

10759



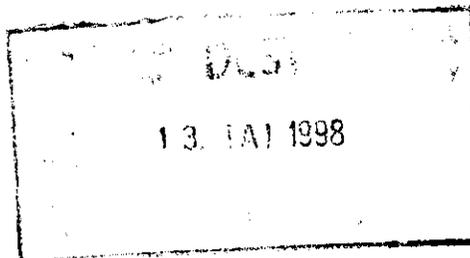
X1998-00745

Interner Bericht

DESY D3 - 90

April 1998

F, A



**Ergebnisse von
Strahlenschutzmessungen am
Deutschen Elektronen-Synchrotron
DESY - Hamburg
im Jahre 1997**

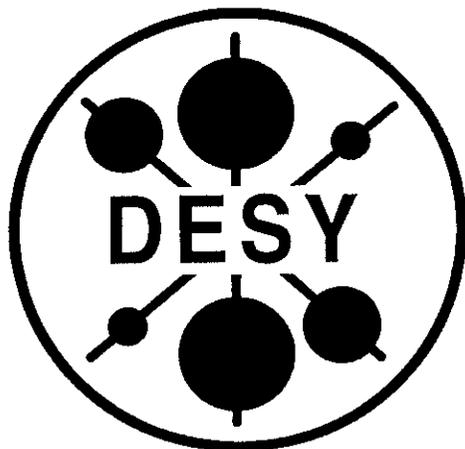
Die Strahlenschutzgruppe DESY - D3

DESY behält sich alle Rechte für den Fall der Schutzrechtserteilung und für die wirtschaftliche Verwertung der in diesem Bericht enthaltenen Informationen vor.

DESY reserves all rights for commercial use of information included in this report, especially in case of filing application for or grant of patents.

**"Die Verantwortung für den Inhalt dieses
Internen Berichtes liegt ausschließlich beim Verfasser"**

Jahresbericht 1997



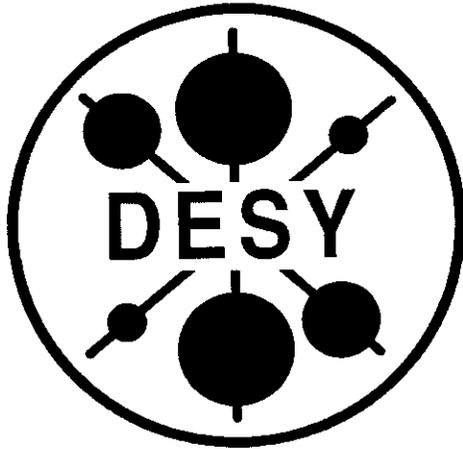
Ergebnisse von Strahlenschutz- messungen

April 1998

Inhalt:

1. Übersicht über den Beschleunigerbetrieb
2. Personendosen
3. Ortsdosen außerhalb von Beschleunigerräumen
4. Aktivierungen in Beschleunigerräumen
5. Überwachung von Luft und Wasser
6. Strahlenbelastung von Beschleunigerkomponenten
7. Tabellen der Ortsdosen

Annual Report 1997



Results of Radiation Protection measurements

April 1998

Contents:

1. Schedule of accelerator operation
2. Personal doses
3. Site doses outside of accelerator rooms
4. Activated components in accelerator rooms
5. Control of released air and water
6. Exposure of accelerator components
7. Tables of site doses

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| 1. Beschleunigerbetrieb | 1 |
| 2. Personendosen | 1 |
| 3. Ortsdosen außerhalb von Beschleunigerräumen | 2 |
| 3.1 Passives Überwachungssystem | 2 |
| 3.2 Aktives Überwachungssystem | 5 |
| 4. Aktivierungen in Beschleunigerräumen | 6 |
| 4.1 Induzierte Radioaktivität | 6 |
| 4.2 Kontamination | 7 |
| 5. Überwachung von Luft und Wasser | 7 |
| 5.1 Luft | 7 |
| 5.2 Wasser | 8 |
| 6. Strahlenbelastung von Beschleunigerkomponenten | 11 |
| 6.1 PIA | 11 |
| 6.2 PETRA | 12 |
| 6.3 HERA | 16 |
| 7. Tabellen der Ortsdosen | 20 |
| 7.1 Linac2/3, DESY2/3 | 21 |
| 7.2 PETRA, HASYLAB6 | 23 |
| 7.3 HERA | 26 |
| 7.4 DORIS, HASYLAB1-5 | 28 |
| 7.5 TESLA-TF, S-Band-Linac | 31 |
| 7.6 Geländegrenzen und Außenpositionen | 32 |

~/d3.rep/sjb97.tex

1. Beschleunigerbetrieb

Die Beschleuniger wurden im Jahre 1997 Anfang Februar (HERA: Anfang März) in Betrieb genommen. Die Protonenmaschinen beendeten ihren Betrieb am 2. November, die Elektronenmaschinen am 14. Dezember 1997. Zur Beurteilung der gemessenen Dosiswerte sind in Tabelle 1 die ungefähren Betriebszeiten (einschließlich Inbetriebnahme, Zeiten für Maschinenentwicklung und kurzer Unterbrechungen), aufgeführt.

Der S-Band-Elektronen-Testlinac war 1997 noch in der Aufbauphase. Strahlbetrieb wird erst 1998 erwartet.

| Beschleuniger | Betriebszeit in Stunden | Max. Energie in GeV | Max. Strom oder akkumulierte Ladung |
|-------------------------|----------------------------|------------------------|--|
| DESY2 (e ⁺) | 6750 (+14 %) | 4,4/7,0 | 1,0 mA (=) |
| DORIS | 4600 (=) | 4,4 | 330 Ah (=) |
| PETRA-e | 1440 (=) | 12 | 35 mA (=) |
| PETRA-e HASYLAB6 | 1440 (+58 %) | 12 | 57 Ah (+54 %) |
| HERA-e | 3000 (-18 %) | 26 | 78 Ah (+63 %) |
| DESY3 | 6800 (+18 %) | 7,5 | 200 mA (+11 %) |
| PETRA-p | 980 (-41 %) | 40 | 95 mA (+20 %) |
| HERA-p | 3000 (-18 %) | 820 | 168 Ah (+75 %) |
| TESLA-TF | 1440 | 0,08 | 8 mA |

Tabelle 1: Daten über den Beschleunigerbetrieb. In Klammern sind die Veränderungen gegenüber dem Vorjahr angegeben. (=) bedeutet: keine wesentliche Veränderung.

2. Personendosen

Die Messung von Personendosen für Mitarbeiter, die Kontrollbereiche betreten oder mit radioaktiven Stoffen umgehen ist gesetzlich vorgeschrieben. Kontrollbereiche sind definiert als Bereiche, in denen eine Person bei einem Aufenthalt von 2000 Stunden pro Jahr eine Dosis von mehr als 15 mSv erhalten kann. Bei DESY werden Kontrollbereiche nur gelegentlich und zur Ausführung angeordneter Arbeiten betreten. Es gibt darin keine ständigen Arbeitsplätze (mit der Aufenthaltsdauer einer Person von etwa 40 Std. pro Woche).

Kontrollbereiche entstehen bei DESY durch

1. Gammastrahlung,

- die von radioaktiven Stoffen erzeugt wird. Solche Stoffe sind entweder Beschleunigerkomponenten, die beim Betrieb eines Beschleunigers aktiviert wurden oder kommerzielle Strahlungsquellen.
- die von Strahlverlusten beim Beschleunigerbetrieb herrühren. Davon sind im allgemeinen nur Räume oder Gebäude betroffen, die unmittelbar an einen Beschleuniger angrenzen.

Die Messung der Dosis erfolgt durch Filmdosimeter, die von der amtlichen Meßstelle in Hamburg-Altona geliefert und ausgewertet werden.

2. **Neutronen**, die als Folge von Strahlverlusten während des Betriebs entstehen und in geringem Maße die Abschirmung durchdringen können.

Zur Messung werden Kernspurfilm verwendet, die vom CERN geliefert und ausgewertet werden.

Eine Meßperiode beträgt 2 Monate. Das Überwachungsjahr beginnt am 1. Februar und endet am 31. Januar des darauf folgenden Jahres.

Im Mittel wurden 1997 pro Meßperiode 1070 DESY-Angehörige und langfristig bei DESY arbeitende Gäste regelmäßig überwacht (im Vorjahr: 1096). Darin enthalten sind 40 Angehörige des EMBL und 30 vom MPI.

Die untere Nachweisgrenze der Dosisfilme beträgt 0,2 mSv. Dosen unterhalb 0,2 mSv pro Meßperiode werden als 'Null' bewertet.

Die Anzahl der Mitarbeiter mit Jahresdosen oberhalb oder gleich 0,2 mSv betrug im Überwachungsjahr 1997 für Gammadosen 54 Personen (im Vorjahr: 51) und für Neutronendosen 30 Personen (im Vorjahr: 11). Die Aufteilung der Mitarbeiter in verschiedene Dosisgruppen ist in Tabelle 2 aufgeführt.

Die maximal zulässige Jahresdosis für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A beträgt 50 mSv, die der Kategorie B 15 mSv (1997 gehörten 16 Personen zur Kategorie A). Von diesen Grenzwerten sind wir auch im Jahr 1997 weit entfernt. Die größte gemessene Personen-Jahresdosis betrug 1,0 mSv (2 Personen).

Die Gesamt-Gammadosis der Belegschaft, definiert als Summe der festgestellten Gammadosen größer als 0,2 mSv, betrug 17,2 mSv, die Gesamt-Neutronendosis 3,5 mSv. Die Entwicklung der Belegschaftsdosis in den letzten Jahren ist in Abbildung 1 dargestellt. Der Mittelwert der Gammadosis seit 1991 beträgt 21 mSv ($\pm 5\%$). Der Mittelwert der Neutronendosis liegt bei 10 mSv ($\pm 8\%$). Ein Trend ist nicht zu erkennen. Die Gesamtdosis der Belegschaft hat sich mit 31 mSv gegenüber dem Vorjahr (21 mSv) etwas erhöht, aber auf sehr niedrigem Niveau.

Außer den permanenten DESY-Mitarbeitern wurden für kürzere Zeit 1984 Gäste (das sind Angehörige von anderen Instituten oder von Firmen) überwacht. In 14 Fällen waren die Jahresdosen $\geq 0,2$ mSv; sie lagen alle unter 0,5 mSv.

Die Daten werden gemäß den gesetzlichen Bestimmungen 30 Jahre lang bei D3 aufbewahrt.

Insgesamt 22 Mitarbeiter und Angehörige des MPI und des 2. Physikalischen Instituts erhielten auf Wunsch **Fingerringe** mit 2 Thermolumineszenz-Dosimetern zur Messung der β - und der γ -Handdosis. Alle Jahresdosen lagen unter 1,9 mSv. Die maximal zulässige Handdosis beträgt 500 mSv/a.

3. Ortsdosen außerhalb von Beschleunigerräumen

3.1 Passives Überwachungssystem

Die Ortsdosis in zugänglichen Bereichen wird mit integrierenden Festkörperdosimetern gemessen. Die Gründe hierfür sind:

1. An Protonenbeschleunigern spielen die Neutronendosen eine dominierende Rolle. Dabei rührt der größte Beitrag von Neutronen mit Energien oberhalb von 20 MeV her und liegt damit außerhalb des Meßbereichs kommerzieller elektronischer Neutronenzähler.

| | Gamma- filme | Neutronen- filme |
|---|-----------------|---------------------|
| Anzahl der über- wachten Personen | 1070 | 78 |
| Anzahl der Personen mit Jahresdosen: | | |
| < 0,2 mSv | 1016 | 48 |
| ≥ 0,2 bis < 1 mSv | 52 | 30 |
| ≥ 1 bis < 5 mSv | 2 | 0 |
| ≥ 5 bis < 15 mSv | 0 | 0 |
| ≥ 15 mSv | 0 | 0 |
| Summe der Jahresdosen in mSv | 17,2 | 8,6 |

Tabelle 2: Jahresdosen 1997 von DESY-Mitarbeitern

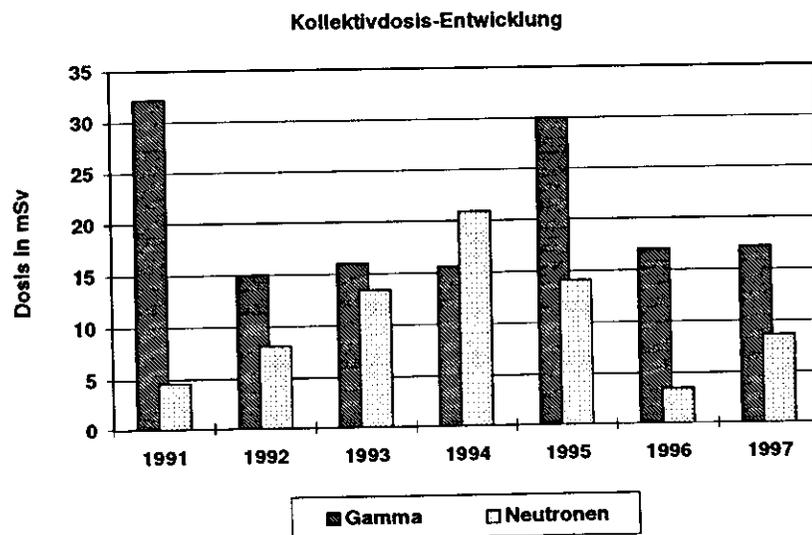


Abbildung 1: Entwicklung der Gesamtdosis der DESY-Belegschaft seit 1991

2. Das Strahlungsfeldes ist bei Protonenbeschleunigern, besonders an den Stellen hohen Strahlverlustes (z. B. an Ejektions- und Injektionsstellen) in starkem Maße gepulst (im Gegensatz zu Elektronenbeschleunigern). So beträgt z. B. beim Einschub von Protonen in PETRA die Dauer des Strahlungspulses $1 \mu\text{s}$, und der Pulsabstand beträgt minimal 4 s. Damit ist eine quantitative Messungen mit Ionisationskammern oder Zählrohren nicht möglich. Festkörperdosimeter dagegen sind von der Zeitstruktur des Feldes unabhängig.

Zur Messung der Ortsdosen werden Detektoren verwendet, die aus Thermolumineszenz-Dosimetern ($^6\text{LiF}/^7\text{LiF}$) in Polyethylen-Moderatoren bestehen sowie aus Spaltfragment-Dosimetern (Th-Folien in Verbindung mit Makrofol). Damit können **Neutronendosen** bei allen auftretenden Energien gemessen werden. Als Moderatoren werden Polyethylen-Zylinder (15 cm Durchmesser, 15 cm Höhe) oder Polyethylen-Kugeln (30 cm Durchmesser) verwendet. Die Kalibrierung der Detektoren erfolgte mit einem Neutronen-Spektrometer, das in der Lage ist, Spektren von thermischen Energien bis über 200 MeV zu messen. Solche Spektren wurden an einer Vielzahl von Stellen auf dem DESY-Gelände gemessen und so Kalibrationsfaktoren für typische Positionen, Moderatoren und Detektoren bestimmt.

Die **Gammadosen** werden aus den Meßwerten der ^7LiF -Dosimeter gewonnen.

Insgesamt 209 Stellen wurden mit solchen integrierenden Dosimetern auf dem DESY-Gelände, an der Geländegrenze und an einigen Stellen im Volkspark, oberhalb des HERA-Rings überwacht. Die Meßergebnisse sind in den Tabellen 14 bis 25, im Abschnitt 7., aufgeführt. Als natürlicher Untergrund wird bei γ -Dosimetern $50 \mu\text{Sv}$ pro Monat abgezogen. Der natürliche Untergrund an Neutronen ist klein, auf eine Korrektur wurde verzichtet.

Die Tabellen zeigen, daß die Einrichtung der Kontrollbereiche gerechtfertigt ist. Zu beachten ist, daß in allen Gebieten die Detektoren an Stellen aufgestellt wurden, an denen die höchsten Dosen zu erwarten sind, auch wenn die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Personen dort klein ist. Die Jahresdosen an Arbeitsplätzen sind daher erheblich kleiner als die Tabellenwerte.

An 13 Meßstationen an der Geländegrenze und oberhalb des HERA-Tunnels im Volkspark konnten keine Dosen oberhalb von $170 \mu\text{Sv/a}$ festgestellt werden (siehe Tabelle 25). Die Meßstelle nahe der PETRA-Halle Südost, an der Grenze zum Industriegebiet, ergab $620 \mu\text{Sv/a}$ (maximal zulässiger Wert: $1500 \mu\text{Sv/a}$).

Zum Vergleich wurden 3 Meßstationen in HH-Fuhlsbüttel betrieben. Die mittlere Jahresdosis betrug dort für Gammastrahlung weniger als $200 \mu\text{Sv}$ und für Neutronen $120 \mu\text{Sv}$.

In der Tabelle 3 sind die Daten der wichtigsten Bereiche zusammengefaßt. Dabei wurden die Meßergebnisse in den jeweiligen Gebieten gemittelt, um einen groben Überblick zu haben, auf welchem Dosisniveau man sich befindet. Ferner wurde in der Spalte 5 ein Vergleich zum Vorjahr hergestellt ($\text{Dosis}(1997)/\text{Dosis}(1996)$), um Änderungen gegenüber dem Vorjahr zu erkennen.

Auffallende Änderungen treten in der Tabelle 3 an folgenden Stellen auf:

1. **DESY2/3:** In den Räumen um den ehemaligen Linac1 sind alle Dosen um etwa einen Faktor 2 größer geworden. Die Ortsdosen sind jedoch gegenüber denen früherer Jahre sehr klein.

In den Hallen 1 und 2 haben sich die Dosen um etwa 30 % erhöht, ein Aufwärtstrend, der schon seit 2 Jahren beobachtbar ist.

2. **PETRA:** Im gesamten Bereich haben sich die Dosen gegenüber dem Vorjahr etwa verdoppelt und haben das Niveau des Jahres 1995 wieder erreicht.

| Bereich | | Anzahl Meß- pos. | Dosis- Kompo- nente | Dosis- mittel in mSv | Verhältnis zum Vorjahr |
|---------|-------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Linac2 | | 9 | γ | 2,0 | 1,0 |
| Linac3 | | 3 | n | 29 | |
| | | 9 | γ | 3,4 | |
| DESY2/3 | Lin1 | 4 | n | 1,7 | 2,4 |
| | | 4 | γ | 0,26 | |
| | Synch | 7 | n | 20 | 1,0 |
| | | 7 | γ | 2,1 | 1,0 |
| | Halle1 | 4 | n | 60 | 1,2 |
| | | 4 | γ | 13 | 1,3 |
| | Halle2 | 8 | n | 120 | 1,5 |
| | | 8 | γ | 24 | 1,6 |
| PETRA | Halle SO | 7 | n | 19 | 1,9 |
| | | 7 | γ | 2,8 | 2,8 |
| | Werkstatt G11 | 4 | n | 8,8 | 2,2 |
| | | 4 | γ | 2,0 | 2,0 |
| | Halle O | 5 | n | 4,2 | 2,1 |
| | | 5 | γ | 0,52 | 5,2 |
| | NO, NW, W , SW | 10 | n | 1,3 | 1,3 |
| | | 10 | γ | 0,33 | 3,3 |
| DORIS | | 12 | γ | 1,1 | 1,1 |
| HERA | Halle O | 8 | n | 1,1 | 2,2 |
| | | 8 | γ | 0,32 | 3,2 |
| | Halle S | 13 | n | 1,0 | 2,0 |
| | | 13 | γ | 0,15 | 1,5 |
| | Halle W | 10 | n | 7,8 | 1,6 |
| | | 10 | γ | 1,1 | 2,2 |
| | Halle N | 15 | n | 2,2 | 2,2 |
| | | 15 | γ | 0,4 | 4,0 |

Tabelle 3: Zusammenfassung und Tendenz der Ortsdosen 1997.

3. **HERA:** Auch hier ist generell eine Erhöhung der Jahresdosen auf etwa das doppelte zu verzeichnen, allerdings auf einem niedrigen Niveau (mit Ausnahme der Halle W mit dem Experiment HERA-B).

Die allgemein festzustellende Erhöhung der Jahresdosen gegenüber dem Vorjahr ist wahrscheinlich auf zum Teil erheblich höhere Strahlströme zurückzuführen (siehe Tabelle 1) Die Jahres-Ortsdosen haben, von wenigen Ausnahmen abgesehen, das Niveau der Jahre vor 1995 wieder erreicht.

3.2 Aktives Überwachungssystem

Der Nachteil von integrierenden Dosimetern ist, daß die Information erst nach einer gewissen Meßzeit vorliegt. Deshalb kommt der ortsfesten Meßanlage, die mit elektronischen Neutronenzählern und photonempfindlichen argongefüllten Ionisationskammern bestückt sind,

besondere Bedeutung zu. Die Meßgeräte dieser Anlage dienen als Monitore, um Änderungen in der Entwicklung des Strahlungspegels an 80 verschiedenen Meßorten zu erkennen und um evtl. Maßnahmen treffen zu können. Ihre Ergebnisse werden werktäglich ausgedruckt.

Die Monitore der Anlage sind außerdem in der Lage, aktiv in den Beschleunigerbetrieb einzugreifen und bei Überschreitung einer vorgewählten Schwelle die Maschine abzuschalten. Auf diese Weise wird verhindert, daß bei Strahlverlusten zu hohe Dosisleistungen längere Zeit unbemerkt anstehen. Das Überschreiten der vorgewählten "Alarmschwelle" geschieht im allgemeinen nur bei ungünstigen Strahlbedingungen, z. B. während Maschinenstudien, bei Maschinenanlauf oder bei Ausfall bestimmter Komponenten.

Im Bereich Linac2/3 und DESY2/3 werden dabei die Linacs ausgeschaltet. Bei DORIS und PETRA wird der Einschub aus DESY2/3 unterbrochen. Bei HERA ist derzeit keine Maschinenbeeinflussung vorgesehen.

4. Aktivierungen in Beschleunigerräumen

4.1 Induzierte Radioaktivität

Am Ende von Betriebsperioden, wenn die Beschleunigerräume geöffnet werden, wird die Dosisleistung von Beschleunigerkomponenten, herrührend von induzierter Radioaktivität bestimmt. Das war 1997 nur einmal der Fall. Dazu werden Meßsonden in Verbindung mit Datenerfassungsgeräten benutzt und es wird entlang eines Beschleunigers, im Abstand von etwa 30 bis 40 cm (normaler Arbeitsabstand), gemessen. Die Messung wird im allgemeinen einige Stunden nach Betriebsende durchgeführt, damit kurzlebige Aktivitäten nicht erfaßt werden. Eine Liste mit diesen so festgestellten Restaktivitäten wird zur Information der Mitarbeiter im Beschleuniger-Kontrollraum veröffentlicht.

In der Tabelle 4 sind für jeden Beschleuniger die Gesamtzahl der Meßstellen angegeben und die Anzahl der Meßwerte, die in 3 verschiedenen Dosisleistungsbereichen liegen. Außerdem ist der Bereich der Dosisleistung angegeben, in dem die 10 Meßstellen mit den höchsten Dosisleistungen liegen. Herausragende Stellen sind in der letzten Spalte aufgeführt.

Der Positronenkonverter im **Linac2** ist die Stelle mit der höchsten Radioaktivität auf dem DESY-Gelände. Eine weitere Stelle, die Aufmerksamkeit erfordert ist das PIA Septum.

Im Beschleunigerraum **Linac3** ist das Strahlungsniveau gering. An allen Stellen wird weniger als $1 \mu\text{Sv/h}$ gemessen.

Im Bereich **DESY2** und **DESY3** hat sich im Laufe der Zeit an einigen Stellen Radioaktivität mit höheren Halbwertszeiten aufgebaut. Der Strahlungspegel bleibt auch bei längerem Abschalten der Maschinen nahezu konstant. Herausragend sind alle Stellen, an denen Teilchen ejiziert werden.

Bei **PETRA** findet man nur an 3 Stellen merkliche Aktivität. Das sind der Bereich der Protoneninjektion, bis zurück zum X-Bauwerk, der Bereich der Protonenejektion in der Gegend der Halle NR sowie die Strecke zwischen der Halle W und dem Strahlabsorber für Protonen. Alle anderen Stellen liegen unter $10 \mu\text{Sv/h}$.

Im **HERA**-Tunnel findet man eine merkliche Restaktivität nur in der Nähe des Protonen-Absorbers und am Protonen-Einschub. An allen übrigen Meßstellen liegt die Dosisleistung unter $0,2 \mu\text{Sv/h}$.

DORIS ist in der Tabelle 4 nicht enthalten. Dort ist im Arbeitsabstand eine meßbare Dosisleistung nur in der Injektionszone vorhanden. Sie lag bei $5 \mu\text{Sv/h}$.

Gegenüber dem Vorjahr sind keine nennenswerten Änderungen eingetreten.

| Beschleuniger | Anzahl Meßstellen | Anzahl Meßstellen im DL-Bereich: | | | DL-Bereich der 10 höchsten Meßstellen | Besondere Stellen |
|---------------|-------------------|----------------------------------|-----------|-----|---------------------------------------|--|
| | | ≤1 | 1 bis ≤10 | >10 | | |
| Linac2, PIA | 28 | 7 | 11 | 10 | 610 bis 18 | Konverter: 2000 Absorber: 630 Absorber: 33 |
| Linac3 | 9 | 9 | 0 | 0 | 0,4 bis 0,1 | |
| DESY2 | 56 | 11 | 35 | 10 | 63 bis 14 | |
| DESY3 | 54 | 7 | 33 | 14 | 220 bis 20 | |
| PETRA | 179 | 138 | 29 | 12 | 330 bis 13 | |
| HERA | 297 | 288 | 8 | 1 | 9,1 bis 0,6 | |

Tabelle 4: Radioaktivität nach dem Öffnen der Beschleuniger. DL = gemessene Dosisleistung in $\mu\text{Sv/h}$

4.2 Kontamination

Zur Überwachung von staubförmigen Kontaminationen werden Wischproben genommen und ihre β -Aktivität in einer sehr empfindlichen Apparatur ausgemessen. Dabei werden Orte überwacht, an denen mit aktivierten Beschleunigerkomponenten umgegangen wird oder radioaktive Abfälle gelagert werden sowie in Beschleunigerräumen nach deren Öffnung.

In Werk- und Lagerstätten wurden an insgesamt 16 Stellen 6mal jährlich Wischproben genommen. Alle Meßergebnisse lagen unterhalb 10 mBq/cm^2 ; das ist die Nachweisgrenze der Meßapparatur.

In den Beschleunigerräumen von Linac2 und DESY2/3 wurde jeweils an den 10 Stellen mit der höchsten Restaktivität gemessen. Nur an 3 Stellen konnten Kontaminationen oberhalb der Nachweisgrenze gefunden werden. Alle Meßergebnisse lagen unterhalb 34 mBq/cm^2 .

Der Grenzwert für eine zulässige Kontamination von Arbeitsplätzen in Kontrollbereichen beträgt $50 \text{ Bq/cm}^2 (= 50000 \text{ mBq/cm}^2)$.

5. Überwachung von Luft und Wasser

5.1 Luft

Bei der Aktivierung von Luft werden nur eine Reihe von kurzlebigen Isotopen gebildet (siehe Tabelle 5). Das sind (bis auf ^{41}Ar , das jedoch nur in geringem Maße produziert wird) alles reine β -Strahler. Deshalb wird zur Luftüberwachung nur die β -Aktivität gemessen und daraus die effektive Äquivalentdosis berechnet.

Im Bereich der Synchrotrons DESY2/3 wird die Luft im inneren Zugangsbereich kontinuierlich überwacht, da sich dort Personen aufhalten können. Die mittlere Konzentration im Zentrum der Synchrotrons betrug während des Betriebes $2,2 \text{ kBq/m}^3$. Dies ergibt eine Dosisleistung von

ca. 2 nSv/h. Dabei traten kurzzeitig höhere Tagesmittelwerte bis maximal 9 nSv/h auf. Die Luft wird nur bei Betriebspausen über 8 Ablüfter an die Umgebung abgegeben.

Die Messung der Konzentration der abgeblasenen Luft des **Linac2** ergab über das Kalenderjahr gemittelt 9,3 kBq/m³. Aus dem Mittelwert und einem Luftdurchsatz von 7000 m³/h kann man eine Submersionsdosis von weniger als 1 µSv/a an der Geländegrenze abschätzen. Damit liegt dieser Wert sicher unter dem zulässigen Wert von 300 µSv/a.

Die insgesamt vom Synchrotronraum und vom Linac2 in die Außenwelt abgegebene Aktivität betrug 1997 ca. 0,6 TBq.

Die Aktivität der über **HERA-West** ausgeblasenen Luft aus dem HERA-Tunnel war 1996 kleiner als 500 Bq/m³ pro Tag (das ist die Nachweisgrenze der Anlage).

Insgesamt sind keine wesentlichen Änderungen gegenüber dem Vorjahr eingetreten.

| Nuklid | Halbwertszeit in Minuten |
|------------------|-----------------------------|
| ¹¹ C | 20,4 |
| ¹³ N | 9,96 |
| ¹⁵ O | 2,03 |
| ⁴¹ Ar | 110 |

Tabelle 5: Radioaktive Nuklide, die bei der Aktivierung von Luft gebildet werden.

5.2 Wasser

Das zur **Versickerung** gelangende Wasser von Kühltürmen wird im Hauptpumpwerk *kontinuierlich* auf Radioaktivität untersucht. Erhöhte Aktivität kann hier nur festgestellt werden, wenn ein Leck im Wärmetauscher entsteht. Der Wärmetauscher trennt den Kreislauf des Wassers, das die Beschleunigerkomponenten unmittelbar durchfließt vom Wasser, das zur Versickerung gelangt.

Die NaJ-Szintillationssonde hat 1997 ausschließlich Untergrund, etwa 130 Pulse pro Minute, gemessen. Dieser Wert ist relativ hoch und ist bedingt durch den tief im Erdreich liegenden Betonschacht. Durch den natürlichen Untergrund von Erde und Beton ist diese kontinuierliche Messung recht unempfindlich, denn dieser Untergrund entspricht einer Konzentration von 3,7 Bq/ℓ. Den Messungen waren gelegentlich kleine Spitzen überlagert (maximal ca. 600 Pulse pro Minute; Dauer 0,5 bis 7 Stunden), die im allgemeinen zeitlich mit Niederschlägen zusammenfielen und auf natürliche Radioaktivität im Regenwasser zurückzuführen sind.

Wesentlich empfindlicher sind die *diskontinuierlichen* Messungen der Konzentration der β-Strahler mittels des Eindampfverfahrens. Sie werden monatlich mit Wasserproben aus den **Kühltürmen** DESY 1 + 2 durchgeführt. In 1 bis 2 Stunden nach der Entnahme ergaben sich Konzentrationswerte zwischen 0,18 und 1,0 Bq/ℓ. Hier handelt es sich um kurzlebige Nuklide aus den natürlichen Zerfallsreihen. Auch im Grundwasser kann man diese Konzentration messen, im Regenwasser sogar bis zum 1000-fachen dieses Wertes (verursacht durch Auswaschen von Radon). Nach einer Wartezeit von 24 Stunden sind alle diese Werte auf die Nachweisgrenze von ca. 100 mBq/ℓ abgesunken.

| Bereich der Kreisläufe | Aktivitäts- konzentration in Bq/ℓ |
|---------------------------|---|
| DESY2/3 und Linac2/3 | 0,04 |
| PETRA | 0,08 |
| HERA | 0,24 |

Tabelle 6: Radioaktivität in verschiedenen Kühlkreisläufen.

Zusammenfassend ergibt sich, daß durch das Ablaufwasser keine künstliche Aktivität in den Boden gelangt ist.

Eine sehr geringe Aktivitätsmenge wird an das **Schmutzwassersiel** abgegeben, wenn die Füllungen in den Ionenaustauschern der Kühlkreisläufe regeneriert werden. Vor dem Einleiten des entstehenden Regenerats wird die β -Aktivitätskonzentration bestimmt. Im Jahresmittel wurden 15 Bq/ℓ gemessen. Die damit im Jahr 1997 abgegebene Aktivitätsmenge betrug 500 kBq.

Zur Kontrolle wird die Aktivität des Kühlwasser gelegentlich aus den **geschlossenen Kreisläufen** mit dem Eindampfverfahren gemessen. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 6. Die Werte sind so gering, daß auch bei etwaigen Leckagen keine besonderen Vorkehrungen notwendig sind.

Um eine mögliche Aktivierung von Erdreich und Grundwasser durch den **HERA**-Betrieb zu erkennen, wurde am 25.3.1991 (also vor der Aufnahme des Strahlbetriebs von HERA) eine Bohrung ca. 0,5 m neben den HERA-Tunnel nahe dem Protonenabsorber niedergebracht. Dieser Bohrung wurden je 2 Proben von Grundwasser und Erde entnommen. Ein Probenpaar (Wasser und Erde) wird seitdem bei D3 aufbewahrt (Referenzproben) und das andere wurde wieder in dem Bohrloch deponiert. In Abständen von ca. 1 bis 2 Jahren werden die Proben aus dem Bohrloch hervorgeholt, ihre Aktivität bestimmt, und anschließend werden sie wieder deponiert. Die Referenzproben werden zum Vergleich immer mitgemessen, um apparative Schwankungen zu erkennen. Die Abbildungen 2 und 3 zeigen die Ergebnisse dieser Aktivitätsbestimmungen seit 1991. Eine vom HERA-Betrieb herrührende Aktivierung konnte bisher nicht nachgewiesen werden.

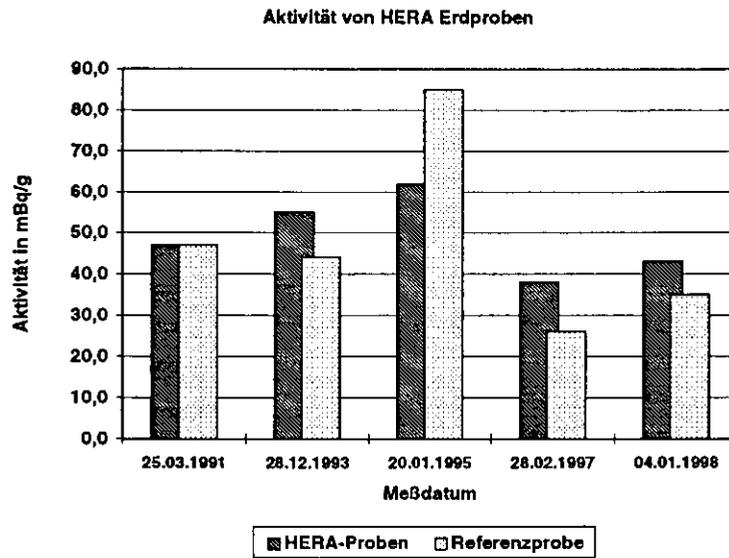


Abbildung 2: Untersuchung einer Erdprobe auf Radioaktivität. Die Probe wurde in der Nähe des HERA-Protonenabsorbers entnommen. Sie wird verglichen mit einer Referenzprobe, die 1991 an der gleichen Stelle entnommen wurde.

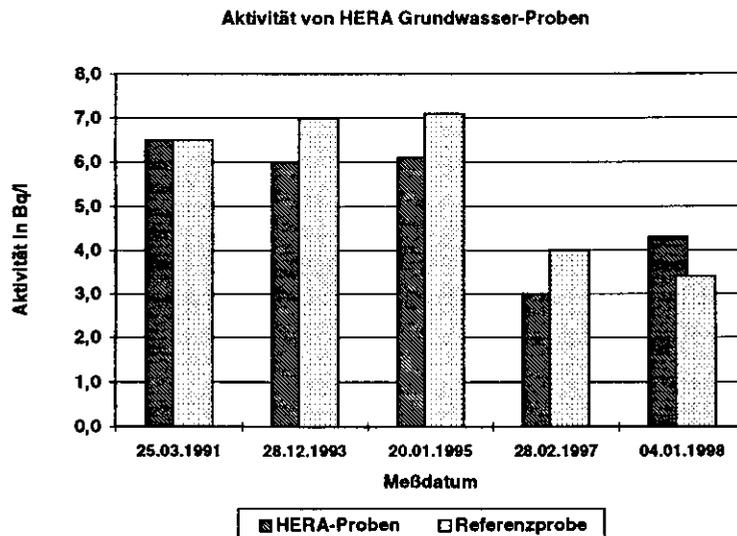


Abbildung 3: Untersuchung einer Wasserprobe auf Radioaktivität. Die Probe wurde in der Nähe des HERA-Protonenabsorbers entnommen. Sie wird verglichen mit einer Referenzprobe, die 1991 an der gleichen Stelle entnommen wurde.

6. Strahlenbelastung von Beschleunigerkomponenten

Seit einigen Jahren werden an den Speicherringen PIA, PETRA und HERA Energiedosen an Komponenten gemessen, die während einer Betriebsperiode aufgesammelt werden. Dazu werden Dosimeter an Spulen von Strahlführungsmagneten angebracht, die beim Betrieb des jeweiligen Beschleunigers besonders hohen Dosen ausgesetzt sind (an Stellen hoher Strahlverluste) oder die typisch sind für einen ganzen Bereich von Magneten (bei Einwirkung von Synchrotronstrahlung). Die Dosen der jeweiligen Meßorte werden nach Auswertung der Dosimeter zu denen der Vorjahre addiert. Aus der akkumulierten Strahlenbelastung können Rückschlüsse auf die zu erwartende Lebensdauer der Komponenten gezogen werden.

Als Dosimeter werden mit Silber aktivierte Glasdosimeter (Radio-Photolumineszenz) verwendet, die an einer ^{137}Cs -Quelle kalibriert wurden. Die ermittelten Dosen stellen also Energiedosen in diesem Material dar (mittlere Atommasse = 24,8 g/mol; mittlere Ordnungszahl = 11,9; Dichte = 2,6 g/cm³). Die Dosen, die in den strahlungsempfindlichen Isoliermaterialien der Spulen absorbiert wurden sind deshalb im allgemeinen kleiner.

6.1 PIA

Am Speicherring PIA werden an insgesamt 10 Stellen Energiedosen gemessen. Die Verteilung der Meßpositionen ist schematisch in der Abbildung 4 dargestellt. Die Meßergebnisse von 1997 sind zusammen mit den Dosissummen von 1993 bis 1996 (beide Jahre inklusive) in der Tabelle 7 aufgeführt.

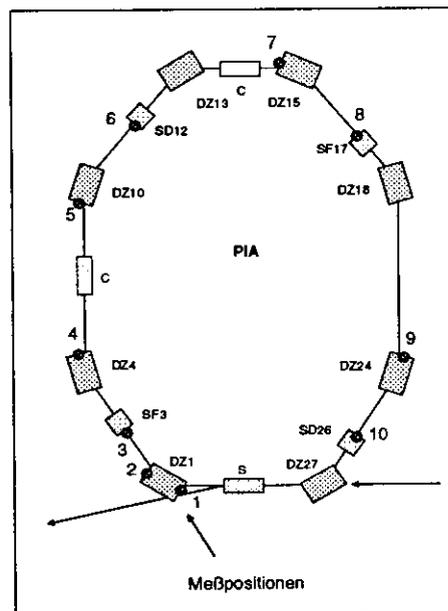


Abbildung 4: PIA, schematische Darstellung mit den Positionen der Dosimeter.

| Meßposition | | Dosen in Gy | |
|-------------|--------|----------------------|---------|
| Nr. | Magnet | Summe 1991 - 1996 | 1997 |
| 1 | DZ1-L | 1,5E+07 | 2,2E+06 |
| 2 | DZ1-R | 9,0E+05 | 1,5E+05 |
| 3 | SF3 | 3,0E+05 | 2,1E+04 |
| 4 | DZ4 | 1,7E+05 | 1,8E+04 |
| 5 | DZ10 | 1,8E+06 | 6,0E+04 |
| 6 | SD12 | 3,8E+05 | 1,4E+04 |
| 7 | DZ15 | 1,5E+05 | 2,1E+04 |
| 8 | SF17 | 8,4E+04 | 4,5E+03 |
| 9 | DZ24 | 2,8E+05 | 1,8E+04 |
| 10 | SF26 | 8,0E+05 | 8,0E+03 |

Tabelle 7: PIA, Energiedosen und Summe der Energiedosen der Vorjahre an den 10 Positionen der Abbildung 4.

6.2 PETRA

Bei PETRA sind Dosimeter an den Spulen von Dipol- und Sextupolmagneten in der Gegend der jeweiligen Oktantenmitten angebracht. Die Messungen erfolgen bei Dipolmagneten an den Spulenenenden, immer an den oberen Spulen und an den unteren und immer innen und außen, vom Ringzentrum aus gesehen. Damit sind 8 Dosimeter an jedem überwachten Dipol. An einigen Magneten in der Nähe der Ein- und Ausschubstellen sind ebenfalls Dosimeter angebracht. Bei Sextupolmagneten sind sie an den ringaußen gelegenen Spulen angebracht, so daß sie dem Elektronenstrahl entgegensehen. Die Lage der Meßorte ist in der Abbildung 5 zu sehen.

In der Auswertung wurden angenommen (was nicht immer stimmt), daß die entsprechenden Stellen der Spulen oben und unten ähnliche Meßergebnisse zeigen. Diese Werte wurden deshalb gemittelt, so daß für jede Spule 4 Meßwerte bleiben: Rechts außen, rechts innen (rechts ist die Richtung der ankommenden Protonen) und links außen und links innen (von dieser Seite kommen Elektronen oder Positronen und die damit verbundene Synchrotronstrahlung). Die Strahlenbelastung durch Synchrotronstrahlung sollte sich außen stärker bemerkbar machen als innen.

Die Meßwerte streuen teilweise stark, auch wenn sie an vergleichbaren Positionen ermittelt wurden. Außerdem ändern sie sich von Jahr zu Jahr, und nicht immer in der gleichen Weise, die dem jeweils geänderten Betriebsablauf entspricht. Die gemessenen Dosen hängen sehr stark von der Qualität der Abschirmung ab, die nicht überall gleich gut ist, aber auch von eingebauten Komponenten, die bezüglich der Synchrotronstrahlung "Schatten" werfen können. Außerdem hängen die Dosen von der verwendeten Strahloptik ab.

Die Meßergebnisse von 1997 sind in der Tabelle 8 aufgeführt. In der Tabelle 9 sind die Summen der Dosen aufgelistet, die in den Jahren 1991 bis 1996 (beide Jahre inklusive) aufgelaufen sind.

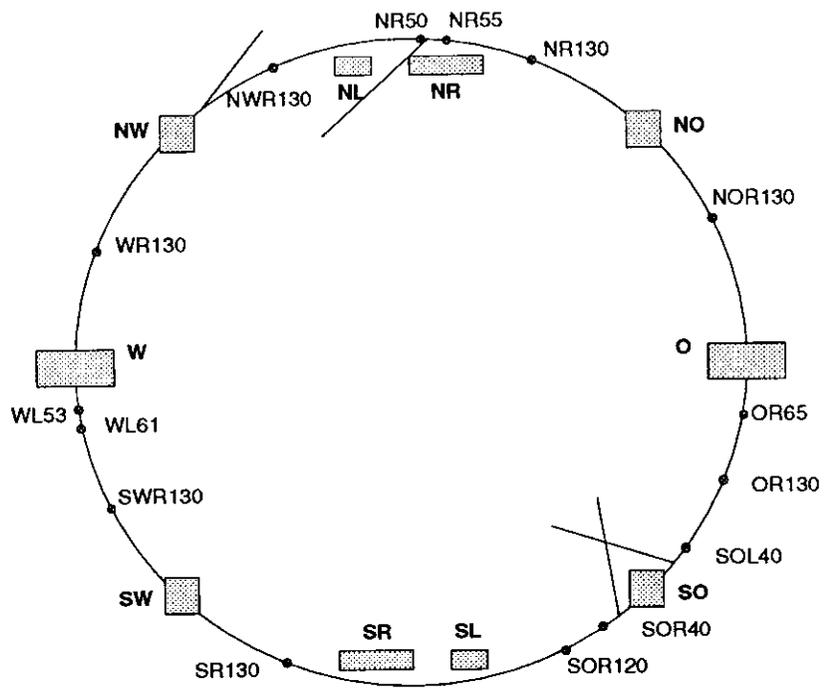


Abbildung 5: PETRA, Meßpositionen

| Oktant | Komponente | Meßpositionen | | | |
|--------|------------|-------------------|--------|-------------------|--------|
| | | Entgegen p-Strahl | | Entgegen e-Strahl | |
| | | rechts | | links | |
| | | innen | außen | innen | außen |
| NOR130 | M13 | 4,1E+4 | 1,4E+4 | 1,1E+3 | 5,3E+3 |
| NOR130 | S13 | | | | 3,2E+4 |
| NR50 | M5L | 1,7E+6 | | | |
| NR55 | QH603 | 6,8E+5 | | | |
| NR130 | M10 | 1,8E+6 | 3,5E+6 | 3,4E+6 | 2,0E+7 |
| NR130 | S10 | | | | 5,0E+6 |
| NWR130 | M13 | 4,3E+6 | 3,7E+6 | 1,4E+6 | 2,0E+7 |
| NWR130 | S13 | | | | 5,0E+6 |
| WR130 | M10 | 3,0E+4 | 5,5E+3 | 3,7E+3 | 6,7E+3 |
| WR130 | S10 | | | | 3,6E+4 |
| WL53 | Q9N | 3,0E+4 | | 3,8E+4 | |
| WL61 | Q0B | 7,0E+3 | | | |
| SWR130 | M13 | 6,8E+4 | 2,5E+4 | 1,9E+4 | 3,2E+4 |
| SWR130 | S13 | | | | 1,6E+4 |
| SR130 | M10 | 4,3E+4 | 2,1E+3 | 8,5E+4 | 6,4E+3 |
| SR130 | S10 | | | | 3,1E+4 |
| SOR40 | M1 | | | 6,1E+3 | 3,6E+4 |
| SOR120 | M12 | 5,4E+4 | 3,3E+3 | 4,2E+4 | 1,2E+4 |
| SOR120 | S12 | | | | 2,4E+4 |
| SOL40 | M1 | 1,7E+4 | 3,8E+4 | | |
| OR65 | M1 | 2,1E+2 | 7,8E+2 | 9,5E+3 | 5,8E+4 |
| OR130 | M10 | 3,2E+4 | 1,8E+4 | 2,0E+3 | 5,9E+3 |
| OR130 | S10 | | | | 2,1E+4 |

Tabelle 8: PETRA, Energiedosen in Gy, akkumuliert im Jahre 1997, an den Positionen der Abbildung 5. *Rechts, links, innen, außen* sind jeweils vom Ringzentrum aus gesehen.

| Oktant | Komponente | Meßposition | | | |
|--------|------------|-------------------|--------|-------------------|--------|
| | | Entgegen p-Strahl | | Entgegen e-Strahl | |
| | | rechts | | links | |
| | | innen | außen | innen | außen |
| NOR130 | M13 | 7,9E+5 | 6,8E+6 | 5,1E+5 | 5,2E+6 |
| NOR130 | S13 | | | | 6,4E+6 |
| NR50 | M5L | 5,6E+6 | | | |
| NR55 | QH603 | 2,4E+6 | | | |
| NR130 | M10 | 4,7E+6 | 1,4E+7 | 1,1E+7 | 3,8E+7 |
| NR130 | S10 | | | | 1,8E+7 |
| NWR130 | M13 | 6,2E+6 | 1,3E+7 | 3,9E+6 | 3,4E+7 |
| NWR130 | S13 | | | | 2,8E+7 |
| WR130 | M10 | 6,3E+5 | 5,5E+6 | 7,7E+5 | 6,4E+6 |
| WR130 | S10 | | | | 4,7E+6 |
| WL53 | Q9N | 3,3E+5 | | 3,3E+5 | |
| WL61 | Q0B | 1,4E+6 | | | |
| SWR130 | M13 | 5,4E+5 | 2,0E+6 | 4,6E+5 | 2,2E+6 |
| SWR130 | S13 | | | | 2,5E+6 |
| SR130 | M10 | 3,9E+5 | 2,2E+6 | 5,1E+5 | 3,6E+6 |
| SR130 | S10 | | | | 4,3E+6 |
| SOR40 | M1 | | | 2,5E+5 | 7,7E+5 |
| SOR120 | M12 | 5,1E+5 | 1,8E+6 | 4,2E+5 | 4,3E+6 |
| SOR120 | S12 | | | | 3,4E+6 |
| SOL40 | M1 | 3,7E+5 | 3,0E+6 | | |
| OR65 | M1 | 3,3E+5 | 1,7E+6 | 2,5E+5 | 8,2E+5 |
| OR130 | M10 | 4,5E+5 | 2,3E+6 | 8,2E+5 | 6,0E+6 |
| OR130 | S10 | | | | 5,2E+6 |

Tabelle 9: PETRA, Summe der Energiedosen in Gy der Vorjahre (1991 bis 1996; beide Jahre inklusiv) an den Positionen der Abbildung 5. *Rechts, links, innen, außen* sind jeweils vom Ringzentrum aus gesehen.

6.3 HERA

In HERA gibt es sehr wenig Stellen mit erhöhtem Strahlverlust. Die Meßpositionen sind deshalb mehr oder weniger gleichmäßig um den Ring verteilt. Die Dosimeter sind jeweils an den oberen Spulen von Quadrupolmagneten angebracht, außen und entgegen der Richtung des Elektronen- oder Positronenstrahls hin gelegen.

Die Meßergebnisse von 1997 sind zusammen mit den Dosissummen von 1993 bis 1996 (beide Jahre inklusive) in den Tabellen 10 bis 13 aufgeführt.

| Meßposition | | Dosen in Gy | |
|-------------|------------------------|----------------------|---------|
| Nr. | Quadrupol- position | Summe 1993 - 1996 | 1997 |
| 1 | WR106 | 1,1E+4 | 4,2E+02 |
| 2 | WR228 | 3,5E+6 | 3,5E+06 |
| 3 | WR240 | 2,2E+6 | 8,0E+03 |
| 4 | WR287 | 4,5E+6 | 3,5E+06 |
| 5 | WR334 | 1,5E+5 | 8,0E+04 |
| 6 | WR451 | 6,3E+5 | 1,2E+05 |
| 7 | WR557 | 1,7E+5 | 5,8E+04 |
| 8 | WR663 | 1,0E+5 | 1,0E+05 |
| 9 | WR768 | 1,2E+5 | 4,5E+04 |
| 10 | NL710 | 2,4E+6 | 4,5E+04 |
| 11 | NL604 | 1,4E+6 | 4,5E+06 |
| 12 | NL498 | 8,8E+4 | 5,5E+04 |
| 13 | NL392 | 5,8E+4 | 4,0E+04 |
| 14 | NL298 | 5,6E+4 | 2,5E+04 |
| 15 | NL204 | 2,0E+4 | 5,5E+04 |
| 16 | NL115 | 3,3E+4 | 1,8E+03 |

Tabelle 10: HERA, Energiedosen und Summe der Energiedosen der Vorjahre (beide in Gy), gemessen an den Spulen von Quadrupolmagneten im Quadranten W-N.

| Meßposition | | Dosen in Gy | |
|-------------|------------------------|----------------------|---------|
| Nr. | Quadrupol- position | Summe 1993 - 1996 | 1997 |
| 1 | NR110 | 1,6E+4 | 7,9E+03 |
| 2 | NR204 | 5,8E+4 | 6,0E+03 |
| 3 | NR310 | 6,6E+5 | 6,0E+04 |
| 4 | NR416 | 2,6E+6 | 2,0E+07 |
| 5 | NR510 | 1,8E+5 | 4,5E+04 |
| 6 | NR616 | 7,5E+4 | 4,5E+04 |
| 7 | NR721 | 1,6E+5 | 6,0E+04 |
| 8 | OL757 | 9,2E+4 | 9,5E+04 |
| 9 | OL651 | 6,7E+4 | 4,0E+04 |
| 10 | OL545 | 1,5E+5 | 5,5E+04 |
| 11 | OL439 | 5,4E+4 | 2,5E+04 |
| 12 | OL334 | 2,4E+5 | 4,5E+04 |
| 13 | OL239 | 1,3E+5 | 8,0E+04 |
| 14 | OL204 | 1,3E+5 | 4,5E+04 |
| 15 | OL113 | 9,4E+4 | 4,6E+03 |

Tabelle 11: HERA, Energiedosen und Summe der Energiedosen der Vorjahre (beide in Gy), gemessen an den Spulen von Quadrupolmagneten im Quadranten N-O.

| Meßposition | | Dosen in Gy | |
|-------------|------------------------|----------------------|--------|
| Nr. | Quadrupol- position | Summe 1993 - 1996 | 1997 |
| 1 | OR113 | 5,9E+3 | 3,5E+4 |
| 2 | OR204 | 5,4E+6 | 3,2E+5 |
| 3 | OR310 | 1,4E+5 | 4,0E+4 |
| 4 | OR416 | 2,6E+6 | 3,6E+6 |
| 5 | OR510 | 7,8E+4 | 4,5E+4 |
| 6 | OR616 | 1,0E+5 | 9,5E+4 |
| 7 | OR721 | 3,1E+5 | 9,0E+5 |
| 8 | SL757 | 7,5E+4 | 4,5E+4 |
| 9 | SL651 | 4,9E+4 | 2,5E+4 |
| 10 | SL545 | 9,5E+4 | 4,5E+4 |
| 11 | SL439 | 9,6E+4 | 2,2E+4 |
| 12 | SL334 | 9,9E+4 | 4,0E+4 |
| 13 | SL239 | 8,9E+4 | 4,0E+4 |
| 14 | SL204 | 3,7E+5 | 3,0E+5 |
| 15 | SL113 | 7,3E+4 | |

Tabelle 12: HERA, Energiedosen und Summe der Energiedosen der Vorjahre (beide in Gy), gemessen an den Spulen von Quadrupolmagneten im Quadranten O-S.

| Meßposition | | Dosen in Gy | |
|-------------|------------------------|----------------------|--------|
| Nr. | Quadrupol- position | Summe 1993 - 1996 | 1997 |
| 1 | SR113 | 4,3E+5 | 1,2E+4 |
| 2 | SR204 | 1,2E+4 | 1,2E+2 |
| 3 | SR310 | 8,8E+4 | 4,5E+4 |
| 4 | SR416 | 2,8E+6 | 1,2E+6 |
| 5 | SR510 | 4,3E+5 | 4,0E+4 |
| 6 | SR604 | 3,1E+6 | 8,0E+7 |
| 7 | SR710 | 6,0E+5 | 4,5E+4 |
| 8 | WL768 | 2,0E+5 | 2,8E+4 |
| 9 | WL663 | 8,6E+4 | 4,5E+4 |
| 10 | WL557 | 2,1E+5 | 2,7E+4 |
| 11 | WL451 | 8,5E+4 | 4,5E+4 |
| 12 | WL357 | 1,0E+5 | 1,0E+5 |
| 13 | WL251 | 3,3E+5 | 5,0E+4 |
| 14 | WL204 | 1,8E+5 | 4,5E+4 |
| 15 | WL147 | 7,2E+4 | 1,8E+4 |
| 16 | WL125 | 1,8E+4 | 9,5E+4 |
| 17 | WL112 | 7,1E+5 | 1,3E+5 |
| 18 | WL79 | 1,8E+4 | 2,8E+3 |

Tabelle 13: HERA, Energiedosen und Summe der Energiedosen der Vorjahre (beide in Gy), gemessen an den Spulen von Quadrupolmagneten im Quadranten S-W.

7. Tabellen der Ortsdosen

In den folgenden Tabellen sind die Ergebnisse der Messungen der Ortsdosen außerhalb von Beschleunigerräumen kompiliert. Sie sind aufgeschlüsselt nach Gamma- und Neutronendosen. Wenn keine Neutronendosis eingetragen ist, war diese Stelle nicht mit einem Neutronendosimeter ausgestattet. Die Dosen sind Jahresdosen, aufsummiert aus monatlichen Einzelmessungen. Der Beitrag des natürlichen Gamma-Untergrunds ist jeweils abgezogen.

Verwendete Abkürzungen:

(K) = Kontrollbereich

(Sp) = Sperrbereich

Bei den Kreisbeschleunigern bedeuten die Bezeichnungen *links* oder *rechts* die Richtung vom Kreismittelpunkt aus gesehen.

7.1 Linac2/3, DESY2/3

| Pos.Nr. | Standort | Dosis in mSv | |
|----------------|--|--------------|-------|
| | | Neutronen | Gamma |
| Linac2 | | | |
| 21 | Modulatorhalle, nahe Klystron 12 (K) | | < 0,2 |
| 22 | Modulatorhalle, Wand zum Converter (K) | | 3,3 |
| 23 | Modulatorhalle, Wand zur Werkstatt (K) | | 7,8 |
| 24 | Modulatorhalle, Schrank, Guntteststand (K) | | 0,36 |
| 120 | Im Keller unter dem Teststand (K) | | 2,4 |
| 121 | Modulatorhalle, auf dem Teststand (K) | 1,2 | 1,3 |
| 122 | HF-Einspeisung auf Teststand (Sp) | | 1,1 |
| 123 | Abschirmung Teststand, Gangseite (K) | | 0,90 |
| 124 | Abschirmung Teststand, Strahlachse (K) | | 0,43 |
| Linac3 | | | |
| 107 | Betriebsraum, nahe DESY (K) | 82 | 8,0 |
| 108 | Betriebsraum, Kontrollraum (seit 15.5.97) | 2,1 | 0,8 |
| 109 | Interlocktür rechts, 45 m ¹) | 3,2 | 1,3 |
| DESY2/3 | | | |
| 1 | Ehemaliger HKR | < 0,5 | 0,31 |
| 2 | Radialkanal 8, Interlocktür (K) | 3,3 | 1,4 |
| 3 | SER, nahe Abschirmung zum Synchr. (K) | 120 | 9,7 |
| 11 | Linac 1, Laborraum, am Labortisch (K) | 3,7 | 0,6 |
| 12 | Linac 1, Pumpenraum (K) | 1,4 | < 0,2 |
| 13 | Linac 1, Kontrollraum (K) | < 0,5 | 0,22 |
| 14 | Linac 1, Modulatorraum (K) | 1,3 | < 0,2 |

Tabelle 14: Jahresdosen der Bereiche Linac2, Linac3, DESY2/3

¹) = von der H⁻-Quelle an gerechnet.

| Pos.Nr. | Standort | Dosis in mSv | |
|-----------------|---|--------------|-------|
| | | Neutronen | Gamma |
| Halle 1 | | | |
| 101 | Kranluke (K) | 26 | 9,4 |
| 102 | Aussen, Ostseite, grüner Container (K) | 170 | 35 |
| 103 | Innen, Kragdecke, Ostseite (K) | 42 | 6,6 |
| 104 | Gebäude 20c, neben Aufenthaltsraum | 2,2 | 0,25 |
| Halle 2 | | | |
| 151 | Strahl 22, in der Meßhütte | 4,1 | 0,31 |
| 152 | Strahl 24, in der Meßhütte | 3,1 | 0,50 |
| 153 | Kranluke (K) | 110 | 16 |
| 154 | Kragdecke Südseite (K) | 640 | 140 |
| 155 | Südseite der Halle 2, außen | 150 | 32 |
| 156 | Teststrahl 21, rechts, 3 m. ¹⁾ | 15 | 1,2 |
| 157 | Teststrahl 22, rechts, 4 m. | 15 | 1,3 |
| 158 | Teststrahl 24/1, rechts, 4 m. | 19 | 1,7 |
| Bunker 1 | | | |
| 50 | Interlocktür zum Tunnel | < 0,5 | 0,50 |
| Bunker 2 | | | |
| 60 | An der Abschirmung zum Synchrotron (Sp) | 12 | 2,1 |
| 61 | Naher zusätzlicher Abschirmmauer (K) | 1,5 | 0,23 |
| 62 | Kondensatorgarten bei Geb. 30c (K) | 1,6 | 0,57 |

Tabelle 15: Jahresdosen der Bereiche Halle1, Halle2, Bunker1 und Bunker2

¹⁾ Von der Abschirmmauer des Ringes an gerechnet.

7.2 PETRA, HASYLAB6

| Pos.Nr. | Standort | Dosis in mSv | |
|---|--|--------------|-------|
| | | Neutronen | Gamma |
| PETRA Halle Süd-Ost | | | |
| 800 | Übergang, Brüstung | 23 | 3,1 |
| 801 | Innen rechts, Interlocktür | 17 | 1,0 |
| 802 | Innen links, im Elektronenschrank (K) | 19 | 3,1 |
| 803 | Innen links, Wand zum P-Weg (K) | 49 | 9,1 |
| 804 | Innen Mitte, unter der Treppe (bis 8.97) | 8,0 | 0,80 |
| 805 | Aussen links, an der Abschirmmauer | 5,6 | 0,76 |
| 806 | Im Gashaus, rechts unten, Fußboden (K) | 8,5 | 1,8 |
| Werkstatt G11 auf dem PETRA-Tunnel | | | |
| 810 | Auf Abschirmung, Fußboden, rechts (K) | 22 | 4,9 |
| 811 | Auf Abschirmung, Fußbodens, links (K) | 6,8 | 1,6 |
| 812 | Innen rechts, 1,5 m vom Zaun, Drehbank | 4,4 | 0,75 |
| 813 | Innen Mitte, 1,5 m vom Zaun, Richtbank | 1,9 | 0,63 |
| PETRA Halle Ost | | | |
| 820 | Gästehaus 15 A, außen | < 0,13 | 0,27 |
| 830 | Übergang, Brüstung | 10 | 0,94 |
| 831 | Innen Mitte, Zaun vor der Interlocktür | 3,5 | 0,53 |
| 832 | Aussen Mitte, Tunnelwand | 1,9 | 0,48 |
| 833 | Innen rechts, Tunnelwand | 1,3 | 0,37 |

Tabelle 16: Jahresdosen des Bereichs PETRA

| Pos.Nr. | Standort | Dosis in mSv | |
|---------|------------------------------|--------------|-------|
| | | Neutronen | Gamma |
| | PETRA Halle Nord-Ost | | |
| 840 | Übergang, Brüstung | 0,74 | 0,36 |
| 841 | Innen Mitte, am Aufgang | < 0,26 | 0,27 |
| 842 | Aussen Mitte, Tunnelwand | < 0,11 | 0,23 |
| | PETRA Hallen Nord | | |
| 850 | NL, Interlocktür PR-Weg | < 0,30 | 0,34 |
| 852 | NR, rechts am Gitter | < 0,23 | 0,21 |
| | PETRA Halle Nord-West | | |
| 860 | Übergang, Brüstung | 1,1 | 0,33 |
| 861 | Innen links, Interlocktür | 1,0 | 0,32 |
| | PETRA Halle West | | |
| 870 | Übergang, Brüstung | 3,2 | 0,63 |
| 871 | Innen rechts, Interlocktür | 1,1 | 0,26 |
| 872 | Aussen Mitte, Abschirmmauer | 0,89 | 0,41 |
| | PETRA Halle Süd-West | | |
| 880 | Übergang, Brüstung | 0,95 | 0,24 |
| 881 | Innen links, Interlocktür | 2,2 | 0,27 |

Tabelle 17: Jahresdosen des Bereichs PETRA

| Pos.Nr. | Standort | Dosis in mSv | |
|---------|--|--------------|-------|
| | | Neutronen | Gamma |
| 890 | Gebäude 11a (Warenwirtschaft) Im Keller, nahe Tunnel an der Wand | 4,5 | 0,65 |
| 700 | HASYLAB 6 Auf dem Schrank vor der Interlocktür | < 0,13 | 0,31 |
| 701 | Außen links, Hallenwand, neben dem Aufstieg | | 0,58 |
| 702 | Str 1/1, links, nahe Interlocktür an der Wand | | 0,29 |
| 703 | Str 1/1, links, 15m, Kontrollraum, Wand zum Strahl | | 0,26 |
| 704 | Str 1/2, links, 20m, Kontrollraum, Wand zum Strahl | | 0,18 |
| 705 | Hallenwand, außen rechts, zum PETRA Tunnel | | 1,1 |

Tabelle 18: Jahresdosen des Bereichs PETRA

7.3 HERA

| Pos.Nr. | Standort | Dosis in mSv | |
|------------------------|--|--------------|-------|
| | | Neutronen | Gamma |
| HERA Halle West | | | |
| 911 | Innen 1.Galerie, links am Gitter | 11 | 1,7 |
| 912 | Innen 1.Galerie, rechts neben Interlocktür | 7,5 | 0,40 |
| 913 | Außen Erdgeschoß , links am Gitter | 16 | 1,5 |
| 914 | Außen Erdgeschoß , Mitte am Gitter | 10 | 1,0 |
| 917 | Kontrollraum Zi.201, hinten rechts | 2,9 | 0,82 |
| 918 | Außen, 1. Galerie rechts am Gitter | 13 | 1,1 |
| 919 | Kontrollraum 4. Stock | 6,8 | 1,4 |
| 920 | Kontrollraum 5. Stock | 5,1 | 1,4 |
| 921 | HF-Halle 6.Stock, am Rohr für Laserstrahl | 1,6 | 0,50 |
| 922 | Computerraum Zi.301, hinten rechts | 3,8 | 1,1 |
| HERA Halle Nord | | | |
| 926 | Innen, Erdgeschoß , Exp.-Hütte innen, rechts | 1,3 | 0,45 |
| 927 | Innen, Erdgeschoß , Exp.-Hütte innen, links | 1,4 | 0,28 |
| 929 | Innen, Hüttendach, Geländermite | 1,4 | 0,25 |
| 931 | Innen, Myonenplattform, linke Galerieecke | 5,2 | 0,66 |
| 932 | Innen, Myonenplattform, rechte Galerieecke | 2,7 | 0,53 |
| 935 | Mitte, Detektorgalerie, unter schrägem Rohr | 3,1 | 0,61 |
| 936 | Mitte, Detektorgalerie, beim Ventil | 2,4 | 0,74 |
| 938 | Mitte, Elektronikplattform, Spalt im Eisen | | < 0,2 |
| 940 | Außen, Myonenplattform, linke Galerieecke | 5,1 | 0,52 |
| 941 | Außen, Myonenplattform, rechte Galerieecke | 1,7 | 0,33 |
| 943 | Außen, 3. Galerie, an der Wand | | 0,52 |
| 945 | Außen, 1. Galerie, links an der Wand | 1,4 | 0,26 |
| 946 | Außen, 1. Galerie, rechts an der Wand | 1,0 | 0,25 |
| 947 | Außen, Erdgeschoß , Heliumplatte, Schrank | 1,2 | 0,21 |
| 949 | Mitte, Erdgeschoß , Durchgang | 0,8 | 0,29 |

Tabelle 19: Jahresdosen des Bereichs HERA

| Pos.Nr. | Standort | Dosis in mSv | |
|----------------------------------|--|--------------|-------|
| | | Neutronen | Gamma |
| HERA Halle Ost | | | |
| 950 | Innen, 1. Galerie, rechts Interlocktür | 2,0 | 0,34 |
| 951 | Innen, 1. Galerie, links, Interlocktür | 1,1 | 0,24 |
| 952 | Außen, Mitte, untere Plattform | 0,66 | 0,30 |
| 953 | Außen, obere Plattform nahe Tunnel | 0,89 | 0,56 |
| 954 | Mitte, Durchgang | 1,1 | < 0,2 |
| 955 | Außen, 1. Galerie, rechts auf der Kabelpritsche | 0,96 | 0,39 |
| 956 | Außen, 1. Galerie, links am Pfosten | 1,1 | < 0,2 |
| 957 | Außen, Erdgeschoß links, HERMES-Raum | 1,4 | 0,49 |
| HERA Halle Süd | | | |
| 975 | Innen, Erdgeschoß , rechts, Träger ZEUS-Joch | 1,1 | < 0,2 |
| 978 | Innen, 1. Galerie links, Wand in der Hütte | 0,90 | < 0,2 |
| 980 | Innen, Rucksack, mittlere Etage, unter der Decke | 1,1 | 0,34 |
| 981 | Innen, Rucksack, obere Etage, links | 0,81 | < 0,2 |
| 982 | Innen, Rucksack, obere Etage, rechts | 0,82 | < 0,2 |
| 985 | Innen, ZEUS-Balkon links | 0,67 | < 0,2 |
| 986 | Innen, ZEUS-Balkon rechts | 1,0 | < 0,2 |
| 988 | Mitte, Durchgang | 0,95 | 0,31 |
| 990 | Außen, Erdgeschoß , links am Geländer | 1,1 | 0,29 |
| 991 | Außen, Erdgeschoß , rechts am Geländer | 1,4 | < 0,2 |
| 992 | Außen, 1. Galerie, rechtes Gitter | 1,0 | < 0,2 |
| 995 | Außen, ZEUS-Balkon links | 0,90 | < 0,2 |
| 996 | Außen, ZEUS-Balkon rechts | 0,75 | < 0,2 |
| Oberhalb des HERA Tunnels | | | |
| 923 | Laborgebäude 1 D, Keller, Verbindungsgang | 1,2 | 0,60 |
| 924 | Anbau Halle 1 (IKR-Werkstatt) | 2,0 | 0,73 |
| 595 | Sylvesterallee, Zaun am Schwimmbad | 0,10 | < 0,2 |
| 596 | Sylvesterallee, am Parkplatz | 0,12 | < 0,2 |
| 597 | Hellgrundweg, Nordseite | 0,12 | < 0,2 |

Tabelle 20: Jahresdosen des Bereichs HERA

7.4 DORIS, HASYLAB1-5

| Pos.Nr. | Standort | Dosis in mSv | |
|-----------------|---|--------------|-------|
| | | Neutronen | Gamma |
| DORIS | | | |
| 301 | MHF-Labor, an der Wand Richtung DORIS | | 0,28 |
| 302 | Hallenmitte, Wand zur Versorgungshalle | | < 0,2 |
| 303 | An der Interlocktür Südseite | | 0,22 |
| 304 | HF-Keller 3, neben der Interlocktür (K) | | 0,68 |
| 305 | HF-Keller 3, vor den Kabeldurchführungen (K) | | < 0,2 |
| 306 | HF-Keller 4, vor den Kabeldurchführungen (K) | | < 0,2 |
| 307 | HF-Keller 1, unter der 1. Deckenöffnung (K) | | 2,0 |
| 308 | HF-Keller 1, unter der 2. Deckenöffnung (K) | 1,7 | 0,44 |
| 309 | HF-Keller 1, Kabeldurchführung (K) | | 0,97 |
| 310 | HF-Keller 2, unter der 1. Deckenöffnung (K) | < 0,24 | < 0,2 |
| 311 | HF-Keller 2, unter der 2. Deckenöffnung (K) | | 8,7 |
| 312 | HF-Keller 2, Kabeldurchführung (K) | | < 0,2 |
| HASYLAB1 | | | |
| 320 | W2, links, Strahlhöhe, 0 m, an der Absch.wand ¹⁾ | 0,51 | < 0,2 |
| 321 | W2, rechts, Strahlhöhe, 0 m, an der Absch.wand | 0,65 | < 0,2 |
| 322 | W2, rechts, Strahlhöhe, 15 m, an der Bleiabsch. | 0,47 | < 0,2 |
| 410 | W2, links, Strahlhöhe, 3m, an der Bleiabsch. | | 0,27 |
| 411 | W2, rechts, Strahlhöhe, 3m, an der Bleiabsch. | | 0,25 |
| 412 | W2, links, 10m, an der Abschirmwand außen | | 0,23 |

Tabelle 21: Jahresdosen des Bereichs DORIS und HASYLAB1

¹⁾ Die Entfernungangaben sind von der Abschirmmauer des Ringes an gerechnet.

| Pos.Nr. | Standort | Dosis in mSv | |
|---------|--|--------------|-------|
| | | Neutronen | Gamma |
| | HASYLAB2 und 2A bis 4.8.97 | | |
| 420 | X, im Arbeitsraum, am Fenster | | <0,2 |
| 421 | X, im Meßraum am Pfeiler neben der Treppe | | 0,11 |
| 425 | X2, Container, auf der DORIS-Abschirmung | | 0,21 |
| | HASYLAB 3 | | |
| 340 | W1, links, 7 m, Abschirmung ¹⁾ | 1,2 | < 0,2 |
| 350 | B1, links, 10 m, am Strahlende | < 0,1 | < 0,2 |
| 430 | W1, oben, 10 m, Abschirmung unter dem Strahlrohr | | < 0,2 |
| 431 | W1, rechts, 15 m, an der Gebietsabschirmung | | 0,25 |
| 432 | C1, oben, 3 m, Bühne an der Abschirmung | | 0,26 |
| 433 | C1, rechts, 18 m, am Strahlende | | 0,48 |
| 434 | D1, links, 1 m, an der Interlocktür | | 0,25 |
| 435 | D1, links, 12 m, am Geländer der Zwischenplattform | | < 0,2 |
| 436 | D4, rechts, 6 m, an der Gebietsabschirmung | | 0,34 |
| 437 | D3, rechts, 3 m, außen neben Beamstop | | 0,24 |
| 440 | E1, links, 6 m, am Drahtzaun | | < 0,2 |
| 441 | E2, links, 14 m, am Drahtzaun | | 0,25 |
| 442 | F4, rechts, 6 m, am T-Träger der ob. Plattform | | 0,21 |
| 443 | F2, oben, 7 m, am 1. grünen Gestell | | < 0,2 |
| 445 | G1, links, 0 m, an der DORIS-Abschirmwand | | 0,55 |
| 446 | G2, links, 7 m, an der Interlocktür | | 0,51 |
| 447 | I, rechts, 4 m, außen an der Meßhütte | | 0,40 |
| 448 | I, rechts, 2 m, an der Spiegelkammer in Strahlhöhe | | 0,34 |

Tabelle 22: Jahresdosen des Bereichs HASYLAB2 und 3

¹⁾ Die Entfernungangaben sind von der Abschirmmauer des Ringes an gerechnet.

| Pos.Nr. | Standort | Dosis in mSv | |
|-----------------|---|--------------|-------|
| | | Neutronen | Gamma |
| HASYLAB4 | | | |
| 390 | BW1, links, 6 m, neben der Interlocktür | < 0,3 | < 0,2 |
| 395 | BW2, oben, 12 m, auf der Abschirmung (K) | 1,8 | 0,35 |
| 450 | BW1, links, 3 m, Abschirmmauer Strahlhöhe ¹⁾ | | 0,51 |
| 451 | BW1, links, 7 m, oben am Geländer | | 0,48 |
| 452 | BW1, rechts, 12 m, am Geländer über Absch. | | 0,61 |
| 453 | BW1, oben, 2 m, auf der Abschirmung (K) | | 0,66 |
| 454 | BW1, links, 5 m, neben der Interlocktür | | 0,40 |
| 455 | BW1, links, 12 m, am Elektronischrank | | 0,27 |
| 456 | BW1, rechts, 15 m, am Geländer vor dem Fenster | | 0,43 |
| 460 | BW2, links, 15 m, am Pfeiler, Interlocktür | | 0,29 |
| 461 | BW3, links, 10 m, an der Abschirmung | | 0,32 |
| 462 | BW4, links, 5 m, an der Interlocktür | | 0,49 |
| HASYLAB5 | | | |
| 471 | BW5, links, 10 m, neben der Interlocktür | | 0,54 |
| 472 | BW6, links, 10 m, an der Abschirmwand | | 0,34 |
| 473 | BW6/NG1, links, 18 m, an der Abschirmung | | 0,31 |
| 474 | BW6, Mitte, 25 m, direkt am Strahlende | | 0,20 |
| 475 | BW7, links, 20 m, am Strahlende | | 0,34 |
| 480 | K/NG3, links, 5 m, an der Interlocktür | | 0,39 |
| 481 | K/NG3, links, 6 m, an der Abschirmung | | 0,31 |
| 482 | HG1-K, links, 6 m, an der Interlocktür | | 0,38 |
| 483 | NG2-K, links, 7 m, an der Abschirmwand | | 0,28 |
| 484 | NG3-K, rechts, 7 m, neben der Interlocktür | | 0,62 |
| 485 | NG3-K, rechts, 10 m, an der Abschirmwand | | 0,30 |
| 490 | L, links, 4 m, an der Abschirmwand | | 0,35 |
| 491 | L, links, 10 m, an der Abschirmwand | | 0,42 |
| 492 | L, links, 12 m, am Strahlende | | 0,39 |
| 493 | L, rechts, 8 m, an der Abschirmwand | | 0,38 |

Tabelle 23: Jahresdosen der Bereiche HASYLAB4 und 5

¹⁾ Die Entfernungsangaben sind von der Abschirmmauer des Ringes an gerechnet.

7.5 TESLA-TF, S-Band-Linac

| Pos.Nr. | Standort | Dosis in mSv | |
|---------|---|--------------|-------|
| | | Neutronen | Gamma |
| | TESLA-TF | | |
| 250 | Gang zwischen Hallenwand und Tunnel (K) | | 0,21 |
| 251 | ZZ - Tür | | < 0,2 |
| 252 | Tür zum Injektor | | 0,20 |
| 253 | Horizontaler Teststand | | 0,33 |
| 254 | Vertikaler Teststand | | 0,30 |
| 255 | Kontrollraum | | < 0,2 |
| 256 | Absorber, Wasservorlauf | | < 0,2 |
| 257 | Absorber, Kathionentauscher | | < 0,2 |
| | S-Band Linac | | |
| 200 | Tür am Gun | | 1,5 |
| 201 | Modulator Schrank | | 1,5 |
| 202 | Zwischen den kleinen Klystrons | | 1,6 |

Tabelle 24: Jahresdosen der Bereiche TESLA-TF und S-Band Linac

7.6 Geländegrenzen und Außenpositionen

| Pos.Nr. | Standort | Dosis in mSv | |
|------------------------|--|--------------|-------|
| | | Neutronen | Gamma |
| Geländegrenze | | | |
| 511 | Am Zaun nahe PETRA Halle SO | 0,62 | < 0,2 |
| 521 | Eingang Notkestieg | 0,13 | < 0,2 |
| 522 | Gästehaus 1 | 0,14 | < 0,2 |
| 531 | Bei der Halle Süd-West | 0,14 | < 0,2 |
| 551 | Halle Nord-West, zur Tennishalle | 0,14 | < 0,2 |
| 552 | Halle Nord-West, zum Blomkamp | 0,11 | < 0,2 |
| 562 | Halle Nord, auf dem Wall | 0,15 | < 0,2 |
| 571 | Halle Nord-Ost, am Zaun | 0,14 | < 0,2 |
| 580 | 2. Institut, an einem Verkehrsschild | 0,17 | < 0,2 |
| 581 | Zwischen Zyklotron und 2. Institut | 0,17 | < 0,2 |
| 582 | Eingang Luruper Chaussee | 0,12 | < 0,2 |
| Außenpositionen | | | |
| 591 | HH - Fuhlsbüttel 1 | 0,12 | < 0,2 |
| 592 | HH - Fuhlsbüttel 2 | 0,11 | < 0,2 |
| 593 | HH - Fuhlsbüttel 3 | 0,12 | < 0,2 |
| 595 | HERA, Sylvesterallee, Zaun am Schwimmbad | 0,10 | < 0,2 |
| 596 | HERA, Sylvesterallee, am Parkplatz | 0,12 | < 0,2 |
| 597 | HERA, Hellgrundweg, Nordseite | 0,12 | < 0,2 |

Tabelle 25: Jahresdosen an den Betriebsgrenzen und an Außenstellen.