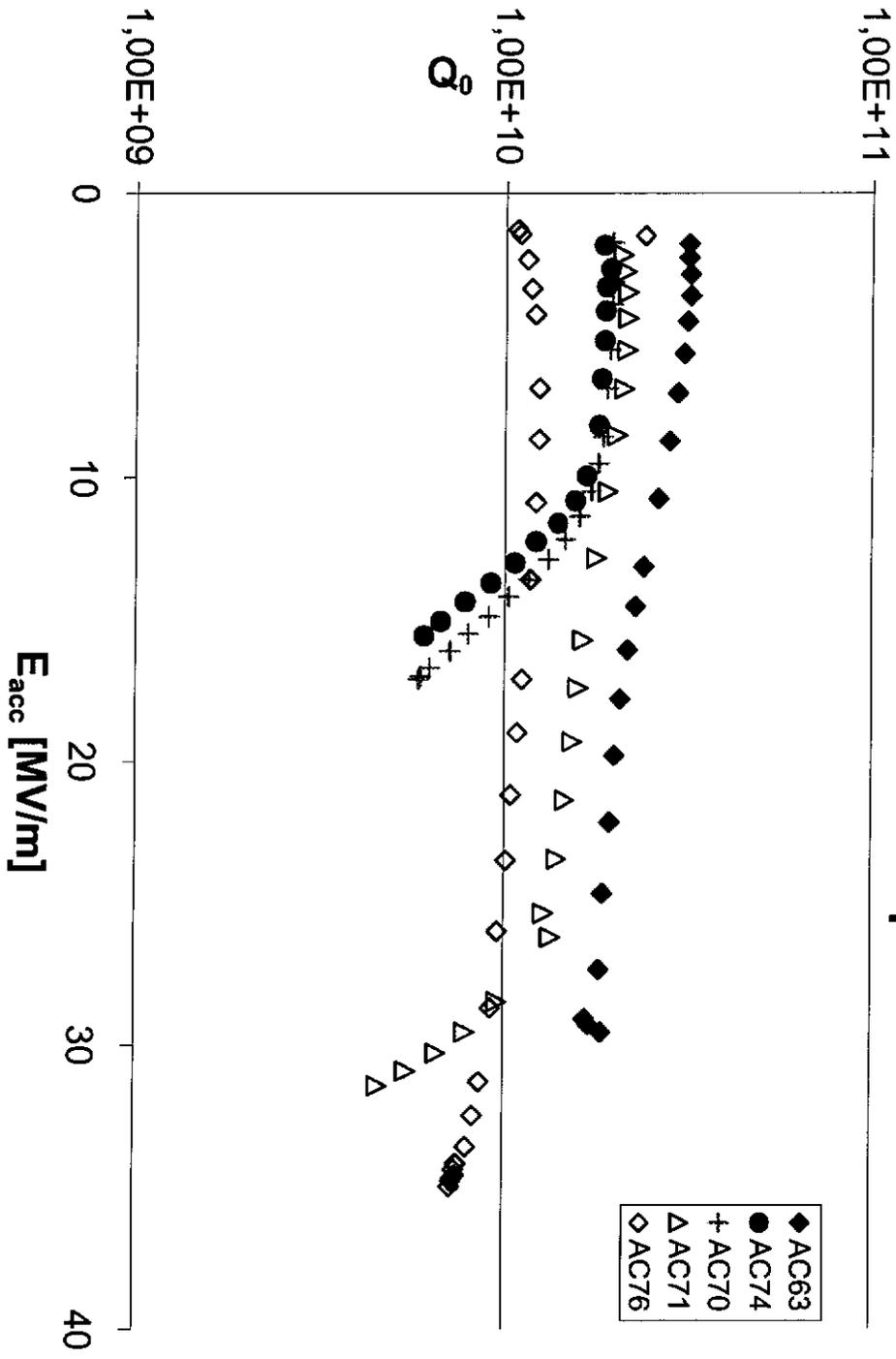
Lutz Lilje DESY



04.12.02

Status of EP-cavities - 3rd production 800°C

137



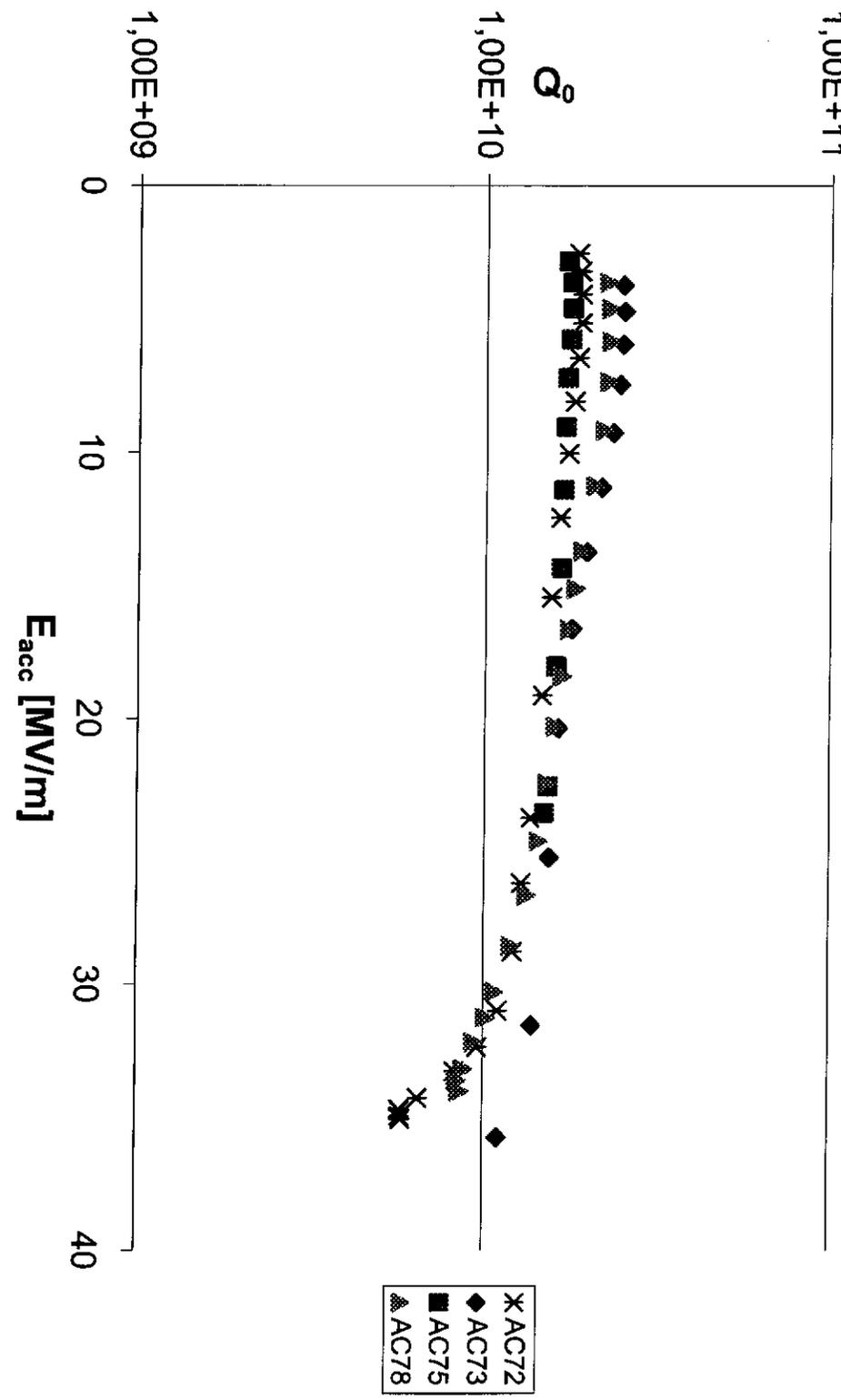
Lutz Lilje DESY



04.12.02

Status of EP-cavities - 3rd production 1400°C

138

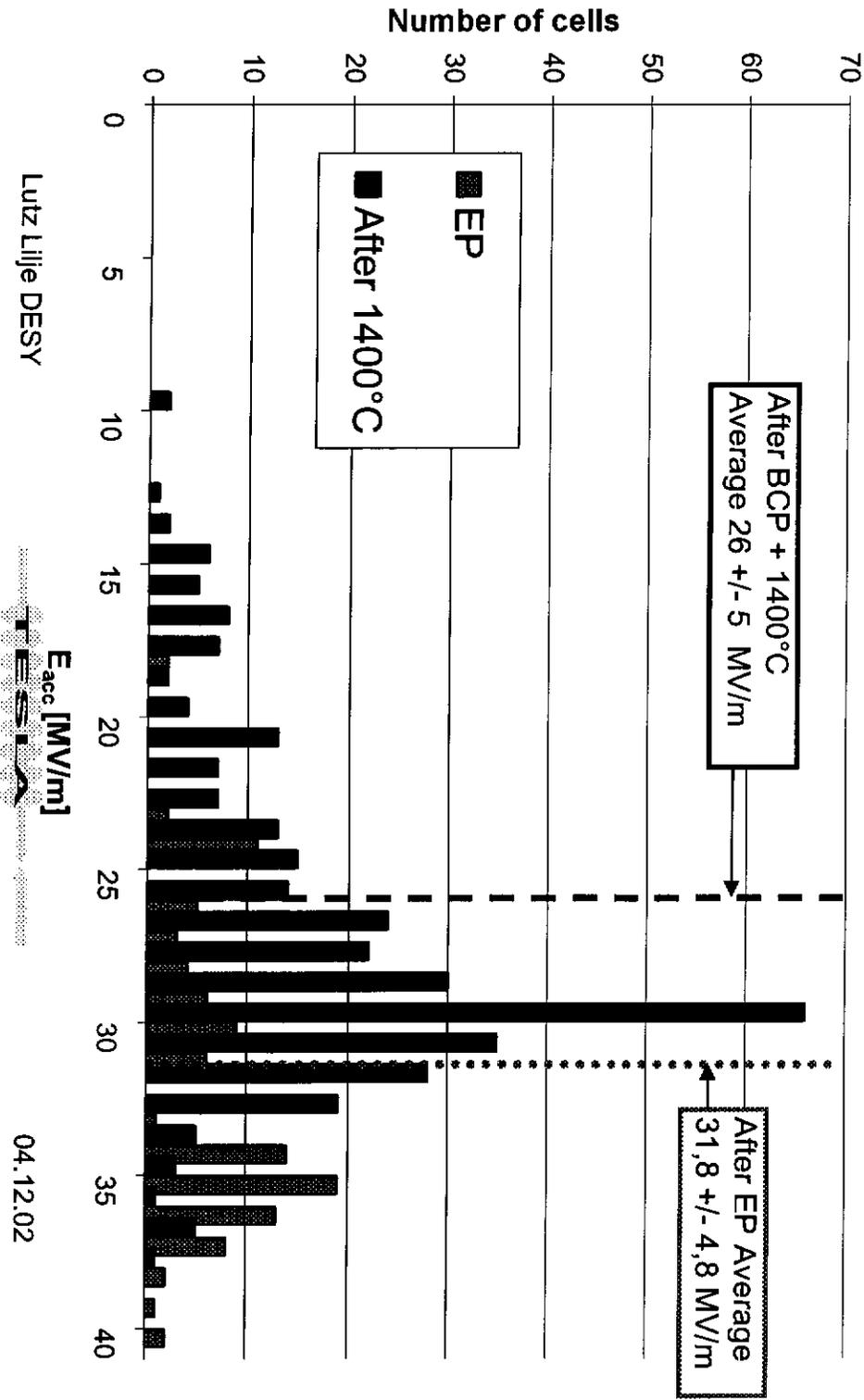


Lutz Lilje DESY

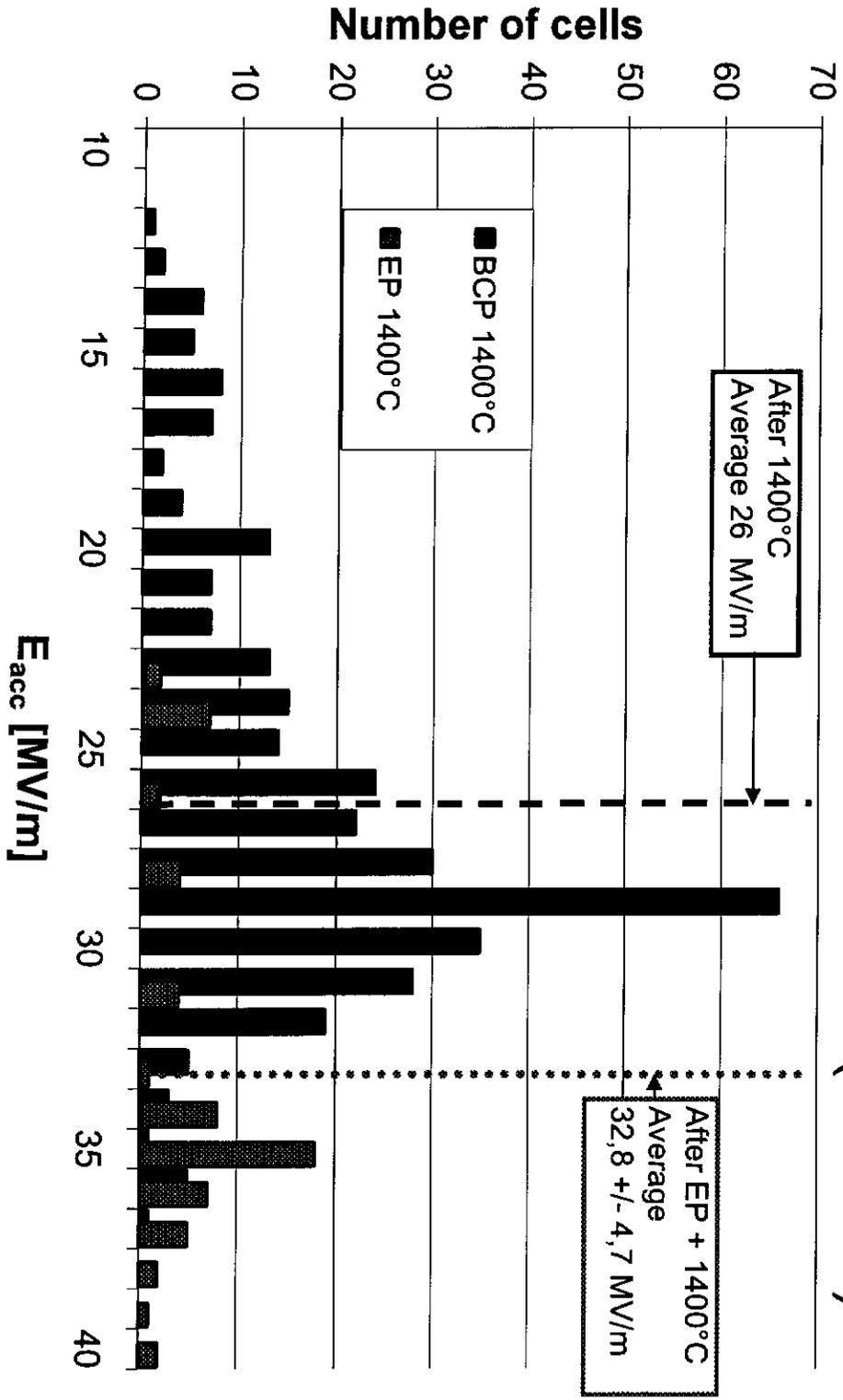


04.12.02

Mode measurements: EP vs. BCP



Mode measurements: EP vs. BCP (1400°C)

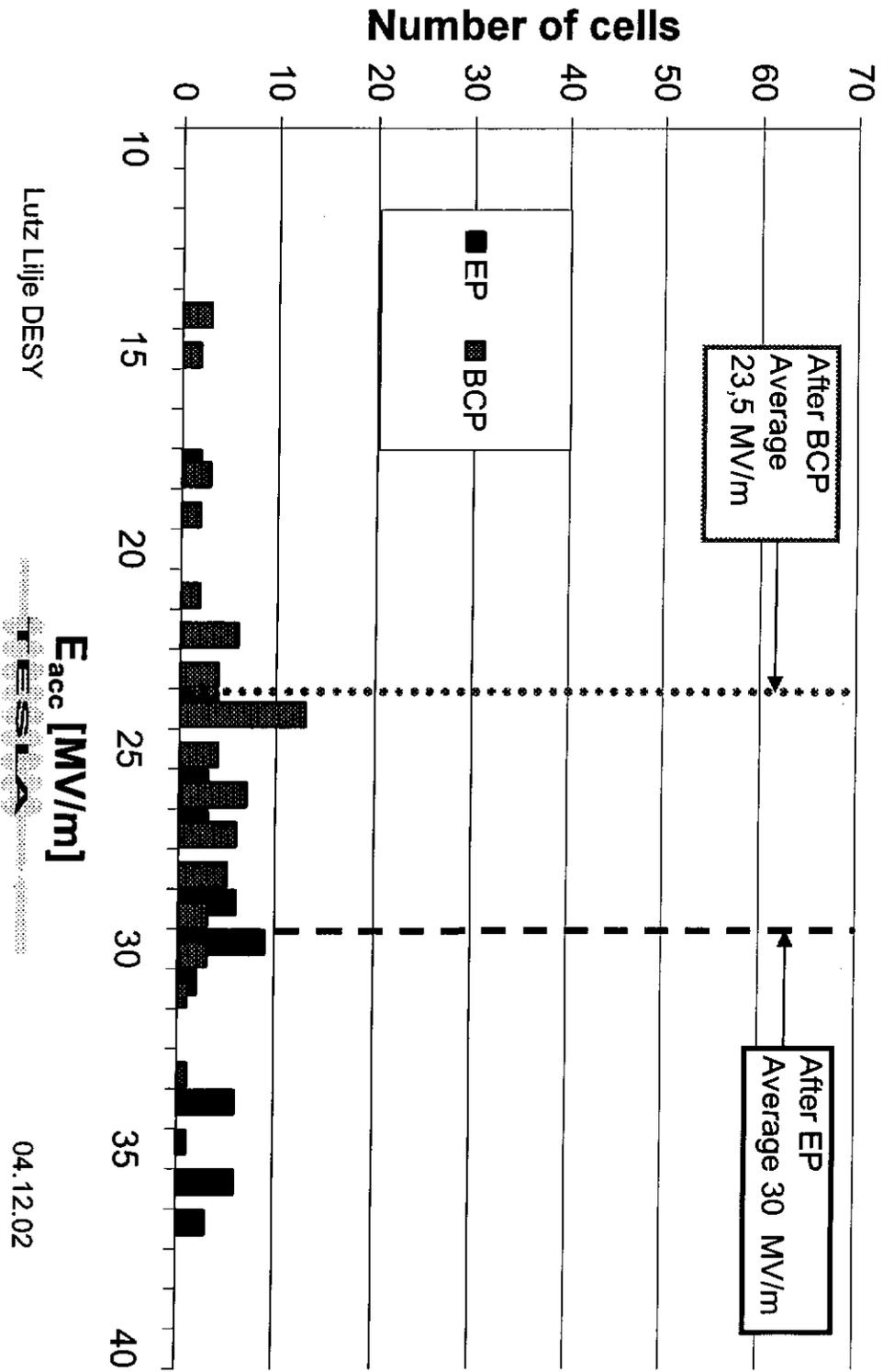


Lutz Lilje DESY



04.12.02

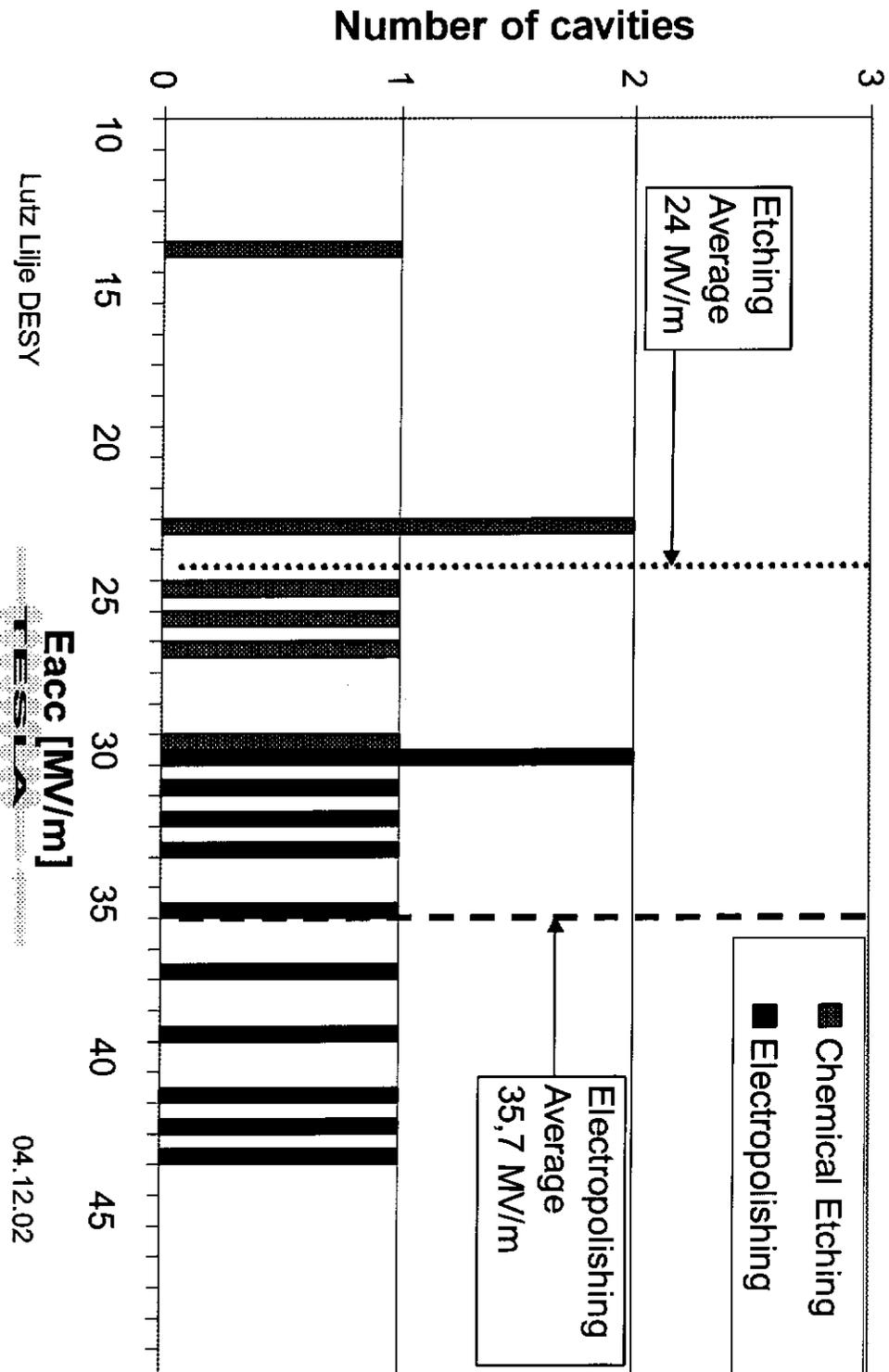
Mode measurements : EP vs. BCP (800°C)



141

Reminder on Onecells 800°C: Etching versus Electropolishing

EP at CERN, Measurements at CERN,CEA and DESY 2000/2001



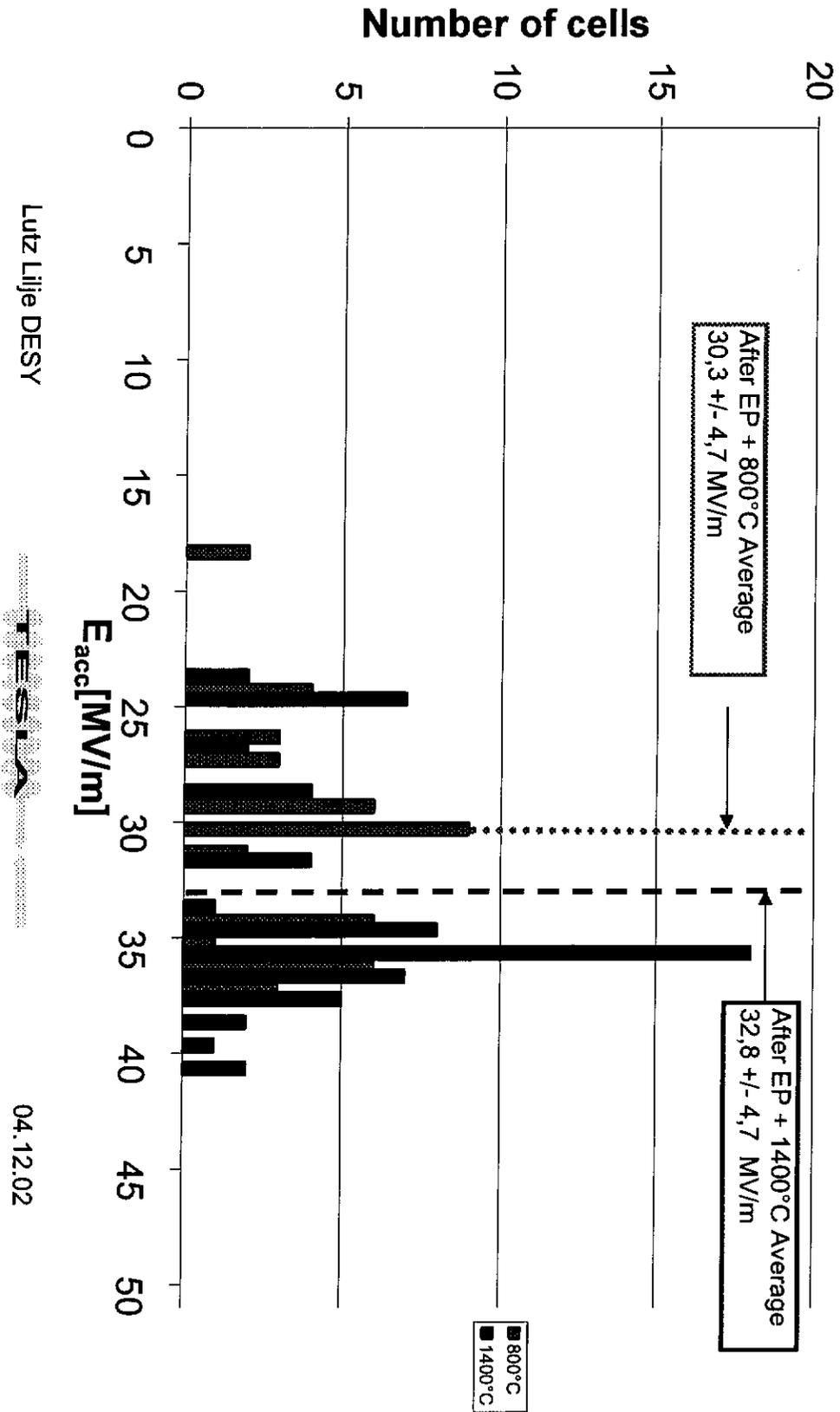
Lutz Lilje DESY

E_{acc} [MV/m]

04.12.02

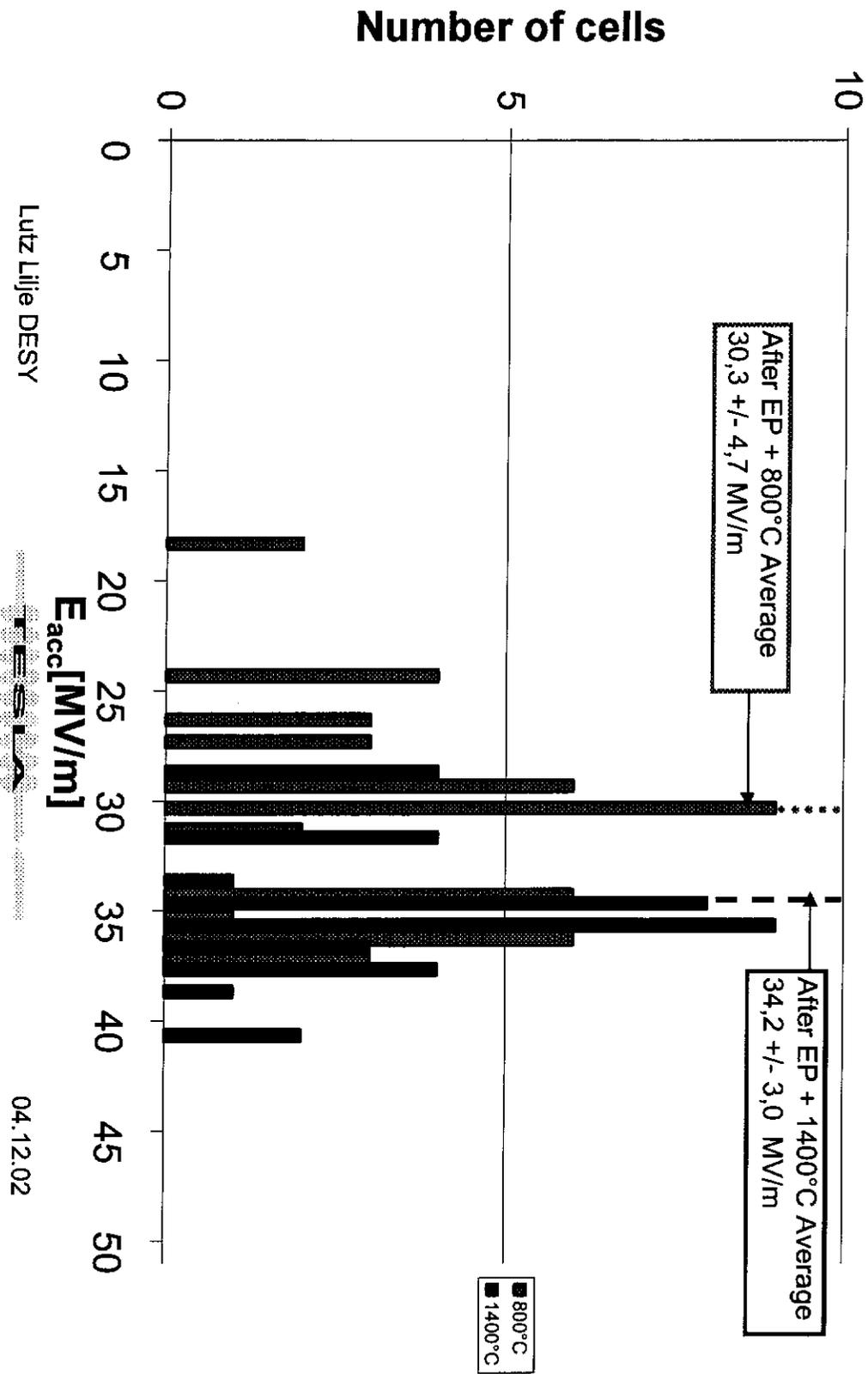
142

Mode measurements: Heat treatment/all



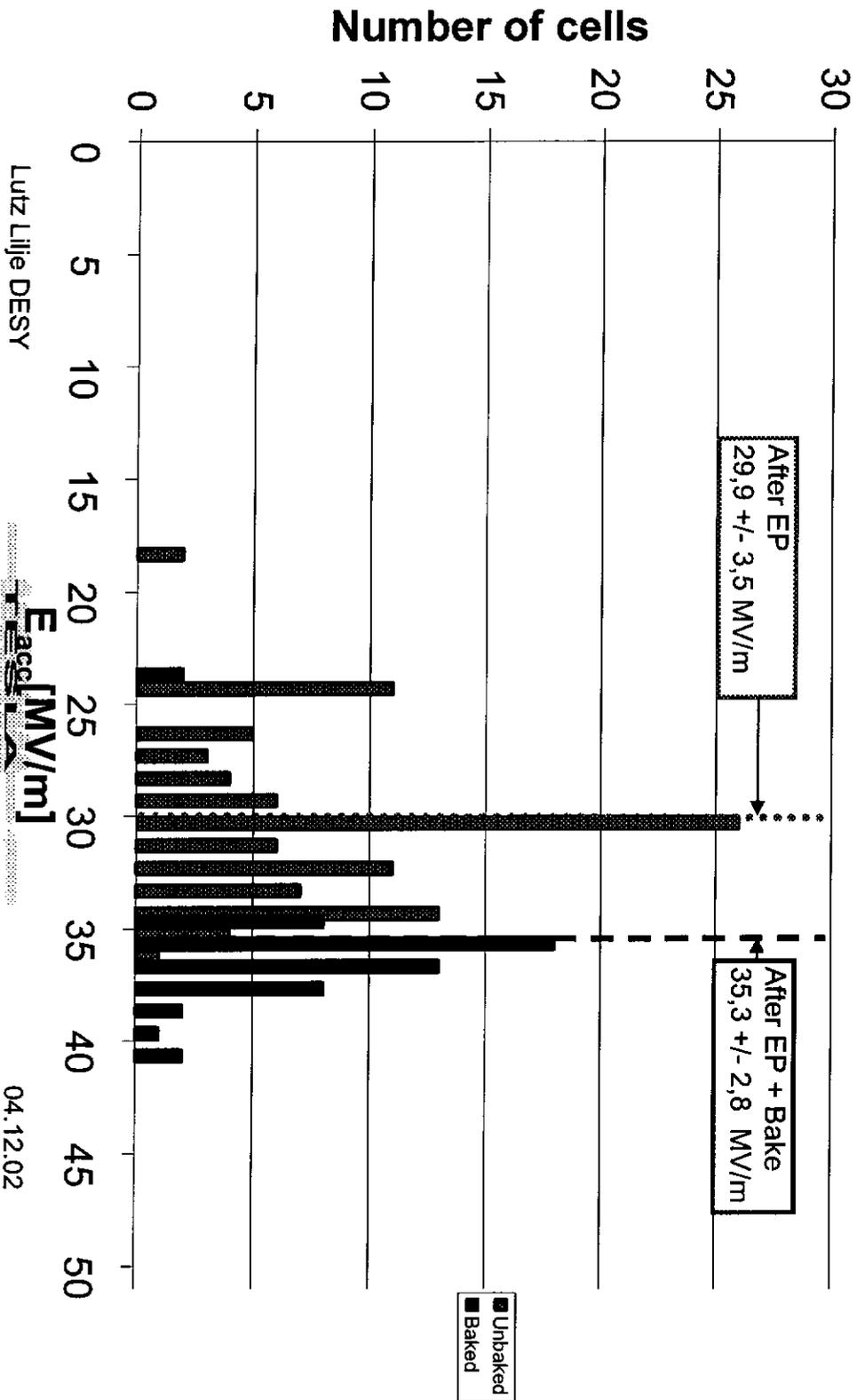
143

Mode measurements: Heat treatment/3rd production

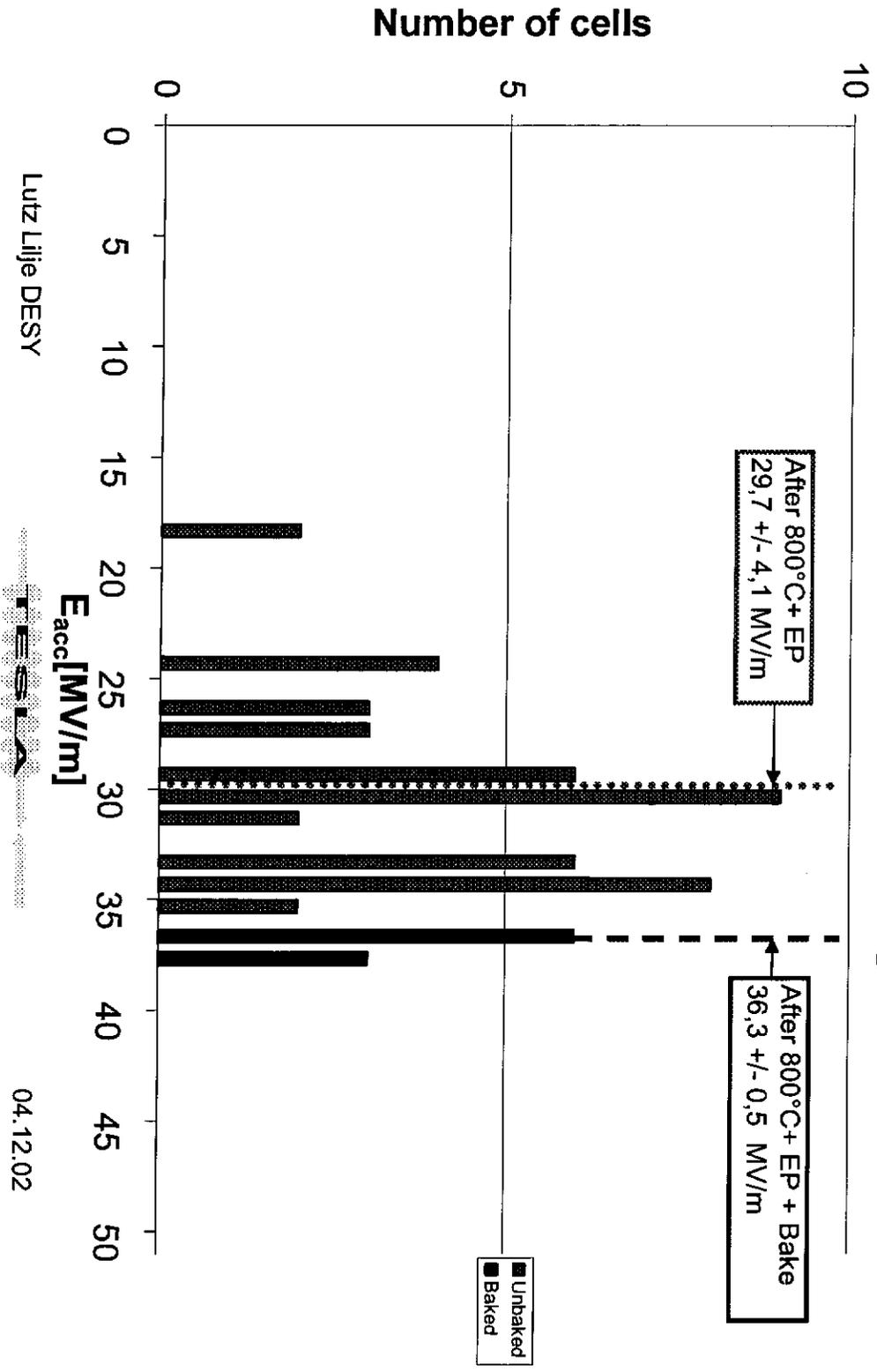


144

Mode measurements: Baking



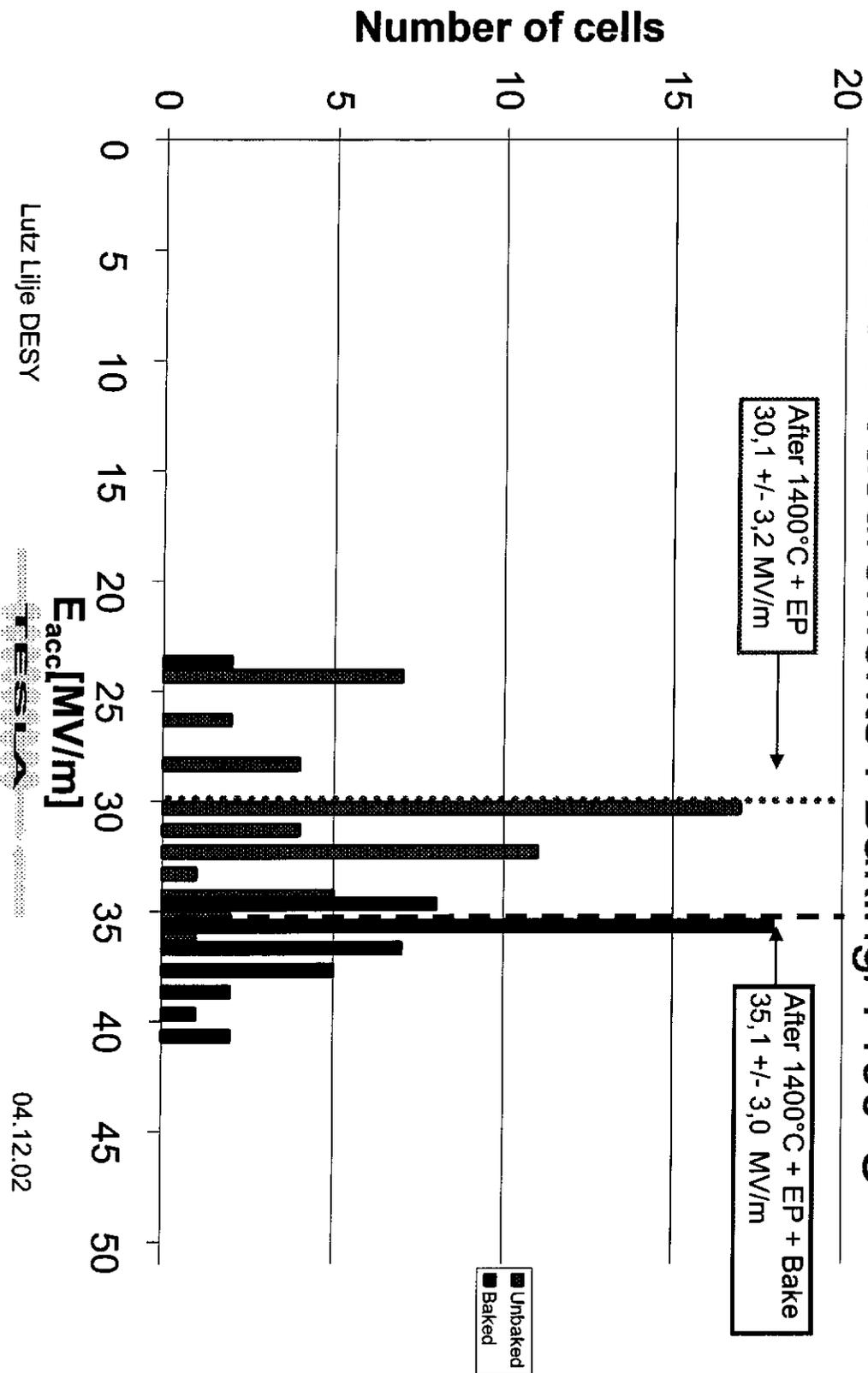
Mode measurements: Baking/800°C



Lutz Lilje DESY

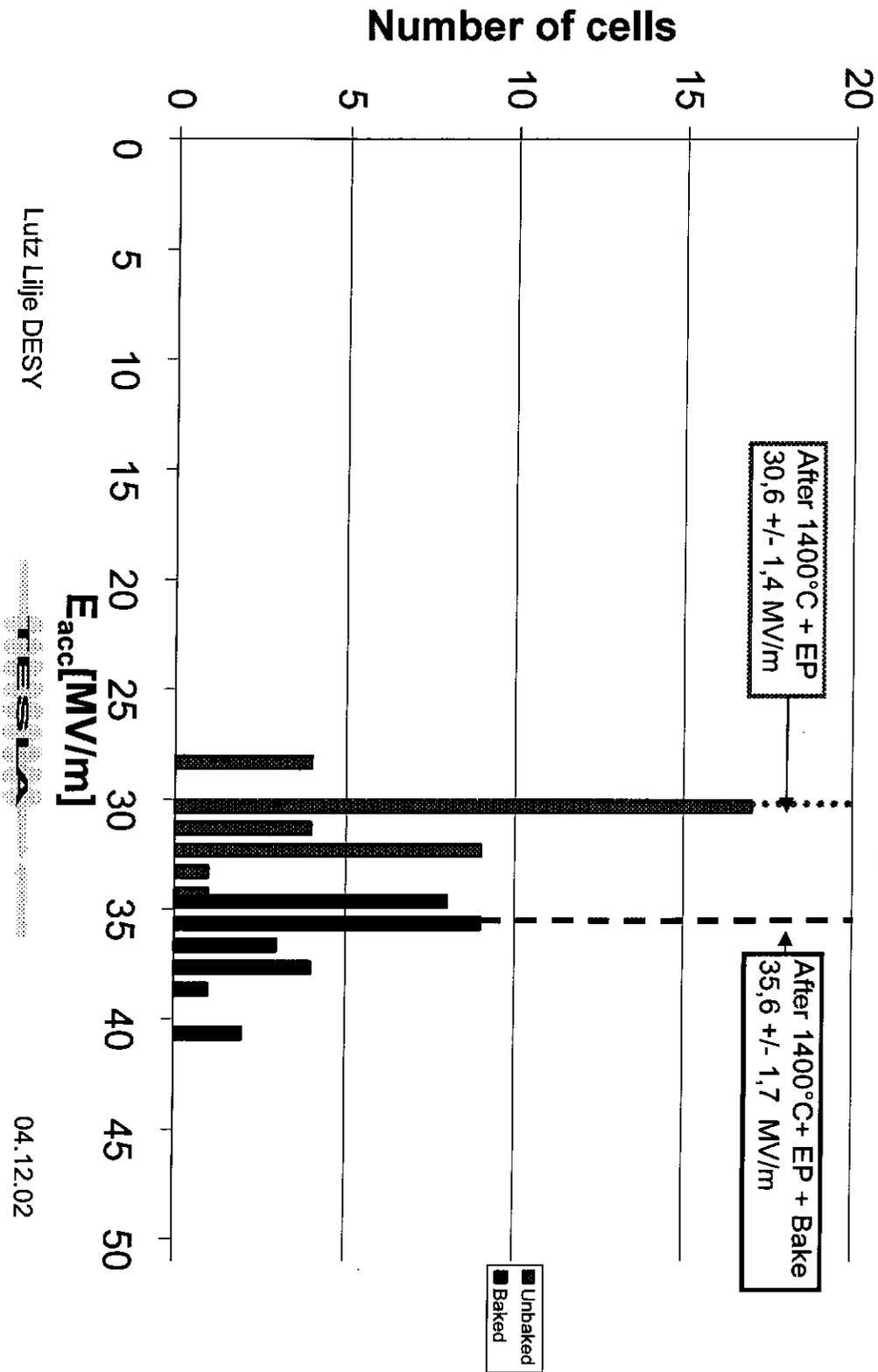
04.12.02

Mode measurements : Baking/1400°C



747

Mode measurements : Baking/1400°C/ 3.Prod



Lutz Lilje DESY



04.12.02

Conclusion on EP

- EP of multi-cell cavities is possible with excellent gradient and Q (3 cavities at TESLA -800 right now)
- Reproducibility is still low
 - Fieldemission is major problem (Handling at KEK and/or DESY HPR), becoming better at the moment
 - Even high gradient cavities show FE -> dark current problem
 - Turnaround of tests is slow (Module 2*, repair of module 3, installation of EP system)
- Heat treatments:
 - 120°C baking is an absolute necessity
 - 1400°C has higher average gradient
 - Existence proof: 800°C has shown TESLA-800 gradient

Future: Nine-cell program

Lutz Lilje
DESY -MPY-
Lutz.Lilje@desy.de

- Modules 3*, 2* remaining tests
- EP nine-cells
 - BCP tests
 - EP tests



Overview: Cavities in modules 2* and 3*

- (T) with tank 1, (t) planned for tank welding

- Modul 3

2*

Cav	E_{acc}	Cav	E_{acc}	Cav	E_{acc}
out		in			

151

- D39 25 Z50 (T) 24,3 D39(T) 25
- D42 18 AC58(t) 24 D42(T) 18
- C47(Reserve) 22,5 C47(t) 22,5
 Z51(T) 20,3
 Z53(t) 22,5
 AC69(t) 26



Other cavities:

- EP
 - A16 12 MV/m (32 MV/m) Nioblippe HOM
 - S35 26 MV/m Reserve EP Module
 - P-1 ? No HOM,
welding of NbTi flanges
- BCP
 - AC67 cold leak in cavity, mech. model (Piezo etc.)
 - AC68 Type 2 Tank, Wrong cell
 - C45 Type 2 Tank
 - S33 Type 2 Tank

EP cavities

- Assumption: EP system running in January
- Really urgent: CHECHIA test of at least one EP cavity
- Retest of tested cavities with small BCP
 - AC70 (remove FE)
 - AC74 (Ti removal with BCP 20 um + (BCP or EP) 50 um?)
- Retest of tested cavities with EP
 - EP Qualification:
 - P-1 (probably available in January)
 - S35
 - A16
 - EP series
 - AC74 (after Titanisation – see above)
 - AC70 (remove FE)
 - AC71 (improve quench field, T-map)
 - AC75 (improve quench field, T-map)

154

EP cavities II

- Test of new cavities with EP
 - 2 ACCEL last series from spare parts
 - New Zanon production
- Other things:
 - P-1
 - reference cavity EP and HPR
 - tests EP parameters
 - EP with tank

155