

schon besollagelicht

T



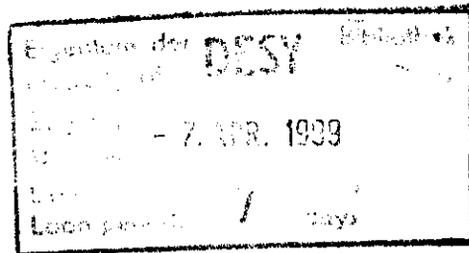
X1999-00477

Interner Bericht
DESY D3 - 93
März 1999

05871

**Ergebnisse von
Strahlenschutzmessungen am
Deutschen Elektronen-Synchrotron
DESY - Hamburg
im Jahre 1998**

Die Strahlenschutzgruppe DESY - D3

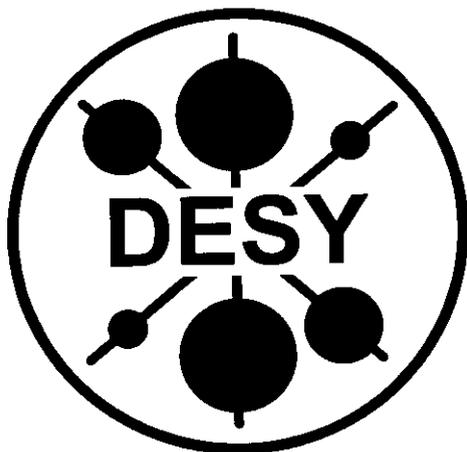


DESY behält sich alle Rechte für den Fall der Schutzrechtserteilung und für die wirtschaftliche Verwertung der in diesem Bericht enthaltenen Informationen vor.

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 1998

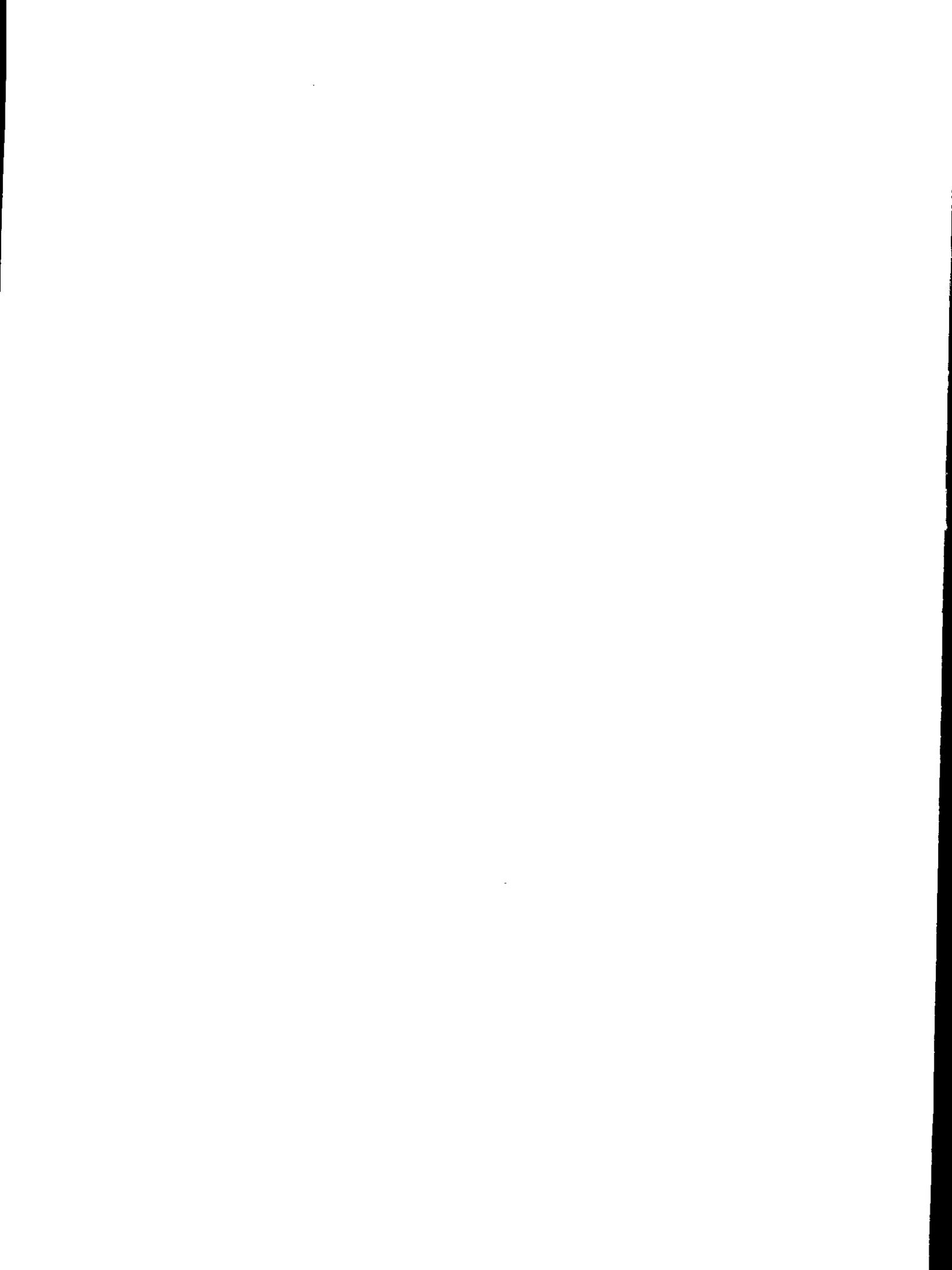


Ergebnisse von Strahlenschutz- messungen

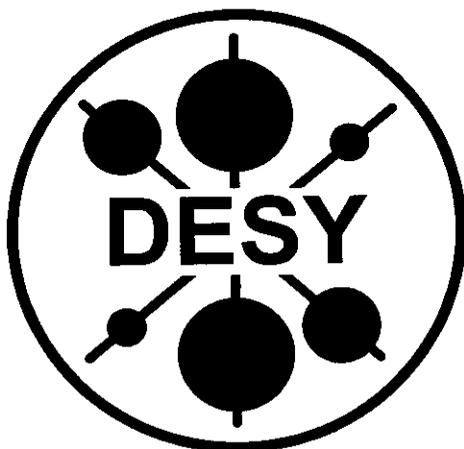
März 1999

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 1998

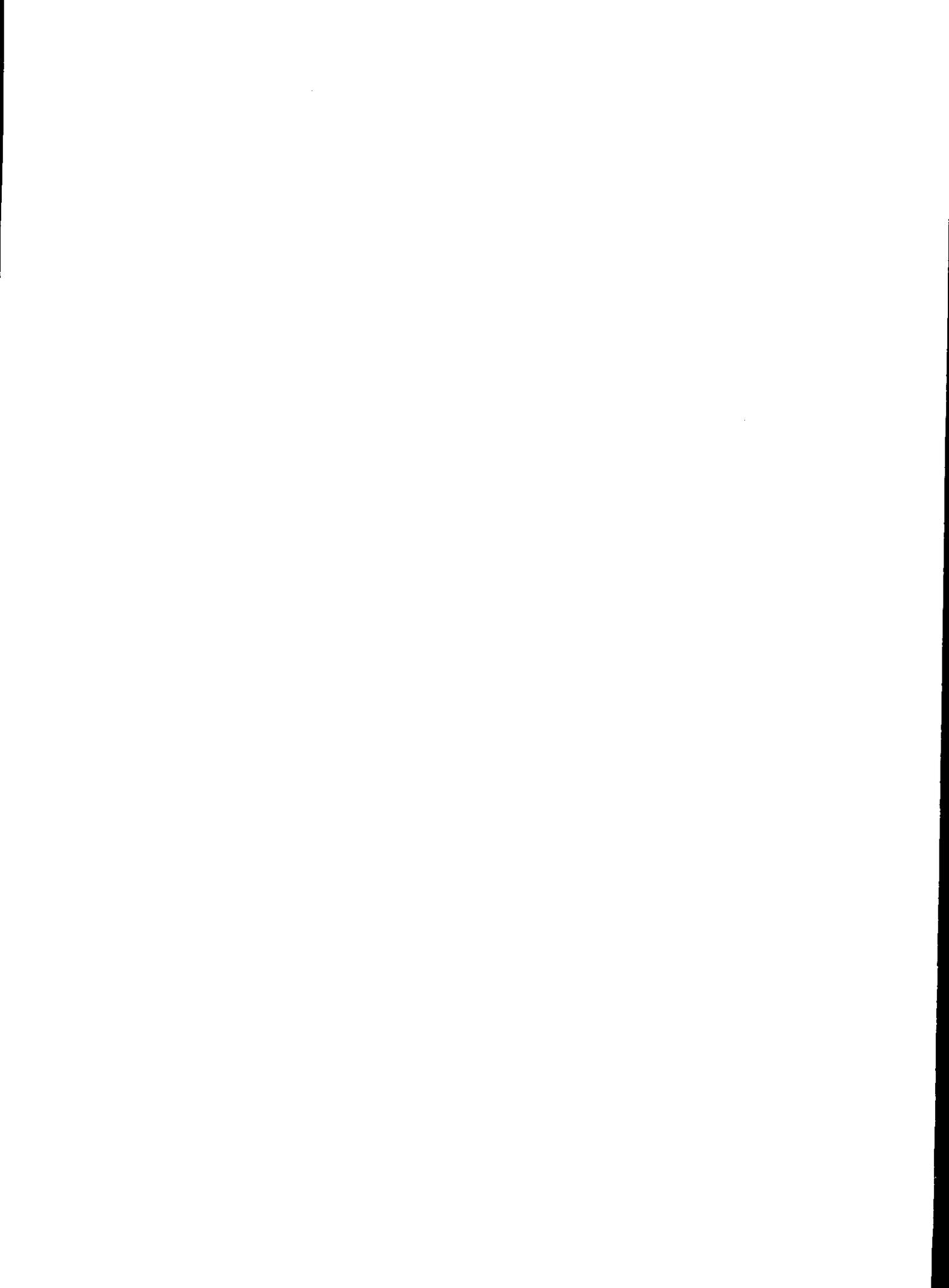


Results of Radiation Protection measurements

March 1999

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	4
3.1 Passives Überwachungssystem	4
3.2 Aktives Überwachungssystem	5
4 Aktivierungen in Beschleunigerräumen	5
4.1 Induzierte Radioaktivität	5
4.2 Kontamination	7
5 Überwachung von Luft und Wasser	8
5.1 Luft	8
5.2 Wasser	8
6 Strahlenbelastung von Beschleunigerkomponenten	12
6.1 PIA	12
6.2 PETRA	13
6.3 HERA	17
7 Tabellen der Ortsdosen	21
7.1 Linac2 und Linac3	22
7.2 DESY2/3	23
7.3 PETRA, HASYLAB6	25
7.4 HERA	28
7.5 DORIS, HASYLAB1-5	31
7.6 TESLA-TF, S-Band-Linac	34
7.7 Geländegrenzen und Außenpositionen	35

~/d3.rep/sjb98.tex

1 Beschleunigerbetrieb

Die Elektronenbeschleuniger DESY2 (mit Linac2), DORIS und PETRA-e wurden im Jahre 1998 Mitte März in Betrieb genommen; die Protonenmaschinen DESY3 mit Linac3 und PETRA-p folgten Anfang Mai. HERA nahm den Betrieb Mitte Juni auf. Sämtliche Beschleuniger liefen bis Mitte Dezember 1998.

Zur Beurteilung der gemessenen Dosiswerte sind in Tabelle 1 die ungefähren Betriebszeiten aufgeführt. Die Daten sind den Jahresprotokollen der Beschleuniger entnommen. Die Betriebszeiten enthalten die Zustände "Nutzzeit", "Anlauf- und Einstellzeit" und "Füll- und Meßzeit". Zur akkumulierten Ladung der Speicherringe tragen nur die "Nutzzeiten" bei.

Man erkennt, daß die Beschleuniger (außer DORIS und PETRA-e) im Jahr 1998 kürzere Zeit in Betrieb waren als im Vorjahr. Dementsprechend geringer sind die akkumulierten Ladungen der Speicherringe HERA-e und HERA-p. Die Ströme der Vorbeschleuniger waren ungefähr die gleichen.

Die Testlinacs TTF und s-Band wurden in die Tabelle nicht aufgenommen, da es keinen kontinuierlichen Strahlbetrieb gab.

Beschleuniger	Betriebszeit in Stunden		Max. Energie in GeV	Max. Strom oder akkumulierte Ladung	
DESY2 (e ⁺ /e ⁻)	3000	(-20 %)	4,4/7,0	1,0 mA	(=)
DORIS	5700	(=)	4,4	510 Ah	(=)
PETRA-e	2400	(+70 %)	12	40 mA	(=)
PETRA-e HASYLAB6	1000	(-30 %)	12	30 Ah	(-50 %)
HERA-e	2600	(-30 %)	27	16 Ah	(-60 %)
DESY3	1100	(-45 %)	7,5	180 mA	(=)
PETRA-p	740	(-25 %)	40	90 mA	(=)
HERA-p	2600	(-35 %)	920	47 Ah	(-70 %)

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

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 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 herrührt. Davon sind im allgemeinen nur Räume oder Gebäude betroffen, die unmittelbar an einen Beschleuniger angrenzen.

Die Messung der Dosis erfolgt durch Film dosimeter, 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.

Die Dauer einer Meßperiode war 2 Monate (mit Ausnahme der letzten). Das Überwachungsjahr 1998 begann am 1. Februar und endete am 31. Dezember.

Im Mittel wurden 1998 pro Meßperiode 893 DESY-Angehörige und langfristig bei DESY arbeitende Gäste regelmäßig überwacht (im Vorjahr: 1070). Davon waren 75 Personen (Vorjahr: 78) zusätzlich mit einem Neutronendosimeter ausgestattet.

Die untere Nachweisgrenze der Dosisfilme beträgt 0,2 mSv. Dosen unterhalb 0,2 mSv pro Meßperiode werden als 'Null' bewertet. Mit Beginn 1998 erfolgte eine Neubewertung der Meßwerte der Kernspurfilm durch CERN. Danach werden vom Meßwert eines jeden Films 0,1 mSv als Untergrund abgezogen. Das hat zur Folge, daß alle Dosen, die bisher mit 0,2 mSv geführt wurden, jetzt unter die 'Null'-Grenze fallen.

Die Anzahl der Mitarbeiter mit Jahresdosen oberhalb oder gleich 0,2 mSv betrug im Überwachungsjahr 1998 für Gammadosen 33 Personen (im Vorjahr: 54) und für Neutronendosen 17 Personen (im Vorjahr: 30). Die Aufteilung der Mitarbeiter in verschiedene Dosisgruppen ist in Tabelle 2 aufgeführt.

Eine Person gilt als *beruflich strahlenexponiert*, wenn sie bei der Ausübung ihres Berufs mehr als 0,5 mSv Dosis pro Kalenderjahr erhält. Die maximal zulässige Jahresdosis für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A beträgt 50 mSv, die der Kategorie B 15 mSv. Im Jahr 1998 gehörten 18 Personen zur Kategorie A.

Die größte gemessene Personen-Jahresdosis 1998 betrug 1,0 mSv (2 Personen). Von den Grenzwerten sind wir demnach weit entfernt; keine von DESY überwachte Person zählte in diesem Jahr zur Kategorie der *beruflich strahlenexponierten Personen*.

Die Gesamt-Gammadosis der Belegschaft, definiert als Summe aller festgestellten Gammadosen größer oder gleich 0,2 mSv, betrug 12,2 mSv, die Gesamt-Neutronendosis 5,6 mSv. Die Gesamtdosis der Belegschaft (18 mSv) hat sich damit gegenüber dem Vorjahr (31 mSv) etwa halbiert.

Die Entwicklung der Belegschaftsdosis in den letzten Jahren ist in Abbildung 1 dargestellt. Der Mittelwert der Gammadosis seit 1991 beträgt 19 mSv ($\pm 10\%$). Der Mittelwert der Neutronendosis liegt bei 10 mSv ($\pm 20\%$). Außer den permanenten DESY-Mitarbeitern wurden für kürzere Zeit 481 Gäste (das sind Angehörige von anderen Instituten oder von Firmen) überwacht. In 4 Fällen waren diese Jahresdosen höher als 0,2 mSv; sie lagen alle unter 0,5 mSv.

Mitglieder von HASYLAB, EMBL und MPG werden seit Beginn 1998 durch die Strahlenschutzgruppe des HASYLAB mit nichtamtlichen Dosimetern überwacht. Alle Personendosen in diesen Bereichen lagen 1998 unter 0,2 mSv.

	Gamma- filme	Neutronen- filme
Anzahl der über- wachten Personen	893	75
Anzahl der Personen mit Jahresdosen:		
< 0,2 mSv	860	58
≥ 0,2 bis < 1 mSv	31	17
≥ 1 bis < 5 mSv	2	0
≥ 5 bis < 15 mSv	0	0
≥ 15 mSv	0	0
Summe der Jahresdosen in mSv	12,2	5,6

Tabelle 2: Jahresdosen 1998 von DESY-Mitarbeitern

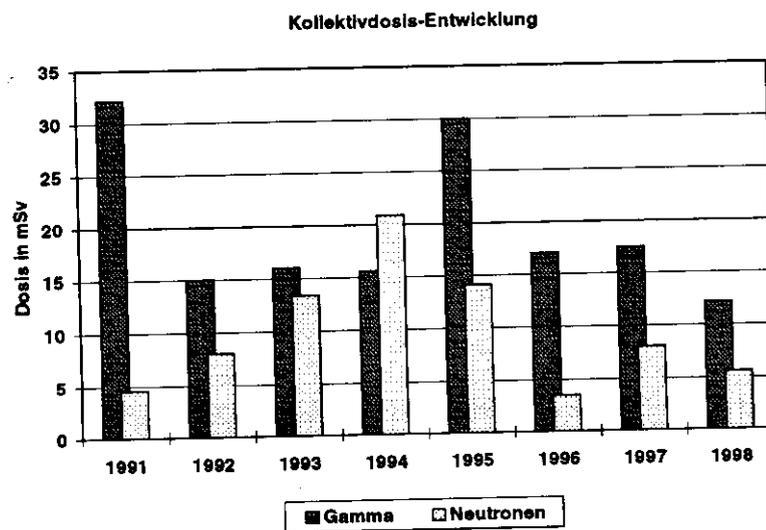


Abbildung 1: Entwicklung der Gesamtdosis der DESY-Belegschaft seit 1991

Insgesamt 8 Mitarbeiter erhielten auf Wunsch Handdosimeter in Form von **Fingerringen**, zur Messung der Handdosis. Alle Jahresdosen lagen unter 0,2 mSv. Die maximal zulässige Handdosis beträgt 500 mSv/a.

Alle Daten der Personendosimetrie werden gemäß den gesetzlichen Bestimmungen 30 Jahre lang bei D3 aufbewahrt.

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.
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 μ 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.¹

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

Insgesamt 215 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 13 bis 26 aufgeführt. Als natürlicher Untergrund wird bei γ -Dosimetern 50 μ 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 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 (von insgesamt 14) Meßstationen an der Geländegrenze und oberhalb des HERA-Tunnels im Volkspark konnten keine Dosen über 0,2 mSv für Photonen und über 0,1 mSv für Neutronen (das sind die Nachweisgrenzen der Dosimeter) festgestellt werden (siehe Tabelle 26). Die

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

Meßstelle nahe der PETRA-Halle Südost, an der Grenze zum Industriegebiet, ergab 0,37 mSv/a (maximal zulässiger Wert: 1,5 mSv/a).

Zum Vergleich wurden 3 Meßstationen in HH-Altona betrieben. Die mittlere Jahresdosis betrug dort für Gammastrahlung weniger als 0,2 mSv und für Neutronen weniger als 0,1 mSv.

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(1998)/Dosis(1997)), um Änderungen zu erkennen.

Man sieht eine allgemeine Verminderung der Jahresdosen, mit der Ausnahme des DORIS-Bereichs. Dort sind die Werte etwa gleich geblieben. Das ist in Übereinstimmung mit den gegenüber dem Vorjahr geänderten Betriebszeiten der Beschleuniger (siehe Tabelle 1).

In der HERA-Halle West wurden nach dem Einbau der restlichen Detektorkomponenten die Anzahl und die Positionen der Dosimeter neu festgelegt. Deshalb ist ein Vergleich mit dem Vorjahr dort nicht möglich.

Ähnliches gilt für die Testlinacs TTF und s-Band. Die Ortsdosen dieser Bereiche sind in der Tabelle 25 zusammengestellt. Ein Vergleich mit den Dosen des Vorjahrs ist wegen des Testbetriebs auch da 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 photoneneempfindlichen, argongefüllten Ionisationskammern bestückt sind, besondere Bedeutung zu. Die Meßgeräte dieser Anlage dienen als Monitore, um Änderungen in der Entwicklung des Strahlungspegels an 89 verschiedenen Meßorten zu erkennen und um evtl. Maßnahmen treffen zu können. Ihre Ergebnisse werden werktäglich ausgedruckt und kontrolliert.

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, DESY2/3 und TTF 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 1998 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.

Bereich	Anzahl Meß- pos.	Dosis- Kompo- nente	Dosis- mittel in mSv	Verhältnis zum Vorjahr	
Linac2	9	γ	0,8	0,4	
Linac3	3	n	21	0,7	
	3	γ	2,3	0,7	
DESY2/3	Lin1	4	n	1,0	0,6
	Synch	4	γ	0,4	1,5
		7	n	8,3	0,4
	Halle1	7	γ	0,6	0,3
		4	n	36	0,6
	Halle2	4	γ	13	1,0
		8	n	78	0,6
		8	γ	18	0,7
PETRA	Halle SO	6	n	12	0,6
	Werkstatt G11	6	γ	1,7	0,5
		4	n	4,1	0,5
	Halle O	4	γ	0,9	0,5
		5	n	2,3	0,5
	NO, NW, W, SW	5	γ	0,3	0,5
		10	n	0,9	0,7
		10	γ	0,2	0,7
DORIS	12	γ	1,2	1,1	
HERA	Halle O	8	n	0,5	0,4
		8	γ	0,4	1,3
	Halle S	13	n	0,4	0,4
		13	γ	0,2	1,0
	Halle W	14	n	5,1	
		14	γ	9,0	
	Halle N	15	n	0,6	0,3
		15	γ	0,3	0,8

Tabelle 3: Zusammenfassung und Tendenz der Ortsdosen 1998.

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 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.

Gegenüber dem Vorjahr sind keine nennenswerten Änderungen eingetreten.

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.

Beschleuniger	Anzahl Meßstellen	Anzahl Meßstellen im DL-Bereich:			DL-Bereich der 10 höchsten Meßstellen		Besondere Stellen
		≤1	1 bis ≤10	>10	μSv/h		
					μSv/h		μSv/h
Linac2, PIA	27	6	10	11	1200 bis 14	Konverter: 1700	
Linac3	9	9	0	0	0,2 bis 0,1		
DESY2	58	22	26	10	46 bis 11		
DESY3	54	6	26	22	1100 bis 41		
HERA	302	291	10	1	6,2 bis 1,3	Absorber: 40 ... 400	

Tabelle 4: Radioaktivität nach dem Öffnen der Beschleuniger am 21.12.98. DL = gemessene Dosisleistung.

Im Beschleunigerraum **Linac3** ist das Strahlungsniveau gering. An allen Stellen wird weniger als 1 μSv/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.

Im **HERA**-Tunnel findet man eine merkliche Restaktivität nur in der Nähe des Protonen-Absorbers und am Protonen-Einschuß. An allen übrigen Meßstellen liegt die Dosisleistung unter 0,5 μSv/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 μSv/h.

PETRA wurde am Ende der Betriebsperiode 1998 nicht ausgemessen, weil der Beschleunigerraum bis zum Beginn der neuen Periode nicht geöffnet wurde. Es gibt jedoch, wegen der Konstanz der Betriebsbedingungen, keinen Grund zur Annahme, daß gegenüber dem Vorjahr wesentliche Veränderungen eingetreten wären.

4.2 Kontamination

Zur Überwachung von staubförmigen Kontaminationen werden Wischproben genommen und ihre β-Aktivität in einer sehr empfindlichen Apparatur ausgemessen (die Nachweisgrenze der Apparatur beträgt 10 mBq/cm²). 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 1998 an insgesamt 12 Stellen je 5mal Wischproben genommen. Alle Meßergebnisse lagen unterhalb der Nachweisgrenze der Meßapparatur.

In Beschleunigerräumen wurden Ende 1998 wegen der nur kurzen Betriebsunterbrechung keine Messungen durchgeführt.

Der Grenzwert für eine zulässige Kontamination von Arbeitsplätzen in Kontrollbereichen beträgt 50 Bq/cm^2 ($= 50000 \text{ mBq/cm}^2$), in betrieblichen Überwachungsbereichen 5 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) reine β -Strahler. Deshalb wird zur Luftüberwachung nur die β -Aktivität gemessen und daraus die effektive Äquivalentdosis berechnet.²

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 $2,7 \text{ kBq/m}^3$. Dies ergibt eine Dosisleistung von ca. 3 nSv/h . Dabei traten kurzzeitig höhere Tagesmittelwerte bis maximal 13 nSv/h auf.

Die Luft wird nur in 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 $1,6 \text{ kBq/m}^3$. Aus diesem Mittelwert und der Luftabgabe von $6,75 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ergibt sich für 1998 eine Gesamtabgabe von etwa 10 GBq . Daraus kann man eine Submersionsdosis von weniger als $1 \mu\text{Sv/a}$ an der Geländegrenze abschätzen.

Gegenüber dem Vorjahr (Abgabe 1997 etwa 600 GBq) ist damit die Aktivitätsabgabe etwa um einen Faktor 60 kleiner geworden. Der Grund ist die gesteuerte Entlüftung des Linac2-Beschleunigerraums. Anstatt der kontinuierlichen Abgabe von Abluft (bis Ende 1997) wurde seit Anfang 1998 nur bei Bedarf und während einer Stunde in der Nacht zur Vermeidung von Korrosionsschäden gelüftet.

Bei **HERA** zirkuliert die Tunnelluft während des Beschleunigerbetriebs. Eine Abgabe an die Außenwelt erfolgt nicht. Dennoch wird der Abluftschacht hinsichtlich ausgeblasener Radioaktivität überwacht. Die Messungen ergaben Werte kleiner als 500 Bq/m^3 pro Tag (das ist die Nachweisgrenze der Anlage).

5.2 Wasser

Das zur **Versickerung** gelangende Wasser von Kühltürmen 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, das die Beschleunigerkomponenten unmittelbar durchfließt, vom Wasser, das zur Versickerung gelangt.

Die NaJ-Szintillationssonde hat 1998 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 unempfindlich, denn dieser Untergrund entspricht einer Konzentration von $3,7 \text{ Bq/l}$. Den Messungen waren gelegentlich kleine Spitzen überlagert (maximal ca. 1000 Pulse pro Minute; Dauer 0,5 bis 7 Stunden), die zeitlich mit Niederschlägen zusammenfielen und auf natürliche Radioaktivität im Regenwasser zurückzuführen sind.

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

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.

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 0,1 und 0,3 Bq/ℓ. 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. 100 mBq/ℓ abgesunken.³

Daraus ergibt sich, daß 1998 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 ins Siel wird die Aktivitätskonzentration der β -Strahler bestimmt. Im Jahresmittel wurden 2 Bq/ℓ gemessen. Die damit im Jahr 1998 abgegebene Aktivitätsmenge betrug etwa 70 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 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. Die Abbildungen 2 und 3 zeigen die Ergebnisse dieser Aktivitätsbestimmungen seit 1991.

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 der Meßsignale. Die Fehler der

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

Meßsignale sind relativ groß, da von dem Wert der Messung der Untergrund der Apparatur abgezogen wird, der dem Meßwert sehr nahe kommt.

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

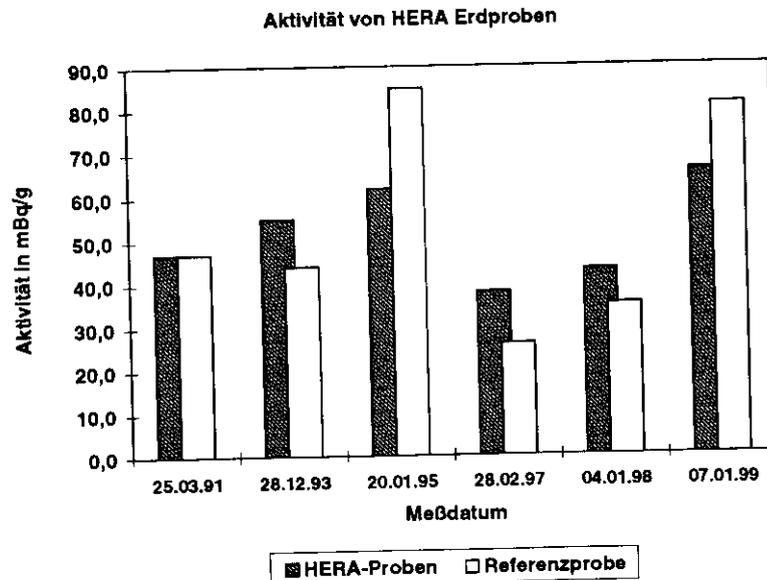


Abbildung 2: Untersuchung einer Erdprobe auf Radioaktivität. Die Probe wurde in der Nähe des HERA-Protonenabsorbers entnommen. Sie wird verglichen mit einer Referenzprobe, die 1991 an der gleichen Stelle entnommen wurde.

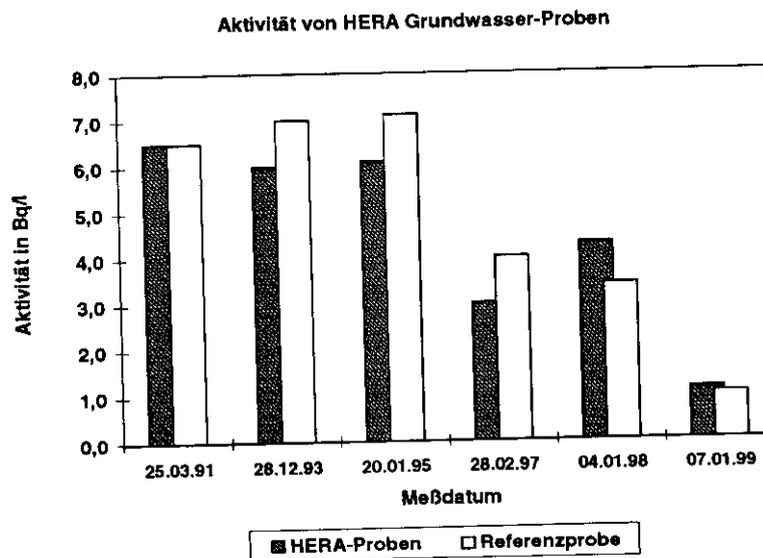


Abbildung 3: Untersuchung einer Wasserprobe auf Radioaktivität. Die Probe wurde in der Nähe des HERA-Protonenabsorbers entnommen. Sie wird verglichen mit einer Referenzprobe, die 1991 an der gleichen Stelle entnommen wurde.

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 Strahlungsmagneten 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 1998 sind zusammen mit den Dosissummen von 1991 bis 1998 (beide Jahre inklusive) in der Tabelle 6 aufgeführt.

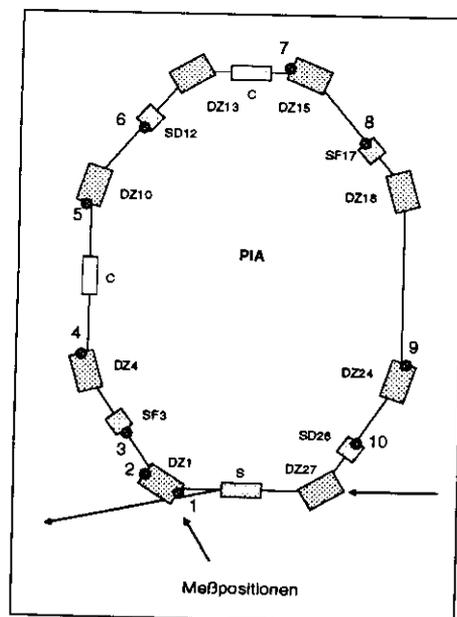


Abbildung 4: PIA, schematische Darstellung mit den Positionen der Dosimeter.

Meßposition		Dosen in Gy	
Nr.	Magnet	1998	Summe 1991-1998
1	DZ1-L	1,0E+07	2,7E+07
2	DZ1-R	2,2E+05	1,1E+06
3	SF3	7,5E+04	3,7E+05
4	DZ4	2,0E+04	1,9E+05
5	DZ10	6,0E+04	1,8E+06
6	SD12	4,4E+04	4,2E+05
7	DZ15	1,1E+04	1,6E+05
8	SF17	8,1E+02	8,5E+04
9	DZ24	1,2E+04	2,9E+05
10	SF26	1,5E+03	8,0E+05

Tabelle 6: PIA, Energiedosen und Summe der Energiedosen 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 Spulenden, 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 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 1998 sind in der Tabelle 7 aufgeführt. In der Tabelle 8 sind die Summen der Dosen aufgelistet, die in den Jahren 1991 bis 1998 (beide Jahre inklusive) aufgelaufen sind.

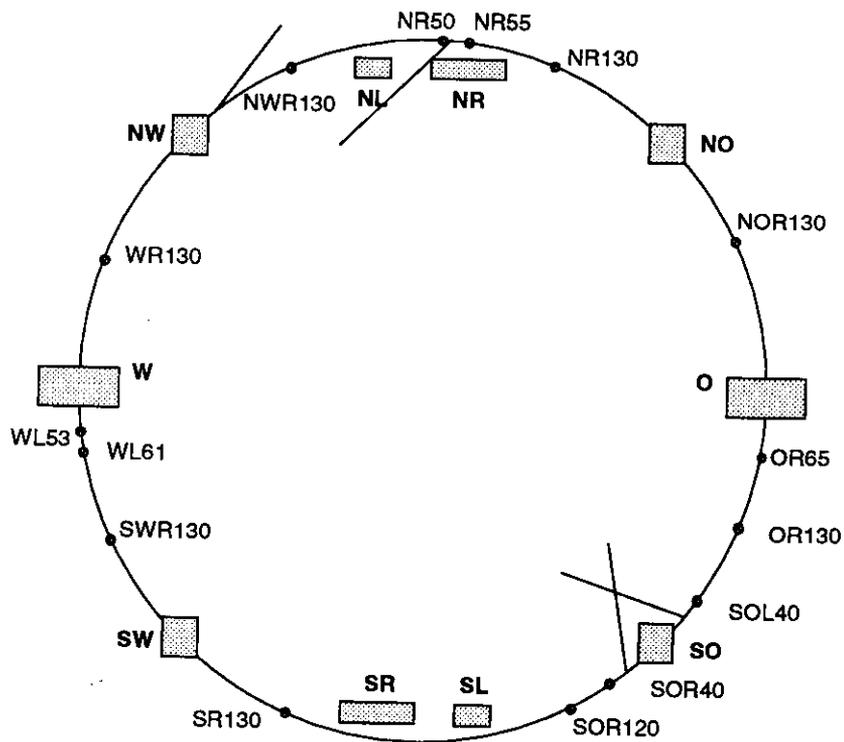


Abbildung 5: PETRA, Meßpositionen

1998		Meßpositionen			
Oktant	Komponente	Entgegen p-Strahl		Entgegen e-Strahl	
		rechts		links	
		innen	außen	innen	außen
NOR130	M13	7,7E+2	1,3E+4	8,7E+2	1,0E+3
NOR130	S13				2,9E+4
NR50	M5L	3,2E+6			
NR55	QH603	4,4E+5			
NR130	M10	1,3E+4	5,1E+3	9,0E+3	1,7E+3
NR130	S10				2,0E+4
NWR130	M13	8,5E+3	2,0E+3	1,4E+3	5,3E+3
NWR130	S13				2,9E+4
WR130	M10	3,2E+4	2,7E+3	1,2E+3	1,1E+3
WR130	S10				3,5E+4
WL53	Q9N	9,8E+4		4,2E+4	
WL61	Q0B	8,0E+3			
SWR130	M13	1,2E+5	1,2E+3	2,0E+3	2,6E+3
SWR130	S13				2,4E+4
SR130	M10	5,4E+4	1,8E+3	4,6E+3	6,1E+3
SR130	S10				3,0E+4
SOR40	M1			5,7E+3	6,5E+3
SOR120	M12	1,7E+4	1,9E+3	1,1E+4	1,7E+4
SOR120	S12				2,9E+4
SOL40	M1	4,3E+3	4,8E+3		
OR65	M1	1,5E+4	3,6E+5	7,9E+1	4,6E+1
OR130	M10	8,9E+3	2,2E+3	4,0E+3	4,9E+2
OR130	S10				2,5E+4

Tabelle 7: PETRA, Energiedosen in Gy, akkumuliert im Jahre 1998, an den Positionen der Abbildung 5. *Rechts, links, innen, außen* sind jeweils vom Ringzentrum aus gesehen.

Summe bis 1998		Meßposition			
Oktant	Komponente	Entgegen p-Strahl		Entgegen e-Strahl	
		rechts		links	
		innen	außen	innen	außen
NOR130	M13	7,3E+5	6,8E+6	5,1E+5	5,2E+6
NOR130	S13				6,4E+6
NR50	M5L	8,8E+6			
NR55	QH603	2,8E+6			
NR130	M10	1,3E+4	5,1E+3	9,0E+3	1,7E+3
NR130	S10				1,8E+7
NWR130	M13	8,5E+3	2,0E+3	1,4E+3	5,3E+3
NWR130	S13				2,8E+7
WR130	M10	6,6E+5	5,5E+6	7,7E+5	6,4E+6
WR130	S10				4,8E+6
WL53	Q9N	4,3E+5		3,8E+5	
WL61	Q0B	1,4E+6			
SWR130	M13	6,6E+5	2,0E+6	4,6E+5	2,2E+6
SWR130	S13				2,5E+6
SR130	M10	4,4E+5	2,2E+6	5,2E+5	3,6E+6
SR130	S10				4,3E+6
SOR40	M1			2,5E+5	7,7E+5
SOR120	M12	5,3E+5	1,8E+6	4,3E+5	4,3E+6
SOR120	S12				3,4E+6
SOL40	M1	3,8E+5	3,0E+6		
OR65	M1	3,5E+5	2,1E+6	2,5E+5	8,2E+5
OR130	M10	4,6E+5	2,3E+6	8,3E+5	6,0E+6
OR130	S10				5,2E+6

Tabelle 8: PETRA, Summe der Energiedosen in Gy der Jahre 1991 bis 1998 (beide Jahre inklusiv) 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".

6.3 HERA

In HERA gibt es sehr wenig 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 1998 sind zusammen mit den Dosissummen von 1993 bis 1998 (beide Jahre inklusive) in den Tabellen 9 bis 12 aufgeführt.

Meßposition		Dosen in Gy	
Nr.	Quadrupol- position	Summe 1993 - 1998	1998
1	WR106	2,3E+5	2,2E+5
2	WR228	7,0E+6	5,3E+4
3	WR240	2,3E+6	2,7E+3
4	WR287	1,0E+7	2,0E+6
5	WR334	2,4E+5	9,0E+3
6	WR451	7,9E+5	4,0E+4
7	WR557	2,6E+5	3,0E+4
8	WR663	2,1E+5	9,5E+3
9	WR768	1,8E+5	1,6E+4
10	NL710	2,5E+6	9,0E+3
11	NL604	5,9E+6	2,4E+4
12	NL498	2,2E+5	7,5E+4
13	NL392	1,2E+5	2,4E+4
14	NL298	9,3E+4	1,2E+4
15	NL204	8,3E+4	7,3E+3
16	NL115	3,8E+4	3,0E+3

Tabelle 9: 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 - 1998	1998
1	NR110	5,2E+4	2,8E+4
2	NR204	8,0E+4	1,6E+4
3	NR310	7,4E+5	2,2E+4
4	NR416	2,3E+7	3,2E+5
5	NR510	2,4E+5	1,8E+4
6	NR616	3,7E+5	2,5E+5
7	NR721	2,7E+5	4,2E+4
8	OL757	2,2E+5	3,0E+4
9	OL651	1,3E+5	2,2E+4
10	OL545	2,1E+5	1,0E+4
11	OL439	1,0E+5	2,4E+4
12	OL334	2,9E+5	1,0E+4
13	OL239	2,3E+5	1,2E+4
14	OL204	2,0E+5	2,0E+4
15	OL113	1,0E+5	3,0E+3

Tabelle 10: 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 - 1998	1998
1	OR113	4,1E+4	5,7E+2
2	OR204	5,7E+6	1,8E+4
3	OR310	3,0E+5	1,2E+5
4	OR416	6,2E+6	4,0E+4
5	OR510	7,7E+5	6,5E+5
6	OR616	2,2E+5	2,4E+4
7	OR721	1,2E+6	1,8E+4
8	SL757	1,3E+5	1,0E+4
9	SL651	8,8E+4	1,4E+4
10	SL545	1,5E+5	1,2E+4
11	SL439	1,3E+5	1,4E+4
12	SL334	1,5E+5	1,2E+4
13	SL239	1,6E+5	3,2E+4
14	SL204	6,9E+5	2,2E+4
15	SL113	7,3E+4	3,1E+1

Tabelle 11: 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 - 1998	1998
1	SR113	4,5E+5	3,9E+3
2	SR204	3,7E+5	3,6E+5
3	SR310	1,3E+5	3,9E+1
4	SR416	4,0E+6	2,4E+4
5	SR510	9,7E+5	5,0E+5
6	SR604	8,3E+7	6,5E+3
7	SR710	1,1E+6	5,0E+5
8	WL768	2,5E+5	2,6E+4
9	WL663	1,4E+5	1,0E+4
10	WL557	2,5E+5	9,5E+3
11	WL451	1,6E+5	2,8E+4
12	WL357	2,2E+5	2,0E+4
13	WL251	4,0E+5	2,4E+4
14	WL204	2,4E+5	1,2E+4
15	WL147	1,0E+5	1,2E+4
16	WL125	1,2E+5	9,4E+3
17	WL112	8,4E+5	9,5E+3
18	WL79	2,3E+4	2,7E+3

Tabelle 12: HERA, Energiedosen und Summe der Energiedosen (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 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

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)		0,21
22	Modulatorhalle, Wand zum Converter (K)		1,3
23	Modulatorhalle, Wand zur Werkstatt (K)		4,3
24	Modulatorhalle, Schrank, Gunteststand (K)		0,22
120	Im Keller unter dem Teststand (K)		0,20
121	Modulatorhalle, auf dem Teststand (K)		< 0,2
122	HF-Einspeisung auf Teststand (Sp)		0,41
123	Abschirmung Teststand, Gangseite (K)		0,34
124	Abschirmung Teststand, Strahlachse (K)		< 0,2
Linac3			
107	Betriebsraum, nahe DESY (K)	58	5,1
108	Betriebsraum, Kontrollraum (K)	2,1	1,1
109	Interlocktür rechts, 45 m ¹⁾	2,4	0,83
112	Quellenraum, Wand zum Beschleuniger, links (K)	1,2	1,5
113	Quellenraum, Wand neben Notschalter, hinten (K)	0,77	< 0,2
114	Quellenraum, Rückwand, Strahlhöhe (K)	1,3	< 0,2

Tabelle 13: 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	< 0,4	< 0,2
2	Radialkanal 8, Interlocktür (K)	2,9	1,1
3	SER, nahe Abschirmung zum Synchr. (K)	50	11
11	Linac 1, Laborraum, am Labortisch (K)	2,4	1,0
12	Linac 1, Pumpenraum (K)	0,62	< 0,2
13	Linac 1, Kontrollraum (K)	< 0,3	< 0,2
14	Linac 1, Modulatorraum (K)	0,76	< 0,2
	Bunker 1 (Geb.22)		
50	Gittertür zum Tunnel	< 0,5	0,35
	Bunker 2 (Geb.22a)		
60	An der Abschirmung zum Synchrotron (Sp)	3,4	0,67
61	Nahe zusätzlicher Abschirmmauer (K)	0,51	0,25
62	Kondensatorgarten bei Geb. 30c (K)	< 0,5	0,42

Tabelle 14: Jahresdosen des Bereichs DESY2/3

Pos.Nr.	Standort	Dosis in mSv	
		Neutronen	Gamma
Halle 1			
101	Kranluke (K)	18	4,2
102	Aussen, Ostseite, grüner Container (K)	100	37
103	Innen, Kragdecke, Ostseite (K)	26	11
104	Gebäude 20c, neben Aufenthaltsraum	1,3	< 0,2
Halle 2			
151	Strahl 22, in der Meßhütte	2,9	0,22
152	Strahl 24, in der Meßhütte	2,7	1,6
153	Kranluke (K)	67	9,6
154	Kragdecke Südseite (K)	430	100
155	Südseite der Halle 2, außen	93	23
156	Teststrahl 21, rechts, 3 m. ¹⁾	7,5	0,62
157	Teststrahl 22, rechts, 4 m.	9,0	0,80
158	Teststrahl 24/1, rechts, 4 m.	10	5,3

Tabelle 15: 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	12	1,9
801	Innen rechts, Interlocktür	15	0,70
802	Innen links, im Elektronikschrank (K)	9,0	1,8
803	Innen links, Wand zum P-Weg (K)	27	4,8
805	Aussen links, an der Abschirmmauer	3,1	< 0,2
806	Im Gashauss, rechts unten, Fußboden	4,3	1,0
Werkstatt G11 auf dem PETRA-Tunnel			
810	Auf Abschirmung, Fußboden, rechts (K)	11	2,4
811	Auf Abschirmung, Fußbodens, links (K)	2,7	0,56
812	Innen rechts, 1,5 m vom Zaun, Drehbank	2,0	0,27
813	Innen Mitte, 1,5 m vom Zaun, Richtbank	< 0,7	0,48
PETRA Halle Ost			
820	Gästehaus 15 A, außen	< 0,1	< 0,2
830	Übergang, Brüstung	5,9	0,53
831	Innen Mitte, Zaun vor der Interlocktür	2,3	< 0,2
832	Aussen Mitte, Tunnelwand	1,6	< 0,2
833	Innen rechts, Tunnelwand	1,4	< 0,2

Tabelle 16: Jahresdosen des Bereichs PETRA(I)

Pos.Nr.	Standort	Dosis in mSv	
		Neutronen	Gamma
	PETRA Halle Nord-Ost		
840	Übergang, Brüstung	0,56	< 0,2
841	Innen Mitte, am Ausgang	< 0,3	< 0,2
842	Aussen Mitte, Tunnelwand	< 0,1	< 0,2
	PETRA Hallen Nord		
850	NL, Interlocktür PR-Weg	< 0,2	< 0,2
852	NR, rechts am Gitter	< 0,2	< 0,2
	PETRA Halle Nord-West		
860	Übergang, Brüstung	0,62	< 0,2
861	Innen links, Interlocktür	0,72	< 0,2
862	Raum, innen, rechts, oben	< 0,2	< 0,2
	PETRA Halle West		
870	Übergang, Brüstung	1,4	0,37
871	Innen rechts, Interlocktür	0,68	< 0,2
872	Aussen Mitte, Abschirmmauer	0,36	< 0,2
	PETRA Halle Süd-West		
880	Übergang, Brüstung	1,2	< 0,2
881	Innen links, Interlocktür	2,4	< 0,2

Tabelle 17: Jahresdosen des Bereichs PETRA(II)

Pos.Nr.	Standort	Dosis in mSv	
		Neutronen	Gamma
890	Gebäude 11a (Warenwirtschaft)		
	Im Keller, nahe Tunnel an der Wand	1,7	0,34
700 701 702 703 704 705	HASYLAB 6	< 0,15	< 0,2
	Auf dem Schrank vor der Interlocktür		0,44
	Außen links, Hallenwand, neben dem Aufstieg		0,37
	Str 1/1, links, nahe Interlocktür an der Wand		0,23
	Str 1/1, links, 15m, Kontrollraum, Wand zum Strahl		0,32
	Str 1/2, links, 20m, Kontrollraum, Wand zum Strahl		0,65
705	Hallenwand, außen rechts, zum PETRA Tunnel		

Tabelle 18: Jahresdosen des Bereichs PETRA(III)

7.4 HERA

Pos.Nr.	Standort	Dosis in mSv	
		Neutronen	Gamma
	HERA Halle Nord		
926	Innen, Erdgeschoß , Exp.-Hütte innen, rechts	0,73	< 0,2
927	Innen, Erdgeschoß , Exp.-Hütte innen, links	1,4	< 0,2
929	Innen, Hüttendach, Geländermite	< 0,6	< 0,2
931	Innen, Myonenplattform, linke Galerieecke	0,64	0,22
932	Innen, Myonenplattform, rechte Galerieecke	< 0,7	0,34
935	Mitte, Detektorgalerie, unter schrägem Rohr	< 0,6	0,35
936	Mitte, Detektorgalerie, beim Ventil	< 0,7	0,50
938	Mitte, Elektronikplattform, Spalt im Eisen		< 0,2
940	Außen, Myonenplattform, linke Galerieecke	0,77	< 0,2
941	Außen, Myonenplattform, rechte Galerieecke	< 0,4	< 0,2
943	Außen, 3. Galerie, an der Wand		0,40
945	Außen, 1. Galerie, links an der Wand	< 0,5	< 0,2
946	Außen, 1. Galerie, rechts an der Wand	< 0,6	< 0,2
947	Außen, Erdgeschoß , Heliumplatte, Schrank	1,1	< 0,2
949	Mitte, Erdgeschoß, Durchgang	0,57	< 0,2

Tabelle 19: Jahresdosen des Bereichs HERA(I)

Pos.Nr.	Standort	Dosis in mSv	
		Neutronen	Gamma
	HERA Halle Ost		
950	Innen, 1. Galerie, rechts Interlocktür	0,74	< 0,2
951	Innen, 1. Galerie, links, Interlocktür	0,62	< 0,2
952	Außen, Mitte, untere Plattform	0,17	0,23
953	Außen, obere Plattform nahe Tunnel	0,41	0,35
954	Mitte, Durchgang	0,81	< 0,2
955	Außen, 1. Galerie, rechts auf der Kabelpritsche	0,25	< 0,2
956	Außen, 1. Galerie, links am Pfosten	0,35	< 0,2
957	Außen, Erdgeschoß links, HERMES-Raum	< 0,4	0,35
	HERA Halle Süd		
975	Innen, Erdgeschoß , rechts, Träger ZEUS-Joch	0,46	< 0,2
978	Innen, 1. Galerie links, Wand in der Hütte	0,36	< 0,2
980	Innen, Rucksack, mittlere Etage, unter der Decke	0,45	0,28
981	Innen, Rucksack, obere Etage, links	0,36	< 0,2
982	Innen, Rucksack, obere Etage, rechts	0,31	< 0,2
985	Innen, ZEUS-Balkon links	0,41	< 0,2
986	Innen, ZEUS-Balkon rechts	0,59	< 0,2
988	Mitte, Durchgang	0,67	< 0,2
990	Außen, Erdgeschoß , links am Geländer	0,69	< 0,2
991	Außen, Erdgeschoß , rechts am Geländer	0,32	< 0,2
992	Außen, 1. Galerie, rechtes Gitter	0,51	< 0,2
995	Außen, ZEUS-Balkon links	0,34	< 0,2
996	Außen, ZEUS-Balkon rechts	0,31	< 0,2

Tabelle 20: Jahresdosen des Bereichs HERA(II)

Pos.Nr.	Standort	Dosis in mSv	
		Neutronen	Gamma
	HERA Halle West		
906	Raum 601, auf dem Schrank	0,95	0,44
907	Raum 610, links auf dem Luftkanal	1,2	0,49
908	HF-Halle, 6.Stock, hinter den Klystrons	13	1,5
910	Innen, 1.Galerie, Mitte, Vermessungskonsole	5,9	3,5
911	Innen, 1.Galerie, links am Gitter	4,1	0,87
912	Innen, 1.Galerie, rechts neben Interlocktür	5,5	0,39
913	Elektronikwagen, 1. Stock, innen, Mitte	3,0	0,38
914	Elektronikwagen, 2. Stock, außen, links (K)	5,8	0,47
915	Elektronikwagen, 3. Stock, innen, rechts (K)	17	0,88
917	Kontrollraum Zi.201, hinten rechts	9,3	0,69
919	Kontrollraum 4. Stock	2,0	0,93
920	Kontrollraum 5. Stock	1,2	0,59
921	HF-Halle 6.Stock, am Rohr für Laserstrahl	1,0	0,35
922	Computerraum Zi.301, hinten rechts	1,0	0,61
	Oberhalb des HERA Tunnels		
923	Laborgebäude 1 D, Keller, Verbindungsgang	0,81	0,30
924	Anbau Halle 1 (IKR-Werkstatt)	< 0,4	0,42
595	Sylvesterallee, Zaun am Schwimmbad	< 0,1	< 0,2
596	Sylvesterallee, am Parkplatz	< 0,1	< 0,2
597	Hellgrundweg, Nordseite	< 0,1	< 0,2

Tabelle 21: 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		0,20
302	Hallenmitte, Wand zur Versorgungshalle		< 0,2
303	An der Interlocktür Südseite		< 0,2
304	HF-Keller 3, neben der Interlocktür (K)		0,44
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)		1,8
308	HF-Keller 1, unter der 2. Deckenöffnung (K)	< 0,6	0,80
309	HF-Keller 1, Kabeldurchführung (K)		0,54
310	HF-Keller 2, unter der 1. Deckenöffnung (K)	< 0,3	< 0,2
311	HF-Keller 2, unter der 2. Deckenöffnung (K)		9,4
312	HF-Keller 2, Kabeldurchführung (K)		0,22
HASYLAB1			
320	W2, links, Strahlhöhe, 0 m, an der Absch.wand ¹⁾	0,93	< 0,2
321	W2, rechts, Strahlhöhe, 0 m, an der Absch.wand	0,75	0,36
322	W2, rechts, Strahlhöhe, 15 m, an der Bleiabsch.	< 0,3	< 0,2
410	W2, links, Strahlhöhe, 3m, an der Bleiabsch.		0,48
411	W2, rechts, Strahlhöhe, 3m, an der Bleiabsch.		0,40
412	W2, links, 10m, an der Abschirmwand außen		0,30

Tabelle 22: Jahresdosen des Bereichs DORIS und HASYLAB1

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

Pos.Nr.	Standort	Dosis in mSv	
		Neutronen	Gamma
HASYLAB2 und 2A			
420	X, im Arbeitsraum, am Fenster		0,20
421	X, im Meßraum am Pfeiler neben der Treppe		0,19
425	X2, Container, auf der DORIS-Abschirmung		0,24
HASYLAB 3			
340	W1, links, 7 m, Abschirmung ¹⁾	0,80	< 0,2
350	B1, links, 10 m, am Strahlende	< 0,1	< 0,2
430	W1, oben, 10 m, Abschirmung unter dem Strahlrohr		0,38
431	W1, rechts, 15 m, an der Gebietsabschirmung		0,23
432	C1, oben, 3 m, Bühne an der Abschirmung		0,37
433	C1, rechts, 18 m, am Strahlende		0,33
434	D1, links, 1 m, an der Interlocktür		0,33
435	D1, links, 12 m, am Geländer der Zwischenplattform		0,25
436	D4, rechts, 6 m, an der Gebietsabschirmung		0,78
437	D3, rechts, 3 m, außen neben Beamstop		0,26
440	E1, links, 6 m, am Drahtzaun		0,23
441	E2, links, 14 m, am Drahtzaun		0,43
442	F4, rechts, 6 m, am T-Träger der ob. Plattform		0,20
443	F2, oben, 7 m, am 1. grünen Gestell		0,83
445	G1, links, 0 m, an der DORIS-Abschirmwand		0,79
446	G2, links, 7 m, an der Interlocktür		0,88
447	I, rechts, 4 m, außen an der Meßhütte		0,46
448	I, rechts, 2 m, an der Spiegelkammer in Strahlhöhe		0,39

Tabelle 23: Jahresdosen des Bereichs HASYLAB2 und 3

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	< 0,1	< 0,2
395	BW2, oben, 12 m, auf der Abschirmung (K)	1,0	0,34
450	BW1, links, 3 m, Abschirmmauer Strahlhöhe ¹⁾		0,65
451	BW1, links, 7 m, oben am Geländer		0,66
452	BW1, rechts, 12 m, am Geländer über Absch.		0,91
453	BW1, oben, 2 m, auf der Abschirmung (K)		0,58
454	BW1, links, 5 m, neben der Interlocktür		0,61
455	BW1, links, 12 m, am Elektronikschrank		0,46
456	BW1, rechts, 15 m, am Geländer vor dem Fenster		0,51
460	BW2, links, 15 m, am Pfeiler, Interlocktür		0,44
461	BW3, links, 10 m, an der Abschirmung		0,31
462	BW4, links, 5 m, an der Interlocktür		0,64
HASYLAB5			
470	BW4, links, 2,5 m, Ende Hütte (ab 6.6.98)		< 0,1
471	BW5, links, 10 m, neben der Interlocktür		1,1
472	BW6, links, 10 m, an der Abschirmwand		0,39
473	BW6/NG1, links, 18 m, an der Abschirmung		0,42
474	BW6, Mitte, 25 m, direkt am Strahlende		0,36
475	BW7, links, 20 m, am Strahlende		0,48
480	K/NG3, links, 5 m, an der Interlocktür		0,56
481	K/NG3, links, 6 m, an der Abschirmung		0,49
482	HG1-K, links, 6 m, an der Interlocktür		0,47
483	NG2-K, links, 7 m, an der Abschirmwand		0,38
484	NG3-K, rechts, 7 m, neben der Interlocktür		0,76
485	NG3-K, rechts, 10 m, an der Abschirmwand		0,46
490	L, links, 4 m, an der Abschirmwand		0,36
491	L, links, 10 m, an der Abschirmwand		0,54
492	L, links, 12 m, am Strahlende		0,45
493	L, rechts, 8 m, an der Abschirmwand		0,49

Tabelle 24: Jahresdosen der Bereiche HASYLAB4 und 5

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

7.6 TESLA-TF, S-Band-Linac

Pos.Nr.	Standort	Dosis in mSv	
		Neutronen	Gamma
	TESLA-TF		
250	Gang zwischen Hallenwand und Tunnel (K)	0,35	< 0,1
251	ZZ - Tür		0,29
252	Tür zum Injektor		< 0,1
253	Horizontaler Teststand		0,30
254	Vertikaler Teststand		0,28
255	Kontrollraum		< 0,2
256	Absorber, Wasservorlauf		0,19
257	Absorber, Kathionentauscher		0,12
260	Ecke am Zugangslabyrinth (ZZ)	0,78	< 0,1
261	Ecke am Kryobau	0,24	0,29
	S-Band Linac		
200	Tür am Gun		1,0
201	Modulator Schrank		1,0
202	Zwischen den kleinen Klystrons		1,2
203	Hintere Tür		0,82

Tabelle 25: Jahresdosen der Bereiche TESLA-TF und S-Band Linac

7.7 Geländegrenzen und Außenpositionen

Pos.Nr.	Standort	Dosis in mSv	
		Neutronen	Gamma
Geländegrenze			
511	Am Zaun nahe PETRA Halle SO	0,37	< 0,2
521	Eingang Notkestieg	< 0,1	0,21
522	Gästehaus 1	< 0,1	< 0,2
531	Bei der Halle Süd-West	< 0,1	< 0,2
551	Halle Nord-West, zur Tennishalle	< 0,1	< 0,2
552	Halle Nord-West, zum Blomkamp	< 0,1	< 0,2
562	Halle Nord, auf dem Wall	< 0,1	< 0,2
571	Halle Nord-Ost, am Zaun	< 0,1	< 0,2
580	2. Institut, an einem Verkehrsschild	< 0,1	< 0,2
581	Zwischen Zyklotron und 2. Institut	< 0,1	< 0,2
582	Eingang Luruper Chaussee	< 0,1	< 0,2
Außenpositionen			
591	HH - Altona 1	< 0,1	< 0,2
592	HH - Altona 2	< 0,1	< 0,2
593	HH - Altona 3	< 0,1	< 0,2
595	HERA, Sylvesterallee, Zaun am Schwimmbad	< 0,1	< 0,2
596	HERA, Sylvesterallee, am Parkplatz	< 0,1	< 0,2
597	HERA, Hellgrundweg, Nordseite	< 0,1	< 0,2

Tabelle 26: Jahresdosen an den Betriebsgrenzen und an Außenstellen.

