**Interner Bericht**
**DESY D3 - 104**
**Juni 2007**

# Ergebnisse von Strahlenschutzmessungen am Deutschen Elektronen-Synchrotron DESY - Hamburg im Jahr 2006

DESY Strahlenschutzgruppe

# Inhaltsverzeichnis

**1 Beschleunigerbetrieb** **1**

**2 Personendosen** **2**

**3 Ortsdosen außerhalb von Beschleunigerräumen** **4**

3.1 Passives Überwachungssystem . . . . . 4

3.2 Aktives Überwachungssystem . . . . . 5

**4 Aktivierungen in Beschleunigerräumen** **7**

4.1 Induzierte Radioaktivität . . . . . 7

4.2 Kontamination . . . . . 7

**5 Überwachung von Luft und Wasser** **9**

5.1 Luft . . . . . 9

5.2 Wasser . . . . . 9

**6 Strahlenbelastung von Beschleunigerkomponenten** **12**

6.1 PIA . . . . . 12

6.2 DESY . . . . . 13

6.3 PETRA . . . . . 15

6.4 HERA . . . . . 18

6.5 Belastung durch Neutronen . . . . . 22

**7 Tabellen der Ortsdosen** **23**

7.1 Linac2 und Linac3 . . . . . 24

7.2 DESY2/3 . . . . . 25

7.3 PETRA, HASYLAB6 . . . . . 27

7.4 HERA . . . . . 30

7.5 DORIS, HASYLAB1-5 . . . . . 33

7.6 FLASH/TTF2 . . . . . 36

7.7 Geländegrenzen und Außenpositionen . . . . . 37

# 1 Beschleunigerbetrieb

Die Beschleuniger liefen im Jahr 2006 von Mitte Januar bis Ende Dezember. Unterbrochen wurde diese Periode nur von kleineren Wartungsperioden. Zum Jahresende gab es dieses Jahr keinen längeren shut-down um die restliche Betriebszeit von HERA bis zum 30.06.2007 optimal auszunutzen. Daher konnten einige der jährlichen Messungen, welche in längeren Wartungsperioden durchgeführt werden, nicht Ende 2006 vorgenommen werden. Diese werden dann im Juli 2007 nachgeholt. Auf nicht durchgeführte Messungen wird im Einzelnen in den entsprechenden Kapiteln eingegangen. Zur Beurteilung der gemessenen Dosiswerte sind in Tabelle 1 die ungefähren Betriebszeiten der Beschleuniger aufgeführt.

Man erkennt, dass sich die Betriebszeiten der Beschleuniger im Jahr 2006 im Vergleich zum Vorjahr etwas erhöht haben. Nur bei DESY3 konnte ein leichter Rückgang verzeichnet werden.

Die maximalen Ströme bzw. die akkumulierten Ladungen haben sich teils erhöht und teils erniedrigt, so dass sich hier kein einheitliches Bild ergibt und später die mittleren gemessenen Ortsdosen mit den Strömen und Ladungen der entsprechenden Maschinen zu vergleichen sind.

Der Beschleuniger FLASH wurde in die Tabelle nicht aufgenommen, da hier neben dem regelmäßigen Nutzer-Betrieb auch immer wieder größere Perioden mit Maschinenstudien anstehen und daher ein Vergleich sowohl der Betriebszeiten als auch der Dosiswerte zum Vorjahr nicht sinnvoll ist.

| Beschleuniger | Betriebszeit in Stunden | | Max. Energie in GeV | Max. Strom oder akkumulierte Ladung | |
|---|---|---|---|---|---|
| DESY2 ($e^+/e^-$) | 2800 | ( = ) | 4.5/7.0 | 0.4/1.6 mA | (-20 %) |
| DORIS | 5990 | (+20 %) | 4.45 | 674 Ah | (+30 %) |
| PETRA-e | 2105 | (+40 %) | 12 | 55 mA | (+10 %) |
| PETRA-e HASYLAB6 | 1075 | (+25 %) | 12 | 55 mA | (+10 %) |
| HERA-e | 3500 | ( = ) | 27.5 | 88 Ah | (-30 %) |
| DESY3 | 295 | (-15 %) | 7.5 | 214 mA | ( = ) |
| PETRA-p | 2030 | (+30 %) | 40 | 128 mA | ( = ) |
| HERA-p | 3500 | ( = ) | 920 | 330 Ah | ( = ) |

Tabelle 1: Daten über den Beschleunigerbetrieb im Jahr 2006. In Klammern sind die Veränderungen gegenüber dem Vorjahr angegeben. (=) bedeutet: Veränderung $< 10$ %

## 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 6 mSv erhalten kann. Bei DESY werden Kontrollbereiche nur gelegentlich und zur Ausführung angeordneter Arbeiten betreten. Es gibt darin keine ständigen Arbeitsplätze (mit einer Aufenthaltsdauer einer Person von etwa 40 Stunden 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, Module des Uran-Kalorimeters oder kommerzielle Strahlungsquellen.
   - die von Strahlverlusten beim Beschleunigerbetrieb herrührt. Davon sind im allgemeinen nur Räume oder Gebäude betroffen, die unmittelbar an einen Beschleuniger angrenzen.

   Die Messung der Personendosis erfolgt durch Glasdosimeter (PLD), die von der GSF, Messstelle 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 Kernspurdetektoren des Typs CR-39 verwendet, die vom PSI, Villigen, Schweiz, geliefert und ausgewertet werden.

Die Dauer einer Messperiode beträgt 2 Monate. Das Überwachungsjahr 2006 begann am 1. Januar und endete am 31. Dezember. Seit Januar 2004 werden bei DESY nur noch kombinierte Dosimeter, bestehend aus den oben beschriebenen Gamma- und Neutronendosimetern, ausgegeben.

Im Mittel wurden im Jahr 2006 pro Messperiode 1470 DESY-Angehörige und langfristig bei DESY arbeitende Gäste regelmäßig mit der Kombination aus amtlichem Gammadosimeter und Neutronendosimeter überwacht (im Vorjahr: 1527). Darüberhinaus wurden für kürzere Zeit im Mittel 98 Gäste (im Vorjahr: 101) pro Messperiode (das sind Angehörige von anderen Instituten oder von Firmen) mit der Kombination aus amtlichem Gammadosimeter und Neutronendosimeter überwacht. Die Gesamtzahl der Personen die bei DESY 2006 überwacht wurde beträgt 2095, während 2006 insgesamt 9409 Personendosimeter ausgegeben wurden. Die untere Nachweisgrenze (NW-Grenze) der Gamma-Dosimeter beträgt 0.1 mSv, die der Neutronendosimeter 0.5 mSv. Dosen unterhalb 0.1 mSv, bzw. 0.5 mSv pro Messperiode werden als 'Null' bewertet.

In der gesamten Überwachungszeit 2006 wurde bei 9 Personen eine (amtliche) Gammadosis oberhalb oder gleich 0.1 mSv festgestellt (im Vorjahr: 26 Personen). Bei 1 überwachten Person war die Neutronenjahresdosis oberhalb oder gleich 0.5 mSv (im Vorjahr: 112 Personen mit einer NW-Grenze von 0.2 mSv). Dabei ist zu bemerken, dass die Neutronendosimeter im Vorjahr durch die GSF mit einer offensichtlich zu niedrigen Nachweisgrenze von 0.2 mSv geliefert wurden. Das erklärt die große Anzahl der Personen mit einer Neutronendosis im Vorjahr. Die jetzige vom PSI verwendete Nachweisgrenze der Neutronendosimeter von 0.5 mSv bildet die wahre Verteilung der Neutronendosen bei DESY sehr viel besser ab. Die Aufteilung in verschiedene Dosisgruppen ist in Tabelle 2 aufgeführt.

Eine Person gilt formal als *beruflich strahlenexponiert*, wenn sie bei der Ausübung ihres Berufs mehr als 1 mSv Dosis pro Kalenderjahr erhalten kann. Die maximal zulässige Jahresdosis für

| | Gamma-Dosimeter | Neutronen-Dosimeter |
|---|---|---|
| Mittlere Anzahl der überwachten Personen | 1568 | 1568 |
| Anzahl der Personen mit Jahresdosen: | | |
| $< x$ | 1559 | 1567 |
| $\geq x$ bis $< 0.5$ mSv | 9 | - |
| $\geq 0.5$ bis $< 1$ mSv | 0 | 0 |
| $\geq 1$ bis $< 6$ mSv | 0 | 1 |
| $\geq 6$ bis $< 20$ mSv | 0 | 0 |
| $\geq 20$ mSv | 0 | 0 |
| Summe der Jahresdosen in mSv | 1.1 | 1.2 |

Tabelle 2: Jahresdosen 2006 von DESY-Mitarbeitern und Gästen, die NW-Grenze beträgt für die Gamma-Dosimeter x=0.1 mSv und für die Neutronendosimeter x=0.5 mSv

beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A beträgt 20 mSv, die der Kategorie B 6 mSv. Im Jahr 2006 gehörten formal 22 Personen zur Kategorie A.

Die größte gemessene Personen-Jahresdosis 2006 betrug 1.2 mSv. Die zweit höchste Jahresdosis lag bei 0.2 mSv. So gehörte real im Jahre 2006 nur eine Person bei DESY in die Kategorie der *beruflich strahlenexponierten Personen*.

Die Gesamt-Gammadosis der Belegschaft (*Kollektivdosis*), definiert als Summe aller festgestellten Gammadosen größer oder gleich 0.1 mSv, betrug 1.1 mSv (Vorjahr: 6.5 mSv), die Gesamt-Neutronendosis, definiert als Summe aller festgestellten Neutronendosen größer oder gleich 0.5 mSv, hingegen 1.2 mSv (Vorjahr: 28.0 mSv mit einer NW-Grenze von 0.2 mSv). Die Gesamt-Dosis der Belegschaft ist mit 2.3 mSv daher im Vergleich zum Vorjahr (34.5 mSv) deutlich geringer. Dies erklärt sich durch die veränderte NW-Grenze der Neutronendosimeter sowie durch das Fehlen einer längeren Wartungsperiode mit zeitintensiven Umbauten.

Die Entwicklung der Belegschaftsdosis in den letzten Jahren ist in Abbildung 1 dargestellt. Der Mittelwert der Gammadosis seit 1991 beträgt 13.7 mSv. Der Mittelwert der Neutronendosis liegt bei 9.5 mSv.

Insgesamt 1 Mitarbeiter erhielt im Jahr 2006 zur Messung der Handdosis Dosimeter in Form von **Fingerringen**. Die Handdosis betrug hierbei 0.5 mSv/Jahr, wobei die maximal zulässige Handdosis 500 mSv pro Jahr beträgt.

Alle Daten der Personendosimetrie werden gemäß den gesetzlichen Bestimmungen bei D3 aufbewahrt.

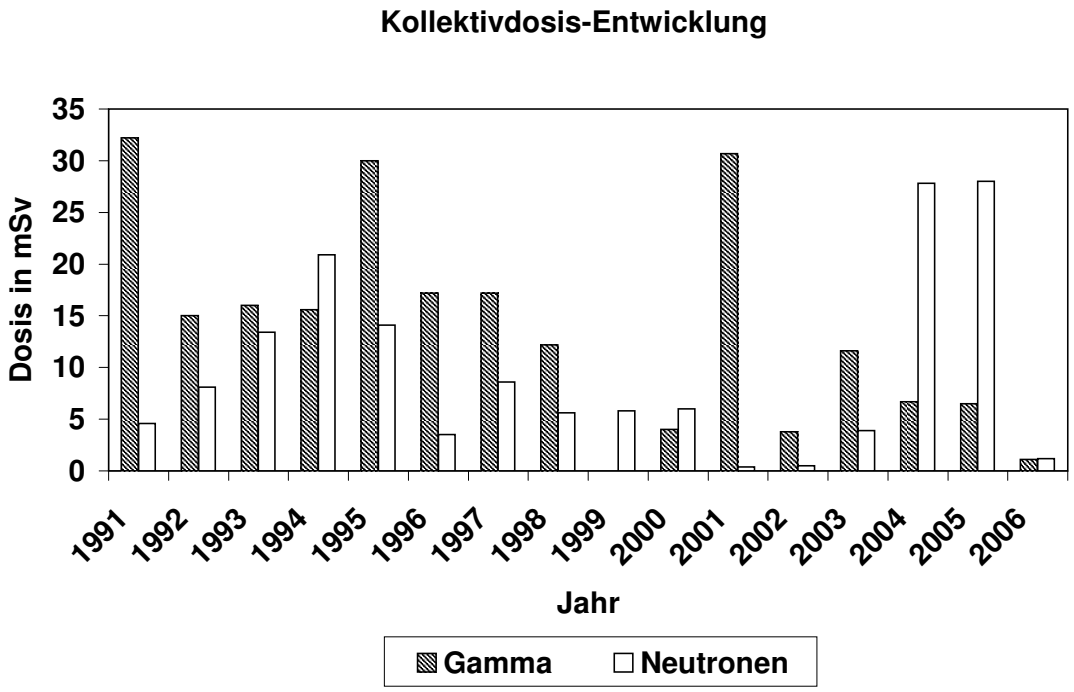


Abbildung 1: Entwicklung der Gesamt-Dosis der DESY-Belegschaft seit 1991. Anmerkung: Ende 2003 wurde die Neutronenpersonendosimetrie von NTA-Filme auf CR-39 der GSF mit einer NW-Grenze von 0.2 mSv umgestellt, Ende 2005 dann auf CR-39 des PSI mit einer NW-Grenze von 0.5 mSv.

# 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 ein großer Beitrag von Neutronen mit Energien oberhalb von 20 MeV her und liegt damit außerhalb des Messbereichs kommerzieller elektronischer Neutronenzähler.

2. Das Strahlungsfeld ist bei Protonenbeschleunigern besonders an den Stellen hohen Strahlverlustes (z. B. an Ejektions- und Injektionsstellen) in starkem Maße gepulst. So beträgt z. B. beim Einschuss von Protonen in PETRA die Dauer des Strahlungspulses 1 $\mu$s und der Pulsabstand 4 s. Damit ist eine quantitative Messung 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 ($^6$LiF/$^7$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.[1]

[1] K. Tesch: *Messungen der Neutronen-Ortsdosen mit Festkörperdosimetern ab 1995*, Laborbericht DESY D3-88(1995)

Die **Gammadosen** werden in den meisten Fällen aus den Messwerten der $^{7}$LiF-Dosimeter gewonnen, wobei bei HASYLAB DIS-1 Dosimeter der Firma Rados Anwendung finden.

Insgesamt 274 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 detaillierten Messergebnisse sind in den Tabellen 16 bis 29 aufgeführt. Als natürlicher Untergrund ist bei den angegebenen $\gamma$-Dosen 50 $\mu$Sv pro Monat abgezogen worden. Der natürliche Untergrund an Neutronen ist klein, auf eine Korrektur wird daher verzichtet.

Die Tabellen zeigen, dass die Einrichtung der Kontrollbereiche gerechtfertigt ist. Zu beachten ist, dass in allen Gebieten Detektoren an den 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 10 von 15 Messstationen an der Geländegrenze und oberhalb des HERA-Tunnels im Volkspark konnten keine Jahresdosen über 0.2 mSv für Gammas und Neutronen gemessen werden (siehe Tabelle 29). Auf dem DESY-Gelände wurden im Bereich des Zaunes nahe der PETRA Halle SO 0.87 mSv bedingt durch den PETRA-Betrieb gemessen, während die Werte am Gästehaus 1 mit 0.28 mSv, am 2. Institut mit 0.25 mSv, im Bereich der ehemaligen Expo-Halle mit 0.35 mSv und an der Colorline-Arena mit 0.29 mSv eher auf Schwankungen bei der Auswertung zurückzuführen sind. Dies wird auch dadurch unterstützt, dass einige der Vergleichsmessungen in Hamburg und im Hamburger Umland (Pos. 591 - 593) ebenfalls über 0.2 mSv liegen. Zusammenfassend sind allerdings alle Werte unterhalb des maximal zulässigen Wertes von 1.0 mSv pro Jahr.

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 (Dosis(2006)/Dosis(2005)) um Änderungen besser zu erkennen.

Man sieht mit wenigen Ausnahmen eine Konstanz der Jahresdosen der einzelnen Beschleuniger in Einklang mit den oben angegebenen Betriebsdauern. Allerdings kann eine Erhöhung der Ortsdosen beim Linac2 und PETRA erkannt werden. Dies läßt sich mit durchgeführten Vorstudien für das PETRA3 Projekt erklären. Auch bei HERA kann neben einer leichten Erhöhung der Ortsdosen erkannt werden, dass die Dosen nun besser über die Hallen "verteilt" sind, d.h. die im Vorjahr vorhandenen höheren Dosen in der HERA Halle West haben sich nun reduziert, begleitet von einem Anstieg der Dosen in den anderen Hallen. Dies läßt sich mit dem sparsameren Einsatz der Protonkollimatoren im Westen im Jahr 2006 erklären.

Die Ortsdosen gemessen bei FLASH sind in der Tabelle 28 zusammengestellt. Ein Vergleich mit den Dosen des Vorjahrs ist wegen der wechselnden Betriebsbedingungen wenig sinnvoll.

## 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 photonenempfindlichen, argongefüllten Ionisationskammern bestückt sind, besondere Bedeutung zu. Die Messgeräte dieser Anlage dienen als Monitore, um Änderungen in der Entwicklung des Strahlungspegels an 84 verschiedenen Messorten zu erkennen und um evtl. Maßnahmen treffen zu können. Ihre Ergebnisse werden werktäglich kontrolliert und ausgedruckt.

Die Monitore der Anlage sind außerdem in der Lage, aktiv in den Beschleunigerbetrieb einzugreifen und bei Überschreitung einer vorgewählten Schwelle der Dosisleistung, die Maschine abzuschalten. Auf diese Weise wird verhindert, dass bei Strahlverlusten zu hohe Dosisleistungen längere Zeit unbemerkt anstehen. Das Überschreiten der vorgewählten "Alarmschwelle"

| Bereich | | Anzahl Mess-pos. | Dosis-Kompo-nente | Dosis-mittel in mSv | Verhältnis zum Vorjahr |
|---|---|---|---|---|---|
| Linac2 | | 9 | n | 0.3 | 1.5 |
| | | 9 | $\gamma$ | 0.6 | 3.0 |
| Linac3 | | 6 | n | 1.8 | 1.6 |
| | | 6 | $\gamma$ | 0.5 | 0.8 |
| DESY2/3 | Synch | 8 | n | 20 | 0.8 |
| | | 8 | $\gamma$ | 2.5 | 0.6 |
| | Halle1 | 5 | n | 22 | 1.7 |
| | | 5 | $\gamma$ | 3.4 | 1.5 |
| | Halle2 | 9 | n | 6.5 | 0.9 |
| | | 9 | $\gamma$ | 1.0 | 0.8 |
| PETRA | Halle SO | 7 | n | 7.2 | 1.1 |
| | | 7 | $\gamma$ | 1.3 | 1.2 |
| | Werkstatt | 4 | n | 12 | 1.4 |
| | G11 | 4 | $\gamma$ | 2.1 | 1.1 |
| | Halle O | 4 | n | 2.3 | 0.9 |
| | | 4 | $\gamma$ | 0.4 | 1.3 |
| | NO, NW, | 14 | n | 0.8 | 1.3 |
| | N, W, SW | 14 | $\gamma$ | 0.2 | 1.0 |
| DORIS | | 10 | n | 0.6 | 0.2 |
| | | 10 | $\gamma$ | 1.0 | 2.5 |
| HERA | Halle O | 11 | n | 4.7 | 2.1 |
| | | 11 | $\gamma$ | 0.4 | 1.3 |
| | Halle S | 16 | n | 3.7 | 1.7 |
| | | 16 | $\gamma$ | 0.3 | 1.0 |
| | Halle W | 15 | n | 4.7 | 0.7 |
| | | 15 | $\gamma$ | 0.6 | 0.7 |
| | Halle N | 23 | n | 2.5 | 1.2 |
| | | 25 | $\gamma$ | 0.7 | 1.8 |

Tabelle 3: Zusammenfassung und Tendenz der Ortsdosen 2006.

geschieht im allgemeinen nur bei ungünstigen Strahlbedingungen, z. B. während Maschinenstudien, bei Maschinenanlauf oder bei Ausfall bestimmter Komponenten.

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

# 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, gemessen. Zur Messung werden Sonden in Verbindung mit Datenerfassungsgeräten benutzt. Es wird jeweils entlang eines Beschleunigers, im Abstand von etwa 30 bis 40 cm (normaler Arbeitsabstand), gemessen.

Die Messungen werden im allgemeinen einige Stunden nach Betriebsende durchgeführt, damit kurzlebige Aktivitäten nicht erfasst werden. Die Ergebnisse hängen stark von der Zeit ab, die zwischen dem Abschalten des Beschleunigers und dem Beginn der Messung vergangen ist. Ein Vergleich der Werte verschiedener Messungen ist deshalb nicht immer einfach.

Eine Liste mit diesen so festgestellten Restaktivitäten wird zur Information der Mitarbeiter im Beschleuniger-Kontrollraum sowie an allen Zugängen zu den entsprechenden Beschleunigerbereichen veröffentlicht.

Da es im Jahr 2006 keine längere Betriebsunterbrechung gegeben hat, werden hier die letzten durchgeführten Messungen der induzierten Radioaktivität von Mitte November 2005 noch einmal wiederholt.

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.

Gegenüber dem Vorjahr sind keine nennenswerten Änderungen eingetreten.

Der Positronenkonverter im **Linac2** ist mit 4100 $\mu$Sv/h die Stelle mit der höchsten Radioaktivität auf dem DESY-Gelände.

Im Beschleunigerraum **Linac3** ist das Strahlungsniveau gering. Nur im Bereich des Kollimators im Übergang zu DESY3 wurde eine erhöhte Dosisleistung von 31 $\mu$Sv/h gemessen.

Im Bereich **DESY2** und **DESY3** hat sich im Laufe der Zeit an einigen Stellen Radioaktivität mit langen Halbwertszeiten aufgebaut. Der Strahlungspegel bleibt auch bei längerem Abschalten der Maschinen nahezu konstant. Herausragend sind alle Stellen, an denen Teilchen ejiziert werden, wie die Protonen-Ejektion nach PETRA mit 820 $\mu$Sv/h.

In **PETRA** gibt es 3 Stellen mit erhöhter Restaktivität. Das ist das Protonen-Injektions-Septum, das Protonen-Ejektions-Septum und der Protonenabsorber (mit 120 $\mu$Sv/h die Stelle der höchsten Aktivierung bei PETRA).

Im **HERA**-Tunnel findet man eine merkliche Restaktivität nur in der Nähe des Protonen-Absorbers (mit 140 $\mu$Sv/h die Stelle der höchsten Aktivierung bei HERA), am Protonen-Einschuss und an den Protonen-Kollimatoren. An fast allen übrigen Messstellen liegt die Dosisleistung unter 0.1 $\mu$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 maximal 5.4 $\mu$Sv/h.

## 4.2 Kontamination

Zur Überwachung von staubförmigen Kontaminationen werden Wischproben genommen und ihre $\beta$-Aktivität in einer sehr empfindlichen Apparatur ausgemessen (die Nachweisgrenze der

| Beschleuniger | Anzahl Messstellen | Anzahl Messstellen im DL-Bereich: | | | DL-Bereich der 10 höchsten Messstellen | Besondere Stellen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $\leq 1$ | 1 bis $\leq 10$ | $>10$ | | |
| | | $\mu$Sv/h | | | $\mu$Sv/h | $\mu$Sv/h |
| Linac2, PIA | 26 | 7 | 7 | 12 | 32 bis 4100 | Konverter: 4100 |
| Linac3 | 14 | 9 | 2 | 3 | 0.1 bis 31 | |
| DESY2 | 48 | 18 | 28 | 2 | 3.0 bis 57 | |
| DESY3 | 54 | 8 | 32 | 14 | 14 bis 820 | PETRA p-Inj.: 820 |
| PETRA | 91 | 62 | 17 | 12 | 14 bis 120 | Absorber: 120 |
| HERA | 93 | 76 | 12 | 5 | 7.4 bis 140 | Absorber: 140 |

Tabelle 4: Radioaktivität nach dem Öffnen der Beschleuniger am 14.11.2005. DL = gemessene Dosisleistung im Abstand von 30 bis 40 cm.

Apparatur beträgt 10 mBq/cm$^2$). Dabei werden Orte überwacht, an denen mit Beschleunigerkomponenten umgegangen wird oder radioaktive Abfälle gelagert werden sowie in Beschleunigerräumen nach deren Öffnung.

In Werk- und Lagerstätten wurden 2006 an insgesamt 12 Stellen je sechsmal Wischproben genommen. Alle Messergebnisse der 72 Einzelmessungen lagen unterhalb der Nachweisgrenze der Apparatur (10 mBq/cm$^2$).

Da es im Jahr 2006 keine längere Betriebsunterbrechung gegeben hat, werden hier die letzten durchgeführten Wischproben in Beschleunigerräumen von November 2005 noch einmal wiederholt. In den Beschleunigerräumen wurden im November 2005 Messungen an den Stellen der höchsten Radioaktivität durchgeführt. In den Räumen von Linac2 und DESY2/3 wurde jeweils an 10 Stellen gemessen, in PETRA an 10 und in HERA an 6 Stellen. Von den insgesamt 46 Einzelmessungen gab es nur einen einzigen Wert der oberhalb der Nachweisgrenze der Messapparatur (10 mBq/cm$^2$) lag, dieser betrug 98 mBq/cm$^2$ und befand sich im Bereich des Linac2 Konverters.

Die Grenzwerte für eine zulässige Kontamination von Arbeitsplätzen in Kontrollbereichen liegt für bei DESY übliche Nuklide (enstanden durch Aktivierung) nuklidspezifisch bei 100-1000 Bq/cm$^2$, in Überwachungsbereichen bei 10-100 Bq/cm$^2$.

# 5 Überwachung von Luft und Wasser

## 5.1 Luft

Bei der Aktivierung von Luft werden eine Reihe von Isotopen gebildet, die nur eine kurze Halbwertszeit besitzen (siehe Tabelle 5). Alle diese Isotope sind (bis auf $^{41}$Ar das jedoch nur in geringem Maße produziert wird) $\beta$-Strahler. Deshalb wird zur Luftüberwachung nur die $\beta$-Aktivität gemessen und daraus die effektive Äquivalentdosis berechnet.[2]

| 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.

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 1.5 kBq/m$^3$. Der Grenzwert an dieser Stelle beträgt für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie B unter der konservativen Annahme, dass die Aktivität alleine von $^{41}$Ar herrührt 12 kBq/m$^3$. Aus der gemessenen Aktivitätskonzentration ergibt sich eine Haut-Dosisleistung von ca. 0.5 $\mu$Sv/h. Dabei traten kurzzeitig höhere Tagesmittelwerte bis maximal 3.9 $\mu$Sv/h auf.

Die Luft wird nur an Wartungstagen über 8 Ablüfter an die Umgebung abgegeben. Eine Emission von Radioaktivität ist damit nahezu ausgeschlossen.

Die Messung der Radioaktivität der abgeblasenen Luft des **Linac2** ergab über das Kalenderjahr gemittelt 1.7 kBq/m$^3$. Aus diesem Mittelwert und der Luftabgabe von $1.1 \cdot 10^7$ m$^3$ ergibt sich für 2006 eine Gesamtabgabe von etwa 13 GBq. Daraus kann man eine Submersionsdosis von deutlich weniger als 1 $\mu$Sv pro Jahr an der Geländegrenze abschätzen. Der Grenzwert für radioaktive Ableitungen außerhalb der Betriebsgrenzen beträgt 300 $\mu$Sv pro Jahr.

Bei **HERA** zirkuliert die Tunnelluft während des Beschleunigerbetriebs entgegen des Uhrzeigersinns (in Protonenrichtung). Der Luftüberschuß von 5000 m$^3$/h wird stets nur in Halle West (rechts) abgeblasen, wo der Abluftschacht hinsichtlich Radioaktivität überwacht wird. Die Meßwerte waren im Jahr 2006 fast immer unterhalb der Nachweisgrenze (0.5 kBq/m$^3$) der Luftüberwachungsanlage, im Mittel betrug sie 0.05 kBq/m$^3$. Nur an wenigen Tagen wurden Meßwerte bis zu 1.7 kBq/m$^3$ registriert.

## 5.2 Wasser

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

[2] B. Racky: *Auswertung von Radioaktivität in Luft*, Laborbericht DESY D3-91 (1996)

das die Beschleunigerkomponenten unmittelbar durchfließt, vom Wasser, das zur Versickerung gelangt.

Die NaJ-Szintillationssonde hat 2006 ausschließlich Untergrund, im Mittel 188 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 unempfindlich, denn dieser Untergrund entspricht einer Konzentration von 3.2 Bq/$\ell$. Den Messungen waren gelegentlich kleine Spitzen überlagert (maximal 285 Pulse pro Minute; Dauer ungefähr 2 Stunden), die zeitlich mit Niederschlägen zusammenfielen und auf natürliche Radioaktivität im Regenwasser zurückzuführen sind.

Wesentlich empfindlicher sind die *diskontinuierlichen* Messungen der Konzentrationen der $\beta$-Strahler mittels des Eindampfverfahrens. Sie werden monatlich mit Wasserproben aus den **Kühltürmen** "DESY 1+2" durchgeführt. Kurz nach der Entnahme ergaben sich Konzentrationswerte zwischen 0.23 und 0.32 Bq/$\ell$. Dabei 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. 0.1 Bq/$\ell$ abgesunken.[3]

Daraus ergibt sich, dass 2006 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. Nach der Regenerierung der Ionentauscher wird die Aktivitätskonzentration der $\beta$-Strahler im Regenerat bestimmt. Im Jahresmittel wurden 1.6 Bq/$\ell$ gemessen. Anschließend wird das Regenerat in ein Sammelbecken eingeleitet und bei Bedarf ins Siel abgegeben. Die damit im Jahr 2006 abgegebene Aktivitätsmenge betrug etwa 6 kBq.

Um eine mögliche Aktivierung von Erdreich und Grundwasser durch den **HERA**-Betrieb zu erkennen, wurde **vor** der Aufnahme des Strahlbetriebs von HERA eine Bohrung ca. 0.5 m neben dem 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. einem Jahr werden die Proben aus dem Bohrloch hervorgeholt, ihre Aktivität bestimmt, und anschließend werden sie wieder deponiert. Die Referenzproben werden zum Vergleich immer mitgemessen. Die Abbildungen 2 und 3 zeigen die Ergebnisse dieser Aktivitätsbestimmungen seit 1993.

Die Messwerte der Referenzproben geben deren natürliche Radioaktivität wieder. Eine eventuelle Aktivierung der im Erdreich deponierten Proben muss sich durch eine Erhöhung der Messwerte gegenüber denen der Referenzproben bemerkbar machen.

Die jährlichen Schwankungen der Werte (sowohl relativ zueinander als auch absolut) sind ein Maß für die Genauigkeit der Messmethode. Die Fehler der angegebenen Werte resultieren aus apparativen Schwankungen und statistischen Fehlern. Die Fehler der Messsignale sind relativ groß, da von dem Wert der Messung der Untergrund abgezogen wird, der dem Messwert sehr nahe kommt.

Im Rahmen dieser Ungenauigkeiten konnte eine vom HERA-Betrieb herrührende Aktivierung bisher nicht gefunden werden.

[3] K.-P. Klimek: *Die Überwachung von Kühlwasser auf Radioaktivität bei DESY*, Laborbericht DESY D3-79 (1993)

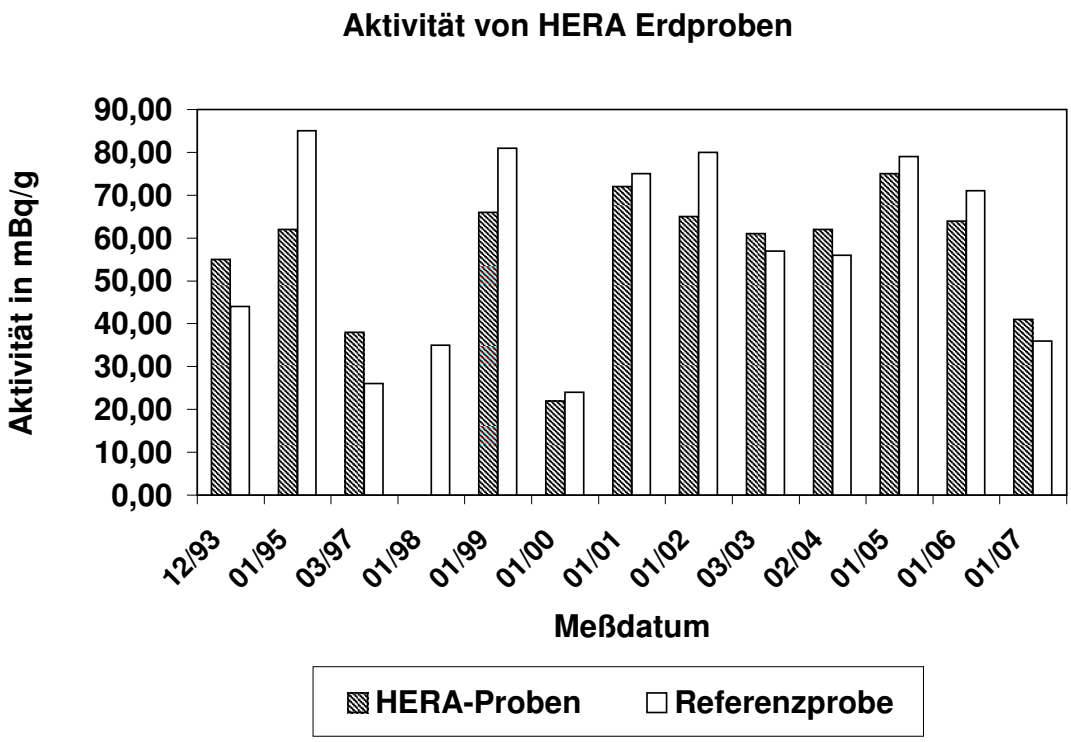


Abbildung 2: Untersuchung einer Erdprobe auf Radioaktivität. Die Probe wurde in der Nähe des HERA-Protonenabsorbers entnommen. Sie wird verglichen mit einer Referenzprobe, die 1991 an der gleichen Stelle entnommen wurde.

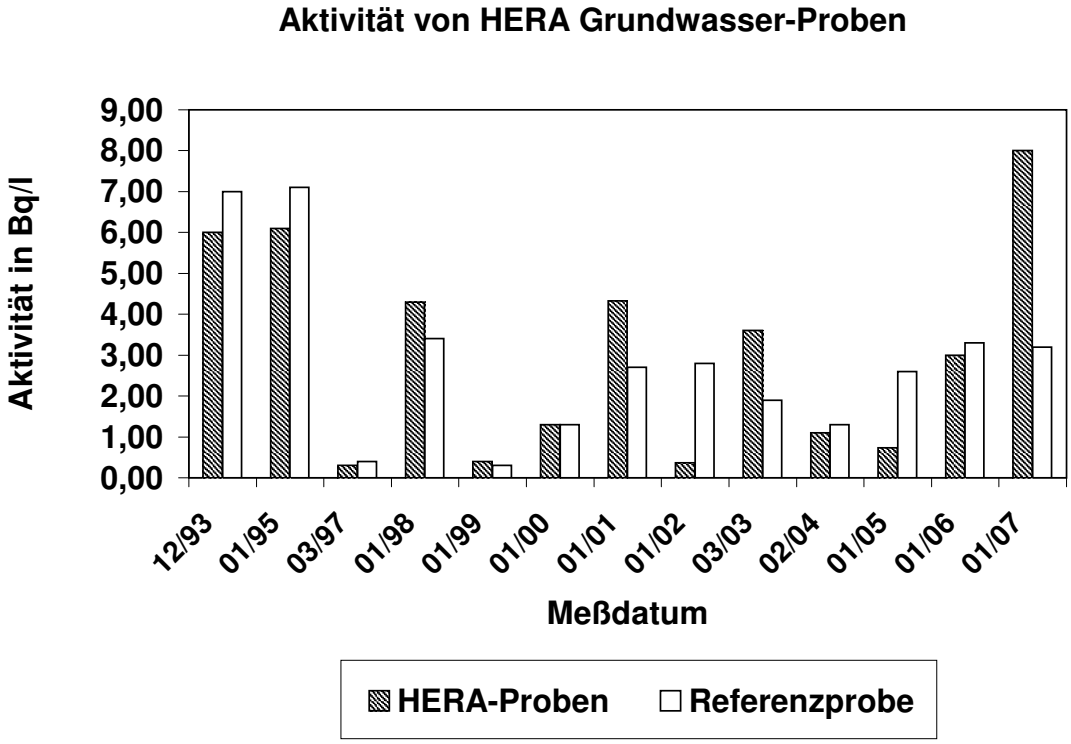


Abbildung 3: Untersuchung einer Wasserprobe auf Radioaktivität. Die Probe wurde in der Nähe des HERA-Protonenabsorbers entnommen. Sie wird verglichen mit einer Referenzprobe, die 1991 an der gleichen Stelle entnommen wurde.

# 6 Strahlenbelastung von Beschleunigerkomponenten

Seit einigen Jahren werden an den Beschleunigern PIA, DESY, 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/cm$^3$). Die Dosen, die in den strahlungsempfindlichen Isoliermaterialien der Spulen absorbiert wurden sind deshalb im allgemeinen kleiner.

Da es im Jahr 2006 keine längere Betriebsunterbrechung gegeben hat, werden hier die letzten durchgeführten Messungen zu Strahlenbelastungen von Beschleunigerkomponenten aus dem Jahr 2005 noch einmal wiederholt.

## 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 2005 zusammen mit den Dosissummen von 1991 bis 2005 (beide Jahre inklusive) sind in der Tabelle 6 aufgeführt.

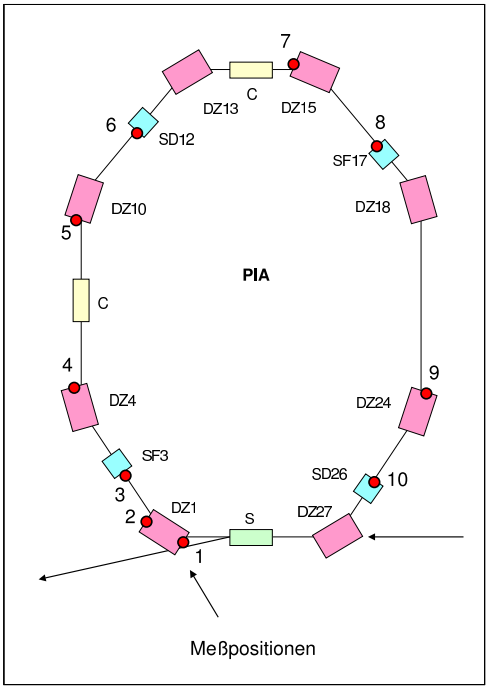


Abbildung 4: PIA, schematische Darstellung mit den Positionen der Dosimeter.

| Meßposition | | Dosen in Gy | |
|---|---|---|---|
| Nr. | Magnet | 2005 | Summe 1991-2005 |
| 1 | DZ1-L | 3,0E+7 | 7,2E+7 |
| 2 | DZ1-R | 3,2E+5 | 1,9E+6 |
| 3 | SF3 | 4,0E+4 | 6,7E+5 |
| 4 | DZ4 | 6,0E+3 | 3,5E+5 |
| 5 | DZ10 | 1,4E+5 | 2,6E+6 |
| 6 | SD12 | 2,2E+4 | 6,2E+5 |
| 7 | DZ15 | 1,6E+4 | 2,8E+5 |
| 8 | SF17 | 2,8E+4 | 1,4E+5 |
| 9 | DZ24 | 2,8E+4 | 4,2E+5 |
| 10 | SD26 | 5,8E+3 | 8,4E+5 |

Tabelle 6: PIA, Energiedosen in Gy akkumuliert im Jahr 2005 und Summe der Energiedosen in Gy der Jahre 1991 bis 2005 (beide Jahre inklusive) an den 10 Positionen der Abbildung 4.

### 6.2 DESY

Am Synchrotron DESY2 und DESY3 werden an jeweils 10 bzw. 20 Stellen Energiedosen gemessen. Die Messergebnisse von 2005 zusammen mit den Dosissummen von 1998 bis 2005 (beide Jahre inklusive) sind in den Tabellen 7 und 8 aufgeführt.

| Meßposition | | Dosen in Gy | |
|---|---|---|---|
| Nr. | Magnet | 2005 | Summe 1998-2005 |
| 1 | B28/B27 | 1,6E+5 | 4,5E+5 |
| 2 | B30/B29 | 3,8E+4 | 2,5E+5 |
| 3 | SF36 | 4,8E+4 | 3,0E+5 |
| 4 | B42/B41 | 2,6E+4 | 2,8E+5 |
| 5 | SF48 | 4,0E+4 | 2,7E+5 |
| 6 | B06/B05 | 6,0E+4 | 2,4E+5 |
| 7 | SF12 | 5,5E+4 | 2,4E+5 |
| 8 | B18/B17 | 2,4E+3 | 7,4E+5 |
| 9 | B21/B20 | 6,5E+3 | 3,6E+5 |
| 10 | SF24 | 3,2E+4 | 2,8E+5 |

Tabelle 7: DESY2, Energiedosen in Gy akkumuliert im Jahr 2005 und Summe der Energiedosen in Gy der Jahre 1998 bis 2005 (beide Jahre inklusive).

| Meßposition | | Dosen in Gy | |
|---|---|---|---|
| Nr. | Magnet | 2005 | Summe 1998-2005 |
| 1 | Q25 | 1,2E+4 | 3,0E+5 |
| 2 | F28/D29 | 2,0E+4 | 2,3E+5 |
| 3 | QF31 | 4,4E+3 | 2,7E+4 |
| 4 | F34/D35 | 2,2E+3 | 1,5E+5 |
| 5 | QF36 | 6,0E+2 | 5,3E+4 |
| 6 | QF37 | 1,2E+3 | 6,2E+4 |
| 7 | F40/D41 | 2,2E+3 | 2,6E+5 |
| 8 | QF42 | 3,8E+3 | 7,3E+3 |
| 9 | QF43 | 5,5E+4 | 6,2E+4 |
| 10 | F46/D47 | 7,2E+3 | 1,4E+5 |
| 11 | QF01 | 6,0E+3 | 4,7E+4 |
| 12 | F04/D05 | 5,5E+3 | 5,3E+4 |
| 13 | QF07 | 4,4E+3 | 1,3E+5 |
| 14 | F10/D11 | 1,2E+3 | 3,8E+4 |
| 15 | D11 | 9,5E+3 | 4,8E+4 |
| 16 | QF13 | 6,0E+3 | 1,9E+5 |
| 17 | F16/D17 | 8,5E+3 | 1,3E+4 |
| 18 | QF19 | 3,4E+3 | 8,1E+4 |
| 19 | F22/D23 | 4,6E+3 | 1,4E+4 |
| 20 | QF24 | 1,4E+3 | 6,7E+4 |

Tabelle 8: DESY3, Energiedosen in Gy akkumuliert im Jahr 2005 und Summe der Energiedosen in Gy der Jahre 1998 bis 2005 (beide Jahre inklusive).

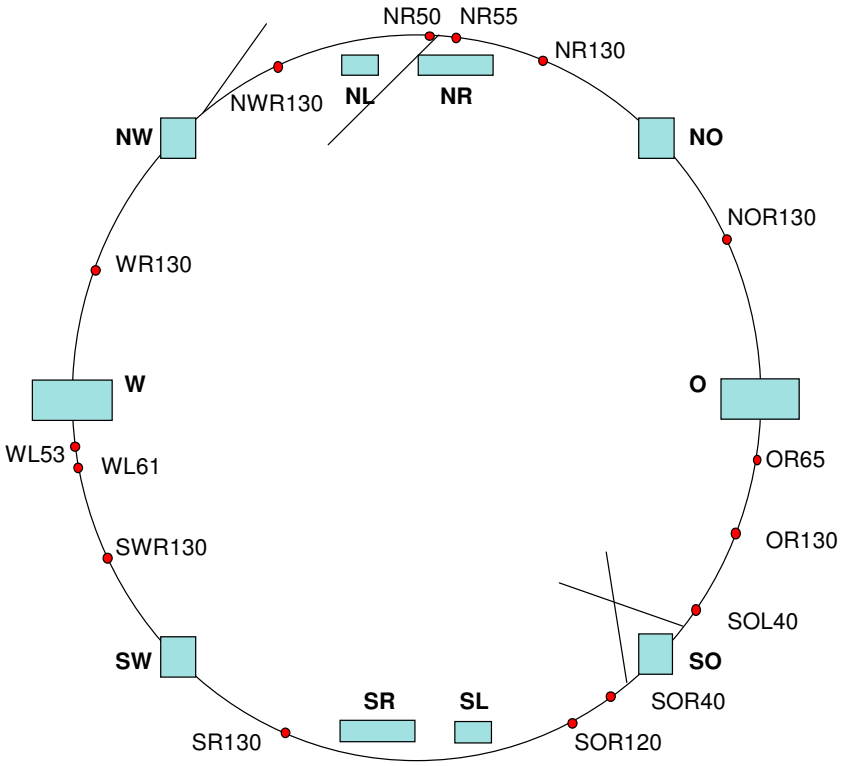


Abbildung 5: PETRA, Messpositionen

### 6.3 PETRA

Bei PETRA sind Dosimeter an den Spulen von Dipol- und Sextupolmagneten in der Gegend der jeweiligen Oktantenmitten angebracht. Die Messungen erfolgen bei Diplomagneten an den Spulenenden, 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 Ausschussstellen 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 wurde 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 Weise, die man nach dem jeweiligen Betriebsablauf erwartet. Die gemessenen Dosen hängen sehr stark von der Qualität der Abschimung 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 2005 sind in der Tabelle 9 aufgeführt. In der Tabelle 10 sind die Summen der Dosen aufgelistet, die in den Jahren 1991 bis 2005 (beide Jahre inklusive) aufgelaufen sind.

| 2005 | | Meßpositionen | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Oktant | Kompo-nente | Entgegen p-Strahl | | Entgegen e-Strahl | |
| | | rechts | | links | |
| | | innen | außen | innen | außen |
| NOR130 | M13 | 7,3E+3 | 2,0E+3 | 1,1E+5 | 9,1E+4 |
| NOR130 | S13 | | | | 2,5E+4 |
| NR50 | M5L | 2,2E+6 | | | |
| NR55 | QH603 | 3,0E+5 | | | |
| NR130 | M10 | 1,5E+4 | 8,8E+4 | 1,8E+3 | 2,0E+3 |
| NR130 | S10 | | | | 2,0E+3 |
| NWR130 | M13 | 5,1E+3 | 2,4E+4 | 1,6E+5 | 3,2E+4 |
| NWR130 | S13 | | | | 1,8E+4 |
| WR130 | M10 | 1,8E+4 | 4,7E+4 | 5,0E+4 | 1,9E+3 |
| WR130 | S10 | | | | 2,2E+4 |
| WL53 | Q9N | 1,0E+5 | | 5,5E+4 | |
| WL61 | Q0B | 9,5E+3 | | | |
| SWR130 | M13 | 5,4E+4 | 4,8E+4 | 8,7E+4 | 1,7E+5 |
| SWR130 | S13 | | | | 1,8E+4 |
| SR130 | M10 | 2,5E+4 | 7,6E+4 | 5,3E+4 | 4,9E+3 |
| SR130 | S10 | | | | 2,0E+4 |
| SOR40 | M1 | | | 8,0E+3 | 3,0E+3 |
| SOR120 | M12 | 1,6E+4 | 6,6E+4 | 7,5E+3 | 6,8E+3 |
| SOR120 | S12 | | | | 1,3E+4 |
| SOL40 | M1 | 4,9E+4 | 3,3E+3 | | |
| OR65 | M1 | 1,6E+4 | 1,6E+4 | 3,0E+4 | 3,7E+3 |
| OR130 | M10 | 6,0E+3 | 1,8E+4 | 4,3E+4 | 5,1E+4 |
| OR130 | S10 | | | | 1,5E+4 |

Tabelle 9: PETRA, Energiedosen in Gy, akkumuliert im Jahr 2005, an den Positionen der Abbildung 5. *Rechts, links, innen, außen* sind jeweils vom Ringzentrum aus gesehen.

| **Summe bis 2005** | | Meßposition | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Oktant | Kompo-nente | Entgegen p-Strahl | | Entgegen e-Strahl | |
| | | rechts | | links | |
| | | innen | außen | innen | außen |
| NOR130 | M13 | 9,6E+5 | 6,9E+6 | 6,5E+5 | 5,4E+6 |
| NOR130 | S13 | | | | 6,7E+6 |
| NR50 | M5L | 2,3E+7 | | | |
| NR55 | QH603 | 7,2E+6 | | | |
| NR130 | M10 | 4,9E+6 | 1,5E+7 | 1,1E+7 | 3,8E+7 |
| NR130 | S10 | | | | 1,8E+7 |
| NWR130 | M13 | 2,5E+5 | 1,3E+5 | 5,2E+5 | 4,7E+5 |
| NWR130 | S13 | | | | 2,8E+7 |
| WR130 | M10 | 8,4E+5 | 5,8E+6 | 8,4E+5 | 6,5E+6 |
| WR130 | S10 | | | | 5,1E+6 |
| WL53 | Q9N | 2,0E+6 | | 7,3E+5 | |
| WL61 | Q0B | 1,5E+6 | | | |
| SWR130 | M13 | 1,4E+6 | 2,2E+6 | 5,8E+5 | 2,5E+6 |
| SWR130 | S13 | | | | 2,8E+6 |
| SR130 | M10 | 8,8E+5 | 2,4E+6 | 8,4E+5 | 3,7E+6 |
| SR130 | S10 | | | | 4,6E+6 |
| SOR40 | M1 | | | 3,4E+5 | 8,6E+5 |
| SOR120 | M12 | 6,5E+5 | 2,0E+6 | 5,9E+5 | 4,4E+6 |
| SOR120 | S12 | | | | 3,6E+6 |
| SOL40 | M1 | 4,5E+5 | 3,0E+6 | | |
| OR65 | M1 | 5,0E+5 | 2,2E+6 | 3,1E+5 | 8,9E+5 |
| OR130 | M10 | 6,6E+5 | 2,4E+6 | 9,2E+5 | 6,1E+6 |
| OR130 | S10 | | | | 5,4E+6 |

Tabelle 10: PETRA, Summe der Energiedosen in Gy der Jahre 1991 bis 2005 (beide Jahre inklusive) an den Positionen der Abbildung 5. *Rechts, links, innen, außen* sind jeweils vom Ringzentrum aus gesehen. Die Dipolspulen der Magneten NR130 und NWR130 wurden Anfang 1998 erneuert. Die Summe ihrer Dosen beginnt zu diesem Zeitpunkt bei “Null”.

## 6.4 HERA

In HERA gibt es sehr wenige Stellen mit erhöhtem Strahlverlust. Die Messpositionen sind deshalb mehr oder weniger gleichmäßig um den Elektronenring 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 2005 sind zusammen mit den Dosissummen von 1993 bis 2005 (beide Jahre inklusive) in den Tabellen 11 bis 14 aufgeführt.

| Meßposition | | Dosen in Gy | |
|---|---|---|---|
| Nr. | Quadrupol-position | Summe 1993 - 2005 | 2005 |
| 1 | WR106 | 4,8E+5 | 2,0E+5 |
| 2 | WR228 | 1,4E+7 | 6,0E+6 |
| 3 | WR240 | 7,4E+6 | 3,6E+6 |
| 4 | WR287 | 1,2E+8 | 2,0E+6 |
| 5 | WR334 | 1,4E+6 | 5,5E+4 |
| 6 | WR451 | 2,2E+6 | 4,0E+4 |
| 7 | WR557 | 3,3E+6 | 9,5E+4 |
| 8 | WR663 | 7,2E+5 | 4,0E+4 |
| 9 | WR768 | 9,0E+5 | 4,0E+4 |
| 10 | NL710 | 3,7E+6 | 6,5E+4 |
| 11 | NL604 | 6,8E+6 | 4,0E+4 |
| 12 | NL498 | 7,6E+5 | 1,0E+5 |
| 13 | NL392 | 8,0E+5 | 5,5E+4 |
| 14 | NL298 | 3,7E+5 | 5,0E+4 |
| 15 | NL204 | 4,9E+5 | 1,2E+5 |
| 16 | NL115 | 1,9E+5 | 1,8E+4 |

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

| Meßposition | | Dosen in Gy | |
|---|---|---|---|
| Nr. | Quadrupol-position | Summe 1993 - 2005 | 2005 |
| 1 | NR110 | 2,1E+5 | 3,6E+4 |
| 2 | NR204 | 5,9E+6 | 2,6E+6 |
| 3 | NR310 | 1,3E+6 | 4,0E+4 |
| 4 | NR416 | 3,7E+7 | 2,6E+6 |
| 5 | NR510 | 1,4E+6 | 4,0E+4 |
| 6 | NR616 | 1,2E+6 | 4,0E+4 |
| 7 | NR721 | 6,3E+5 | 5,0E+4 |
| 8 | OL757 | 1,2E+6 | 1,2E+5 |
| 9 | OL651 | 5,8E+5 | 7,5E+4 |
| 10 | OL545 | 8,5E+5 | 8,0E+4 |
| 11 | OL439 | 6,1E+5 | 3,8E+4 |
| 12 | OL334 | 7,7E+5 | 4,0E+4 |
| 13 | OL239 | 8,1E+5 | 1,2E+5 |
| 14 | OL204 | 1,3E+6 | 9,5E+4 |
| 15 | OL113 | 1,8E+5 | 2,0E+3 |

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

| Meßposition | | Dosen in Gy | |
|---|---|---|---|
| Nr. | Quadrupol-position | Summe 1993 - 2005 | 2005 |
| 1 | OR113 | 1,5E+6 | 8,0E+3 |
| 2 | OR204 | 7,5E+6 | 3,6E+5 |
| 3 | OR310 | 1,2E+6 | 1,0E+5 |
| 4 | OR416 | 6,9E+6 | 4,0E+4 |
| 5 | OR510 | 1,2E+6 | 4,0E+4 |
| 6 | OR616 | 7,0E+5 | 8,0E+4 |
| 7 | OR721 | 1,8E+6 | 5,0E+4 |
| 8 | SL757 | 5,3E+5 | 7,0E+4 |
| 9 | SL651 | 4,1E+5 | 5,0E+4 |
| 10 | SL545 | 7,4E+5 | 8,0E+4 |
| 11 | SL439 | 3,8E+5 | 5,0E+4 |
| 12 | SL334 | 6,8E+5 | 8,0E+4 |
| 13 | SL239 | 5,7E+5 | 2,0E+4 |
| 14 | SL204 | 1,5E+6 | 4,0E+4 |
| 15 | SL113 | 1,5E+6 | 6,5E+3 |

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

| Meßposition | | Dosen in Gy | |
|---|---|---|---|
| Nr. | Quadrupol-position | Summe 1993 - 2005 | 2005 |
| 1 | SR113 | 9,2E+6 | 3,6E+6 |
| 2 | SR204 | 4,5E+6 | 2,2E+6 |
| 3 | SR310 | 1,0E+6 | 6,5E+4 |
| 4 | SR416 | 5,9E+6 | 3,0E+5 |
| 5 | SR510 | 1,6E+6 | 6,0E+4 |
| 6 | SR604 | 8,4E+7 | 9,0E+4 |
| 7 | SR710 | 1,7E+6 | 2,0E+4 |
| 8 | WL768 | 6,4E+5 | 6,5E+4 |
| 9 | WL663 | 7,2E+5 | 6,5E+4 |
| 10 | WL557 | 5,5E+5 | 5,0E+4 |
| 11 | WL451 | 6,4E+5 | 8,5E+4 |
| 12 | WL357 | 7,9E+5 | 6,5E+4 |
| 13 | WL251 | 5,6E+5 | |
| 14 | WL204 | 1,1E+7 | 2,0E+6 |
| 15 | WL147 | 7,0E+5 | 6,5E+4 |
| 16 | WL125 | 2,7E+5 | 2,6E+4 |
| 17 | WL112 | 9,2E+5 | 1,8E+3 |
| 18 | WL79 | 1,8E+5 | 9,4E+4 |

Tabelle 14: HERA, Energiedosen und Summe der Energiedosen (beide in Gy), gemessen an den Spulen von Quadrupolmagneten im Quadranten S-W.

## 6.5 Belastung durch Neutronen

In den Speicherringen PETRA und HERA und im Beschleunigerraum von DESY2/3 wurden an einigen ausgewählten Stellen jährlich Neutronenfluenzen (= Anzahl der Neutronen pro $cm^2$) gemessen. Dazu benötigt man eine Messmethode, die unempfindlich ist gegenüber dem hohen Untergrund an Photonen. Als geeignet hat sich die Aktivierung von $^{59}$Co erwiesen, das als Blech ($3\times3$ $cm^2$) im Zentrum eines Moderators (Polyethylenzylinder, Höhe 18 cm, Durchmesser 18 cm) angebracht ist. Das bei der Aktivierung resultierende $^{60}$Co ist dann mit Hilfe der $\gamma$-Spektroskopie leicht nachweisbar. Neutronen, die mit dieser Methode nachweisbar sind, liegen in einem Energiebereich zwischen 100 keV und 100 MeV.[4]

| HERA | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2004 | 2005 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| WR 43 | $2.4\cdot10^{9}$ | $3.6\cdot10^{9}$ | $3.3\cdot10^{9}$ | $1.9\cdot10^{9}$ | $1.5\cdot10^{8}$ | $1.3\cdot10^{9}$ | $1.6\cdot10^{10}$ | $1.6\cdot10^{10}$ |
| WR 109 | $4.8\cdot10^{8}$ | $3.1\cdot10^{7}$ | $4.8\cdot10^{9}$ | $3.1\cdot10^{9}$ | $4.2\cdot10^{8}$ | $5.0\cdot10^{8}$ | $1.6\cdot10^{9}$ | $4.8\cdot10^{9}$ |
| SL 15 | $1.6\cdot10^{9}$ | $1.4\cdot10^{9}$ | $1.5\cdot10^{9}$ | $1.7\cdot10^{10}$ | $2.5\cdot10^{10}$ | $3.3\cdot10^{10}$ | $3.8\cdot10^{10}$ | $1.8\cdot10^{11}$ |
| SR 23 | $8.7\cdot10^{8}$ | $5.2\cdot10^{8}$ | $4.0\cdot10^{8}$ | $3.6\cdot10^{8}$ | $7.5\cdot10^{9}$ | $8.9\cdot10^{9}$ | $2.2\cdot10^{10}$ | $1.7\cdot10^{10}$ |
| SR 202 | $3.1\cdot10^{9}$ | $1.3\cdot10^{9}$ | $8.0\cdot10^{8}$ | $6.6\cdot10^{8}$ | $5.3\cdot10^{8}$ | $7.0\cdot10^{8}$ | $1.3\cdot10^{8}$ | $1.5\cdot10^{9}$ |
| WL 775 | $6.7\cdot10^{7}$ | $2.0\cdot10^{8}$ | $2.5\cdot10^{8}$ | $1.5\cdot10^{8}$ | $4.5\cdot10^{7}$ | $5.9\cdot10^{7}$ | $1.0\cdot10^{8}$ | $7.6\cdot10^{8}$ |
| WL147 | $4.7\cdot10^{10}$ | $1.0\cdot10^{11}$ | $1.5\cdot10^{11}$ | $1.3\cdot10^{11}$ | $1.8\cdot10^{10}$ | $4.0\cdot10^{10}$ | $3.6\cdot10^{10}$ | $3.9\cdot10^{10}$ |
| WL 80 | $1.1\cdot10^{13}$ | $7.4\cdot10^{12}$ | $1.7\cdot10^{13}$ | $1.8\cdot10^{13}$ | $4.1\cdot10^{11}$ | $5.8\cdot10^{12}$ | $1.9\cdot10^{13}$ | $2.5\cdot10^{13}$ |
| OL 785 | $7.4\cdot10^{7}$ | $1.4\cdot10^{9}$ | $2.4\cdot10^{8}$ | $3.9\cdot10^{8}$ | $2.3\cdot10^{8}$ | $1.3\cdot10^{8}$ | $1.3\cdot10^{8}$ | $5.1\cdot10^{8}$ |
| PETRA | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2004 | 2005 |
| SOL M1-QA | $3.9\cdot10^{12}$ | $2.1\cdot10^{12}$ | $1.7\cdot10^{12}$ | $4.5\cdot10^{11}$ | $6.2\cdot10^{11}$ | $3.9\cdot10^{12}$ | $5.8\cdot10^{11}$ | $7.3\cdot10^{11}$ |
| OL 160 | $1.9\cdot10^{10}$ | $2.7\cdot10^{10}$ | $1.5\cdot10^{10}$ | $9.9\cdot10^{9}$ | $3.9\cdot10^{9}$ | $5.9\cdot10^{9}$ | $2.0\cdot10^{10}$ | $1.3\cdot10^{10}$ |
| WR 60 | $4.1\cdot10^{8}$ | $6.2\cdot10^{8}$ | $1.4\cdot10^{9}$ | $4.4\cdot10^{8}$ | $2.4\cdot10^{8}$ | $2.4\cdot10^{8}$ | $1.3\cdot10^{8}$ | $7.1\cdot10^{8}$ |
| DESY | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2004 | 2005 |
| M12 - M13 | $1.3\cdot10^{10}$ | $4.9\cdot10^{12}$ | $5.8\cdot10^{12}$ | $2.5\cdot10^{12}$ | $3.8\cdot10^{12}$ | $2.0\cdot10^{12}$ | $5.1\cdot10^{12}$ | $2.4\cdot10^{12}$ |
| M1 - M2 | $5.3\cdot10^{12}$ | $1.4\cdot10^{11}$ | $1.6\cdot10^{11}$ | $1.1\cdot10^{11}$ | $5.9\cdot10^{10}$ | $3.9\cdot10^{10}$ | $2.7\cdot10^{12}$ | $3.9\cdot10^{12}$ |
| M24 - M25 | $5.0\cdot10^{10}$ | $2.1\cdot10^{10}$ | $5.3\cdot10^{12}$ | $2.8\cdot10^{12}$ | $2.1\cdot10^{12}$ | $2.3\cdot10^{12}$ | $1.3\cdot10^{11}$ | $4.7\cdot10^{11}$ |
| M36 - M37 | $9.1\cdot10^{12}$ | $8.0\cdot10^{12}$ | $6.3\cdot10^{10}$ | $6.7\cdot10^{9}$ | $1.5\cdot10^{10}$ | $2.1\cdot10^{11}$ | $8.3\cdot10^{10}$ | $2.2\cdot10^{11}$ |

Tabelle 15: Neutronenfluenzen pro Jahr in $n/cm^2$, gemessen in den Speicherringen HERA, PETRA und an DESY.

[4] K.Tesch: *Überwachung der Neutronenfluenz in einem Beschleunigerraum*, Interner Bericht DESY D3-72 (1992)

# 7 Tabellen der Ortsdosen

In den folgenden Tabellen sind die Ergebnisse der Messungen der Ortsdosen außerhalb von Beschleunigerräumen zusammengestellt. 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
(zSp) = zeitweilig Sperrbereich

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

## 7.1 Linac2 und Linac3

| Pos.Nr. | Standort | | Dosis in mSv Neutronen | Gamma |
|---|---|---|---|---|
| | **Linac2** | | | |
| 21 | Modulatorhalle, nahe Klystron 12 | (K) | <0.2 | <0.2 |
| 22 | Modulatorhalle, Wand zum Converter | (K) | 0.36 | 0.77 |
| 23 | Modulatorhalle, Wand zur Werkstatt | (K) | 0.32 | 1.3 |
| 120 | Teststand Linac2, Keller | (K) | 0.46 | 1.5 |
| 121 | Teststand Linac2, Halle, auf Teststand | (K) | <0.2 | <0.2 |
| 122 | Teststand Linac2, Halle, HF-Einspeisung | (K) | <0.2 | 0.97 |
| 123 | Teststand Linac2, Halle, am Gang | (K) | <0.2 | <0.2 |
| 124 | Teststand Linac2, Halle, Strahlachse | (K) | 0.39 | 0.21 |
| 125 | Teststand Linac2, Kontrollraum | (K) | <0.2 | <0.2 |
| | **Linac3** | | | |
| 107 | Betriebsraum, nahe DESY | (K) | 1.2 | <0.2 |
| 108 | Betriebsraum, Kontrollraum | (K) | 3.7 | 0.48 |
| 109 | Interlocktür rechts, 45 m[1)] | | 4.4 | 0.62 |
| 112 | Quellenraum, Wand zum Beschleuniger, links | | 0.38 | 1.5 |
| 113 | Quellenraum, Wand neben Notschalter, hinten | | 0.63 | 0.24 |
| 114 | Quellenraum, Rückwand, Strahlhöhe | | 0.28 | <0.2 |

Tabelle 16: Jahresdosen der Bereiche Linac2 und Linac3
[1)] Von der $H^-$-Quelle an gerechnet.

## 7.2 DESY2/3

| Pos.Nr. | Standort | | Dosis in mSv Neutronen | Gamma |
|---|---|---|---|---|
| | **DESY2/3** | | | |
| 1 | Ehemaliger HKR | | 1.9 | 0.67 |
| 2 | Radialkanal 8, Interlocktür | (K) | 74 | 6.2 |
| 3 | SER, nahe Abschirmung zum Synchr. | (K) | 4.1 | 0.35 |
| 11 | Linac 1, Laborraum, am Labortisch | (K) | 60 | 8.6 |
| | **Bunker 1 (Geb.22)** | | | |
| 50 | Gittertür zum Tunnel | | 1.7 | 0.39 |
| 97 | 1. Stock, rechte Ecke | | 2.1 | 0.45 |
| | **Bunker 2 (Geb.22a)** | | | |
| 61 | Nahe zusätzlicher Abschirmmauer | | 3.4 | 0.69 |
| 62 | Kondensatorgarten bei Geb. 30c | | 15 | 2.8 |

Tabelle 17: Jahresdosen des Bereichs DESY2/3

| Pos.Nr. | Standort | | Dosis in mSv Neutronen | Gamma |
|---|---|---|---|---|
| | **Halle 1** | | | |
| 101 | Kranluke | (K) | 3.8 | 0.38 |
| 102 | Aussen, Ostseite, grüner Container | (K) | 84 | 14 |
| 103 | Innen, Kragdecke, Ostseite | (K) | 15 | 2.2 |
| 104 | Gebäude 20c, neben Aufenthaltsraum | | 3.4 | 0.25 |
| 106 | Arbeitsgebiet neben Linac3 | | 3.7 | 0.30 |
| | **Halle 2** | | | |
| 151 | Strahl 22, in der Messhütte | | 3.0 | 0.26 |
| 152 | Strahl 24, in der Messhütte | | 3.3 | 0.75 |
| 153 | Kranluke | (K) | 8.9 | 1.0 |
| 154 | Kragdecke Südseite | (K) | 23 | 3.3 |
| 155 | Südseite der Halle 2, außen | (K) | 6.8 | 1.7 |
| 156 | Teststrahl 21, rechts, 3m[1)] | (K,zSp) | 4.6 | 0.85 |
| 157 | Teststrahl 22, rechts, 4m | (K,zSp) | 2.9 | 0.38 |
| 158 | Teststrahl 24/1, rechts, 4m | (K,zSp) | 3.2 | 0.32 |
| 159 | Arbeitsgebiet Mitte Halle | | 2.6 | 0.27 |

Tabelle 18: Jahresdosen der Bereiche Halle1 und Halle2
[1)] von der Abschirmmauer des Ringes an gerechnet.

## 7.3 PETRA, HASYLAB6

| Pos.Nr. | Standort | | Dosis in mSv Neutronen | Gamma |
|---|---|---|---|---|
| | **PETRA Halle Süd-Ost** | | | |
| 800 | Übergang, Brüstung | (K) | 4.4 | 1.2 |
| 801 | Innen rechts, Interlocktür | (K) | 2.7 | 0.40 |
| 802 | Innen links, im Elektronikschrank | (K) | 8.0 | 1.6 |
| 803 | Innen links, Wand zum P-Weg | (K) | 25 | 3.5 |
| 805 | Aussen links, an der Abschirmmauer | (K) | 3.4 | 0.45 |
| 806 | Klima-Lagerraum, rechts unten, Fußboden | | 5.1 | 1.3 |
| 807 | Gegenüber Gashaus, am Hallenende | | 1.7 | 0.72 |
| | **Werkstatt G11 auf dem PETRA-Tunnel** | | | |
| 810 | Auf Abschirmung, Fußboden, rechts | (K) | 31 | 5.8 |
| 811 | Auf Abschirmung, Fußbodens, links | (K) | 9.1 | 1.1 |
| 812 | Innen rechts, 1.5 m vom Zaun, Drehbank | (K) | 5.2 | 0.74 |
| 813 | Innen Mitte, 1.5 m vom Zaun, Richtbank | | 2.4 | 0.82 |
| | **PETRA Halle Ost** | | | |
| 820 | Gästehaus 15 A, außen | | 0.27 | 0.31 |
| 830 | Übergang, Brüstung | | 5.1 | 0.51 |
| 831 | Innen Mitte, Zaun vor der Interlocktür | | 1.9 | 0.42 |
| 832 | Aussen Mitte, Tunnelwand | | 2.1 | 0.38 |

Tabelle 19: Jahresdosen des Bereichs PETRA(I)

| Pos.Nr. | Standort | Dosis in mSv | |
|---|---|---|---|
| | | Neutronen | Gamma |
| | **PETRA Halle Nord-Ost** | | |
| 840 | Übergang, Brüstung | 1.4 | 0.33 |
| 841 | Innen Mitte, am Aufgang | 1.1 | $< 0.2$ |
| 842 | Aussen Mitte, Tunnelwand | 0.53 | $< 0.2$ |
| 845 | FEL-Halle, Strahlbohrung zu PETRA[1)] | 0.20 | 0.22 |
| | **PETRA Hallen Nord** | | |
| 850 | NL, Interlocktür PR-Weg | 0.74 | 0.20 |
| 852 | NR, rechts am Gitter | 0.68 | 0.22 |
| | **PETRA Halle Nord-West** | | |
| 860 | Übergang, Brüstung | 0.73 | 0.22 |
| 861 | Innen links, Interlocktür | 0.71 | 0.23 |
| 862 | Raum, innen, rechts, oben | 0.30 | $< 0.2$ |
| | **PETRA Halle West** | | |
| 870 | Übergang, Brüstung | 0.67 | 0.29 |
| 871 | Innen rechts, Interlocktür | 0.78 | 0.20 |
| 872 | Aussen Mitte, Abschirmmauer | 0.35 | 0.36 |
| | **PETRA Halle Süd-West** | | |
| 880 | Übergang, Brüstung | 0.90 | 0.24 |
| 881 | Innen links, Interlocktür | 2.6 | 0.38 |

Tabelle 20: Jahresdosen des Bereichs PETRA(II)

| Pos.Nr. | Standort | Dosis in mSv | |
|---|---|---|---|
| | | Neutronen | Gamma |
| | **Gebäude 11a (Warenwirtschaft)** | | |
| 890 | Im Keller, nahe Tunnel an der Wand | 3.4 | 1.0 |
| | **HASYLAB 6** | | |
| 700 | Auf dem Schrank vor der Interlocktür | 0.27 | 0.34 |
| 701 | Str 1, links, an Hallenwand, neben Aufstieg | | 0.79 |
| 702 | Str 1.1, links, 7m, nahe Interlocktür am Verteiler | | $< 0.2$ |
| 703 | Str 1.1, links, 15m, Kontrollraum, an der Wand | | $< 0.2$ |
| 704 | Str 1.1, links, 20m, Kontrollraum, an der Wand | | $< 0.2$ |
| 705 | Hallenwand, außen rechts, zum PETRA Tunnel | | $< 0.2$ |

Tabelle 21: Jahresdosen des Bereichs PETRA(III)

## 7.4 HERA

| Pos.Nr. | Standort | | Dosis in mSv Neutronen | Gamma |
|---|---|---|---|---|
| | **HERA Halle Nord** | | | |
| 925 | Innen, 1. Stock, Raum 101 | | 2.6 | 0.45 |
| 926 | Innen, Exp.-Hütte, Erdgeschoss rechts | (K) | 2.7 | $< 0.2$ |
| 927 | Innen, Exp.-Hütte, Erdgeschoss links | (K) | 1.8 | $< 0.2$ |
| 928 | Innen, 1. Stock, Raum 107 | | 1.9 | 0.58 |
| 929 | Innen, Exp.-Hüttendach, Geländermitte | (K) | 3.2 | 0.23 |
| 930 | Innen, 2. Stock, Raum 201 | | 3.1 | 0.65 |
| 931 | Innen, Myonenplattform, linke Galerieecke | (K) | 3.4 | 0.30 |
| 932 | Innen, Myonenplattform, rechte Galerieecke | (K) | 2.9 | 0.63 |
| 933 | Innen, 2. Stock, Raum 207 | | 3.2 | 0.61 |
| 934 | Innen, 3. Stock, Raum 307 | | 2.6 | 0.48 |
| 935 | Mitte, Detektorgalerie, unter schrägem Rohr | (K) | 3.5 | 0.40 |
| 936 | Mitte, Detektorgalerie, beim Ventil | (K) | 3.0 | 0.67 |
| 937 | Innen, 3. Stock, Raum 301 | | 2.1 | 0.41 |
| 938 | Mitte, Detektorgalerie, Spalt im Eisen | (K) | | 0.32 |
| 939 | Innen, 4. Stock, Raum 401 | | 1.5 | 0.74 |
| 940 | Außen, Myonenplattform, linke Galerieecke | (K) | 3.0 | 0.24 |
| 941 | Außen, Myonenplattform, rechte Galerieecke | (K) | 1.7 | 0.27 |
| 942 | Innen, 1. Galerie, links neben der IL-Tür | (K) | 1.1 | 0.27 |
| 943 | Außen, 3. Galerie, an der Wand | (K) | | 0.70 |
| 944 | Innen, 1. Galerie, Mitte an der Wand | (K) | 1.6 | 0.30 |
| 945 | Außen, 1. Galerie, links an der Wand | (K) | 3.6 | 0.29 |
| 946 | Außen, 1. Galerie, rechts an der Wand | (K) | 2.2 | 0.20 |
| 947 | Außen, Erdgeschoss, Heliumplatte, Schrank | (K) | 3.6 | 0.67 |
| 948 | Innen, 1. Galerie, rechts neben der IL-Tür | (K) | 2.4 | 7.8 |
| 949 | Mitte, Erdgeschoss, Durchgang | (K) | 1.5 | 0.57 |

Tabelle 22: Jahresdosen des Bereichs HERA(I)

| Pos.Nr. | Standort | | Dosis in mSv Neutronen | Gamma |
|---|---|---|---|---|
| | **HERA Halle Ost** | | | |
| 950 | Innen, 1. Galerie, rechts, Interlocktür | (K) | 7.1 | 0.64 |
| 951 | Innen, 1. Galerie, links, Interlocktür | (K) | 6.5 | 0.48 |
| 952 | Außen, untere Plattform, Raummitte | (K) | 5.9 | 0.49 |
| 953 | Außen, obere Plattform, nahe Tunnel | (K) | 5.8 | 0.25 |
| 954 | Mitte, Durchgang | (K) | 5.4 | 0.22 |
| 955 | Außen, 1. Galerie, rechts auf Kabelpritsche | (K) | 4.0 | 0.38 |
| 956 | Außen, 1. Galerie, links am Pfosten | (K) | 5.2 | 0.31 |
| 957 | Außen, Erdgeschoss, links, Kontrollraum | | 3.9 | 0.44 |
| 958 | Außen, 2. Stock, Raum 201 | | 1.8 | 0.43 |
| 959 | Außen, 3. Stock, Raum 301 | | 2.8 | 0.53 |
| 960 | Außen, 6. Stock, Raum 610 | | 3.4 | 0.54 |
| | **HERA Halle Süd** | | | |
| 975 | Innen, Erdgeschoss, rechts, Träger ZEUS-Joch | (K) | 4.0 | $< 0.2$ |
| 978 | Innen, 1. Galerie links, Wand in der Hütte | (K) | 3.0 | 0.20 |
| 980 | Innen, Rucksack, mittlere Etage, unter der Decke | (K) | 3.3 | 0.56 |
| 981 | Innen, Rucksack, obere Etage, links | (K) | 3.4 | 0.36 |
| 982 | Innen, Rucksack, obere Etage, rechts | (K) | 3.0 | 0.21 |
| 985 | Innen, ZEUS-Balkon, links | (K) | 3.6 | $< 0.2$ |
| 986 | Innen, ZEUS-Balkon, rechts | (K) | 3.8 | $< 0.2$ |
| 988 | Mitte, Durchgang | (K) | 5.3 | 0.61 |
| 990 | Außen, Erdgeschoss, links, am Geländer | (K) | 6.4 | $< 0.2$ |
| 991 | ZEUS-Kontrollraum | | 4.3 | 0.28 |
| 992 | Außen, 1. Galerie, rechtes Gitter | (K) | 4.5 | $< 0.2$ |
| 995 | Außen, ZEUS-Balkon, links | (K) | 2.5 | $< 0.2$ |
| 996 | Außen, ZEUS-Balkon, rechts | (K) | 2.1 | $< 0.2$ |
| 997 | Innen, 2. Stock, Raum 201 | | 3.8 | 0.73 |
| 998 | Innen, 3. Stock, Raum 301 | | 2.8 | 0.68 |
| 999 | Innen, 4. Stock, Raum 401 | | 3.7 | 0.42 |

Tabelle 23: Jahresdosen des Bereichs HERA(II)

| Pos.Nr. | Standort | | Dosis in mSv Neutronen | Gamma |
|---|---|---|---|---|
| | **HERA Halle West** | | | |
| 906 | Raum 601, auf dem Schrank | (K) | 4.0 | 0.94 |
| 907 | Raum 610, links auf dem Luftkanal | (K) | 5.0 | 0.75 |
| 908 | HF-Halle, 6. Stock, hinter den Klystrons | (K) | 5.2 | 0.84 |
| 910 | Innen, 1. Galerie, Mitte, Vermessungskonsole | (K) | 5.2 | 0.29 |
| 911 | Innen, 1. Galerie, links, am Gitter | (K) | 7.6 | 0.54 |
| 912 | Innen, 1. Galerie, rechts, neben Interlocktür | (K) | 5.2 | 0.25 |
| 913 | Elektronikwagen, 1. Stock, innen, Mitte | (K) | 4.4 | 0.49 |
| 914 | Elektronikwagen, 2. Stock, außen, links | (K) | 5.8 | 0.48 |
| 915 | Elektronikwagen, 3. Stock, innen, rechts | (K) | 7.9 | 0.56 |
| 917 | Kontrollraum, 2. Stock, Raum 201, hinten rechts | (K) | 2.8 | 0.84 |
| 918 | Eingangshalle 7. Stock, Gitter zur Luke | (K) | 4.0 | 0.59 |
| 919 | Kontrollraum 4. Stock, Raum 401 | (K) | 3.9 | 0.75 |
| 920 | Kontrollraum 5. Stock, Raum 501 | (K) | 3.7 | 0.87 |
| 921 | HF-Halle, 6. Stock, am Rohr für Laserstrahl | (K) | 2.9 | 0.54 |
| 922 | Computerraum, 3. Stock, Raum 301, hinten rechts | (K) | 2.5 | 0.67 |
| | **Oberhalb des HERA Tunnels** | | | |
| 923 | Laborgebäude 1 D, Keller, Verbindungsgang | | 1.8 | 0.52 |
| 924 | Anbau Halle 1 (IKR-Werkstatt) | | 2.0 | 0.75 |

Tabelle 24: Jahresdosen des Bereichs HERA(III)

## 7.5 DORIS, HASYLAB1-5

| Pos.Nr. | Standort | | Dosis in mSv Neutronen | Gamma |
|---|---|---|---|---|
| | **DORIS** | | | |
| 301 | MHF-Labor, an der Wand Richtung DORIS | | < 0.2 | 0.34 |
| 302 | Hallenmitte, Wand zur Versorgungshalle | | < 0.2 | < 0.2 |
| 303 | An der Interlocktür Südseite | | 0.23 | < 0.2 |
| 304 | HF-Keller 3, neben der Interlocktür | | < 0.2 | 1.0 |
| 305 | HF-Keller 3, vor den Kabeldurchführungen | | < 0.2 | < 0.2 |
| 306 | HF-Keller 4, vor den Kabeldurchführungen | | < 0.2 | < 0.2 |
| 307 | HF-Keller 1, unter der 1. Deckenöffnung | (K) | 2.5 | 0.77 |
| 308 | HF-Keller 1, unter der 2. Deckenöffnung | (K) | 1.6 | 0.23 |
| 310 | HF-Keller 2, unter der 1. Deckenöffnung | (K) | 0.31 | < 0.2 |
| 311 | HF-Keller 2, unter der 2. Deckenöffnung | (K) | 0.23 | 7.0 |
| | **HASYLAB1, 2 und 2A** | | | |
| 320 | W2, links, Strahlhöhe, 0 m, an der Absch.wand[1)] | | 0.30 | < 0.2 |
| 321 | W2, rechts, Strahlhöhe, 0 m, an der Absch.wand | | 0.28 | < 0.2 |
| 322 | W2, außen am Abschirmstein | | 0.22 | < 0.2 |
| 400 | W2, links, Strahlhöhe, neben Tür-Notauf HG1 | | | < 0.2 |
| 401 | W2, links, Strahlhöhe, in Kontrollhütte NG | | | 0.26 |
| 402 | W2, links, Strahlhöhe, GFZ-Meßplatz | | | < 0.2 |
| 403 | W2, rechts, Strahlhöhe, Hüttentür HG2 | | | < 0.2 |
| 404 | W2, rechts, Strahlhöhe, Hüttentür NG1 | | | 0.37 |
| 405 | W2, rechts, Strahlhöhe, Hüttentür NG2 | | | < 0.2 |
| 406 | X, im Arbeitsraum, am Fenster | | | < 0.2 |
| 407 | X, links, Hüttenwand, 1.6 m Höhe, links vom Fenster | | | < 0.2 |
| 408 | X2, Container, an der DORIS-Abschirmung | | | < 0.2 |
| 409 | X2, Hütte, VISUV am Rack | | | 0.33 |

Tabelle 25: Jahresdosen des Bereichs DORIS, HASYLAB1, 2 und 2A

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

| Pos.Nr. | Standort | Dosis in mSv | |
|---|---|---|---|
| | | Neutronen | Gamma |
| | **HASYLAB 3** | | |
| 340 | W1, links, 7 m, Abschirmung[1)] | 2.7 | 0.59 |
| 350 | B1, links, 10 m, am Strahlende | 0.33 | < 0.2 |
| 410 | W1, oben, 15 m, Abschirmung unterhalb Strahlrohr | | 1.2 |
| 412 | W1.1, neben Telefon | | 0.88 |
| 413 | W1.2, neben Flipper am linken Rack | | 3.5 |
| 414 | A1, an Kabeltrasse hinter Arbeitsplatz | | < 0.2 |
| 415 | A2, am Regal links | | 0.35 |
| 420 | C1, oben, 3 m, Bühne an der Hüttenwand | | < 0.2 |
| 421 | C1, rechts, 18 m, am Strahlende | | < 0.2 |
| 422 | B/C, an Rack 3, linke Seite, in Richtung C | | < 0.2 |
| 424 | W3.2, an Geländer über Tisch Arbeitsplatz | | < 0.2 |
| 430 | D1, links, 1 m, an der Interlocktür | | < 0.2 |
| 431 | D1.1, links, 12 m, am Geländer der Zwischenplattform | | < 0.2 |
| 432 | D1.2, an Interlockrack D1/2 | | < 0.2 |
| 433 | D2, am Geländer zu HG5-D3 | | < 0.2 |
| 434 | D3, am Gasschrank, rechte Tür | | < 0.2 |
| 435 | D4, Sitzplatz, Kabinett rechts innen unten | | < 0.2 |
| 436 | D4, rechts, 6 m, an der Hüttenwand NG-D4 | | 0.21 |
| 437 | D4, rechts, 4 m, an der Tür HG-2D | | 0.36 |
| 440 | E1, links, 9 m, am Drahtzaun | | 0.30 |
| 441 | E1, links, 13 m, am Drahtzaun | | 0.26 |
| 442 | E2, links, 16 m, am Drahtzaun | | < 0.2 |
| 443 | E2, am Tisch, links neben Rack | | < 0.2 |
| 444 | F1, linkes Experimenterack F1 | | < 0.2 |
| 445 | F2.1, Bühne, am Geländer zu E4 | | 0.25 |
| 446 | F2.2, oben, 10 m, Ende grünes Gestell | | < 0.2 |
| 447 | F3, am Pfeiler gegenüber Hüttentür | | < 0.2 |
| 448 | F4, rechts, 6 m, am T-Träger | | 0.31 |
| 450 | G1, links, 0 m, an der DORIS-Abschirmwand | | 0.22 |
| 451 | G1, Bühne, am Pfeiler vor Nische | | < 0.2 |
| 452 | G2, links, 7 m, an der Interlocktür | | 0.34 |
| 453 | G3, Regal am Sitzplatz, linke Seitenwand | | < 0.2 |
| 455 | I, rechts, 4 m, aussen an der Messhütte | | 0.36 |
| 456 | I, rechts, 1 m, an der Spiegelkammer in 0.5 m Höhe | | < 0.2 |
| 457 | I, in der Hütte | | 0.23 |
| 459 | I, in der Schichtdiensthütte | | < 0.2 |

Tabelle 26: Jahresdosen des Bereichs HASYLAB3

[1)] Die Entfernungsangaben 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 | 0.40 | < 0.2 |
| 395 | BW2, oben, 12 m, auf der Abschirmung (K) | 0.61 | 0.41 |
| 460 | BW1, HG1, links, 3 m, Abschirmmauer Strahlhöhe[1)] | | 0.56 |
| 461 | BW1, HG1, links, 7 m, oben am Geländer | | 0.48 |
| 462 | BW1, HG1, rechts, 4 m, auf dem Hüttendach | | 0.80 |
| 463 | BW1, oben, über DORIS, am Geländer (DORIS-Halle) (K) | | 0.25 |
| 464 | BW1, HG1, links, 5 m, neben der Interlocktür | | 0.30 |
| 465 | BW1, HG2, links, am Gasschrank 4.1 | | < 0.2 |
| 466 | BW1, HG2, rechts, 15 m, am Geländer vor dem Fenster | | 0.40 |
| 467 | BW2, HG1, links, 11 m, an der Abschirmung | | < 0.2 |
| 470 | BW3, HG1, links, 13 m, am Strahlende | | < 0.2 |
| 471 | BW3, HG1, rechts, 8 m, an der Tür HG1-L | | < 0.2 |
| 472 | BW4, HG1, links, 5 m, an der Interlocktür | | 0.52 |
| 473 | BW4, am Geländer zum Winkelgang DORIS | | 0.23 |
| | **HASYLAB5** | | |
| 480 | BW4, HG2, links, 2.5 m vor Ende der Hütte | | < 0.2 |
| 481 | BW5, HG1, links, 10 m, an der Interlocktür | | 0.23 |
| 482 | BW6, HG1, links, 6 m, an der Hüttenwand | | < 0.2 |
| 483 | BW6, HG1, links, 9 m, an der Hüttenwand | | < 0.2 |
| 484 | BW6, HG3, links, 14 m, am Strahlende, Hüttentür | | < 0.2 |
| 485 | BW7, NG1, links, 20 m, am Strahlende, Hüttentür | | < 0.2 |
| 486 | BW7, an Ethernet-Leitung gegenüber Hüttentür NG1 | | 0.37 |
| 490 | K1, an Sichtschutzwand unter Notleuchte | | < 0.2 |
| 491 | K2, NG2, an linker Interlocktür | | 0.22 |
| 492 | K3, NG3, rechts, 10 m, an der Hüttenwand | | < 0.2 |
| 493 | K3, NG-2K, rechte Wand, unter Steckdosenleiste | | < 0.2 |
| 495 | L, HG1, links, 4 m, an der Abschirmwand | | < 0.2 |
| 496 | L, HG1, links, 11 m, an der Abschirmwand | | < 0.2 |
| 497 | L, HG1, links, 13 m, am Strahlende | | < 0.2 |
| 498 | L, HG1, rechts, 8 m, an der Tür HG1-L | | 0.29 |

Tabelle 27: Jahresdosen der Bereiche HASYLAB4 und 5

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

## 7.6 FLASH/TTF2

| Pos.Nr. | Standort | Dosis in mSv Neutronen | Gamma |
|---|---|---|---|
| | **FLASH/TTF2** | | |
| 251 | An der 2. IL-Tür | | 1.2 |
| 252 | An der 1. IL-Tür | 7.8 | 2.3 |
| 253 | Horizontaler Teststand | | 0.83 |
| 254 | Vertikaler Teststand | | 0.81 |
| 255 | Kontrollraum | | 0.52 |
| 256 | An der IL-Tür rechts, FEL-Halle[1)] | | 0.72 |
| 257 | Ostgang, südlicher Teil (K) | 52 | 6.0 |
| 259 | An der 3. IL-Tür | 2.2 | 0.90 |
| 260 | Labyrinth, Ostausgang | 2.4 | 0.53 |
| 262 | Vorne zwischen 1. und 2. IL-Tür | 1.4 | 0.39 |
| 263 | Kabeldurchbruch zum Tunnelmund | 0.24 | 0.41 |
| 265 | Hinten zwischen 1. und 2. IL-Tür | 1.9 | 0.57 |
| 266 | Ostgang, mittlerer Teil (K) | 2.7 | 0.61 |
| 267 | Beim EOS | 0.37 | 0.95 |
| 268 | Container beim Ostgang | 0.60 | 0.80 |
| 269 | Geb. 49, großes Tor zum Tunnel[2)] | 4.8 | 2.1 |
| 270 | Geb. 49, Außenwand zum Tunnel[2)] | 0.24 | 0.89 |
| 271 | Auf dem Wall, nahe FEL-Halle[2)] | 0.28 | 0.59 |
| | **FEL-Halle** | | |
| 706 | FEL-Halle, IL-Tür, rechts[3)] | | 0.31 |
| 707 | FEL-Halle, BM, Austritt Strahlrohr[3)] | | <0.2 |
| 708 | FEL-Halle, PG, Austritt Strahlrohr[3)] | | 0.36 |
| 709 | FEL-Halle, BL, Austritt Strahlrohr[3)] | | <0.2 |
| 710 | FEL-Halle, IL-Tür, links[3)] | | 0.64 |
| 711 | FEL-Halle, BL, Spiegelkammer[3)] | | <0.2 |

Tabelle 28: Jahresdosen des Bereichs FLASH/TTF2

## 7.7 Geländegrenzen und Außenpositionen

| Pos.Nr. | Standort | Dosis in mSv Neutronen | Gamma |
|---|---|---|---|
| | **Geländegrenze und Halle 31a** | | |
| 511 | Am Zaun nahe PETRA Halle SO | 0.40 | 0.47 |
| 521 | Eingang Notkestraße | < 0.2 | < 0.2 |
| 522 | Gästehaus 1 | < 0.2 | 0.28 |
| 531 | Bei der Halle Süd-West | < 0.2 | < 0.2 |
| 551 | Halle Nord-West, zur Tennishalle | < 0.2 | < 0.2 |
| 552 | Halle Nord-West, zum Blomkamp | < 0.2 | < 0.2 |
| 562 | Halle Nord, auf dem Wall | < 0.2 | < 0.2 |
| 571 | Halle Nord-Ost, am Zaun | < 0.2 | < 0.2 |
| 580 | 2. Institut, an einem Verkehrsschild | 0.25 | < 0.2 |
| 581 | Zwischen Zyklotron und 2. Institut | < 0.2 | < 0.2 |
| 582 | Eingang Luruper Chaussee | < 0.2 | < 0.2 |
| 585 | Expo-Halle, rechte Seite der Terrasse | < 0.2 | 0.35 |
| 598 | Halle 31a, Zaun zum Sportplatz | < 0.2 | 0.28 |
| 599 | Halle 31a, hinten an Kabelpritsche | < 0.2 | 0.54 |
| | **Außenpositionen** | | |
| 591 | Soltau, Alter Grenzweg | < 0.2 | < 0.2 |
| 592 | Hamburg, Kötterdamm | 0.25 | 0.37 |
| 593 | Hittbergen, Querweg | < 0.2 | 0.35 |
| 595 | HERA, Zaun zur AOL-Arena | < 0.2 | < 0.2 |
| 596 | HERA, Zaun zur Colorline-Arena | < 0.2 | 0.29 |
| 597 | HERA, Hellgrundweg, Nordseite | < 0.2 | < 0.2 |

Tabelle 29: Jahresdosen an den Geländegrenzen und an Außenpositionen