

3. Ergebnisse

Die Durchleuchtungszeit betrug bei den ersten 15 Interventionen ohne Dauerschutzeinrichtung, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuh $80,81 \pm 70,74$ Minuten und bei den weiteren 15 Interventionen, die mit den zusätzlichen Strahlenschutzmaßnahmen durchgeführt wurden, $72,14 \pm 61,51$ Minuten. Das Dosis-Flächen-Produkt (DFP) betrug $460,9 \pm 297,2$ bzw. $417,5 \pm 266,9$ Gy cm^2 .

Bei den Interventionen ohne Schutzmaßnahmen und Position des Sonographeurs an der linken Patientenseite betrug die Durchleuchtungszeit $68,36 \pm 58,07$ Minuten und Position des Sonographeurs an der rechten Patientenseite $95,04 \pm 80,55$ Minuten. Das DFP betrug $465,1 \pm 268,5$ bzw. $456,0 \pm 326,7$ Gy cm^2 .

Bei den Interventionen mit Schutzmaßnahmen und Position des Sonographeurs an der linken Patientenseite betrug die Durchleuchtungszeit $60,46 \pm 42,70$ Minuten und Position des Sonographeurs an der rechten Patientenseite $83,84 \pm 73,68$ Minuten. Das DFP betrug $345,8 \pm 192,3$ bzw. $495,5 \pm 311,9$ Gy cm^2 .

3.1. Dosiswerte beim Interventionalisten ohne Bleiglasscheibe und Schilddrüsenschutz

Die höchste Oberflächendosis beim Interventionalisten wurde an der rechten Tibia gemessen, gefolgt von den Dosen an den ebenfalls ungeschützten Körperregionen der linken Tibia, der Hand, Schilddrüse und Augen. Damit war die Teilkörperdosis am höchsten für die Knochenoberfläche und aufgrund der im Kapitel „Material und Methode“ beschriebenen Abschätzungen auch für das rote Knochenmark, den Muskel und die Haut sowie für den Unterschenkel, Fuß und Knöchel. Relativ hohe Werte für die Teilkörperdosis fanden sich auch an den Körperregionen Unterarm und Gehirn, während die durch die Bleischürze geschützten Körperregionen Dosen von maximal 0,06 mSv aufwiesen. Es waren Seitendifferenzen in den Dosen zu verzeichnen. Die Dosiswerte an der Linse und Schilddrüse waren rechts höher als links, während der für die Hand links höher war als rechts (Tab. 1).

Aus den Abschätzungen für die Organdosen ergab sich für die effektive Dosis des Interventionalisten ein Wert von $0,23 \pm 0,16$ mSv (Tab. 2). In Anbetracht der im §31a RöV aufgeführten Dosisgrenzwerte errechnete sich eine maximal zulässige Anzahl an TIPS von 12 pro Jahr, da ansonsten der Grenzwert für das rote Knochenmark erreicht werden würde (Tab. 3). Die Teilkörperdosis des Muskels ließ mit einer maximalen Anzahl von 38 pro Jahr eine relativ geringe Anzahl an TIPS zu. Die Teilkörperdosis der Linse, der Knochenoberfläche, der Haut, der Füße und der Knöchel sowie des Gehirns und die effektive Dosis ließen mit 76 bis 230, d.h. mehr als 1 und bis fast 5 TIPS pro Woche schon eine größere Anzahl dieser Intervention zu. Aus der Teilkörperdosis der Schilddrüse, Hand, des Unterarms und Gehirns errechnete sich eine maximal zulässige Anzahl an TIPS zwischen 250 und 750 pro Jahr. Bei den durch Bleischürze geschützten Körperregionen betrug die maximal zulässige Anzahl pro Jahr zum Teil weit über 750. Für eine Interventionalistin im gebärfähigen Alter würde der Grenzwert für die Uterusdosis die Zahl an TIPS auf 33 im Monat und für die schwangere Radiologin würde der Grenzwert für das ungeborene Kind die Zahl an TIPS auf 16 ab Mitteilung bis Ende der Schwangerschaft beschränken (Tab. 4).

3.2. Dosiswerte bei der Assistentin ohne Bleiglasscheibe und Schilddrüsenschutz

Die höchste Oberflächendosis bei der Assistentin wurde an der rechten Tibia gemessen, gefolgt von den Dosen an den ebenfalls ungeschützten Körperregionen der linken Tibia, der Schilddrüse, Augen und Hand. Damit war die Teilkörperdosis analog zum Interventionalisten auch bei der Assistentin am höchsten für die Knochenoberfläche, das rote Knochenmark, den Muskel und die Haut sowie für den Unterschenkel, den Fuß und den Knöchel. Für die Teilkörperdosis des Unterarms und des Gehirns ergaben sich Werte oberhalb von 0,5 mSv, während die durch die Bleischürze geschützten Organe und Körperteile niedrige Werte für die Teilkörperdosis in der Nähe der Nachweisgrenze von 0,01 mSv aufwiesen. Die Dosis für die Linse, Hand und den Unterschenkel war rechts höher als links. Die Dosis für die Schilddrüse war rechts etwas höher als links (Tab. 5).

Aus den Abschätzungen für die Organdosen ergab sich für die effektive Dosis der Assistentin ein Wert von $0,17 \pm 0,14$ mSv (Tab. 6). In Anbetracht der im §31a RöV aufgeführten Dosisgrenzwerte errechnete sich eine maximal zulässige Anzahl an TIPS von 18 pro Jahr, da ansonsten der Grenzwert für das rote Knochenmark erreicht werden würde (Tab. 7). Die Teilkörperdosis der Knochenoberfläche, der Haut, des Muskels, der Füße und der Knöchel und die effektive Dosis ließen mit einer maximalen Anzahl von 79 bis 181 pro Jahr schon eine größere Anzahl dieser Intervention zu. Aus der Teilkörperdosis der Linse, Schilddrüse und des Gehirns errechnete sich eine maximal zulässige Anzahl an TIPS zwischen 250 und 750 pro Jahr. Bei den durch Bleischürze geschützten Körperregionen und der Hand betrug die maximal zulässige Anzahl pro Jahr weit über 750. Für eine Assistentin im gebärfähigen Alter würde der Grenzwert für die Uterusdosis die Zahl an TIPS auf 40 im Monat und für die schwangere Assistentin würde der Grenzwert für das ungeborene Kind die Zahl an TIPS auf 20 ab Mitteilung bis Ende der Schwangerschaft beschränken (Tab. 8).

3.3. Dosiswerte beim Sonographeur an der linken Patientenseite ohne Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuh

Die höchste Oberflächendosis beim Sonographeur, der an der linken Patientenseite stand, wurde an der linken Tibia gemessen, gefolgt von den Dosen an den ebenfalls ungeschützten Körperregionen der rechten Tibia, der Hand, Schilddrüse und Augen. Damit war die Teilkörperdosis analog zum Interventionalisten und der Assistentin auch beim Sonographeur am höchsten für die Knochenoberfläche, das rote Knochenmark, den Muskel und die Haut sowie für den Unterschenkel, den Fuß und den Knöchel. Für die Teilkörperdosis des Unterarms und des Gehirns ergaben sich Werte von 0,33 mSv bzw. 0,07 mSv, während die durch die Bleischürze geschützten Organe und Körperteile Dosiswerte unterhalb der Dosisnachweisgrenze von 0,01 mSv aufwiesen. Die Dosis für die Linse und den Unterschenkel war links höher als rechts. Die Dosis für die Schilddrüse war beidseits etwa gleich (Tab. 9).

Aus den Abschätzungen für die Organdosen ergab sich für die effektive Dosis des Sonographeurs ein Wert von $0,03 \pm 0,02$ mSv (Tab. 10). In Anbetracht der im §31a

RöV aufgeführten Dosisgrenzwerte errechnete sich eine maximal zulässige Anzahl an TIPS von 62 pro Jahr, da ansonsten der Grenzwert für das rote Knochenmark erreicht werden würde (Tab. 11). Auch die Teilkörperdosis des Muskels ließ mit einer maximalen Anzahl von 187 pro Jahr schon eine größere Anzahl dieser Intervention zu. Aus der Teilkörperdosis der Knochenoberfläche, der Haut, der Füße und der Knöchel und die effektive Dosis errechnete sich eine Anzahl an TIPS zwischen 250 und 750 pro Jahr. Bei den durch Bleischürze geschützten Körperregionen und der Hand betrug die maximal zulässige Anzahl pro Jahr weit über 750. Für eine Sonographeurin im gebärfähigen Alter würde der Grenzwert für die Uterusdosis die Zahl an TIPS auf mehr als 200 im Monat und für die schwangere Sonographeurin würde der Grenzwert für das ungeborene Kind die Zahl an TIPS auf über 100 ab Mitteilung bis Ende der Schwangerschaft beschränken (Tab. 12).

3.4. Dosiswerte beim Sonographeur an der rechten Patientenseite ohne Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuh

Die höchste Oberflächendosis beim Sonographeur, der an der rechten Patientenseite stand, wurde an der rechten Tibia gemessen, gefolgt von den Dosen an den ebenfalls ungeschützten Körperregionen der linken Tibia, der Hand, Schilddrüse und Augen. Damit war die Teilkörperdosis analog zum Interventionalisten und der Assistentin auch beim Sonographeur am höchsten für die Knochenoberfläche, das rote Knochenmark, den Muskel und die Haut sowie für den Unterschenkel, den Fuß und den Knöchel. Für die Teilkörperdosis des Unterarms und des Gehirns ergaben sich Werte von 0,34 mSv bzw. 0,19 mSv, während die durch die Bleischürze geschützten Organe und Körperteile Dosiswerte in der Nähe der Dosisnachweisgrenze von 0,01 mSv aufwiesen. Die Dosis für die Linse, Hand und den Unterschenkel war rechts höher als links. Die Dosis für die Schilddrüse war beidseits etwa gleich (Tab. 13).

Aus den Abschätzungen für die Organdosen ergab sich für die effektive Dosis des Sonographeurs ein Wert von $0,08 \pm 0,06$ mSv (Tab. 14). In Anbetracht der im §31a RöV aufgeführten Dosisgrenzwerte errechnete sich eine maximal zulässige Anzahl an TIPS von 32 pro Jahr, da ansonsten der Grenzwert für das rote Knochenmark erreicht werden

würde (Tab. 15). Die Teilkörperdosis der Knochenoberfläche und des Muskels und die effektive Dosis ließen mit einer maximalen Anzahl von 97 bis 250 pro Jahr schon eine größere Anzahl dieser Intervention zu. Aus der Teilkörperdosis der Haut, der Füße und der Knöchel errechnete sich eine Anzahl an TIPS zwischen 250 und 750 pro Jahr. Bei der Linse, der Hand und des Gehirns betrug die maximal zulässige Anzahl pro Jahr über 750 und bei den durch Bleischürze geschützten Körperregionen weit über 750. Für eine Sonographeurin im gebärfähigen Alter würde der Grenzwert für die Uterusdosis die Zahl an TIPS auf mehr als 100 im Monat und für die schwangere Sonographeurin würde der Grenzwert für das ungeborene Kind die Zahl an TIPS auf über 50 ab Mitteilung bis Ende der Schwangerschaft beschränken (Tab. 16).

3.5. Dosiswerte beim Interventionalisten mit Bleiglasscheibe und Schilddrüsenschutz

Die höchste Oberflächendosis beim Interventionalisten wurde an der rechten Tibia gemessen, gefolgt von den Dosen an der ebenfalls ungeschützten linken Tibia und von den Dosen der Hand und der Augen. Damit war die Teilkörperdosis am höchsten für die Knochenoberfläche und aufgrund der im Kapitel „Material und Methode“ beschriebenen Abschätzungen auch für das rote Knochenmark, den Muskel und die Haut sowie für den Unterschenkel, Fuß und Knöchel. Relativ hohe Werte für die Teilkörperdosis fanden sich auch an den Körperregionen Unterarm und Gehirn, während die durch den Schilddrüsenschutz geschützte Schilddrüse eine Dosis von 0,08 mSv und die anderen ebenfalls geschützten Körperregionen Dosen von maximal 0,05 mSv aufwiesen. Es waren Seitendifferenzen in den Dosen zu verzeichnen. Die Dosiswerte an der Tibia und Linse waren rechts höher als links, während der für die Hand links höher war als rechts (Tab. 17).

Aus den Abschätzungen für die Organdosen ergab sich für die effektive Dosis des Interventionalisten ein Wert von $0,15 \pm 0,10$ mSv (Tab. 18). In Anbetracht der im §31a RöV aufgeführten Dosisgrenzwerte errechnete sich eine maximal zulässige Anzahl an TIPS von 15 pro Jahr, da ansonsten der Grenzwert für das rote Knochenmark erreicht werden würde (Tab. 19). Auch die Teilkörperdosis des Muskels ließ mit einer maximal zulässigen

Anzahl von 46 pro Jahr nur eine relativ geringe Anzahl an TIPS zu. Die Teilkörperdosis der Knochenoberfläche, der Haut, Füsse und Knöchel und die effektive Dosis ließen mit 92 bis 154, d.h. mehr als 1 und bis 3 TIPS pro Woche schon eine größere Anzahl dieser Intervention pro Jahr zu. Aus der Teilkörperdosis der Linse, Hand, des Unterarms und Gehirns errechnete sich eine Anzahl an TIPS zwischen 250 und 750 pro Jahr. Bei den durch Bleischürze oder Schilddrüsenschutz geschützten Körperregionen betrug die maximal zulässige Anzahl pro Jahr weit über 750. Für eine Radiologin im gebärfähigen Alter würde der Grenzwert für die Uterusdosis die Zahl an TIPS auf 40 im Monat und für die schwangere Radiologin würde der Grenzwert für das ungeborene Kind die Zahl an TIPS auf 20 ab Mitteilung bis Ende der Schwangerschaft beschränken (Tab. 20).

Im Vergleich zur Situation ohne die Bleiglasscheibe und den Schilddrüsenschutz war weiterhin der Dosisgrenzwert für das rote Knochenmark für die maximal zulässige Anzahl an TIPS am stärksten limitierend und erlaubte kaum höhere Anzahl an TIPS pro Jahr (12 ohne versus 15 mit Schutz), während die effektive Dosis wesentlich höhere Anzahl an TIPS erlauben würde (86 ohne versus 133 mit Schutz).

3.6. Dosiswerte bei der Assistentin mit Bleiglasscheibe und Schilddrüsenschutz

Die höchste Oberflächendosis bei der Assistentin wurde an der rechten Tibia gemessen, gefolgt von den Dosen an der ebenfalls ungeschützten linken Tibia und von den Dosen der Hand und der Linse. Damit war die Teilkörperdosis analog zum Interventionalisten auch bei der Assistentin am höchsten für die Knochenoberfläche, das rote Knochenmark, den Muskel und die Haut sowie für den Unterschenkel, den Fuß und den Knöchel. Für die Teilkörperdosis des Unterarms und des Gehirns ergaben sich Werte oberhalb von 0,36 mSv bzw. 0,29 mSv, während die durch die Bleischürze bzw. den Schilddrüsenschutz geschützten Organe und Körperteile niedrige Werte für die Teilkörperdosis in der Nähe der Nachweisgrenze von 0,01 mSv aufwiesen. Die Dosis für die Linse, die Hand und den Unterschenkel war rechts höher als links. An der Dosis für die Schilddrüse war keine Asymmetrie eindeutig erkennbar (Tab. 21).

Aus den Abschätzungen für die Organdosen ergab sich für die effektive Dosis der Assistentin ein Wert von $0,10 \pm 0,08$ mSv (Tab. 22). In Anbetracht der im §31a RöV aufgeführten Dosisgrenzwerte errechnete sich eine maximal zulässige Anzahl an TIPS von 21 pro Jahr, da ansonsten der Grenzwert für das rote Knochenmark erreicht werden würde (Tab. 23). Die Teilkörperdosis des Muskels ließ eine maximale Anzahl von 65 pro Jahr zu. Auch die Teilkörperdosis der Knochenoberfläche, der Haut, der Füße und der Knöchel sowie die effektive Dosis ließen mit 131 bis 219, d.h. mehr als 1 und bis 5 TIPS pro Woche schon eine größere Anzahl dieser Intervention pro Jahr zu. Aus der Teilkörperdosis der Linse und des Gehirns ließ sich eine maximal zulässige Anzahl an TIPS von 517 pro Jahr errechnen. Bei den durch Bleischürze oder Schilddrüsenschutz geschützten Körperregionen betrug die maximal zulässige Anzahl pro Jahr weit über 750. Für eine Assistentin im gebärfähigen Alter würde der Grenzwert für die Uterusdosis die Zahl an TIPS auf 50 TIPS im Monat und für die schwangere Assistentin würde der Grenzwert für das ungeborene Kind die Zahl an TIPS auf 25 ab Mitteilung bis Ende der Schwangerschaft beschränken (Tab. 24).

Im Vergleich zur Situation ohne die Bleiglasscheibe und den Schilddrüsenschutz war weiterhin der Dosisgrenzwert für das rote Knochenmark für die maximal zulässige Anzahl an TIPS am stärksten limitierend und erlaubte kaum höhere Anzahl an TIPS pro Jahr (18 ohne versus 21 mit Schutz), während die effektive Dosis wesentlich höhere Anzahl an TIPS erlauben würde (117 ohne versus 200 mit Schutz).

3.7. Dosiswerte beim Sonographeur an der linken Patientenseite mit Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuh

Anders als beim Sonographeur ohne Unterkörperschutz, beim Interventionalisten oder bei der Assistentin wurde die höchste Oberflächendosis beim Sonographeur, der an der linken Patientenseite und neben dem Unterkörperschutz stand, an der linken Hand gemessen und nicht an der Tibia. Die linke Hand war durch Bleihandschuh geschützt. Die zweithöchste Oberflächendosis wurde an der rechten Hand, die keinen Bleihandschuh trug, gemessen. Die Oberflächendosen an der Augenbraue und dem Unterschenkel waren 0,03 bis 0,05 mSv, also nahe der Nachweisgrenze von 0,01 mSv. Die unterhalb

der Bleischürze und des Schilddrüsenschutzes gemessenen Dosen lagen unterhalb dieser Nachweisgrenze (Tab. 25).

Aus den Abschätzungen für die Organdosen ergab sich für die effektive Dosis des Sonographeurs ein Wert kleiner als 0,01 mSv (Tab. 26). In Anbetracht der im §31a RöV aufgeführten Dosisgrenzwerte errechnete sich eine maximal zulässige Anzahl an TIPS von deutlich über 750 pro Jahr (Tab. 27). Dabei würde der Grenzwert für das rote Knochenmark durch 1000 TIPS pro Jahr erreicht werden. Für eine Sonographeurin im gebärfähigen Alter würde der Grenzwert für die Uterusdosis die Zahl an TIPS auf mehr als 200 im Monat und für die schwangere Radiologin würde der Grenzwert für das ungeborene Kind die Zahl an TIPS auf über 100 ab Mitteilung bis Ende der Schwangerschaft beschränken (Tab. 28).

Im Vergleich zur Situation ohne Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuh würden die aus der gemessenen Dosis am Unterschenkel abgeleiteten Teilkörperdosen am roten Knochenmark, an der Knochenoberfläche, am Muskel, Fuss und Knöchel sowie an der Haut eine sehr hohe Anzahl an TIPS pro Jahr ermöglichen (für das rote Knochenmark 62 ohne versus 1000 mit Unterkörperschutz).

3.8. Dosiswerte beim Sonographeur an der rechten Patientenseite mit Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuh

Anders als beim Sonographeur ohne Unterkörperschutz, beim Interventionalisten oder bei der Assistentin wurde die höchste Oberflächendosis beim Sonographeur, der an der rechten Patientenseite und neben dem Unterkörperschutz stand, an der linken Hand gemessen und nicht an der Tibia, gefolgt von den Dosiswerten an der rechten Augenbraue, der rechten Tibia und der rechten mit Bleihandschuh geschützten Hand. Die Dosiswerte an Körperregionen, die durch Bleischürze oder Schilddrüsenschutz geschützt waren, lagen um 0,02 bzw. 0,04 mSv (Tab. 29).

Aus den Abschätzungen für die Organdosen ergab sich für die effektive Dosis des Sonographeurs ein Wert von 0,03 mSv (Tab. 30). In Anbetracht der im §31a RöV

aufgeführten Dosisgrenzwerte errechnete sich eine maximal zulässige Anzahl an TIPS von 312 pro Jahr, da ansonsten der Grenzwert für das rote Knochenmark überschritten werden würde (Tab. 31). Die effektive Dosis und die Teilkörperdosen der Augenlinse und des Gehirns erlaubten 666 bis 750 TIPS pro Jahr. Alle anderen gemessenen Teilkörperdosen würden deutlich mehr als 750 TIPS pro Jahr erlauben. Für eine Sonographeurin im gebärfähigen Alter würde der Grenzwert für die Uterusdosis die Zahl an TIPS auf mehr als 100 im Monat und für die schwangere Sonographeurin würde der Grenzwert für das ungeborene Kind die Zahl an TIPS auf 50 ab Mitteilung bis Ende der Schwangerschaft beschränken (Tab. 32).

Im Vergleich zur Situation ohne Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuh würden die aus der gemessenen Dosis am Unterschenkel abgeleiteten Teilkörperdosen am roten Knochenmark, an der Knochenoberfläche, am Muskel, Fuss und Knöchel sowie an der Haut wesentlich höhere Anzahl an TIPS pro Jahr ermöglichen (für das rote Knochenmark 32 ohne versus 312 mit Unterkörperschutz). Auch die effektive Dosis würde 10-fach höhere Anzahl von TIPS zulassen (250 ohne versus 2500 mit Schutz).

3.9. Stochastisches Risiko

Ohne den Schilddrüsen- und Unterkörperschutz, die Bleiglasscheibe und den Bleihandschuh lag das Risiko für das Auftreten eines tödlich endenden Krebses in der Größenordnung von 10^{-6} bei einer einzelnen Intervention. Diese Größenordnung galt sowohl für den Interventionalisten als auch die Assistentin und den Sonographeur. Das Risiko für das Auftreten eines letal endenden Schilddrüsen- und Brustkrebses lag in der Größenordnung von 10^{-7} bis 10^{-8} .

Mit Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe für den Interventionalisten wurde für das Risiko für einen letal endenden Krebs rein rechnerisch im Durchschnitt ein um 35% geringerer Wert ($9,2 \times 10^{-6}$ vs. $6,0 \times 10^{-6}$) ermittelt. Das ermittelte Risiko für die Assistentin war um 41% ($6,8 \times 10^{-6}$ vs. $4,0 \times 10^{-6}$) niedriger.

Mit Bleihandschuh und Unterkörperschutz war für den an der linken Patientenseite stehenden Sonographen das ermittelte Risiko um mindestens 67% ($1,2 \times 10^{-6}$ vs. 4×10^{-7}) geringer als für den, der außer der Bleischürze keine weiteren Strahlenschutzmaßnahmen verwendete. Insbesondere waren mit den Strahlenschutzmaßnahmen die meisten Organdosen unterhalb der Nachweisgrenze, so dass für die effektive Dosis nur ein Wert unterhalb von 0,01 mSv angegeben werden konnte. Für den an der rechten Patientenseite stehenden Sonographen war das ermittelte Risiko bei den Interventionen mit Strahlenschutzmaßnahmen um 62,5% ($3,2 \times 10^{-6}$ vs. $1,2 \times 10^{-6}$) geringer als für den ohne die Strahlenschutzmaßnahmen.

Das Risiko für einen genetischen Defekt war für den Interventionalisten am größten und lag bei einem Risikoeffizienten nach ICRP 60 (20) von 1% pro Sv um 6×10^{-7} .

3.10. Deterministischer Schaden

Ohne Strahlenschutzmaßnahmen kam für den Interventionalisten eine lokale Depression der Blutbildung in Betracht, wenn er mehr als 102 TIPS pro Jahr und über viele Jahre durchführt. Eine klinisch erfaßbare Linsentrübung wäre bei mehr als 153 TIPS pro Jahr und ein Katarakt bei mehr als 230 TIPS pro Jahr möglich. Bei der Assistentin könnten die Dosis-schwellenwerte für eine lokale Depression der Blutbildung im Knochenmark und eine klinisch erfaßbare Linsentrübung bei höheren Zahlen an TIPS-Interventionen überschritten werden, die bei mindestens 144 bzw. 196 pro Jahr lagen. Für den Sonographen ohne Schutzmaßnahmen wurde keiner der Dosis-schwellenwerte für deterministische Schäden überschritten, wenn er bei weniger als 250 TIPS pro Jahr mitwirkte.

Mit Bleiglasscheibe für den Interventionalisten und die Assistentin betrug die Mindestzahl an TIPS, ab der der Dosis-schwellenwert für Linsentrübung erreicht werden könnte, 277 bzw. 344, damit knapp doppelt so viel wie ohne die Bleiglasscheibe. Eine lokale Depression der Blutbildung würde auftreten können, wenn mehr als 123 bzw. 175 TIPS pro Jahr durchgeführt würden. Die anderen Schwellenwerte würden erst bei weit mehr als 250 TIPS pro Jahr erreicht werden.

Mit Unterkörperschutz für den Sonographeur betrug die Mindestzahl an TIPS, ab der der Dosischwellenwert für die lokale Depression an Blutbildung erreicht werden könnte, wesentlich mehr als 250 pro Jahr. Auch der Schwellenwert für Linsentrübung würde erst bei mehr als 250 TIPS pro Jahr erreicht werden können.

3.11. Tabellen 1 - 40

Tabelle 1 Gemessene Dosen an Organen oder Körperteilen des Radiologen. Dosen ohne Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe. In Klammern der Meßort. US = Unterschenkel, li.=links, re. = rechts

Organ/Körperteil	rechts (mSv)	links (mSv)
Linse (Augenbraue)	0,65 ± 0,53	0,35 ± 0,20
Schilddrüse	1,00 ± 1,16	0,80 ± 0,36
Brust		0,05 ± 0,03
Hoden (Symphyse)		0,06 ± 0,04
Hand (Handrücken)	0,83 ± 0,50	1,30 ± 0,73
Knochenoberfläche (US re.)		3,92 ± 3,15
rotes Knochenmark (US re.)		3,92 ± 3,15
Haut (US re.)		3,92 ± 3,15
Muskel (US re.)		3,92 ± 3,15
Unterarm (Hand)	0,83 ± 0,50	1,30 ± 0,73
Unterschenkel (Tibia)	3,92 ± 3,15	2,08 ± 1,17
Fuss (US)	3,92 ± 3,15	2,08 ± 1,17
Knöchel (US)	3,92 ± 3,15	2,08 ± 1,17
Gehirn (Augenbraue re.)		0,50 ± 0,36
Innere Thoraxorgane (Brust)		0,05 ± 0,03
Innere Bauchorgane (Nabel)		0,06 ± 0,04
Ovarien (Symphyse)		0,06 ± 0,04
Uterus (Symphyse)		0,06 ± 0,04

Tabelle 2 Abschätzungen für Organdosen des Radiologen zur Berechnung der effektiven Dosis (Berechnung der effektiven Dosis nach ICRP 60 (20)). Dosen ohne Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe. Zur Abschätzung der Organdosen s. Kapitel 2.3.

Organ	mittlere Dosis (mSv)
Hoden	0,06 ± 0,04
Ovarien	0,06 ± 0,04
rotes Knochenmark	0,97 ± 0,66
Colon (desc+sigm)	0,06 ± 0,04
Lunge	0,05 ± 0,03
Magen	0,06 ± 0,04
Harnblase	0,06 ± 0,04
Brust	0,05 ± 0,03
Leber	0,06 ± 0,04
Ösophagus	0,05 ± 0,03
Schilddrüse	0,90 ± 0,72
Haut	0,97 ± 0,66
Knochenoberfläche	0,97 ± 0,66
Restkörper	0,19 ± 0,13
effektive Dosis	0,23 ± 0,16

Tabelle 3 Vergleich der Teilkörperdosen und effektiven Dosis des Radiologen mit den vorgeschriebenen Grenzwerten im Kalenderjahr. Dosen ohne Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe. In Klammern der Meßort. US = Unterschenkel, li.=links, re. = rechts

Organ/Körperteil	Teilkörperdosis (mSv)	Grenzwert (mSv)	max. zulässige Zahl pro Jahr (n)
Linse (Augenbraue re.)	0,65	150	230
Schilddrüse (re.)	1,00	300	300
Brust	0,05	150	3000
Hoden (Symphyse)	0,06	50	833
Hände (li.)	1,30	500	384
Knochenoberfläche (US re.)	3,92	300	76
rotes Knochenmark (US re.)	3,92	50	12
Haut (US re.)	3,92	500	127
Muskel (US re.)	3,92	150	38
Unterarme (Hand li.)	1,30	500	384
Füße (US re.)	3,92	500	127
Knöchel (US re.)	3,92	500	127
Gehirn (Augenbraue re.)	0,65	150	230
Innere Thoraxorgane (Brust)	0,05	150	3000
Innere Bauchorgane (Nabel)	0,06	150	2500
Ovarien (Symphyse)	0,06	50	833
Uterus (Symphyse)	0,06	50	833
effektive Dosis	0,23	20	86

Tabelle 4 Vergleich der Teilkörperdosis des Uterus / der Leibesfrucht des Radiologen mit den vorgeschriebenen Grenzwerten. Dosen ohne Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe. In Klammern der Meßort.

Organ/Körperteil	Teilkörperdosis (mSv)	Grenzwert (mSv)	max. zulässige Zahl (n)
Uterus gebärfähiger Frau (Symphyse)	0,06	2	33 / Monat
Uterus / ungeborenes Kind (Symphyse)	0,06	1	16 ab Mitteilung bis Ende der Schwangerschaft

Tabelle 5 Gemessene Dosen an Organen oder Körperteilen der Assistentin. Dosen ohne Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe. In Klammern der Meßort. US = Unterschenkel, li.=links, re. = rechts

Organ/Gewebe	rechts (mSv)	links (mSv)
Linse (Augenbraue)	0,51 ± 0,42	0,37 ± 0,29
Schilddrüse	0,70 ± 0,81	0,56 ± 0,65
Brust		0,04 ± 0,03
Hoden (Symphyse)		0,05 ± 0,03
Hand (Handrücken)	0,59 ± 0,35	0,29 ± 0,18
Knochenoberfläche (US re.)		2,76 ± 2,24
rotes Knochenmark (US re.)		2,76 ± 2,24
Haut (US re.)		2,76 ± 2,24
Muskel (US re.)		2,76 ± 2,24
Unterarm (Hand)	0,59 ± 0,35	0,29 ± 0,18
Unterschenkel (Tibia)	2,76 ± 2,24	1,64 ± 1,32
Fuss (US)	2,76 ± 2,24	1,64 ± 1,32
Knöchel (US)	2,76 ± 2,24	1,64 ± 1,32
Gehirn (Augenbraue re.)		0,51 ± 0,42
Innere Thoraxorgane (Brust)		0,04 ± 0,03
Innere Bauchorgane (Nabel)		0,05 ± 0,03
Ovarien (Symphyse)		0,05 ± 0,03
Uterus (Symphyse)		0,05 ± 0,03

Tabelle 6 Abschätzungen für Organdosen der Assistentin zur Berechnung der effektiven Dosis (Berechnung der effektiven Dosis nach ICRP 60 (20)). Dosen ohne Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe. Zur Abschätzung der Organdosen s. Kapitel 2.3.

Organ	mittlere Dosis (mSv)
Hoden	0,05 ± 0,03
Ovarien	0,05 ± 0,03
rotes Knochenmark	0,68 ± 0,55
Colon (desc+sigm)	0,05 ± 0,03
Lunge	0,04 ± 0,03
Magen	0,05 ± 0,03
Harnblase	0,05 ± 0,03
Brust	0,04 ± 0,03
Leber	0,05 ± 0,03
Ösophagus	0,04 ± 0,03
Schilddrüse	0,63 ± 0,73
Haut	0,68 ± 0,55
Knochenoberfläche	0,68 ± 0,55
Restkörper	0,15 ± 0,11
effektive Dosis	0,17 ± 0,14

Tabelle 7 Vergleich der Teilkörperdosen und effektiven Dosis der Assistentin mit den vorgeschriebenen Grenzwerten im Kalenderjahr. Dosen ohne Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe. In Klammern der Meßort. US = Unterschenkel, li.=links, re. = rechts

Organ/Gewebe	Teilkörperdosis (mSv)	Grenzwert (mSv)	max. zulässige Zahl pro Jahr (n)
Linse (Augenbraue re.)	0,51	150	294
Schilddrüse (re.)	0,70	300	428
Brust	0,04	150	3750
Hoden (Symphyse)	0,05	50	1000
Hand (re.)	0,59	500	847
Knochenoberfläche (US re.)	2,76	300	108
rotes Knochenmark (US re.)	2,76	50	18
Haut (US re.)	2,76	500	181
Muskel (US re.)	2,76	150	79
Unterarme (Hand re.)	0,59	500	847
Füße (US re.)	2,76	500	181
Knöchel (US re.)	2,76	500	181
Gehirn (Augenbraue re.)	0,51	150	294
Innere Thoraxorgane (Brust)	0,04	150	3750
Innere Bauchorgane (Nabel)	0,05	150	3000
Ovarien (Symphyse)	0,05	50	1000
Uterus (Symphyse)	0,05	50	2080
effektive Dosis	0,17	20	117

Tabelle 8 Vergleich der Teilkörperdosis des Uterus / der Leibesfrucht der Assistentin mit den vorgeschriebenen Grenzwerten. Dosen ohne Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe. In Klammern der Meßort.

Organ/Körperteil	Teilkörperdosis (mSv)	Grenzwert (mSv)	max. zulässige Zahl (n)
Uterus gebärfähiger Frau (Symphyse)	0,05	2	40 / Monat
Uterus / ungeborenes Kind (Symphyse)	0,05	1	20 ab Mitteilung bis Ende der Schwangerschaft

Tabelle 9 Gemessene Dosen an Organen oder Körperteilen des Sonographeurs mit Position an der linken Patientenseite. Dosen ohne Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuh. In Klammern der Meßort. US = Unterschenkel, li.=links, re. = rechts

Organ/Körperteil	rechts (mSv)	links (mSv)
Linse (Augenbraue)	0,03 ± 0,02	0,07 ± 0,05
Schilddrüse	0,08 ± 0,03	0,10 ± 0,11
Brust	< 0,01	
Hoden (Symphyse)	< 0,01	
Hand (Handrücken)	0,13 ± 0,07	0,33 ± 0,19
Knochenoberfläche (US li.)	0,80 ± 0,59	
rotes Knochenmark (US li.)	0,80 ± 0,59	
Haut (US li.)	0,80 ± 0,59	
Muskel (US li.)	0,80 ± 0,59	
Unterarm (Hand)	0,13 ± 0,07	0,33 ± 0,19
Unterschenkel (Tibia)	0,32 ± 0,17	0,80 ± 0,59
Fuss (US)	0,32 ± 0,17	0,80 ± 0,59
Knöchel (US)	0,32 ± 0,17	0,80 ± 0,59
Gehirn (Augenbraue li.)	0,07 ± 0,05	
Innere Thoraxorgane (Brust)	< 0,01	
Innere Bauchorgane (Nabel)	< 0,01	
Ovarien (Symphyse)	< 0,01	
Uterus (Symphyse)	< 0,01	

Tabelle 10 Abschätzungen für Organdosen des Sonographeurs mit Position an der linken Patientenseite zur Berechnung der effektiven Dosis (Berechnung der effektiven Dosis nach ICRP 60 (20)). Dosen ohne Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuh. Zur Abschätzung der Organdosen s. Kapitel 2.3.

Organ	mittlere Dosis (mSv)
Hoden	< 0,01
Ovarien	< 0,01
rotes Knochenmark	0,17 ± 0,11
Colon (desc+sigm)	< 0,01
Lunge	< 0,01
Magen	< 0,01
Harnblase	< 0,01
Brust	< 0,01
Leber	< 0,01
Ösophagus	< 0,01
Schilddrüse	0,09 ± 0,07
Haut	0,17 ± 0,11
Knochenoberfläche	0,17 ± 0,11
Restkörper	0,05 ± 0,10
effektive Dosis	0,03 ± 0,02

Tabelle 11 Vergleich der Teilkörperdosen und effektiven Dosis des Sonographeurs mit Position an der linken Patientenseite mit den vorgeschriebenen Grenzwerten im Kalenderjahr. Dosen ohne Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuh. In Klammern der Meßort. US = Unterschenkel, li.=links, re. = rechts

Organ/Körperteil	Teilkörperdosis (mSv)	Grenzwert (mSv)	max. zulässige Zahl pro Jahr (n)
Linse (Augenbraue li.)	0,07	150	2142
Schilddrüse (li.)	0,10	300	3000
Brust	< 0,01	150	> 15000
Hoden (Symphyse)	< 0,01	50	> 5000
Hände (li.)	0,33	500	1515
Knochenoberfläche (US li.)	0,80	300	375
rotes Knochenmark (US li.)	0,80	50	62
Haut (US li.)	0,80	500	625
Muskel (US li.)	0,80	150	187
Unterarme (Hand li.)	0,33	500	1515
Füße (US li.)	0,80	500	625
Knöchel (US li.)	0,80	500	625
Gehirn (Augenbraue li.)	0,07	150	2142
Innere Thoraxorgane (Brust)	< 0,01	150	> 15000
Innere Bauchorgane (Nabel)	< 0,01	150	> 15000
Ovarien (Symphyse)	< 0,01	50	> 5000
Uterus (Symphyse)	< 0,01	50	> 5000
effektive Dosis	0,03	20	666

Tabelle 12 Vergleich der Teilkörperdosis des Uterus / der Leibesfrucht des Sonographeurs mit Position an der linken Patientenseite mit den vorgeschriebenen Grenzwerten. Dosen ohne Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuh. In Klammern der Meßort.

Organ/Körperteil	Teilkörperdosis (mSv)	Grenzwert (mSv)	max. zulässige Zahl (n)
Uterus gebärfähiger Frau (Symphyse)	< 0,01	2	> 200 / Monat
Uterus / ungeborenes Kind (Symphyse)	< 0,01	1	> 100 ab Mitteilung bis Ende der Schwangerschaft

Tabelle 13 Gemessene Dosen an Organen oder Körperteilen des Sonographeurs mit Position an der rechten Patientenseite. Dosen ohne Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuh. In Klammern der Meßort. US = Unterschenkel, li.=links, re. = rechts

Organ/Körperteil	rechts (mSv)	links (mSv)
Linse (Augenbraue)	0,19 ± 0,17	0,11 ± 0,06
Schilddrüse	0,29 ± 0,36	0,25 ± 0,12
Brust		0,02 ± 0,01
Hoden (Symphyse)		0,02 ± 0,02
Hand (Handrücken)	0,34 ± 0,22	0,26 ± 0,15
Knochenoberfläche (US re.)		1,54 ± 1,36
rotes Knochenmark (US re.)		1,54 ± 1,36
Haut (US re.)		1,54 ± 1,36
Muskel (US re.)		1,54 ± 1,36
Unterarm (Hand)	0,34 ± 0,21	0,26 ± 0,15
Unterschenkel (Tibia)	1,54 ± 1,36	0,83 ± 0,51
Fuss (US)	1,54 ± 1,36	0,83 ± 0,51
Knöchel (US)	1,54 ± 1,36	0,83 ± 0,51
Gehirn (Augenbraue re.)		0,19 ± 0,17
Innere Thoraxorgane (Brust)		0,02 ± 0,01
Innere Bauchorgane (Nabel)		0,02 ± 0,02
Ovarien (Symphyse)		0,02 ± 0,02
Uterus (Symphyse)		0,02 ± 0,02

Tabelle 14 Abschätzungen für Organdosen des Sonographeurs mit Position an der rechten Patientenseite zur Berechnung der effektiven Dosis (Berechnung der effektiven Dosis nach ICRP 60 (20)). Dosen ohne Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuh. Zur Abschätzung der Organdosen s. Kapitel 2.3.

Organ	mittlere Dosis (mSv)
Hoden	0,02 ± 0,02
Ovarien	0,02 ± 0,02
rotes Knochenmark	0,35 ± 0,27
Colon (desc+sigm)	0,02 ± 0,02
Lunge	0,02 ± 0,01
Magen	0,02 ± 0,02
Harnblase	0,02 ± 0,02
Brust	0,02 ± 0,01
Leber	0,02 ± 0,02
Ösophagus	0,02 ± 0,01
Schilddrüse	0,27 ± 0,23
Haut	0,35 ± 0,27
Knochenoberfläche	0,35 ± 0,27
Restkörper	0,07 ± 0,05
effektive Dosis	0,08 ± 0,06

Tabelle 15 Vergleich der Teilkörperdosen und effektiven Dosis des Sonographeurs mit Position an der rechten Patientenseite mit den vorgeschriebenen Grenzwerten im Kalenderjahr. Dosen ohne Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuh. In Klammern der Meßort. US = Unterschenkel, li.=links, re. = rechts

Organ/Körperteil	Teilkörperdosis (mSv)	Grenzwert (mSv)	max. zulässige Zahl pro Jahr (n)
Linse (Augenbraue re.)	0,19	150	789
Schilddrüse (re.)	0,29	300	1034
Brust	0,02	150	7500
Hoden (Symphyse)	0,02	50	2500
Hände (re.)	0,34	500	1470
Knochenoberfläche (US re.)	1,54	300	194
rotes Knochenmark (US re.)	1,54	50	32
Haut (US re.)	1,54	500	324
Muskel (US re.)	1,54	150	97
Unterarme (Hand re.)	0,34	500	1470
Füße (US re.)	1,54	500	324
Knöchel (US re.)	1,54	500	324
Gehirn (Augenbraue re.)	0,19	150	789
Innere Thoraxorgane (Brust)	0,02	150	7500
Innere Bauchorgane (Nabel)	0,02	150	7500
Ovarien (Symphyse)	0,02	50	2500
Uterus (Symphyse)	0,02	50	2500
effektive Dosis	0,08	20	250

Tabelle 16 Vergleich der Teilkörperdosis des Uterus / der Leibesfrucht des Sonographeurs mit Position an der rechten Patientenseite mit den vorgeschriebenen Grenzwerten. Dosen ohne Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuh. In Klammern der Meßort.

Organ/Körperteil	Teilkörperdosis (mSv)	Grenzwert (mSv)	max. zulässige Zahl (n)
Uterus gebärfähiger Frau (Symphyse)	0,02	2	100 / Monat
Uterus / ungeborenes Kind (Symphyse)	0,02	1	50 ab Mitteilung bis Ende der Schwangerschaft

Tabelle 17 Gemessene Dosen an Organen oder Körperteilen des Radiologen. Dosen mit Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe. In Klammern der Meßort. US = Unterschenkel, li. = links, re. = rechts

Organ/Körperteil	rechts (mSv)	links (mSv)
Linse (Augenbraue)	0,36 ± 0,31	0,22 ± 0,11
Schilddrüse	0,08 ± 0,10	0,07 ± 0,03
Brust		0,04 ± 0,02
Hoden (Symphyse)		0,05 ± 0,04
Hand (Handrücken)	0,52 ± 0,30	0,93 ± 0,52
Knochenoberfläche (US re.)		3,24 ± 2,79
rotes Knochenmark (US re.)		3,24 ± 2,79
Haut (US re.)		3,24 ± 2,79
Muskel (US re.)		3,24 ± 2,79
Unterarm (Hand)	0,52 ± 0,30	0,93 ± 0,52
Fuss (US)	3,24 ± 2,79	1,97 ± 1,02
Knöchel (US)	3,24 ± 2,79	1,97 ± 1,02
Gehirn (Augenbraue re.)		0,36 ± 0,31
Innere Thoraxorgane (Brust)		0,04 ± 0,02
Innere Bauchorgane (Nabel)		0,04 ± 0,03
Ovarien (Symphyse)		0,05 ± 0,04
Uterus (Symphyse)		0,05 ± 0,04

Tabelle 18 Abschätzungen für Organdosen des Radiologen zur Berechnung der effektiven Dosis (Berechnung der effektiven Dosis nach ICRP 60 (20)). Dosen mit Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe. Zur Abschätzung der Organdosen s. Kapitel 2.3.

Organ	mittlere Dosis (mSv)
Hoden	0,05 ± 0,04
Ovarien	0,05 ± 0,04
rotes Knochenmark	0,76 ± 0,52
Colon (desc+sigm)	0,04 ± 0,03
Lunge	0,04 ± 0,02
Magen	0,04 ± 0,03
Harnblase	0,05 ± 0,04
Brust	0,04 ± 0,02
Leber	0,04 ± 0,03
Ösophagus	0,04 ± 0,02
Schilddrüse	0,07 ± 0,06
Haut	0,76 ± 0,52
Knochenoberfläche	0,76 ± 0,52
Restkörper	0,14 ± 0,09
effektive Dosis	0,15 ± 0,10

Tabelle 19 Vergleich der Teilkörperdosen und effektiven Dosis des Radiologen mit den vorgeschriebenen Grenzwerten im Kalenderjahr. Dosen mit Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe. In Klammern der Meßort. US = Unterschenkel, li.=links, re. = rechts

Organ/Körperteil	Teilkörperdosis (mSv)	Grenzwert (mSv)	max. zulässige Zahl pro Jahr (n)
Linse (Augenbraue re.)	0,36	150	416
Schilddrüse (re.)	0,07	300	4285
Brust	0,04	150	3750
Hoden (Symphyse)	0,05	50	1000
Hände (li.)	0,93	500	537
Knochenoberfläche (US re.)	3,24	300	92
rotes Knochenmark (US re.)	3,24	50	15
Haut (US re.)	3,24	500	154
Muskel (US re.)	3,24	150	46
Unterarme (Hand li.)	0,93	500	537
Füße (US re.)	3,24	500	154
Knöchel (US re.)	3,24	500	154
Gehirn (Augenbraue re.)	0,36	150	416
Innere Thoraxorgane (Brust)	0,04	150	3750
Innere Bauchorgane (Nabel)	0,04	150	3750
Ovarien (Symphyse)	0,05	50	1000
Uterus (Symphyse)	0,05	50	1000
effektive Dosis	0,15	20	133

Tabelle 20 Vergleich der Teilkörperdosis des Uterus / der Leibesfrucht des Radiologen mit den vorgeschriebenen Grenzwerten. Dosen mit Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe. In Klammern der Meßort.

Organ/Körperteil	Teilkörperdosis (mSv)	Grenzwert (mSv)	max. zulässige Zahl (n)
Uterus gebärfähiger Frau (Symphyse)	0,05	2	40 / Monat
Uterus / ungeborenes Kind (Symphyse)	0,05	1	20 ab Mitteilung bis Ende der Schwangerschaft

Tabelle 21 Gemessene Dosen an Organen oder Körperteilen der Assistentin. Dosen mit Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe. In Klammern der Meßort. US = Unterschenkel, li.=links, re. = rechts

Organ/Gewebe	rechts (mSv)	links (mSv)
Linse (Augenbraue)	0,29 ± 0,25	0,20 ± 0,17
Schilddrüse	0,05 ± 0,07	0,04 ± 0,06
Brust		0,03 ± 0,02
Hoden (Symphyse)		0,04 ± 0,03
Hand (Handrücken)	0,36 ± 0,21	0,18 ± 0,10
Knochenoberfläche (US re.)		2,28 ± 1,95
rotes Knochenmark (US re.)		2,28 ± 1,95
Haut (US re.)		2,28 ± 1,95
Muskel (US re.)		2,28 ± 1,95
Unterarm (Hand)	0,36 ± 0,21	0,18 ± 0,10
Fuss (US)	2,28 ± 1,95	1,37 ± 1,17
Knöchel (US)	2,28 ± 1,95	1,37 ± 1,17
Gehirn (Augenbraue re.)		0,29 ± 0,25
Innere Thoraxorgane (Brust)		0,03 ± 0,02
Innere Bauchorgane (Nabel)		0,03 ± 0,02
Ovarien (Symphyse)		0,04 ± 0,03
Uterus (Symphyse)		0,04 ± 0,03

Tabelle 22 Abschätzungen für Organdosen der Assistentin zur Berechnung der effektiven Dosis (Berechnung der effektiven Dosis nach ICRP 60 (20)). Dosen mit Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe. Zur Abschätzung der Organdosen s. Kapitel 2.3.

Organ	mittlere Dosis (mSv)
Hoden	0,04 ± 0,03
Ovarien	0,04 ± 0,03
rotes Knochenmark	0,51 ± 0,44
Colon (desc+sigm)	0,03 ± 0,02
Lunge	0,03 ± 0,02
Magen	0,03 ± 0,02
Harnblase	0,04 ± 0,03
Brust	0,03 ± 0,02
Leber	0,03 ± 0,02
Ösophagus	0,03 ± 0,02
Schilddrüse	0,05 ± 0,06
Haut	0,51 ± 0,44
Knochenoberfläche	0,51 ± 0,44
Restkörper	0,10 ± 0,08
effektive Dosis	0,10 ± 0,08

Tabelle 23 Vergleich der Teilkörperdosen und effektiven Dosis der Assistentin mit den vorgeschriebenen Grenzwerten im Kalenderjahr. Dosen mit Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe. In Klammern der Meßort. US = Unterschenkel, li.=links, re. = rechts

Organ/Gewebe	Teilkörperdosis (mSv)	Grenzwert (mSv)	max. zulässige Zahl pro Jahr (n)
Linse (Augenbraue re.)	0,29	150	517
Schilddrüse (re.)	0,05	300	6000
Brust	0,03	150	5000
Hoden (Symphyse)	0,04	50	1250
Hand (re.)	0,36	500	1388
Knochenoberfläche (US re.)	2,28	300	131
rotes Knochenmark (US re.)	2,28	50	21
Haut (US re.)	2,28	500	219
Muskel (US re.)	2,28	150	65
Unterarme (Hand re.)	0,36	500	1388
Füße (US re.)	2,28	500	219
Knöchel (US re.)	2,28	500	219
Gehirn (Augenbraue re.)	0,29	150	517
Innere Thoraxorgane (Brust)	0,03	150	5000
Innere Bauchorgane (Nabel)	0,03	150	5000
Ovarien (Symphyse)	0,04	50	1250
Uterus (Symphyse)	0,04	50	1250
effektive Dosis	0,10	20	200

Tabelle 24 Vergleich der Teilkörperdosis des Uterus / der Leibesfrucht der Assistentin mit den vorgeschriebenen Grenzwerten. Dosen mit Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe. In Klammern der Meßort.

Organ/Körperteil	Teilkörperdosis (mSv)	Grenzwert (mSv)	max. zulässige Zahl (n)
Uterus gebärfähiger Frau (Symphyse)	0,04	2	50 / Monat
Uterus / ungeborenes Kind (Symphyse)	0,04	1	25 ab Mitteilung bis Ende der Schwangerschaft

Tabelle 25 Gemessene Dosen an Organen oder Körperteilen des Sonographeurs mit Position an der linken Patientenseite. Dosen mit Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz, Bleihandschuh (links). In Klammern der Meßort. US = Unterschenkel, li.=links, re. = rechts

Organ/Körperteil	rechts (mSv)	links (mSv)
Linse (Augenbraue)	0,03 ± 0,01	0,05 ± 0,03
Schilddrüse	< 0,01	< 0,01
Brust	< 0,01	
Hoden (Symphyse)	< 0,01	
Hand (Handrücken)	0,12 ± 0,07	0,15 ± 0,08
Knochenoberfläche (US li.)	0,05 ± 0,04	
rotes Knochenmark (US li.)	0,05 ± 0,04	
Haut (US li.)	0,05 ± 0,04	
Muskel (US li.)	0,05 ± 0,04	
Unterarm (Hand)	0,12 ± 0,07	0,15 ± 0,08
Unterschenkel (Tibia)	0,03 ± 0,01	0,05 ± 0,04
Fuss (US)	0,03 ± 0,01	0,05 ± 0,04
Knöchel (US)	0,03 ± 0,01	0,05 ± 0,04
Gehirn (Augenbraue li.)	0,05 ± 0,03	
Innere Thoraxorgane (Brust)	< 0,01	
Innere Bauchorgane (Nabel)	< 0,01	
Ovarien (Symphyse)	< 0,01	
Uterus (Symphyse)	< 0,01	

Tabelle 26 Abschätzungen für Organdosen des Sonographeurs mit Position an der linken Patientenseite zur Berechnung der effektiven Dosis (Berechnung der effektiven Dosis nach ICRP 60 (20)). Dosen mit Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz, Bleihandschuh (links). Zur Abschätzung der Organdosen s. Kapitel 2.3.

Organ	mittlere Dosis (mSv)
Hoden	< 0,01
Ovarien	< 0,01
rotes Knochenmark	0,03 ± 0,02
Colon (desc+sigm)	< 0,01
Lunge	< 0,01
Magen	< 0,01
Harnblase	< 0,01
Brust	< 0,01
Leber	< 0,01
Ösophagus	< 0,01
Schilddrüse	< 0,01
Haut	0,03 ± 0,02
Knochenoberfläche	0,03 ± 0,02
Restkörper	< 0,01
effektive Dosis	< 0,01

Tabelle 27 Vergleich der Teilkörperdosen und effektiven Dosis des Sonographeurs mit Position an der linken Patientenseite mit den vorgeschriebenen Grenzwerten im Kalenderjahr. Dosen mit Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz, Bleihandschuh (links). In Klammern der Meßort. US = Unterschenkel, li.=links, re. = rechts

Organ/Körperteil	Teilkörperdosis (mSv)	Grenzwert (mSv)	max. zulässige Zahl pro Jahr (n)
Linse (Augenbraue li.)	0,05	150	3000
Schilddrüse (li.)	< 0,01	300	> 30000
Brust	< 0,01	150	> 15000
Hoden (Symphyse)	< 0,01	50	> 5000
Hände (li.)	0,15	500	3333
Knochenoberfläche (US li.)	0,05	300	6000
rotes Knochenmark (US li.)	0,05	50	1000
Haut (US li.)	0,05	500	10000
Muskel (US li.)	0,05	150	3000
Unterarme (Hand li.)	0,15	500	3333
Füße (US li.)	0,05	500	10000
Knöchel (US li.)	0,05	500	10000
Gehirn (Augenbraue li.)	0,05	150	3000
Innere Thoraxorgane (Brust)	< 0,01	150	> 15000
Innere Bauchorgane (Nabel)	< 0,01	150	> 15000
Ovarien (Symphyse)	< 0,01	50	> 5000
Uterus (Symphyse)	< 0,01	50	> 5000
effektive Dosis	< 0,01	20	2000

Tabelle 28 Vergleich der Teilkörperdosis des Uterus / der Leibesfrucht des Sonographeurs mit Position an der linken Patientenseite mit den vorgeschriebenen Grenzwerten. Dosen mit Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz, Bleihandschuh (links). In Klammern der Meßort.

Organ/Körperteil	Teilkörperdosis (mSv)	Grenzwert (mSv)	max. zulässige Zahl (n)
Uterus gebärfähiger Frau (Symphyse)	< 0,01	2	> 200 / Monat
Uterus / ungeborenes Kind (Symphyse)	< 0,01	1	> 100 ab Mitteilung bis Ende der Schwangerschaft

Tabelle 29 Gemessene Dosen an Organen oder Körperteilen des Sonographeurs mit Position an der rechten Patientenseite. Dosen mit Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz, Bleihandschuh (rechts). In Klammern der Meßort. US = Unterschenkel, li.=links, re. = rechts

Organ/Körperteil	rechts (mSv)	links (mSv)
Linse (Augenbraue)	0,20 ± 0,17	0,12 ± 0,06
Schilddrüse	0,04 ± 0,06	0,04 ± 0,02
Brust		0,02 ± 0,01
Hoden (Symphyse)		0,02 ± 0,02
Hand (Handrücken)	0,15 ± 0,08	0,22 ± 0,11
Knochenoberfläche (US re.)		0,16 ± 0,13
rotes Knochenmark (US re.)		0,16 ± 0,13
Haut (US re.)		0,16 ± 0,13
Muskel (US re.)		0,16 ± 0,13
Unterarm (Hand)	0,15 ± 0,08	0,22 ± 0,11
Unterschenkel (Tibia)	0,16 ± 0,13	0,09 ± 0,05
Fuss (US)	0,16 ± 0,13	0,09 ± 0,05
Knöchel (US)	0,16 ± 0,13	0,09 ± 0,05
Gehirn (Augenbraue re.)		0,20 ± 0,17
Innere Thoraxorgane (Brust)		0,02 ± 0,01
Innere Bauchorgane (Nabel)		0,02 ± 0,02
Ovarien (Symphyse)		0,02 ± 0,02
Uterus (Symphyse)		0,02 ± 0,02

Tabelle 30 Abschätzungen für Organdosen des Sonographeurs mit Position an der rechten Patientenseite zur Berechnung der effektiven Dosis (Berechnung der effektiven Dosis nach ICRP 60 (20)). Dosen mit Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz, Bleihandschuh (rechts). Zur Abschätzung der Organdosen s. Kapitel 2.3.

Organ	mittlere Dosis (mSv)
Hoden	0,02 ± 0,02
Ovarien	0,02 ± 0,02
rotes Knochenmark	0,08 ± 0,05
Colon (desc+sigm)	0,02 ± 0,02
Lunge	0,02 ± 0,01
Magen	0,02 ± 0,02
Harnblase	0,02 ± 0,02
Brust	0,02 ± 0,01
Leber	0,02 ± 0,02
Ösophagus	0,02 ± 0,01
Schilddrüse	0,04 ± 0,03
Haut	0,08 ± 0,05
Knochenoberfläche	0,08 ± 0,05
Restkörper	0,04 ± 0,03
effektive Dosis	0,03 ± 0,02

Tabelle 31 Vergleich der Teilkörperdosen und effektiven Dosis des Sonographeurs mit Position an der rechten Patientenseite mit den vorgeschriebenen Grenzwerten im Kalenderjahr. Dosen mit Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz, Bleihandschuh (rechts). In Klammern der Meßort. US = Unterschenkel, li.=links, re. = rechts

Organ/Körperteil	Teilkörperdosis (mSv)	Grenzwert (mSv)	max. zulässige Zahl pro Jahr (n)
Linse (Augenbraue re.)	0,20	150	750
Schilddrüse (re.)	0,04	300	7500
Brust	0,02	150	7500
Hoden (Symphyse)	0,02	50	2500
Hände (li.)	0,22	500	2272
Knochenoberfläche (US re.)	0,16	300	1875
rotes Knochenmark (US re.)	0,16	50	312
Haut (US re.)	0,16	500	3120
Muskel (US re.)	0,16	150	937
Unterarme (Hand li.)	0,22	500	2272
Füße (US re.)	0,16	500	3125
Knöchel (US re.)	0,16	500	3125
Gehirn (Augenbraue re.)	0,20	150	750
Innere Thoraxorgane (Brust)	0,02	150	7500
Innere Bauchorgane (Nabel)	0,02	150	7500
Ovarien (Symphyse)	0,02	50	2500
Uterus (Symphyse)	0,02	50	2500
effektive Dosis	0,03	20	666

Tabelle 32 Vergleich der Teilkörperdosis des Uterus / der Leibesfrucht des Sonographeurs mit Position an der rechten Patientenseite mit den vorgeschriebenen Grenzwerten. Dosen mit Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz, Bleihandschuh (rechts). In Klammern der Meßort.

Organ/Körperteil	Teilkörperdosis (mSv)	Grenzwert (mSv)	max. zulässige Zahl (n)
Uterus gebärfähiger Frau (Symphyse)	0,02	2	100 / Monat
Uterus / ungeborenes Kind (Symphyse)	0,02	1	50 ab Mitteilung bis Ende der Schwangerschaft

Tab. 33a Risiko für stochastische Schäden nach ICRP 60 (20), berechnet aus den abgeschätzten mittleren Dosiswerten des Interventionalisten ohne Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe (Tab. 2).

Stochastischer Schaden	Organdosis / effektive Dosis (mSv)	Risikoeffizient nach ICRP 60	Risiko
letal Schilddrüsenkrebs	0,90	0,06 % / Sv	$5,4 \times 10^{-7}$
letal Brustkrebs	0,05	0,16 % / Sv	$8,0 \times 10^{-8}$
letal Krebs	0,23	4 % / Sv	$9,2 \times 10^{-6}$

Tab. 33b Gegenüberstellung zwischen dem Schwellenwert für deterministische Schäden (FDA, ICRP60) und den gemessenen Dosen des Interventionalisten ohne Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe (Tab. 1). In Klammern die Anzahl der Interventionen pro Jahr, bei der deterministische Schäden nach Jahren auftreten können.

Deterministischer Schaden	Schwellenwert (mSv / Jahr)	Dosis (mSv)
Linse		0,65
klinisch erfaßbare Trübung	> 100	(n>153)
Katarakt	> 150	(n>230)
Knochenmark		3,92
Depression der Blutbildung	> 400	(n>102)
Hoden		0,06
temporäre Sterilität	400	(n>2006)
permanente Sterilität	2000	(n>33333)
Ovarien		0,06
Sterilität	> 200	(n>3333)

Tab. 34a Risiko für stochastische Schäden nach ICRP 60 (20), berechnet aus den abgeschätzten mittleren Dosiswerten der Assistentin ohne Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe (Tab. 6).

Stochastischer Schaden	Organdosis / effektive Dosis (mSv)	Risikoeffizient nach ICRP 60	Risiko
letal Schilddrüsenkrebs	0,63	0,06 % / Sv	$3,8 \times 10^{-7}$
letal Brustkrebs	0,04	0,16 % / Sv	$6,4 \times 10^{-8}$
letal Krebs	0,17	4 % / Sv	$6,8 \times 10^{-6}$

Tab. 34b Gegenüberstellung zwischen dem Schwellenwert für deterministische Schäden (FDA, ICRP60) und den gemessenen Dosen der Assistentin ohne Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe (Tab. 5). In Klammern die Anzahl der Interventionen pro Jahr, bei der deterministische Schäden nach Jahren auftreten können.

Deterministischer Schaden	Schwellenwert (mSv / Jahr)	Dosis (mSv)
Linse		0,51
klinisch erfaßbare Trübung	> 100	(n>196)
Katarakt	> 150	(n>294)
Knochenmark		2,76
Depression der Blutbildung	> 400	(n>144)
Hoden		0,05
temporäre Sterilität	400	(n>8000)
permanente Sterilität	2000	(n>40000)
Ovarien		0,06
Sterilität	> 200	(n>3333)

Tab. 35a Risiko für stochastische Schäden nach ICRP 60 (20), berechnet aus den abgeschätzten mittleren Dosiswerten des Sonographeurs an der linken Patientenseite ohne Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe (Tab. 10).

Stochastischer Schaden	Organdosis / effektive Dosis (mSv)	Risikokoeffizient nach ICRP 60	Risiko
letal Schilddrüsenkrebs	0,09	0,06 % / Sv	$5,4 \times 10^{-8}$
letal Brustkrebs	< 0,01	0,16 % / Sv	$< 1,6 \times 10^{-8}$
letal Krebs	0,03	4 % / Sv	$1,2 \times 10^{-6}$

Tab. 35b Gegenüberstellung zwischen dem Schwellenwert für deterministische Schäden (FDA, ICRP60) und den gemessenen Dosen des Sonographeurs an der linken Patientenseite ohne Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe (Tab. 9). In Klammern die Anzahl der Interventionen pro Jahr, bei der deterministische Schäden nach Jahren auftreten können.

Deterministischer Schaden	Schwellenwert (mSv / Jahr)	Dosis (mSv)
Linse		0,07
klinisch erfaßbare Trübung	> 100	(n>1428)
Katarakt	> 150	(n>2142)
Knochenmark		0,80
Depression der Blutbildung	> 400	(n>500)
Hoden		< 0,01
temporäre Sterilität	400	(n> 40000)
permanente Sterilität	2000	(n>200000)
Ovarien		< 0,01
Sterilität	> 200	(n> 20000)

Tab. 36a Risiko für stochastische Schäden nach ICRP 60 (20), berechnet aus den abgeschätzten mittleren Dosiswerten des Sonographeurs an der rechten Patientenseite ohne Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe (Tab. 14).

Stochastischer Schaden	Organdosis / effektive Dosis (mSv)	Risikoeffizient nach ICRP 60	Risiko
letal Schilddrüsenkrebs	0,27	0,06 % / Sv	$1,6 \times 10^{-7}$
letal Brustkrebs	< 0,01	0,16 % / Sv	$< 1,6 \times 10^{-8}$
letal Krebs	0,08	4 % / Sv	$3,2 \times 10^{-6}$

Tab. 36b Gegenüberstellung zwischen dem Schwellenwert für deterministische Schäden (FDA, ICRP60) und den gemessenen Dosen des Sonographeurs an der rechten Patientenseite ohne Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe (Tab. 13). In Klammern die Anzahl der Interventionen pro Jahr, bei der deterministische Schäden nach Jahren auftreten können.

Deterministischer Schaden	Schwellenwert (mSv / Jahr)	Dosis (mSv)
Linse		0,19
klinisch erfaßbare Trübung	> 100	(n>526)
Katarakt	> 150	(n>789)
Knochenmark		1,54
Depression der Blutbildung	> 400	(n>259)
Hoden		0,02
temporäre Sterilität	400	(n> 20000)
permanente Sterilität	2000	(n>100000)
Ovarien		0,02
Sterilität	> 200	(n> 10000)

Tab. 37a Risiko für stochastische Schäden nach ICRP 60 (20), berechnet aus den abgeschätzten mittleren Dosiswerten des Interventionalisten mit Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe (Tab. 18).

Stochastischer Schaden	Organdosis / effektive Dosis (mSv)	Risikoeffizient nach ICRP 60	Risiko
letaler Schilddrüsenkrebs	0,07	0,06 % / Sv	$4,2 \times 10^{-8}$
letaler Brustkrebs	0,04	0,16 % / Sv	$6,4 \times 10^{-8}$
letaler Krebs	0,15	4 % / Sv	$6,0 \times 10^{-6}$

Tab. 37b Gegenüberstellung zwischen dem Schwellenwert für deterministische Schäden (FDA, ICRP60) und den gemessenen Dosen des Interventionalisten mit Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe (Tab. 17). In Klammern die Anzahl der Interventionen pro Jahr, bei der deterministische Schäden nach Jahren auftreten können.

Deterministischer Schaden	Schwellenwert (mSv / Jahr)	Dosis (mSv)
Linse		0,36
klinisch erfaßbare Trübung	> 100	(n>277)
Katarakt	> 150	(n>416)
Knochenmark		3,24
Depression der Blutbildung	> 400	(n>123)
Hoden		0,05
temporäre Sterilität	400	(n> 8000)
permanente Sterilität	2000	(n>40000)
Ovarien		0,05
Sterilität	> 200	(n>4000)

Tab. 38a Risiko für stochastische Schäden nach ICRP 60 (20), berechnet aus den abgeschätzten mittleren Dosiswerten der Assistentin mit Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe (Tab. 22).

Stochastischer Schaden	Organdosis / effektive Dosis (mSv)	Risikokoeffizient nach ICRP 60	Risiko
letal Schilddrüsenkrebs	0,05	0,06 % / Sv	$3,0 \times 10^{-8}$
letal Brustkrebs	0,03	0,16 % / Sv	$4,8 \times 10^{-8}$
letal Krebs	0,10	4 % / Sv	$4,0 \times 10^{-6}$

Tab. 38b Gegenüberstellung zwischen dem Schwellenwert für deterministische Schäden (FDA, ICRP60) und den gemessenen Dosen der Assistentin mit Schilddrüsenschutz und Bleiglasscheibe (Tab. 21). In Klammern die Anzahl der Interventionen pro Jahr, bei der deterministische Schäden nach Jahren auftreten können.

Deterministischer Schaden	Schwellenwert (mSv / Jahr)	Dosis (mSv)
Linse		0,29
klinisch erfaßbare Trübung	> 100	(n>344)
Katarakt	> 150	(n>517)
Knochenmark		2,28
Depression der Blutbildung	> 400	(n>175)
Hoden		0,04
temporäre Sterilität	400	(n>10000)
permanente Sterilität	2000	(n>50000)
Ovarien		0,04
Sterilität	> 200	(n>5000)

Tab. 39a Risiko für stochastische Schäden nach ICRP 60 (20), berechnet aus den abgeschätzten mittleren Dosiswerten des Sonographeurs an der linken Patientenseite mit Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuh links (Tab. 26).

Stochastischer Schaden	Organdosis / effektive Dosis (mSv)	Risikokoeffizient nach ICRP 60	Risiko
letal Schilddrüsenkrebs	< 0,01	0,06 % / Sv	< 6,0 x 10 ⁻⁹
letal Brustkrebs	< 0,01	0,16 % / Sv	< 1,6 x 10 ⁻⁸
letal Krebs	< 0,01	4 % / Sv	< 4 x 10 ⁻⁷

Tab. 39b Gegenüberstellung zwischen dem Schwellenwert für deterministische Schäden (FDA, ICRP60) und den gemessenen Dosen des Sonographeurs an der linken Patientenseite mit Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuh links (Tab. 25). In Klammern die Anzahl der Interventionen pro Jahr, bei der deterministische Schäden nach Jahren auftreten können.

Deterministischer Schaden	Schwellenwert (mSv / Jahr)	Dosis (mSv)
Linse		0,05
klinisch erfaßbare Trübung	> 100	(n>2000)
Katarakt	> 150	(n>3000)
Knochenmark		0,05
Depression der Blutbildung	> 400	(n>8000)
Hoden		< 0,01
temporäre Sterilität	400	(n> 40000)
permanente Sterilität	2000	(n>200000)
Ovarien		< 0,01
Sterilität	> 200	(n> 20000)

Tab. 40a Risiko für stochastische Schäden nach ICRP 60 (20), berechnet aus den abgeschätzten mittleren Dosiswerten des Sonographeurs an der rechten Patientenseite mit Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuh rechts (Tab. 30).

Stochastischer Schaden	Organdosis / effektive Dosis (mSv)	Risikokoeffizient nach ICRP 60	Risiko
letal Schilddrüsenkrebs	0,04	0,06 % / Sv	$2,4 \times 10^{-8}$
letal Brustkrebs	0,02	0,16 % / Sv	$3,2 \times 10^{-8}$
letal Krebs	0,03	4 % / Sv	$1,2 \times 10^{-6}$

Tab. 40b Gegenüberstellung zwischen dem Schwellenwert für deterministische Schäden (FDA, ICRP60) und den gemessenen Dosen des Sonographeurs an der rechten Patientenseite mit Unterkörperschutz, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuh rechts (Tab. 29). In Klammern die Anzahl der Interventionen pro Jahr, bei der deterministische Schäden nach Jahren auftreten können.

Deterministischer Schaden	Schwellenwert (mSv / Jahr)	Dosis (mSv)
Linse		0,20
klinisch erfaßbare Trübung	> 100	(n>500)
Katarakt	> 150	(n>750)
Knochenmark		0,16
Depression der Blutbildung	> 400	(n>2500)
Hoden		0,02
temporäre Sterilität	400	(n> 20000)
permanente Sterilität	2000	(n>100000)
Ovarien		0,02
Sterilität	> 200	(n> 10000)